
Desenvolvimento do Cluster Produtivo Inovador de
Combustível Sustentável de Aviação (SAF) em Goiás
definindo uma linha de ação prioritária para posicionar o
estado na vanguarda da produção de biocombustíveis
voltados ao setor aeronáutico

-

Edital UNES 2366/2025

-

**Análise das Perspectivas do Mercado de SAF e de suas Condicionantes
Regulatórias**

Elaborado por



ESSENZ
Soluções

Abril 2026

Sumário

Apresentação	4
1. Introdução.....	6
2. Contexto da Transição Energética e da Descarbonização da Aviação	8
2.1 Alternativas de Redução de Emissões do Transporte Aéreo	9
2.2 Metas de Descarbonização e a Criação de Mercado de Combustíveis Avançados de Baixo Carbono	13
2.3 Combustíveis Convencionais e o Papel do SAF no Processo de Redução de Emissões da Aviação	14
3. Regulação e Metas Globais e Nacionais de Descarbonização da Aviação	19
3.1 IATA (<i>International Air Transport Association</i>)	19
3.2 ICAO (<i>International Civil Aviation Organization</i>)	20
3.3 Outras iniciativas de SAF no mundo.....	24
4. Brasil: Políticas, Marcos Regulatórios e Instrumentos Institucionais para o SAF .	40
4.1 RenovaBio.....	44
4.2 Programa Nacional do Bioquerosene	45
4.3 Combustível do Futuro	45
4.3.1 ProBioQAV	46
4.3.2 Certificados de Sustentabilidade de Combustível Sustentável de Aviação (CS-SAF).....	48
4.4 SBCE	49
5. Goiás: Oportunidades e Condicionantes para Inserção na Cadeia do SAF	54
6. Mapeamento de Stakeholders em Goiás para o Desenvolvimento do <i>Cluster</i> de SAF	59
6.1. Lista tipológica dos atores entrevistados e principais percepções	59
7. Considerações Finais	64
Referências	69

Figuras

Figura 1 - Volume de passageiros medido em RPK (Revenue Passenger-Kilometers, ou Passageiros- Quilômetro Transportados).....	8
Figura 2 - Estratégias para alcançar emissões líquidas zero de CO2 até 2050.....	10
Figura 3 - Produção de SAF no mundo - capacidade instalada atual e projetada para 2033	18
Figura 4 - Contribuição do CORSIA para a redução das emissões líquidas da aviação internacional	22
Figura 5 - Fases CORSIA	23
Figura 6 - Mapa do mundo, localizando onde há políticas ambientais ¹ (adotadas e em desenvolvimento) sobre combustíveis de aviação - promover o uso de combustíveis de aviação sustentáveis e combustíveis de aviação com menor emissão de carbono.....	25
Figura 7 - Evolução do transporte aéreo: (a) passageiros (b) carga e correio (total)...	41
Figura 8 - Políticas, marcos regulatórios e instrumentos institucionais no Brasil para o SAF	43
Figura 9 - Implementação das obrigações de MRV no SBCE	51

Tabela

Tabela 1 - Políticas ambientais de combustíveis de aviação aprovadas no mundo	26
Tabela 2 - Sistematização tipológica dos atores consultados e suas posições na cadeia	59

Apresentação

O presente relatório “Análise das Perspectivas do Mercado de SAF e de suas Condicionantes Regulatórias”, elaborado pela Essenz Soluções, é um entregável do Projeto “Desenvolvimento do Cluster Produtivo Inovador de Combustível Sustentável de Aviação (SAF) em Goiás definindo uma linha de ação prioritária para posicionar o estado na vanguarda da produção de biocombustíveis voltados ao setor aeronáutico”, no âmbito do Edital UNES 2366/2025.

O projeto tem como objetivo estruturar uma estratégia integrada para posicionar o estado de Goiás como referência nacional e potencial líder na produção de Combustível Sustentável de Aviação (SAF, na sigla em inglês *Sustainable Aviation Fuel*), contribuindo para a descarbonização do setor da aviação, um dos mais desafiadores da transição energética, e para o desenvolvimento regional.

Em um contexto global, no qual o setor energético responde por cerca de 75% das emissões de gases de efeito estufa (CLIMATEWATCHDATA, 2025, IEA, 2025b) e a aviação representa aproximadamente 2,5% das emissões globais de CO₂¹ (OUR WORLD IN DATA, 2024), o SAF surge como uma importante solução por sua capacidade de reduzir significativamente emissões sem necessidade de mudanças na infraestrutura existente (solução *drop-in*).

Goiás apresenta vantagens competitivas relevantes para o desenvolvimento desta indústria. Apoiado por sua forte base agroindustrial, com elevada produção de cana-de-açúcar e etanol, além de milho e da disponibilidade de resíduos de diferentes matérias-primas e coprodutos agrícolas e agroindustriais, incluindo de resíduos da cana-de-açúcar, do milho e sebo bovino e outras biomassas com potencial energético. Além das vantagens próprias, a proximidade do estado com o Distrito Federal amplia o mercado relevante de SAF que pode ser atendido com maior competitividade. Esses fatores, combinados com a presença de infraestrutura logística relevante, ainda que sujeita a gargalos e necessidades de aprimoramento, e um ambiente favorável à inovação, criam condições propícias para a formação de um hub de SAF no estado. O projeto busca, portanto, avaliar de forma abrangente as condições técnicas, econômicas, ambientais e regulatórias necessárias para viabilizar esse cluster, com foco especial nas rotas tecnológicas mais promissoras.

¹Cerca de 12% das emissões relacionadas ao setor de transportes.

A metodologia do projeto está estruturada de forma integrada, combinando análises técnicas, econômicas, regulatórias e territoriais para avaliar o potencial de desenvolvimento do SAF em Goiás. O estudo envolve o levantamento e análise de dados secundários, a realização de consultas com *stakeholders* estratégicos, a avaliação de mercado e das principais rotas tecnológicas, bem como o mapeamento de matérias-primas, infraestrutura e impactos associados. Adicionalmente, contempla o desenvolvimento de modelos analíticos e econômico-financeiros, aliados a ações de capacitação e disseminação do conhecimento, com o objetivo de subsidiar a tomada de decisão e apoiar a implementação de um cluster produtivo de SAF no estado.

Como resultado, espera-se a criação de um ecossistema indutor de investimentos em SAF no estado de Goiás através do fornecimento de subsídios técnicos e estratégicos para a formulação de políticas públicas e decisões de investimento. O projeto também busca fortalecer capacidades locais, estimular inovação e criar condições para inserção competitiva de Goiás no mercado de combustíveis sustentáveis de aviação, alinhando-se às tendências internacionais de descarbonização e às metas climáticas de longo prazo.

Esse primeiro relatório tem como foco a análise das perspectivas de mercado de SAF e de suas condicionantes regulatórias, constituindo a base estratégica para o desenvolvimento do *cluster* em Goiás. Essa etapa envolve o levantamento e análise de dados secundários provenientes de fontes nacionais e internacionais, bem como a realização de entrevistas com *stakeholders*-chave, incluindo agentes do setor produtivo, reguladores, companhias aéreas e instituições de pesquisa, a fim de consolidar uma visão abrangente do mercado. Adicionalmente, contempla uma análise regulatória e institucional detalhada, com o mapeamento de políticas públicas, incentivos e marcos normativos aplicáveis aos setores de biocombustíveis e aviação, permitindo identificar oportunidades, lacunas e direcionadores estratégicos para o avanço do SAF.

1. Introdução

A transição energética atual é o processo de transformação estrutural dos sistemas de produção, distribuição e consumo de energia, com a substituição progressiva de fontes fósseis por alternativas de menor intensidade de carbono, associada ao aumento da eficiência energética, diversificação da matriz e à incorporação de novas tecnologias, modelos de negócio e instrumentos regulatórios. No Brasil, esse processo representa um desafio de descarbonização, mas também uma oportunidade estratégica de desenvolvimento industrial, geração de empregos, agregação de valor à base agroindustrial e fortalecimento da segurança energética, especialmente em cadeias nas quais o país possui vantagens comparativas, como a bioenergia - biocombustíveis².

A transição energética global tem intensificado a busca por soluções capazes de conciliar desenvolvimento econômico, segurança energética e redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Nesse contexto, a descarbonização de setores de difícil abatimento, como a aviação, vem ganhando crescente relevância nas agendas públicas e privadas, uma vez que esse setor depende de combustíveis com elevada densidade energética, rigorosos padrões de segurança operacional e ampla compatibilidade com a infraestrutura existente. Entre as alternativas disponíveis, o SAF destaca-se como uma das principais opções para reduzir emissões no curto e médio prazo. O contexto geopolítico, que está limitando acesso ao comércio exterior de querosene de aviação (QAV) oriundo do Golfo Pérsico³, reforça o caráter estratégico do desenvolvimento do mercado de SAF por segurança energética.

Nestas bases, é notório o crescente interesse em SAF, em nível mundial, que resulta em vetores de demanda por meio de compromissos setoriais de neutralidade de carbono, mecanismos de mercado, incentivos públicos e novos marcos regulatórios.

Com base nesta demanda, verificam-se uma intensa competição pelos investimentos em projetos de SAF em diferentes regiões do mundo. A crescente centralidade do SAF decorre não apenas de seu potencial ambiental, mas também da consolidação de um ambiente internacional mais favorável à sua expansão. Metas climáticas, compromissos setoriais de neutralidade de carbono, mecanismos de mercado, incentivos públicos e novos marcos regulatórios têm contribuído para a formação de demanda e para a

2 Os biocombustíveis são alternativas renováveis produzidas a partir de biomassa, plantada ou resíduos agroindustriais e florestais, que podem ser misturados aos combustíveis fósseis nas tecnologias existentes ou substituí-los diretamente em tecnologias adaptadas.

3 O patamar de preços do QAV dobrou com a Guerra EUA-Israel com Irã e a Europa tem estoque de QAV para 6 semanas: <https://www.bbc.com/news/articles/czjw2kz0l22o>

atração de investimentos em diferentes regiões do mundo. Ao mesmo tempo, a estruturação desse mercado envolve desafios complexos, relacionados à disponibilidade de matérias-primas, ao custo de produção, à maturidade das rotas tecnológicas, à certificação, à rastreabilidade e à harmonização de critérios regulatórios em escala internacional.

No Brasil, esse debate adquire especial importância diante da experiência acumulada do país na produção e no uso de biocombustíveis, da diversidade de recursos agroindustriais disponíveis e da existência de capacidades institucionais construídas ao longo de décadas de políticas energéticas. Esse conjunto de condições cria uma base relevante para a inserção do país no mercado de SAF e para o desenvolvimento de arranjos produtivos voltados à descarbonização da aviação. Nesse cenário, Goiás desponta como um território de interesse estratégico, em razão de sua forte base agroindustrial, da disponibilidade de biomassa e de sua posição logística, fatores que podem favorecer a formação de um cluster produtivo associado a combustíveis sustentáveis e a novas cadeias de valor da transição energética.

Este relatório está organizado em sete seções principais. Introdução, seguida da Seção 2 na qual se discute o contexto da transição energética e da descarbonização da aviação, com destaque para o papel do SAF entre as principais soluções de mitigação do setor. A Seção 3 analisa as metas nacionais, os marcos regulatórios globais e as principais iniciativas de promoção do SAF em diferentes regiões do mundo. A Seção 4 examina o arcabouço normativo e institucional brasileiro aplicável ao SAF, incluindo políticas, programas e instrumentos econômicos em consolidação. A Seção 5 aborda as oportunidades e condicionantes para o desenvolvimento de um cluster produtivo de SAF em Goiás. A Seção 6 sumariza as consultas com *stakeholders* estratégicos. A Seção 7 apresenta as considerações finais.

2. Contexto da Transição Energética e da Descarbonização da Aviação

A indústria da aviação civil⁴ é um vetor fundamental para o crescimento econômico e do comércio global, mas é também uma fonte significativa de emissão de GEE, sendo responsável por aproximadamente 2% a 3% das emissões globais de CO₂ e cerca de 12% das emissões relacionadas ao setor de transportes (CRUZ et al., 2026, KIM et al., 2026, OUR WORLD IN DATA, 2024, SPIRONELLI et al., 2026, TEIXEIRA et al., 2024).

Esse quadro torna-se ainda mais relevante diante da retomada e da expansão da atividade aérea após o colapso observado em 2020 devido ao COVID-19⁵ (Figura 1). Nesse contexto, estima-se que, na ausência de medidas mitigadoras, as emissões do setor tendam a aumentar de forma expressiva nas próximas décadas, acompanhando o crescimento contínuo da demanda por viagens aéreas.

Chart 1: Global RPK, billion

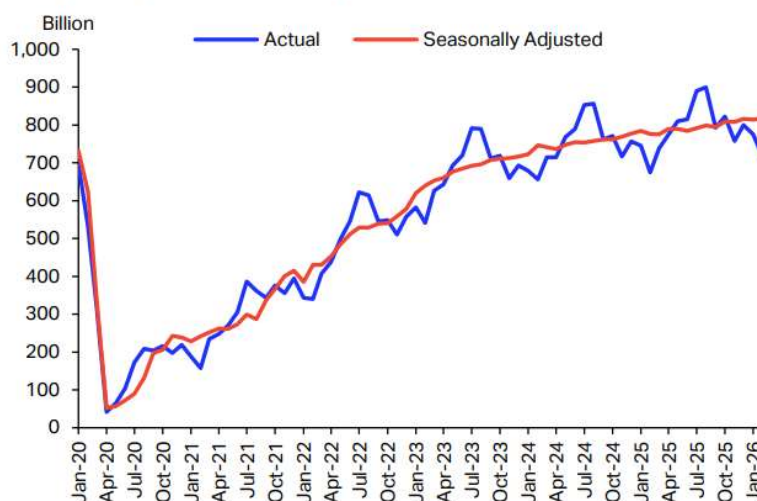


Figura 1 - Volume de passageiros medido em RPK (Revenue Passenger-Kilometers, ou Passageiros- Quilômetro Transportados)

Fonte: (IATA, 2026a)

Embora a aviação responda por uma parcela menor das emissões globais de GEE quando comparada ao transporte terrestre, sua descarbonização apresenta desafios proporcionalmente mais complexos. Diferente do transporte terrestre, a aviação é considerada um setor de difícil descarbonização (*hard-to-abate*) devido a restrições

⁴Engloba todas as atividades aéreas não militares, dividindo-se em transporte aéreo comercial (passageiros/cargas) e aviação geral (privada, executiva)

⁵O tráfego global de passageiros medido em RPK (*Revenue Passenger-Kilometers*, ou Passageiros- Quilômetro Transportados) retomou trajetória ascendente e atingiu cerca de 716 bilhões em fevereiro de 2026, com crescimento de 6,1% em relação a fevereiro de 2025, evidenciando a continuidade da recuperação e da expansão da demanda por transporte aéreo em escala global (IATA, 2026a). O impacto do conflito no Oriente Médio ainda não está totalmente refletido nos dados de fevereiro, já que a escalada ocorreu no último dia do mês. Mesmo assim, a crescente incerteza geopolítica afetou o desempenho do mercado em toda a região.

operacionais e técnicas fundamentais (KIM et al., 2026). Operações de aeronaves comerciais, especialmente em voos de longa distância, exigem combustíveis com altíssima densidade energética (tanto gravimétrica⁶ quanto volumétrica⁷), rigorosos padrões de segurança e compatibilidade com a infraestrutura aeroportuária existente.

Diante da crise climática, a Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO, na sigla em inglês) e a Associação Internacional de Transportes Aéreos (IATA, na sigla em inglês) assumiram o compromisso global de atingir a neutralidade nas emissões de carbono (*Net Zero*) até o ano de 2050.

2.1 Alternativas de Redução de Emissões do Transporte Aéreo

Metas para a descarbonização da aviação foram decididas pelo órgão da ONU a ICAO e acordadas pela IATA, por seus Estados-membros e pelas principais associações de aviação ao redor do mundo.

O setor da aviação tende a estar sujeito a instrumentos regulatórios específicos e a mecanismos dedicados de descarbonização em razão de suas limitações tecnológicas estruturais. Diferentemente de outros modais, especialmente o transporte terrestre, a aviação comercial ainda não dispõe, em escala relevante, de alternativas plenamente substitutivas ao querosene de aviação fóssil que sejam tecnicamente maduras, economicamente competitivas e compatíveis com os requisitos operacionais de rotas de média e longa distância. Essa condição decorre da elevada exigência de densidade energética dos combustíveis aeronáuticos, das restrições de peso e volume das aeronaves, dos padrões rigorosos de segurança e certificação, e da necessidade de compatibilidade com a infraestrutura aeroportuária e logística existente. Nesse contexto, soluções como o SAF assumem papel estratégico, por permitirem reduções de emissões sem demandar alterações profundas na frota e nos sistemas de abastecimento no curto e médio prazo.

A ICAO estabeleceu uma estratégia baseada em uma cesta de medidas (*basket of measures*) para a descarbonização da aviação internacional, estruturada em quatro pilares principais (ICAO, 2016): melhorias operacionais, novas tecnologias, compensação de carbono e SAF (Figura 2).

⁶densidade gravimétrica (ou específica) foca na energia por massa (MJ/kg)

⁷densidade volumétrica foca na energia por volume (MJ/l)

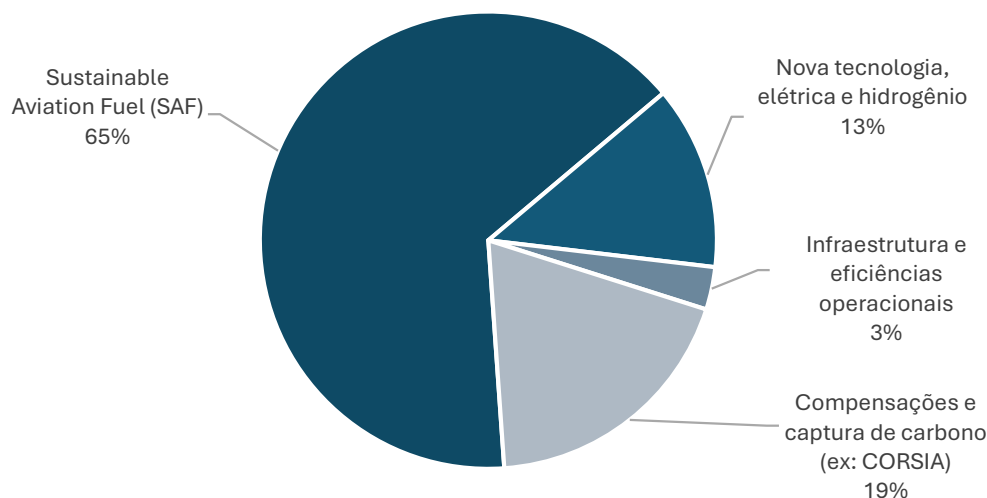


Figura 2 - Estratégias para alcançar emissões líquidas zero de CO2 até 2050

Fonte: (IATA, 2025)

Uma medida refere-se às melhorias operacionais⁸, incluindo otimização de rotas, procedimentos de navegação mais eficientes, redução do tempo de taxiamento, modernização da gestão de tráfego aéreo e melhor coordenação aeroportuária. Essas medidas reduzem o consumo de combustível sem exigir mudanças estruturais imediatas na frota, sendo relevantes no curto prazo por apresentarem aplicação relativamente rápida e menor custo de implementação. Segundo a IATA, ganhos operacionais correspondem por 3% do esforço total de mitigação necessário para o setor atingir o net zero em 2050 (IATA, 2025).

Outra envolve o desenvolvimento de novas tecnologias de aeronaves⁹, como motores mais eficientes, melhorias aerodinâmicas, redução de peso por meio de novos materiais, além do avanço futuro de aeronaves elétricas e a hidrogênio em nichos específicos. Embora parte dessas inovações já esteja sendo incorporada progressivamente às novas gerações de aeronaves, sua difusão depende do ciclo de renovação da frota e de elevados investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D), certificação e infraestrutura de apoio. Estima-se que esse conjunto de inovações possa contribuir com aproximadamente 13% das reduções de emissões requeridas até 2050 (IATA, 2025).

Uma terceira medida compreende as medidas baseadas no mercado, especialmente o CORSIA (na sigla em inglês *Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International*

⁸ <https://www.icao.int/environmental-protection/operational-measures>

⁹ Também existe ganho de eficiência energética nas aeronaves atuais em relação as mais antigas.

Aviation), mecanismo global da ICAO voltado à compensação de emissões da aviação internacional (detalhado na seção 3.2). Esse tipo de instrumento tem função complementar, ao permitir que parte das emissões remanescentes seja compensada. No cenário de net zero da IATA, medidas como compensações e remoções de carbono respondem por cerca de 19% da mitigação necessária até 2050 (IATA, 2025).

Por fim, a adoção de SAF é considerada a principal alavanca de descarbonização da aviação no médio e longo prazo, por permitir reduções substanciais de emissões sem demandar substituição integral da frota ou da infraestrutura aeroportuária existente. O SAF deverá responder por cerca de 65% das reduções de emissões necessárias para o setor atingir o net zero em 2050, o que evidencia seu papel central na transição energética da aviação (IATA, 2025).

Todas essas abordagens partem do entendimento de que não haverá uma solução única para o setor, mas sim a combinação de instrumentos de curto, médio e longo prazo para viabilizar o alcance da meta de neutralidade de carbono até 2050.

Para que todo o potencial de redução a partir do uso de SAF se materialize, é preciso que haja uma significativa expansão da oferta, simultaneamente com a redução de custos, advindos de ganhos de escala e de aprendizado. Ademais, é preciso consolidação de marcos regulatórios e de mecanismos de mercado que deem previsibilidade à demanda.

Nesse contexto, também ganha relevância estratégica o sistema de *Book & Claim* aplicado ao SAF (IATA, 2024b), pelo qual os atributos ambientais do combustível sustentável podem ser contabilmente transferidos, o que amplia a liquidez do mercado de SAF, independentemente de seu fluxo físico, reduzindo barreiras logísticas. Para isso, são necessários que existam rastreabilidade, certificação e salvaguardas contra dupla contagem. Tal mecanismo pode acelerar a expansão do SAF ao permitir sua produção em regiões mais competitivas em custo e intensidade de carbono, ao mesmo tempo em que viabiliza o atendimento à demanda de companhias aéreas e aeroportos sem acesso físico imediato ao combustível, pois facilita a conexão entre produção e consumo em diferentes geografias.

Embora a eletrificação direta e as aeronaves movidas a hidrogênio (diretamente por combustão ou indiretamente por células a combustível) sejam opções de energia com zero carbono em desenvolvimento, elas enfrentam barreiras tecnológicas e econômicas severas, como o peso das baterias e a baixa densidade energética por volume do

hidrogênio. Essas tecnologias poderão atender voos regionais ou de curta distância no futuro, mas a aviação continuará dependendo de combustíveis líquidos nas próximas décadas para voos de longa distância.

Ainda que muitos modais possam ser eletrificados diretamente com eletricidade descarbonizada no setor de transporte, alguns segmentos específicos, como aeronaves de longa distância¹⁰, exigirão opções tecnológicas diferentes, pois são modais de difícil eletrificação. O custo, volume e densidade energética dos combustíveis são fatores de importância crítica. A opção por combustíveis avançados neutros em carbono se justifica em função do alcance limitado de soluções de eletrificação direta devido ao armazenamento e, por consequência, a autonomia¹¹ dos veículos elétricos - tempo de recarga e necessidade de infraestrutura de carregamento adequada.

Especificamente, o setor aéreo exige fontes de energia com alta densidade energética por volume para garantir longos tempos de voo sem necessidade de recarga. Portanto, apesar, da eletrificação direta ser uma solução viável para veículos leves e curtas distâncias, a sua aplicabilidade em setores de alta densidade energética tem limitações e a necessidade de soluções complementares. Em modais de longa distância como aviação, as soluções alternativas como combustíveis avançados de baixo carbono¹², como biocombustíveis avançados e e-fuels (e-combustíveis ou eletrocombustíveis)¹³, são mais apropriadas.

Como destacado, há diversas medidas de mitigação de emissão GEE, fora a substituição de combustíveis, como por exemplo, eficiência energética, redução de demanda por alteração de hábito, um limite máximo de emissões e a criação de mecanismos de mercado de carbono. No entanto, as soluções principais de descarbonização que desempenham um papel importante na substituição do uso dos combustíveis fósseis, são os combustíveis baixo carbono ou neutros em carbono.

¹⁰ Setores 'hard-to-abate' (difíceis de abater) – rodoviário pesado, navegação marítima, aviação, mineração, indústria pesada – dependem fortemente de combustíveis fósseis ou processos industriais que são tecnicamente complexos e caros para descarbonizar.

¹¹ Autonomia de um veículo refere-se à distância que ele pode percorrer com uma única carga de eletricidade ou tanque de combustível, variando de acordo com fatores como eficiência energética, condições de condução e capacidade da bateria ou tanque. No caso dos veículos elétricos, a infraestrutura de recarga desempenha um papel essencial para garantir sua viabilidade e adoção em larga escala, sendo necessária uma ampla rede de pontos de carregamento para atender à crescente demanda e oferecer praticidade aos usuários.

¹² Fontes de energia de baixa emissão definidos por seus componentes de entrada

¹³ Note-se que várias rotas tecnológicas de biocombustíveis avançados e de e-combustíveis demandam hidrogênio como insumo no processo. Ou seja, é importante distinguir o uso do hidrogênio como combustível para aviação e seu uso como insumo para rotas de SAF. O hidrogênio pode ser complementar ou competidor como combustível de aviação a depender da rota tecnológica.

2.2 Metas de Descarbonização e a Criação de Mercado de Combustíveis Avançados de Baixo Carbono

As metas de descarbonização estabelecidas por governos e organizações internacionais¹⁴ tem papel central na formação de mercados para combustíveis avançados de baixo carbono. Transformam compromissos climáticos em sinais regulatórios e econômicos de demanda. Ao estabelecer limites, obrigações de redução de emissões, mandatos de mistura, critérios de elegibilidade e mecanismos de certificação, esses instrumentos reduzem incertezas para investidores e produtores, criando condições para o desenvolvimento de novas cadeias produtivas.

Nesse contexto, o SAF passa a integrar uma estratégia regulatória e de mercado voltada à redução progressiva da intensidade de carbono da aviação, estimulando investimentos em produção, infraestrutura, certificação e mecanismos de comercialização.

De uma maneira geral, tecnologias e produtos de baixo carbono ou neutros em emissões podem se beneficiar de instrumentos mais amplos de política climática e mecanismos de apoio financeiro que ainda não foram plenamente implementados, como por exemplo, mecanismos de recompensa pela remoção de CO₂ da atmosfera, como pagamentos por emissões negativas ou certificados de emissão que incentivem a captura e armazenamento permanentes. Como mencionado anteriormente, a segurança energética pode se tornar outro fator relevante de políticas públicas diante de um contexto geopolítico complexo que restringe acesso a suprimento de QAV originário de regiões sensíveis como o Oriente Médio. Mesmo com o fim do conflito atual entre EUA-Israel e Irã, o mercado passará a precificar esse risco de fornecimento por motivação geopolítica, criando oportunidades adicionais para o mercado de SAF, sobretudo fora de regiões sensíveis.

Sob a ótica do Acordo de Paris, diversas economias do mundo estabeleceram metas ambiciosas de redução de emissões. Para cumprir esses compromissos, governos promovem regulações e incentivos que favorecem combustíveis de baixo carbono em setores-chave, como transporte, indústria e geração de energia, impulsionando sua produção e comercialização globalmente. No Brasil, a NDC (na sigla em inglês para

¹⁴ Exigências para o uso de combustíveis de baixa emissão e padrões de emissões.

Contribuições Nacionalmente Determinadas) determina compromisso de reduzir as emissões líquidas de gases estufa no país de 59% a 67% até 2035, em comparação aos níveis de 2005. Há também no país uma meta de neutralidade climática até 2050.

No setor de aviação, a descarbonização é um desafio complexo que exige uma abordagem multifacetada¹⁵ para reduzir as emissões de GEE sem comprometer a sua atividade. Iniciativas como o CORSIA e o ProbioQAV, que serão detalhados a seguir (seção 3.2 e 4.3.1, respectivamente), além de programas nacionais de incentivo ao SAF são essenciais e impulsionam a adoção de combustíveis avançados ao penalizar opções de alta emissão e incentivar investimentos em tecnologias sustentáveis. Para que a aviação alcance suas metas de neutralidade de carbono, essas políticas promovem investimentos, inovação tecnológica e escalabilidade na produção, incentivam o mercado de SAF já no curto/médio prazo.

Em suma, um ambiente político e regulatório favorável, com políticas públicas e incentivos governamentais, metas de descarbonização delineadas por organismos internacionais e países, podem acelerar a adoção de combustíveis sustentáveis de uma forma geral. O crescimento da demanda global por esses combustíveis deve impulsionar investimentos e inovações tecnológicas na área, uma oportunidade promissora para a sua produção, assim como a busca por redução da vulnerabilidade de fornecimento de QAV oriundo de regiões sensíveis a eventos geopolíticos. Em linhas gerais, as políticas dos governos estão voltadas para a estruturação da cadeia produtiva com adensamento tecnológico em seus próprios territórios para atendimento, não somente seus mercados internos, como também a exportação de produtos e/ou bens de equipamentos e de tecnologia.

2.3 Combustíveis Convencionais e o Papel do SAF no Processo de Redução de Emissões da Aviação

Os combustíveis convencionais fósseis, derivados do petróleo, são amplamente utilizados devido à alta densidade energética e infraestrutura consolidada de produção e utilização. Esses recursos não são renováveis e possuem elevada concentração de

¹⁵Medidas como melhoria na eficiência, otimização de rotas e pesquisa em novas tecnologias complementam os esforços. A descarbonização do setor da aviação envolve uma série de fatores técnicos, econômicos, regulatórios e de infraestrutura que influenciam a viabilidade e a adoção de soluções mais sustentáveis.

carbono, o que resulta em emissões significativas de CO₂ durante a combustão, com impactos ambientais climáticos expressivos.

No setor aéreo, os combustíveis convencionais de aviação, predominantemente o Jet A e o Jet A-1¹⁶, são derivados da fração de querosene do refino do petróleo bruto fóssil e possuem alta densidade energética e estabilidade térmica. Quimicamente, são misturas complexas de centenas de hidrocarbonetos (entre 8 e 16 carbonos), compostos por alcanos (parafinas), cicloalcanos e compostos aromáticos (WAHEED *et al.*, 2026). Os hidrocarbonetos aromáticos garantem o inchaço adequado de vedações e anéis de vedação (O-rings) nos sistemas de combustível das aeronaves, mas, durante a combustão, são os principais responsáveis pelas emissões de material particulado e pela formação de rastros de condensação, agravando o impacto climático da aviação (KHALID *et al.*, 2026).

Ressalta-se que os combustíveis fósseis continuarão sendo relevantes para o suprimento energético global nos horizontes de curto e médio prazo. Entretanto, a crescente preocupação com as mudanças climáticas e a necessidade de reduzir a dependência de combustíveis fósseis impulsiona o desenvolvimento e a realização de investimentos em alternativas mais sustentáveis.

Neste contexto, como já enfatizado, é crescente a importância concedida aos SAFs, capazes de reduzir as emissões de CO₂ em até 80% (IATA, 2025)¹⁷. De modo geral, os SAFs podem ser produzidos a partir de diversas rotas e matérias-primas renováveis, tais como óleos vegetais, gordura animal, biomassa lignocelulósica, açúcares e amido, gases residuais, resíduos agrícolas e florestais, resíduos úmidos, entre outros. Além das rotas bioquímicas e termoquímicas, também há a rota dos combustíveis produzidos a partir de hidrogênio de baixo carbono e carbono capturado.

¹⁶ O setor de aviação possui dois principais combustíveis, a gasolina de aviação e o querosene de aviação (QAV), sendo que a gasolina de aviação é utilizada em aeronaves de pequeno porte, equipadas com motores a pistão, enquanto o QAV é o combustível predominante, abastecendo grandes aeronaves e helicópteros que utilizam motores a turbina. O QAV possui três principais classificações diferenciadas de acordo com o ponto de congelamento e outras propriedades físico-químicas: Jet A (utilizado nos Estados Unidos e Canadá, com disponibilidade restrita a alguns aeroportos), Jet A-1 (ou QAV-1, versão amplamente utilizada devido a sua maior estabilidade térmica e resistência a temperaturas extremas) e o Jet B (possui um ponto de congelamento mais baixo e é utilizado em regiões com temperaturas extremamente frias). Independente da classificação, tanto a gasolina de aviação quanto o querosene de aviação apresentam uma qualidade superior em comparação aos combustíveis utilizados no transporte rodoviário. Além disso, esses combustíveis são formulados com aditivos especiais que reduzem o risco de congelamento e minimizam a volatilidade, reduzindo o potencial de explosão em condições operacionais extremas.

¹⁷ Outros autores afirmam que o SAF pode reduzir as emissões de CO₂ de 41 até 89% ao longo de seu ciclo de vida (SONG *et al.*, 2024). O percentual de redução de emissões associado ao SAF não é único e varia conforme rota tecnológica empregada, da matéria-prima utilizada, do processo produtivo, da matriz energética associada e dos critérios de contabilização das emissões ao longo do ciclo de vida.

Os SAFs contêm os mesmos hidrocarbonetos presentes no querosene de aviação de origem fóssil, resultando em emissões similares na queima. No entanto, a principal diferença está no fato de que esses hidrocarbonetos são derivados de fontes sustentáveis. Enquanto os combustíveis fósseis aumentam o nível total de CO₂ ao liberar carbono previamente armazenado no subsolo, os SAFs operam em um ciclo de carbono, reciclando o CO₂ previamente absorvido pela biomassa utilizada ou o CO₂ capturado em sua produção (IATA, 2025).

Os combustíveis avançados na aviação são soluções *drop-in* (de substituição direta) produzidas a partir de fontes renováveis ou resíduos. As rotas tecnológicas certificadas convertem diferentes matérias-primas, como óleos vegetais, gorduras animais, resíduos sólidos urbanos, biomassa lignocelulósica, e até CO₂ capturado combinado com hidrogênio (power-to-liquid / e-fuels), em querosene parafínico sintético. O SAF possui propriedades físicas e químicas equivalentes ao querosene de aviação fóssil e compatíveis com a infraestrutura existente, podendo ser misturado na proporção de até 50%¹⁸ (condições de mistura estabelecidas pelos órgãos reguladores¹⁹, esse valor segue a norma ASTM D7566²⁰) e utilizado nas aeronaves e infraestruturas de abastecimento existentes sem necessidade de modificações mecânicas e de infraestrutura. Além da redução de carbono, o SAF apresenta níveis significativamente menores de compostos aromáticos e enxofre, reduzindo as emissões não-CO₂ (como particulados e óxidos de nitrogênio) (EPE, 2024a, ICAO, 2026a).

Os biocombustíveis avançados²¹ são fabricados por meio do tratamento químico ou térmico da biomassa, derivados de biomassa proveniente de culturas (plantada) ou de seus resíduos. Têm a vantagem de utilizar matérias-primas abundantes e possibilitar uma transição rápida ao serem integrados às tecnologias atuais. Além disso, a produção a partir de resíduos promove a economia circular ao aproveitar óleos residuais, resíduos sólidos e coprodutos agrícolas que, de outra forma, poderiam gerar passivos ambientais e metano em aterros. No Brasil, a ampla oferta de recursos de biomassa e a infraestrutura desenvolvida favorecem a expansão e a competitividade dos

¹⁸ Um pequeno número de voos de demonstração foi realizado com 100% de SAF no mundo, mas nenhuma norma ASTM atual permite o uso generalizado de SAF puro. Atualmente, esses [voos de demonstração](#) precisam permissão das autoridades.

¹⁹ <https://www.icao.int/SAF/saf-conversion-processes>

²⁰ Os SAFs são considerados combustíveis “drop-in”, ou seja, compatíveis com motores, tanques e infraestrutura aeroportuária existentes, sem necessidade de alterações significativas na mecânica das aeronaves. Segundo a ASTM International (norma D7566 e D1655), os SAF atualmente são certificados para mistura de até 50% com o querosene de aviação fóssil, a depender da rota tecnológica utilizada. Esse percentual poderá ser ampliado conforme novas certificações sejam desenvolvidas e a experiência operacional avance, permitindo adoção progressiva e segura da tecnologia.

²¹ biocombustíveis sintéticos

biocombustíveis. O padrão de sustentabilidade dessas rotas em relação ao uso do solo é fundamental para evitar questionamentos na certificação do ciclo de vida do combustível. O mercado global, sobretudo o europeu, é particularmente sensível a esse ponto (até por estratégia industrial). O mercado brasileiro criou regras nesse sentido também a partir do zoneamento agroecológico feito pela Embrapa e adotado pelo RenovaBio (EPE, 2017).

Já os e-combustíveis, são produzidos combinando hidrogênio gerado pela eletrólise da água a partir de fontes renováveis (THE ROYAL SOCIETY, 2019) com uma fonte de carbono (CO_2 ou CO), capturado direto da atmosfera (DAC, na sigla em inglês *direct air capture*²²), processos industriais (CCS) ou CO_2 biogênico, para criar e-combustíveis gasosos ou líquidos com propriedades semelhantes aos dos combustíveis fósseis. No entanto, enfrentam elevados custos de produção, o que torna sua implementação dependente de avanços tecnológicos e incentivos econômicos.

Diferentemente dos combustíveis fósseis, cuja queima resulta em emissões líquidas de carbono sempre positivas, essas soluções podem ser neutras em carbono. Nos biocombustíveis o CO_2 emitido durante sua combustão é compensado pelo CO_2 absorvido durante o crescimento da biomassa, desde que sejam adotadas práticas sustentáveis em sua produção²³. Por sua vez, os *e-fuels* contribuem para a descarbonização quando sua produção utiliza CO_2 capturado, como CO_2 biogênico, captura direta do ar ou de gases industriais atmosférico (CCS, na sigla em inglês *carbon capture and storage*)²⁴ e hidrogênio produzido com eletricidade renovável ou descarbonizada²⁵ (THE ROYAL SOCIETY, 2019).

Como já citado, estima-se que os SAFs possam contribuir com cerca de 65% da redução de emissões necessária para que o setor de aviação alcance emissões líquidas zero até 2050 (IATA, 2025). Para isso, será necessário um aumento expressivo na produção

²² DAC é uma tecnologia emergente que remove CO_2 diretamente da atmosfera por meio de processos químicos. Tem elevado custo e a grande demanda energética, que se tornam desafios para sua implementação em larga escala. Como apenas uma pequena fração do ar é composta de CO_2 , o processo exige muita energia para separar e capturar o gás de forma eficiente. Existem dois principais métodos de captura direta de ar: sistemas à base de solventes líquidos (fazem o ar passar por substâncias químicas que absorvem o CO_2 e o gás é liberado por meio de calor e vácuo, permitindo que os solventes sejam reutilizados no processo, enquanto o ar tratado, com menos CO_2 , é devolvido à atmosfera) e sistemas à base de sorventes sólidos (filtros físicos que se ligam quimicamente ao CO, quando aquecidos ou submetidos a vácuo, esses filtros liberam o CO_2 em uma corrente concentrada).

²³ A integração de tecnologias de captura e armazenamento de carbono (CCS) na produção de biomassa pode resultar em emissões líquidas negativas, pois o sistema completo retira mais CO_2 do que libera. A remoção de CO_2 pelo crescimento da planta e pelo CCS, supera as emissões geradas durante a combustão, resultando em emissões líquidas negativas. Tecnologia chamada BECCS.

²⁴ Fontes que não acrescentam mais CO_2 a atmosfera. O benefício na redução de carbono dependerá da origem do dióxido de carbono utilizado na produção.

²⁵ Os e-fuels são considerados uma forma de eletrificação indireta, pois usam a eletricidade na produção de combustíveis sintéticos.

desses combustíveis para atender à demanda projetada. A maior aceleração é esperada a partir da década de 2030, à medida que o suporte de políticas públicas se torna global, os SAFs se tornam economicamente competitivos em relação ao querosene fóssil e as opções de compensação de carbono confiáveis se tornam mais escassas.

Para a produção de SAF existem diferentes rotas tecnológicas, as quais apresentam níveis de maturidade e desafios técnicos e econômicos distintos. Para o SAF há 11 processos de conversão aprovados²⁶ (além de outros em avaliação) e 57 matérias-primas (*feedstocks*) reconhecidas (ICAO, 2026c). Embora a rota dos *e-fuels* consistam em uma importante alternativa de longo prazo em função do seu potencial de redução de custos, as rotas agrícolas (como a HEFA - *Hydroprocessed Esters and Fatty Acids*, AtJ - *Alcohol-to-Jet* e FT - *Fischer-Tropsch*)²⁷ são mais promissoras no horizonte de curto e médio prazo.

Hoje, a produção mundial de SAF ainda é incipiente em relação ao consumo total de querosene de aviação. Em 2025, a produção global atingiu cerca 8,3 Mm³ por ano de SAF, o equivalente a aproximadamente 0,3% da produção global de combustível de aviação²⁸. A oferta atualmente se concentrada na rota HEFA, 76,4% da capacidade instalada no mundo (EPE, 2025a), ilustrado na Figura 3, devido à maior maturidade tecnológica e comercial, mas sua expansão é limitada pela disponibilidade de óleos, gorduras e resíduos lipídicos.

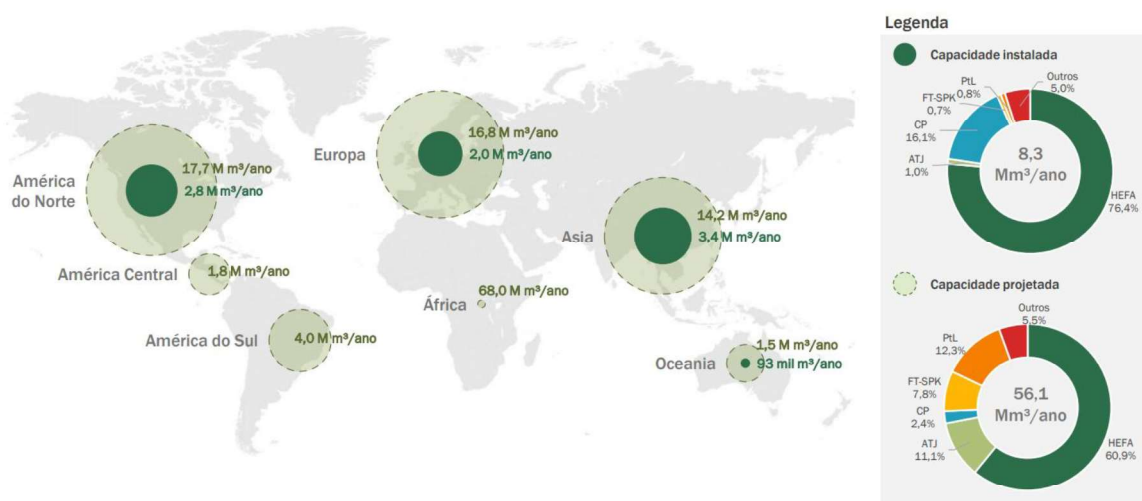


Figura 3 - Produção de SAF no mundo - capacidade instalada atual e projetada para 2033
Fonte: (EPE, 2025a)

²⁶ Hoje em dia, a rota de FT a partir de CO₂ e H₂ é o caminho oficialmente aprovado de PtL para produção de combustível de aviação

²⁷ As diferentes rotas tecnológicas para a produção de SAF serão discutidas e detalhadas no Produto 2 - Análise de mercado SAF e rotas tecnológicas.

²⁸ Disappointingly Slow Growth in SAF Production. <https://www.iata.org/en/pressroom/2024-releases/2024-12-10-03/>

3. Regulação e Metas Globais e Nacionais de Descarbonização da Aviação

A descarbonização da aviação tem sido progressivamente estruturada por um conjunto de metas internacionais, compromissos setoriais e instrumentos regulatórios que buscam compatibilizar a expansão do transporte aéreo com a redução de suas emissões de GEE. Nesse contexto, a compreensão do ambiente regulatório internacional torna-se fundamental para analisar a consolidação do mercado de SAF, uma vez que sua adoção vem sendo impulsionada não apenas por avanços tecnológicos, mas também por diretrizes institucionais, mecanismos de mercado, metas climáticas e políticas públicas formuladas por organismos multilaterais, associações do setor e governos nacionais. Esta seção apresenta uma análise regulatória e institucional voltada ao mapeamento das principais políticas, incentivos e marcos regulatórios aplicáveis aos setores de aviação, com ênfase nas metas globais de descarbonização da aviação, nas iniciativas conduzidas por entidades como IATA e ICAO e nas experiências internacionais mais relevantes para a promoção do SAF.

3.1 IATA (*International Air Transport Association*)

A IATA é a entidade internacional que representa as companhias aéreas, reunindo aproximadamente 360 empresas. A organização estabelece padrões de segurança, eficiência e operacionais. Ademais, define códigos de aeroportos e facilitar o comércio de passagens e cargas.

Além das funções técnicas e comerciais, a IATA também atua como articuladora de iniciativas estratégicas voltadas à sustentabilidade, apoiando a indústria na transição para uma aviação de baixo carbono. Nesse contexto, destaca-se o compromisso *Fly Net Zero* (IATA, 2026b), promulgado em 2021

Este compromisso estabelece que as companhias aéreas associadas devem alcançar emissões líquidas zero de carbono até 2050, em alinhamento com os objetivos do Acordo de Paris. Todavia, não estabelece uma meta específica volumétrica de utilização de SAF (IATA, 2026b).

A organização tem avançado na consolidação de instrumentos estratégicos para viabilizar a descarbonização do setor da aviação. Neste sentido, destaca-se que a entidade desenvolveu um conjunto de *roadmaps* que detalham as ações necessárias para o alcance do net zero até 2050. Estes estudos ressaltam que essa transição é tecnicamente viável, mas depende de elevados investimentos e coordenação global entre governos e agentes do setor (IATA, 2026b). Além disso, a IATA enfatiza que o

tempo para implementação dessas ações é limitado, sendo essencial acelerar decisões e políticas para evitar atrasos na descarbonização da aviação.

No campo específico do SAF, a IATA tem estruturado iniciativas para fomentar o mercado, como o lançamento do SAF *Registry*²⁹, sistema global que permite rastrear transações e contabilizar de forma padronizada os benefícios ambientais do uso de SAF, independentemente da localização. Complementarmente, destaca-se a criação do SAF *Matchmaker*³⁰, que busca conectar companhias aéreas e fornecedores, facilitando a formação de mercado. A IATA também reforça a importância de políticas públicas baseadas em incentivos, em vez de mandatos isolados, para reduzir riscos, estimular investimentos e viabilizar a expansão da oferta de SAF, defendendo ainda a harmonização de padrões internacionais e o fortalecimento de parcerias público-privadas como elementos-chave para o desenvolvimento sustentável do setor (IATA, 2025).

3.2 ICAO (*International Civil Aviation Organization*)

A ICAO³¹ é a agência das Nações Unidas responsável por estabelecer diretrizes, normas e políticas globais para o setor de aviação civil. No contexto das mudanças climáticas, a ICAO tem desempenhado papel central na coordenação internacional de esforços voltados à redução das emissões de GEE da aviação, um setor caracterizado por sua natureza global e pela necessidade de soluções harmonizadas entre os países.

A ICAO definiu um conjunto de objetivos aspiracionais para promover a descarbonização do setor aéreo, destacando-se (ICAO, 2025):

- i. a melhoria anual de 2% na eficiência energética até 2050;
- ii. o crescimento neutro em carbono a partir de 2020³²;
- iii. A ICAO adotou uma visão para reduzir as emissões em 5% até 2030 (calculado em relação ao uso zero de energia mais sustentável) por meio do uso de SAF, LCAF³³ e outras energias com menor emissão da aviação (ICAO, 2025).

²⁹ <https://www.iata.org/en/pressroom/2025-releases/2025-04-03-01/>

³⁰ <https://www.iata.org/en/pressroom/2025-releases/2025-06-26-01/>

³¹ Organização Internacional da Aviação Civil - agência das Nações Unidas com 193 países

³² Em função da pandemia de Covid-19 em 2020: a linha de base é 100% do nível de 2019 para 2021-2023 e 85% do nível de 2019 a partir de 2024 (ICAO, 2023).

³³ Da sigla em inglês Combustíveis de Aviação com Menos Carbono - *Lower Carbon Aviation Fuels*). Combustível de aviação de origem fóssil que atende aos Critérios de Sustentabilidade CORSIA. Medida complementar ao lado do SAF para ajudar a reduzir as emissões do ciclo de vida de GEE da aviação. Um LCAF tem que cumprir os critérios de sustentabilidade do CORSIA. Por exemplo, cinco bilhões de litros de LCAF a 80 gCO₂e/MJ poderiam fornecer a redução equivalente de emissões de GEE de cerca de um bilhão de litros de SAF a 45 gCO₂e/MJ.

- iv. Em 2022, atribuiu-se uma meta climática de emissões líquidas zero em 2050 (meta de longo prazo net zero) (SIENNA HEALY *et al.*, 2023).

Para atingir esses objetivos, a ICAO estrutura sua estratégia em um conjunto de medidas complementares, que incluem melhorias tecnológicas (como aeronaves mais eficientes), avanços operacionais (otimização de rotas e gestão de tráfego aéreo) e, de forma crescente, a adoção de combustíveis sustentáveis de aviação (SAF) e outros combustíveis de menor intensidade de carbono.

No âmbito da ICAO, destaca-se o CORSIA³⁴ (*Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation*). Trata-se do programa para a redução e compensação de emissões de CO₂³⁵ provenientes dos voos internacionais. Esse mecanismo cria um incentivo financeiro e regulatório para a adoção de combustíveis de baixo carbono no setor da aviação³⁶. As companhias aéreas podem usar créditos de carbono para cumprir seus requisitos de compensação e podem reduzir emissões usando combustíveis elegíveis ao CORSIA³⁷ (SAF e os LCAF).

Inicialmente, em 2016, o objetivo era atingir o crescimento neutro de carbono após 2020³⁸. Em 2022, atribuiu-se uma meta³⁹ de emissões líquidas zero em 2050 (SIENNA HEALY *et al.*, 2023). A ICAO adotou uma visão para reduzir as emissões em 5% até 2030 por meio do uso de SAF, LCAF e outras energias mais limpas da aviação (ICAO, 2025). Isso requer 23 milhões de toneladas de uso de energias mais limpas na aviação internacional em 2030.

A Figura 4 ilustra que o CORSIA complementa outros esforços de redução de emissões no setor da aviação. Em vez de se limitar a mandatos volumétricos, focam em inovações tecnológicas, melhorias operacionais e combustíveis de aviação sustentáveis. O

³⁴ Esquema de compensação e redução de carbono para aviação internacional. É um mecanismo de mercado concebido para reduzir e compensar emissões de GEE da aviação internacional.

³⁵ O CORSIA tem conjunto de medidas para compensar a quantidade de emissões de CO₂ que não podem ser reduzidas por meio do uso de melhorias tecnológicas, operacionais e combustíveis de aviação sustentáveis com unidades de emissões do mercado de carbono.

³⁶ Critérios de Sustentabilidade CORSIA: uma redução de 10% nas emissões do ciclo de vida em comparação com a linha de base de combustível de aviação de 89 gCO₂e/MJ. Combustíveis alternativos de aviação funcionam de maneira idêntica ao combustível de aviação derivado do petróleo, conforme determinado por critérios bem definidos nas especificações elaborados pelo comitê de normas da ASTM.

³⁷ Além do uso de SAF e a compra de compensações de carbono pode ter outras medidas técnicas e operacionais para aumentar a eficiência do combustível.

³⁸ Que as emissões sejam estabilizadas nos níveis observados em 2020, sem que o setor aéreo precise parar de crescer. A implementação do CORSIA ocorre em fases: uma fase piloto de 2021 a 2023, seguida pela Fase 1 de 2024 a 2026, ambas de adesão voluntária. A partir de 2027, na Fase 2, a participação torna-se obrigatória para todos os Estados cujas operadoras aéreas representem mais de 0,5% da atividade internacional em termos de toneladas-quilômetro de receita. O CORSIA se aplica às emissões de voos internacionais.

³⁹ Long-Term Aspirational Goal (LTAG)

objetivo é atingir a meta da ICAO de crescimento neutro em carbono até 2035⁴⁰, visando a progressão subsequente para o net zero em 2050. A adoção de uma abordagem orientada por metas de redução de emissões, confere flexibilidade aos agentes do setor na escolha das estratégias de cumprimento. Essa característica favorece a inovação tecnológica e a competitividade de soluções como o SAF no mercado internacional.

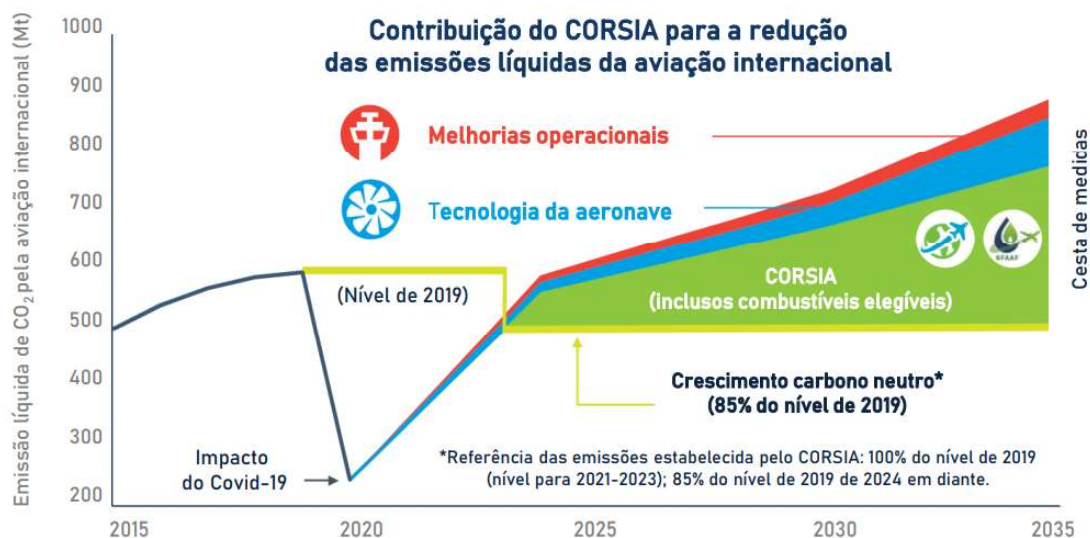


Figura 4 - Contribuição do CORSIA para a redução das emissões líquidas da aviação internacional

Fonte: (EPE, 2024a, ICAO, 2023)

O funcionamento do CORSIA baseia-se na obrigatoriedade de que as companhias aéreas compensem o aumento de suas emissões por meio da aquisição de créditos de carbono provenientes de projetos elegíveis. Alternativamente, essas empresas podem reduzir diretamente suas obrigações por meio do uso de combustíveis elegíveis⁴¹ ao mecanismo, como os SAF e LCAF. Dessa forma, o CORSIA cria um incentivo econômico para a adoção de combustíveis de baixo carbono, ao reduzir a necessidade de compra de créditos de compensação.

O mecanismo foi estruturado em fases progressivas de implementação (EPE, 2024a, ICAO, 2026a):

- i. 2018: início das ações preparatórias do CORSIA, em um contexto no qual a aviação respondia por aproximadamente 2,4% das emissões globais de CO₂;

⁴⁰Busca operacionalizar o objetivo de crescimento neutro em carbono por meio da compensação das emissões que excedam o nível de referência estabelecido.

⁴¹ <https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/CORSIA-Eligible-Fuels.aspx>

- ii. 2020: estabelecimento do ano-base de emissões e marco para o crescimento neutro em carbono⁴²;
- iii. 2021-2023: fase piloto, com participação voluntária dos países;
- iv. 2024-2026: primeira fase, também de adesão voluntária;
- v. A partir de 2027: segunda fase, de caráter obrigatório para a maioria dos voos internacionais.

Durante as fases iniciais, o CORSIA é aplicado apenas aos voos internacionais entre países que aderiram voluntariamente ao mecanismo. A partir de 2027, a cobertura se amplia para praticamente todos os voos internacionais, com exceções limitadas, como países menos desenvolvidos ou com baixa participação no tráfego aéreo global, os quais podem aderir voluntariamente (Figura 5).

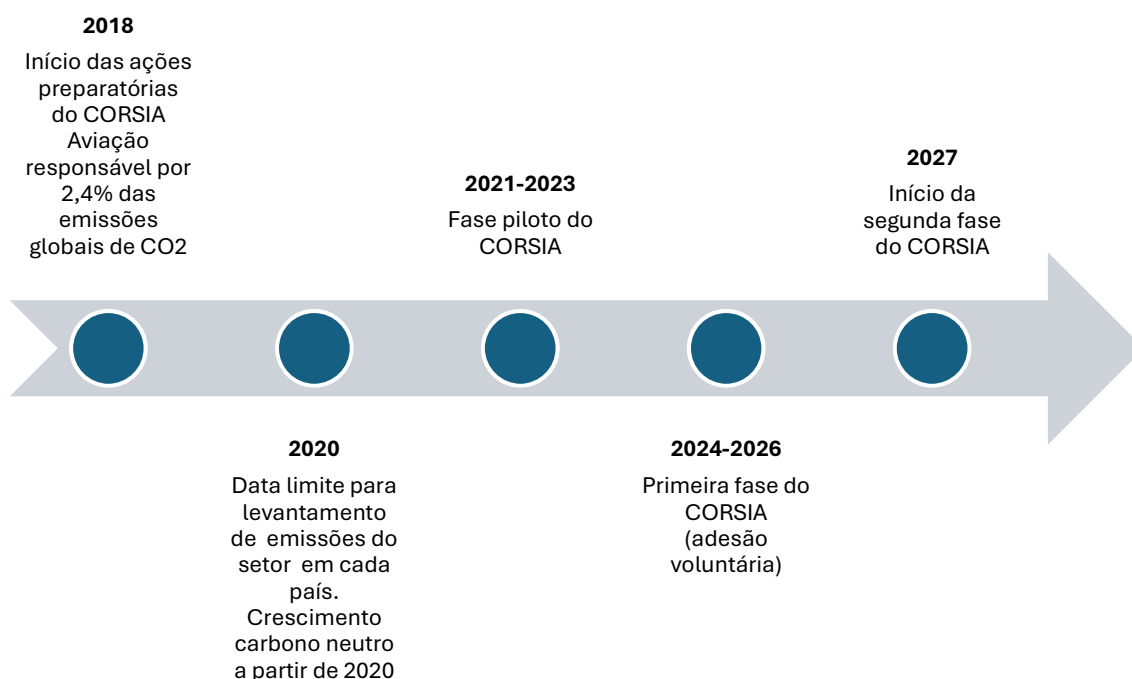


Figura 5 - Fases CORSIA

Fonte: Elaboração Própria

Em termos de trajetória climática, o CORSIA deverá contribuir para a estabilização das emissões do setor em torno do nível do ano-base até 2030, seguido por uma redução progressiva, alinhada à meta de emissões líquidas zero até 2050. Nesse sentido, o

⁴² Nota-se pela Figura 4 a influência da pandemia de Covid-19 em 2020, com isso a linha de base torna-se 100% do nível de 2019 para 2021-2023 e 85% do nível de 2019 a partir de 2024.

mecanismo não apenas estabelece um marco regulatório internacional, mas também sinaliza uma demanda crescente por soluções de descarbonização, especialmente o SAF.

No âmbito do CORSIA, observa-se um avanço na estruturação da cadeia de SAF, refletido na ampliação dos insumos, agentes e processos certificados. Foram certificadas 137 remessas de SAF, totalizando aproximadamente 199 mil toneladas, e 367 operadores econômicos estão habilitados no sistema. Esses números demonstram a consolidação progressiva do SAF dentro do arcabouço regulatório internacional, reforçando sua viabilidade como solução para a descarbonização da aviação (ICAO, 2026c).

A elegibilidade no CORSIA é relevante para a inserção internacional do SAF brasileiro. Para ser reconhecido como um combustível elegível no CORSIA⁴³, o SAF deve ser produzido por operador certificado por um esquema de certificação de sustentabilidade aprovado pelo Conselho da ICAO e atender aos critérios de sustentabilidade e às metodologias de cálculo das emissões de ciclo de vida estabelecidas pelo programa. Até junho de 2026, os esquemas aprovados pela ICAO incluíam o International Sustainability and Carbon Certification (ISCC), a Roundtable on Sustainable Biomaterials (RSB), o ClassNK Sustainability Certification Scheme e o Bonsucro⁴⁴.

3.3 Outras iniciativas de SAF no mundo

Além do CORSIA, observa-se um avanço de iniciativas nacionais e regionais voltadas à promoção de SAF e LCAF. Conforme ilustrado na Figura 6, essas políticas estão distribuídas em diferentes regiões do mundo, evidenciando um movimento crescente e coordenado para a descarbonização do setor aéreo, demonstrando não apenas a consolidação do SAF como vetor estratégico da transição energética, mas também a intensificação de esforços regulatórios para estruturar mercados e cadeias produtivas associadas.

Ao todo, a ICAO identificou 91 políticas relacionadas ao tema, das quais 57 já foram adotadas e 34 encontram-se em desenvolvimento, abrangendo 36 países (ICAO, 2026b).

⁴³ <https://www.icao.int/CORSIA/corsia-eligible-fuels>

⁴⁴ Os escopos de aprovação não são idênticos: ISCC e RSB apresentam cobertura mais ampla, enquanto o Bonsucro está direcionado à cadeia da cana-de-açúcar e seus derivados, incluindo SAF produzido pelas rotas ATJ e SIP.



Figura 6 - Mapa do mundo, localizando onde há políticas ambientais¹ (adotadas e em desenvolvimento) sobre combustíveis de aviação - promover o uso de combustíveis de aviação sustentáveis e combustíveis de aviação com menor emissão de carbono.

¹cada círculo indica uma política implementada em um país ou região específica. Círculos divididos em cores diferentes representam a coexistência de múltiplas políticas na mesma localização.

Fonte:(ICAO, 2026b)

A análise do perfil dessas políticas revela uma predominância de instrumentos econômicos, como incentivos financeiros e fiscais, seguidos por roteiros estratégicos (*roadmaps*), mandatos de uso e metas de descarbonização. Também se destacam mecanismos como padrões de combustíveis limpos, subsídios, financiamentos, fundos dedicados e instrumentos de mercado. A evolução temporal indica um crescimento expressivo dessas iniciativas a partir de 2023, com forte aceleração em 2025, refletindo o aumento da ambição climática e a necessidade de criação de condições habilitadoras para a expansão do SAF. A Tabela 1 detalha as políticas já adotadas, evidenciando a diversidade de abordagens regulatórias e instrumentos utilizados globalmente, o que reforça a importância de estratégias integradas para o desenvolvimento de mercados competitivos e sustentáveis de combustíveis de aviação.

Tabela 1 - Políticas ambientais de combustíveis de aviação aprovadas no mundo

Data	País	Título da Política	Descrição da Política
out/23	Argentina ⁴⁵	Estratégia Nacional ⁴⁶	A Estratégia Nacional do Hidrogênio estabelece o arcabouço da Argentina para hidrogênio de baixo carbono e derivados, citando combustíveis sintéticos de aviação (SAF/e-querosene) como uma aplicação alvo e pedindo certificação, infraestrutura e medidas de apoio ao mercado a partir de 2030. Os materiais do plano de ação que acompanham pedem estações piloto e combustíveis líquidos PtX, incluindo combustíveis sintéticos para aviação (SAF), indicando linhas de trabalho federais para viabilizar a produção/fornecimento.
abr/24	Austrália	Aviation White Paper — “Towards 2050,” Chapter 6 ⁴⁷	Compromete-se a estabelecer uma indústria nacional de produção de SAF e a consultar sobre incentivos de produção e medidas do lado da demanda (incluindo mandato, meta ou padrão de combustíveis limpos) para acelerar a adoção. Lista explicitamente “considerações adicionais de mandatos, metas ou outras medidas do lado da demanda” e uma análise de impacto regulatório. Compromete-se com a Commonwealth a desenvolver um esquema nacional de certificação SAF até 2028 por meio do quadro de Garantia de Origem, e a garantir que o uso de SAF possa ser contabilizado nos esquemas de reporte de emissões.
nov/21	Brasil	Programa Nacional do Bioquerosene ⁴⁸	A política orienta agências e instituições federais a fornecer recursos para projetos das SAF, bem como incentivos fiscais.
out/24	Brasil	ProBioQAV/Combustível do futuro ⁴⁹	Institui o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAV) e determina que operadores aéreos brasileiros reduzam um percentual de suas emissões de CO ₂ em voos domésticos por meio do uso de SAF. As obrigações têm início em 2027, com redução de 1% das emissões de CO ₂ , elevando-se progressivamente até 10% em 2037. O cumprimento deve ocorrer por meio do aumento da mistura de SAF ao querosene fóssil de aviação.
mai/25	Canadá	Low Carbon Jet Fuel Incentive Program (BC-LCJFIP) ⁵⁰	Programa trienal que compensa parte do custo do combustível de aviação de baixo carbono elegível (SAF/LCJF) utilizado na Colúmbia Britânica, com o objetivo de estimular a adoção inicial antes da entrada em vigor de exigências mandatórias para combustíveis de aviação.

⁴⁵ A Argentina reconheceu o SAF como uma medida que pode reduzir as emissões da aviação em seu Plano de Ação de 2021 para a Redução das Emissões de CO₂ na Aviação. No entanto, não existe um marco regulatório ou de incentivos para promover o uso e investimentos em SAF.

⁴⁶ https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2023/07/estrategia_nacional_de_hidrogeno_sae_2023.pdf

⁴⁷ <https://www.infrastructure.gov.au/departments/media/publications/aviation-white-paper-towards-2050>

⁴⁸ <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2021/lei-14248-25-novembro-2021-791992-publicacaooriginal-163943-pl.html>

⁴⁹ https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/14993.htm

⁵⁰ <https://www.yvr.ca/en/about-yvr/environment/low-carbon-jet-fuel>



out/22	China	China Civil Aviation Green Development Policy and Action ⁵⁸	Estabelece meta de uso de 50 mil toneladas de SAF até 2025, bem como ações relacionadas a testes de desempenho, certificação de aeronavegabilidade e exploração de novas rotas para seu desenvolvimento.
jan/25	Colômbia	SAF Roadmap ⁵⁹	O roteiro define a direção da Colômbia para produzir e utilizar SAF domesticamente, com meta quantificada de produção para 2035 e coordenação interinstitucional. A meta é atingir a produção de 100 milhões de galões até 2035.
dez/23	Dinamarca	Green Aviation in Denmark ⁶⁰	Prevê subsídios diretos mensais às companhias aéreas para cobrir o prêmio de preço do SAF e custos correlatos, incluindo infraestrutura aeroportuária, em rotas domésticas dinamarquesas. Os níveis de apoio são definidos por processo competitivo. A meta é apoiar ao menos uma rota doméstica com aproximadamente 40% de SAF e ao menos 20 operações semanais unidirecionais. O programa vigora até 31 de dezembro de 2027, com salvaguardas contra dupla subvenção (sem overlap com ReFuelEU/ETS ou outros subsídios).
set/23	União Europeia	RefuelEU ⁶¹	Determina que fornecedores de combustível garantam que 2% do combustível disponibilizado em aeroportos da União Europeia seja SAF em 2025, aumentando para 6% em 2030, 20% em 2035 e gradualmente até 70% em 2050. A partir de 2030, 1,2% do combustível também deverá ser composto por combustíveis sintéticos, percentual que sobe para 35% em 2050. Tais combustíveis sintéticos são produzidos com CO ₂ capturado, o que, em tese, compensaria as emissões liberadas durante sua combustão.
nov/25	União Europeia	Sustainable Transport Investment Plan ⁶²	A União Europeia anunciou investimento de €3 bilhões para acelerar a produção de SAF, expandir a pesquisa e fortalecer a liderança europeia na aviação verde. A iniciativa integra o Plano de Investimento em Transporte Sustentável e busca apoiar o cumprimento das metas ambiciosas do ReFuelEU.
jun/18	ICAO	CORSIA	O CORSIA permite que companhias aéreas reduzam suas obrigações de compensação por meio do uso de combustíveis elegíveis no programa, incluindo Combustíveis Sustentáveis de Aviação (SAF) e Combustíveis de Aviação de Menor Carbono.

⁵⁸ http://www.caac.gov.cn/en/HYYJ/NDBG/202209/t20220923_215425.html

⁵⁹ <https://www.presidencia.gov.co/prensa/Paginas/Colombia-definio-hoja-de-ruta-para-producir-combustible-sostenible-de-aviacion-SAF-250122.aspx>

⁶⁰ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/nlip_25_1928/IP_25_1928/IP_25_1928_EN.pdf

⁶¹ https://www.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0319_EN.html

⁶² <https://aerospaceglobalnews.com/news/europe-eu-sustainable-aviation-fuel-saf-scale-up/>

nov/23	Índia	National SAF blending targets ⁶³	O governo estabeleceu metas nacionais de uso de SAF de 1% em 2027, 2% em 2028 e 5% em 2030, como base para o desenho de um marco mandatório de mistura. A regulamentação ainda está em elaboração, mas o padrão técnico do combustível já está em vigor.
ago/25	Irlanda	Sustainable Aviation Fuel Policy Roadmap ⁶⁴	A Irlanda pretende viabilizar o SAF por meio de quatro eixos: (1) previsibilidade de mercado; (2) colaboração; (3) apoio à adoção; e (4) apoio à produção. O documento estrutura ações de curto prazo alinhadas às medidas da União Europeia, como o ReFuelEU Aviation, e orientará futuras medidas nacionais. Uma força-tarefa sobre SAF, criada em dezembro de 2023, contribuiu para a elaboração do roteiro.
fev/23	Japão	Japan ⁶⁵	A estratégia japonesa de redução de emissões de GEE estende-se ao setor aéreo, com a meta de que as companhias aéreas substituam 10% de seu combustível de aviação por alternativas ambientalmente mais sustentáveis até 2030.
set/24	Malasia	Malaysia Aviation Decarbonisation Blueprint (MADB) ⁶⁶	O plano apresenta uma estratégia abrangente para descarbonizar o setor aéreo malaio. Baseia-se na meta de atingir até 47% de mistura de SAF até 2050, conforme estabelecido no roteiro nacional de transição energética. Prevê 1% a partir de 2027 e 47% em 2050.
out/25	México	Biofuels law ⁶⁷	O regulamento da Lei dos Biocombustíveis, publicado no Diário Oficial da Federação em 3 de outubro de 2025, apoia e regulamenta explicitamente a implantação e o uso de SAF.
jan/25	Noruega	Product Regulations Section 3-3a — Requirements for the sale/supply of advanced biofuels for aviation ⁶⁸	Estabelece mandato nacional de 0,5% de biocombustível avançado para a aviação, vigente desde 2020, com a ambição de aumentar para 30% em 2030. A Noruega está trabalhando para alinhar-se ao ReFuelEU até 2027.
nov/24	Filipinas	SAF Roadmap ⁶⁹	Os painéis oficiais de desempenho da CAAP registram que a autoridade foi encarregada de liderar o grupo de trabalho técnico sobre SAF no âmbito do Conselho Nacional de Biocombustíveis e de elaborar o roteiro nacional do SAF ao longo de 2024, incluindo engajamento de partes interessadas, coleta de dados, redação e finalização planejada.

⁶³ <https://www.pib.gov.in/PressReleaseDetail.aspx?PRID=1979705>

⁶⁴ <https://www.gov.ie/en/department-of-transport/press-releases/minister-obrien-publishes-irelands-first-sustainable-aviation-fuel-policy-roadmap/>

⁶⁵ <https://asia.nikkei.com/Business/Transportation/Japan-targets-10-sustainable-jet-fuel-for-airlines-by-2030>

⁶⁶ <https://www.mot.gov.my/en/Pages/Aviation/MADBBlueprint%20B1%20FA.pdf>

⁶⁷ https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5769156&fecha=03/10/2025#gsc.tab=0

⁶⁸ <https://www.miliodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/transport/omsetningskrav-for-biodrivstoff/omsetningskravet-i-luftfart/>

⁶⁹ <https://caap.gov.ph/wp-content/uploads/2024/05/CAAP-2024-Performance-Scorecard-1st-Quarter-Monitoring-Report.pdf?csrt=9193354021647152894>

mai/25	Coreia do Sul	SAF mandate ⁷⁰	O roteiro introduz mandato de mistura de 1% de SAF em 2027, aumentando para 3%–5% em 2030 e 7%–10% em 2035. As metas finais para 2030 e 2035 serão confirmadas mais próximo da implementação, em 2026 e 2029, respectivamente.
fev/24	Singapura	Singapore Sustainable Air Hub Blueprint ⁷¹	Para impulsionar a adoção de SAF, voos partindo de Singapura deverão utilizar SAF a partir de 2026. A meta inicial é de 1% em 2026, buscando incentivar investimentos na produção e desenvolver um ecossistema de suprimento mais resiliente e acessível. O objetivo é elevar a meta para 3%–5% até 2030, condicionado aos desenvolvimentos globais e à maior disponibilidade do combustível. A CAAS introduzirá uma taxa sobre SAF para custear sua aquisição, conferindo maior previsibilidade de custos às companhias aéreas e aos passageiros.
jan/25	Suíça	Blending mandate ⁷²	A Suíça adotou o mandato de mistura de SAF já em vigor na União Europeia. A partir de 1º de janeiro de 2026, ao menos 2% de SAF deverá ser abastecido em aeroportos suíços abrangidos, subindo para 6% a partir de 2030, em alinhamento com o regulamento ReFuelEU Aviation. A medida harmoniza condições de implementação para companhias aéreas, fornecedores de combustível e aeroportos.
jan/25	Suíça	Aviation and climate funding ⁷³	A Suíça apoia o desenvolvimento e a ampliação da escala do SAF, em especial do SAF sintético, por meio de programa específico de financiamento para aviação e clima lançado em 2025. Até 2030, estão previstos EUR 400 milhões, financiados principalmente com receitas vinculadas do sistema suíço de comércio de emissões para operadores aéreos. Além disso, a Suíça apoia o programa ACT-SAF da ICAO.
jan/26	Tailândia	Thailand ⁷⁴	A Tailândia estabelece mistura obrigatória de 1% de SAF no combustível de aviação a partir de 1º de janeiro de 2026.
jun/25	Turquia	SAF mandate ⁷⁵	Estabelece a estrutura nacional para padrões, uso obrigatório e promoção do SAF, com o objetivo de reduzir emissões de GEE em voos internacionais. Aplica-se a voos com partida da Turquia para países listados em documento do CORSIA e a aeronaves com MTOW superior a 5.700 kg. Anualmente, até o fim do terceiro trimestre, a autoridade competente publica o valor mínimo de redução de emissões por litro a ser alcançado por meio do uso de SAF no ano seguinte. Fornecedores devem disponibilizar ao menos o volume setorial ofertado no ano anterior e viabilizar a redução correspondente, enquanto companhias aéreas devem

⁷⁰ <https://www.spglobal.com/commodity-insights/en/news-research/latest-news/refined-products/052225-south-korea-to-mandate-1-sustainable-aviation-fuel-by-2027>

⁷¹ <https://www.caas.gov.sg/docs/default-source/default-document-library/annex-1---blueprint-report-exec-summary.pdf>

⁷² <https://www.bazl.admin.ch/bazl/en/home/themen/umwelt/klima/saf-quota.html>

⁷³ <https://www.bazl.admin.ch/bazl/en/home/themen/umwelt/klima/foerderprogramm-luftfahrt-und-klima.html>

⁷⁴ <https://www.nationthailand.com/sustainability/40060773>

⁷⁵ <https://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/mevzuat/sektorel/talimatlar/SHT%2BSAF.pdf>

jan/23	Emirados Árabes Unidos	National Sustainable Aviation Fuel Roadmap ⁷⁶	consumir a quantidade correspondente nos voos aplicáveis. As empresas também devem abastecer na Turquia ao menos 90% do combustível de aviação exigido para esses voos.
dez/24	Reino Unido	Sustainable Aviation Fuel (SAF) Mandate scheme ⁷⁷	Os Emirados Árabes Unidos publicaram seu roteiro nacional de SAF para o período 2022–2050, incluindo a ambição de desenvolver capacidade doméstica de produção suficiente para ofertar 700 milhões de litros de SAF por ano até 2030.
ago/25	Estados Unidos	Sales & Use Tax Exemption — Renewable Feedstock Refinery ⁷⁸	O mandato de SAF inicia em 2025 com 2% da demanda total de combustível de aviação do Reino Unido, aumentando linearmente para 10% em 2030 e 22% em 2040. A partir de 2040, a obrigação permanecerá em 22% até que haja maior certeza quanto ao suprimento de SAF. Anteriormente, a RTFO também se aplicava à aviação; desde 1º de janeiro de 2025, o combustível de aviação de baixo carbono passou a ser apoiado por esse novo esquema.
jul/25	Estados Unidos	Low Carbon Fuel Standard (LCFS) ⁷⁹	Isenta materiais utilizados na construção, expansão ou modernização ambiental de refinarias de matéria-prima renovável, definidas de modo a incluir instalações que produzam combustível de aviação a partir de biomassa renovável por desoxigenação, com capacidade mínima de 5.000 barris por dia. Não se trata de medida exclusiva para SAF, mas abrange combustível de aviação renovável, incluindo SAF produzido por rotas elegíveis como HEFA.
jun/25	Estados Unidos	SAF tax credit/SAF Incentive Program Act ⁸⁰	O LCFS da Califórnia permite a participação do combustível alternativo de aviação (SAF) em regime opt-in; fornecedores podem gerar créditos quando o SAF substitui combustível fóssil de aviação no estado, desde que cumpram requisitos de registro, rotas tecnológicas e reporte.
jun/25	Estados Unidos	Massachusetts SAF Working Group — “Vision for a Regional SAF Hub” ⁸¹	Prevê crédito de US\$ 1,50 por galão para SAF produzido ou misturado em Michigan e vendido a comprador que certifique seu uso em aeronave partindo de aeroporto do estado, acrescido de US\$ 0,02 por galão para cada 1% adicional de redução de emissões no ciclo de vida acima de 50%, até o teto de US\$ 2,00 por galão. O crédito é reembolsável se exceder a obrigação tributária.
jun/25	Estados Unidos		Relatório publicado em maio de 2025 com recomendações ao governador, incluindo a consideração de créditos tributários estaduais e apoio à infraestrutura.

⁷⁶ News | Media Centre | Ministry of Energy and Infrastructure in UAE (moei.gov.ae).

⁷⁷ <https://www.gov.uk/government/collections/sustainable-aviation-fuel-saf-mandate>

⁷⁸ <https://www.tax.nd.gov/sites/www/files/documents/news-center/publications/business-tax-incentives.pdf>

⁷⁹ https://www2.arb.ca.gov/sites/default/files/2025-07/2025_lcfs_fro_oal-approved_unofficial_07012025.pdf

⁸⁰ <https://legislature.mi.gov/documents/2025-2026/billengrossed/Senate/pdf/2025-SEBS-0235.pdf>

⁸¹ <https://www.massport.com/media/newsroom/massport-and-state-leaders-launch-vision-regional-saf-hub>



out/24	Estados Unidos	CARB–Airlines for America SAF Partnership ⁸⁹	Estabelece meta conjunta de 200 milhões de galões de SAF até 2035, equivalente a cerca de 40% da demanda intrafederativa de combustível de aviação, além da criação de grupo de trabalho e da colaboração em incentivos e mecanismos de rastreabilidade e transparência.
jul/24	Estados Unidos	Sustainable Aviation Fuel Credit ⁹⁰	Permite crédito reembolsável de US\$ 1,50 por galão para SAF produzido ou misturado em Minnesota e vendido para uso em aeronaves que partam de aeroportos do estado. O contribuinte qualificado pode requerer o crédito pela produção ou pela mistura, mas não por ambas.
jul/24	Estados Unidos	ESSB 5447 (2023) — Promoting the Alternative Jet Fuel Industry ⁹¹	Determina que a autoridade ambiental permita uma ou mais rotas de intensidade de carbono para combustível alternativo de aviação, viabilizando a geração de créditos em padrão de combustíveis limpos. Cria créditos tributários B&O e de utilidade pública para SAF com redução mínima de 50% nas emissões do ciclo de vida, partindo de US\$ 1/galão e aumentando US\$ 0,02/galão por ponto percentual adicional de redução, até o teto de US\$ 2/galão. Os créditos somente podem ser pleiteados após a entrada em operação de capacidade estadual de produção de SAF de pelo menos 20 milhões de galões por ano.
mai/24	Estados Unidos	House Resolution H.5493 — Sustainable Aviation Fuel Development in South Carolina ⁹²	Incentiva a adoção de todas as medidas práticas para ampliar o uso de SAF no estado, de modo a assegurar competitividade estadual no setor. Não cria mandatos, incentivos ou financiamento, consistindo em manifestação formal de apoio.
abr/24	Estados Unidos	Sustainable Aviation Fuel Tax Credit Act ⁹³	Cria crédito não reembolsável para produtores relativo a galões de SAF em mistura qualificada produzida, utilizada ou vendida nos Estados Unidos para voos, aplicável em Nebraska. O crédito-base é de US\$ 0,75 por galão, podendo haver acréscimo de até US\$ 0,50 por galão conforme a redução de emissões de ciclo de vida acima de 50%, com teto de US\$ 1,25 por galão. O produtor pode pleiteá-lo em até cinco exercícios fiscais, com limite estadual anual de aprovações de US\$ 500 mil. Vigora para anos fiscais iniciados entre 1º de janeiro de 2027 e 1º de janeiro de 2035.
mar/24	Estados Unidos	Florida Aviation System Plan (FASP)	Reconhece o SAF como rota de descarbonização de curto prazo para a aviação da Flórida e apresenta ações específicas que o escritório de aviação do estado pode adotar para apoiar aeroportos e partes interessadas, incluindo coordenação entre aeroportos e indústria, planejamento de infraestrutura e logística, além de ações de comunicação para enfrentar barreiras e dúvidas.

⁸⁹ <https://www2.arb.ca.gov/news/carb-and-nations-leading-airlines-announce-landmark-partnership-sustainable-aviation-future>

⁹⁰ <https://www.revenue.state.mn.us/sustainable-aviation-fuel-credit>

⁹¹ <https://app.leg.wa.gov/bills/summary?BillNumber=5447&Year=2023>

⁹² https://www.scsenatehouse.gov/press/125_2023-2024/prever/5493_20240501.htm

⁹³ <https://nebraskalegislature.gov/laws/statutes.php?statute=77-7018>

		2043 — Appendix K: SAF Emerging Trends ⁹⁴	
mar/24	Estados Unidos	Clean Transportation Fuel Program (CTFP) ⁹⁵	Estabelece padrão estadual de intensidade de carbono para combustíveis de transporte e mercado de créditos associado. Os materiais regulatórios incluem tratamento explícito do combustível alternativo de aviação/SAF no desenho do programa. Os detalhes finais serão definidos na regulamentação adotada.
jan/24	Estados Unidos	Texas Jobs, Energy, Technology & Innovation Act (JETI) ⁹⁶	Permite que grandes projetos industriais qualificados, inclusive de manufatura, obtenham limitação por 10 anos do valor tributável para fins de imposto escolar sobre operação e manutenção, sujeito a requisitos de emprego e investimento. Trata-se de instrumento setorialmente neutro, mas aplicável a plantas de SAF e e-fuels.
set/23	Estados Unidos	FAST-SAF and FAST-TECH Grant Program (FAA/DOT) ⁹⁷	Programa competitivo de apoio a cadeias de suprimento de SAF e tecnologias aeronáuticas de baixa emissão. As subvenções FAST da FAA incluem dois componentes: FAST-SAF, voltado a projetos de produção e cadeia de suprimento de SAF, e FAST-Tech, destinado a tecnologias de aviação de baixa emissão. Em agosto de 2024, a FAA anunciou aproximadamente US\$ 291 milhões em recursos.
jul/23	Estados Unidos	Sustainable Aviation Fuel Purchase Credit (SAFPC) ⁹⁸	Concede crédito de US\$ 1,50 por galão inteiro para a parcela de SAF do combustível de aviação vendido a ou utilizado por transportadora aérea comum em Illinois. O crédito é gerado na compra e pode ser compensado contra o imposto estadual de 6.25% sobre vendas/uso incidente sobre combustível de aviação. É intransferível e não reembolsável. Há salvaguardas quanto a matérias-primas, incluindo limites para SAF derivado de óleo de soja e exclusão de matérias-primas derivadas de palma. A partir de junho de 2028, o SAF deve ser derivado de biomassa doméstica.
mai/23	Estados Unidos	Sustainable Aviation Fuel Production Facility Credit ⁹⁹	Incentiva a construção ou expansão de instalações de produção ou distribuição de SAF no Colorado, inclusive instalações diretamente relacionadas à sua viabilização. Os créditos são concedidos por ordem de chegada, sujeitos a limite anual. O benefício corresponde a uma parcela dos custos qualificados de construção, variando conforme o ano de início da obra. Há mecanismo de recuperação do benefício caso a produção de SAF fique abaixo do patamar mínimo definido após a entrada em operação.

⁹⁴ <https://fdotwww.blob.core.windows.net/sitefinity/docs/default-source/aviation/fasp-2043-documents/fdot-fasp-2043-appendix-k---sustainable-aviation-fuel-emerging-trends.pdf>

⁹⁵ <https://www.nmlegis.gov/Legislation/Legislation?chamber=H&legno=41&legtype=B&year=24>

⁹⁶ <https://comptroller.texas.gov/economy/development/prop-tax/eti/>

⁹⁷ <https://www.grants.gov/search-results-detail/350315>

⁹⁸ <https://tax.illinois.gov/research/publications/bulletins/fy-2023-23.html>

⁹⁹ https://leg.colorado.gov/sites/default/files/2023a_1272_signed.pdf

mai/23	Estados Unidos	Alternative Fuel Production Property Tax Incentives ¹⁰⁰	Instalações qualificadas de energia e combustíveis podem obter abatimento do imposto predial, sendo avaliadas em 50% do valor tributável durante o período de qualificação, abrangendo construção e os primeiros 15 anos de operação, até o máximo de 19 anos.
set/22	Estados Unidos	WSDOT Sustainable Aviation Grant Program ¹⁰¹	Concede subvenções estaduais a aeroportos para infraestrutura energeticamente eficiente e de energia limpa voltada à aviação sustentável, incluindo infraestrutura relevante para a logística de SAF nos aeroportos, como armazenamento de combustível sustentável de aviação.
jul/24	Uruguai	Hoja de ruta ¹⁰²	O roteiro nacional define a estratégia do Uruguai para desenvolver hidrogênio verde e seus derivados, identificando a aviação como setor-alvo para combustíveis sintéticos, incluindo e-querosene/SAF.

Fonte: (ICAO, 2026b)

¹⁰⁰ <https://archive.legmt.gov/bills/2023/billpdf/SB0510.pdf>

¹⁰¹ <https://wsdot.wa.gov/sites/default/files/2022-09/Sustainable-Aviation-Grant-Application-2022.pdf>

¹⁰² https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/sites/ministerio-industria-energia-mineria/files/documentos/noticias/Hoja%20de%20ruta%20H2%20Uruguay_final.pdf

Além dessas políticas listadas pela ICAO e já adotadas outros países também lançaram outras iniciativas no sentido da promoção do SAF (EPE, 2024a):

- França: Roadmap de SAF com objetivos de consumo de 2% até 2025, até 2030 e em 2050.
- Espanha: objetivo de fornecimento de 2% de SAF em 2025. Novas biorrefinarias em planejamento, com foco especial em resíduos.
- Holanda: Roadmap de SAF em desenvolvimento com um mandato a nível nacional ou da
- Alemanha: planeja introduzir um mandato de SAF em 2026 com foco na rota *Power to Liquids* (PtL).
- Suécia: implementou mandato volumétrico de SAF de 1% em 2021, com o objetivo de atingir em 2030.
- Finlândia: intenção de implementar mandato de SAF de 30% até 2030.
- Nova Zelândia¹⁰³: Sustainable Aviation Aotearoa em 2022 define um fórum de coordenação entre governo e setor para apoiar a descarbonização da aviação, com foco em SAF, novas tecnologias e redução das emissões do setor.

No caso específico da União Europeia, o *Green Deal* estabelece um plano para torná-la neutra em carbono até 2050, incluindo medidas para reduzir as emissões em setores como transporte e energia. Políticas como pacote *Fit for 55* para reduzir as emissões da UE em pelo menos 55% até 2030 em relação aos níveis de 1990, que inclui outras iniciativas, como o EU *Emissions Trading System* (EU ETS)¹⁰⁴ e o *Renewable Energy Directive* (RED)¹⁰⁵. Nesse contexto, destacam-se dois instrumentos centrais para o setor aéreo, o EU ETS^{106,107} que precifica emissões da aviação e o ReFuelEU Aviation, que cria uma obrigação gradual de oferta de SAF nos aeroportos da União Europeia.

Especificamente para aviação, o regulamento ReFuelEU Aviação visa aumentar a adoção de SAF, estabelecendo metas progressivas de incorporação (a partir de 2025, que pelo menos 2% do combustível fornecido anualmente nos aeroportos da União Europeia seja SAF até atingir em 2050, pelo menos 70%) (IATA, 2024a). O ReFuelEU Aviation estabelece um submandato específico para combustíveis sintéticos, que

¹⁰³<https://www.transport.govt.nz/assets/Uploads/November-2022-Sustainable-Aviation-Aotearoa-Terms-of-reference.pdf>

¹⁰⁴ O EU ETS é baseado em um princípio de “cap and trade”. Este cap é reduzido anualmente em linha com a meta climática da UE, garantindo que as emissões gerais da UE diminuam ao longo do tempo.

¹⁰⁵ meta geral de energia renovável de pelo menos 42,5% na UE até 2030, mas com o objetivo de atingir 45%.

¹⁰⁶ A partir de 2026, nos EU ETS que abrange voos intereuropeus e os voos para o Reino Unido e a Suíça, todas as licenças de emissão serão leiloadas, e será aplicado um fator linear anual de redução do limite das emissões da aviação (redução de 4,3% de 2024 a 2027 e 4,4% a partir de 2028) (SIENNA HEALY et al., 2023). A partir de 2027, todos os voos de ou para países não participantes do CORSIA estarão sujeitos ao EU ETS.

¹⁰⁷https://climate.ec.europa.eu/eu-action/carbon-markets/eu-emissions-trading-system-eu-ets/scope-eu-ets_en

começa em 0,7% em 2030 e cresce até 35% em 2050¹⁰⁸, sinalizando interesse explícito no desenvolvimento de rotas baseadas em hidrogênio e e-fuels. Para fins regulatórios, o ReFuelEU reconhece como SAF elegíveis os combustíveis sintéticos para aviação¹⁰⁹, os biocombustíveis (produzidos a partir das matérias-primas da Parte A¹¹⁰ do Anexo IX do RED III com exceção dos biocombustíveis produzidos a partir de culturas alimentares para consumo humano ou animal¹¹¹, os combustíveis obtidos de matérias-primas da Parte B¹¹² do mesmo anexo (EUR-LEX, 2024)), e os combustíveis de carbono reciclado, desde que atendidos os critérios aplicáveis da RED (EUR-LEX, 2023).

O regulamento do ReFuelEU Aviation não proíbe, em termos absolutos, a fabricação ou a comercialização de SAF a partir de biomassa agrícola, mas exclui determinadas matérias-primas do cálculo das metas obrigatórias de SAF (não é elegível para contagem no mandato regulatório). Nesse contexto, cana-de-açúcar, milho e soja enfrentam fortes limitações no mercado europeu de SAF. Não há uma vedação geral expressa à produção de SAF, mas a cultura de cana-de-açúcar¹¹³ e milho não constam no Anexo IX e, por serem matérias-primas agrícolas associadas à categoria de *food and feed crops* (culturas alimentares ou de ração), o SAF produzido a partir delas, em regra, não conta para o cumprimento das metas do ReFuelEU Aviation. Já os materiais derivados de soja são mencionados expressamente pela Comissão entre os insumos excluídos do cálculo regulatório do ReFuelEU Aviation¹¹⁴.

Nos mercados dos países asiáticos, as estratégias nacionais combinam planejamento industrial, segurança energética e metas graduais de adoção com forte coordenação estatal e construção de cadeias domésticas de suprimento. O Japão trata o SAF como eixo da descarbonização da aviação dentro de sua agenda de neutralidade climática e mantém uma coordenação público-privada para acelerar a introdução do combustível, com revisão periódica do roteiro nacional para descarbonização do setor aéreo¹¹⁵. Além disso, o Japão oferece subsídios diretos e incentivos fiscais para companhias aéreas

¹⁰⁸ <https://www.icao.int/icao-model-regulations-corsia-implementation>

¹⁰⁹ Combustíveis renováveis de origem não biológica - hidrogênio proveniente da eletrólise e carbono capturado

¹¹⁰ Reúne resíduos e matérias-primas residuais de maior interesse para os chamados biocombustíveis avançados, como palha, esterco, algas, frações de resíduos urbanos, biomassa lignocelulósica e outros resíduos agrícolas e florestais.

¹¹¹ Culturas alimentares para consumo humano ou animal: culturas ricas em amido, culturas açucareiras ou culturas oleaginosas produzidas em terras agrícolas como cultura principal, excluindo os detritos, resíduos ou material lignocelulósico e as culturas intermédias, tais como as culturas intercalares e as culturas de cobertura, desde que a utilização dessas culturas intercalares não desencadeie uma procura de terrenos suplementares.

¹¹² Óleos e gorduras – por exemplo, óleo de cozinha usado e gorduras animais

¹¹³ O uso de bagaço de cana ou resíduos de colheita (celulósicos) é permitido e incentivado, pois se enquadra como biocombustível avançado (Anexo IX, Parte A).

¹¹⁴ Os combustíveis sustentáveis para aviação produzidos a partir das seguintes matérias-primas são excluídos do cálculo das percentagens mínimas de combustíveis sustentáveis para aviação estabelecidas no anexo I do presente regulamento: culturas alimentares para consumo humano ou animal, culturas intermédias, destilado de ácidos gordos de palma e as matérias derivadas da palma e da soja, bem como pasta de sabão e seus derivados (EUR-LEX, 2023).

¹¹⁵ <https://www.icao.int/sites/default/files/APAC/Meetings/2024%20ICAO%20APAC%20ENV%20Seminar/1.3-JAPAN-rev1.pdf>

que adotem o SAF e veículos movidos a hidrogênio (BEHLING et al., 2015, LEE et al., 2024). Em Singapura, a estratégia é mandato de uso de SAF, apoiados por mecanismos centralizados de aquisição e gestão de atributos ambientais. A Coreia do Sul anunciou uma obrigação de mistura com metas crescentes, vinculando a política de SAF ao seu sistema mais amplo de transição energética e competitividade industrial. A Coreia do Sul implementou o K-ETS (*Korean Emissions Trading System*), um dos maiores sistemas de precificação de carbono da Ásia, que obriga setores de alta emissão a compensar suas pegadas de carbono, tornando os combustíveis sustentáveis economicamente mais competitivos (FULTON, 2022).

Na África, ainda não há um mercado continental de SAF estruturado por mandatos amplos de consumo, mas uma estratégia baseada em capacitação, estudos de viabilidade, certificação e mobilização de financiamento internacional. O principal vetor dessa agenda tem sido o programa ACT-SAF da ICAO (*Assistance, Capacity-building and Training for Sustainable Aviation Fuels*)¹¹⁶, que apoia países africanos na identificação de matérias-primas, avaliação técnico-econômica, certificação e formulação regulatória.

Na Oceania, a estratégia tem ênfase em desenvolvimento industrial doméstico, estudos de viabilidade e coordenação setorial. O foco regulatório está menos em obrigações de consumo e mais em criar capacidade local, governança setorial e base técnica para expansão futura da oferta. A Austrália passou a reforçar sua agenda de combustíveis de baixo carbono com um pacote de apoio à produção doméstica, além de apoio direto a projetos baseados em resíduos agrícolas. A Nova Zelândia, estruturou fóruns de coordenação público-privada para a descarbonização da aviação, financiou estudos de viabilidade para produção local de SAF e vem incorporando o tema em seus planos nacionais de ação para o setor aéreo (no entanto, ainda não tem uma meta específica).

Na América do Norte, os Estados Unidos e o Canadá adotam uma abordagem mais centrada em incentivos econômicos (instrumentos de mercado, subsídios, financiamento), apoio tecnológico (programas de demonstração tecnológica) e redução da intensidade de carbono dos combustíveis do que em mandatos nacionais de mistura para a aviação (Tabela 1). Na América Latina, apenas o Brasil, Chile e Colômbia são países com políticas específicas de SAF¹¹⁷ (IEA, 2025a). Na próxima seção serão

¹¹⁶ <https://www.icao.int/ACT-SAF>

¹¹⁷ Na Tabela 1 a Argentina é citada pois sua estratégia nacional para o desenvolvimento da economia do hidrogênio cita a produção de SAF, mas não foi identificado até o momento uma política específica para o combustível sustentável de aviação.

detalhadas as políticas brasileiras que apoiam a adoção da SAF, como o RenovaBio e o programa ProBioQAV, que faz parte da Lei Combustível do Futuro de 2024. A política inclui metas de redução de GEE para operadores de aeronaves em voos domésticos, por meio do uso de SAF, mas pode abrir caminho para um longo prazo, no qual combustíveis sintéticos também poderão ser usados como combustíveis drop-in em misturas mais altas (até 50% segundo os padrões atuais da ASME-*American Society of Mechanical Engineers*) (IEA, 2025a).

Essas iniciativas e políticas específicas, para viabilizar a adoção de combustíveis sustentáveis de aviação, evidenciam tanto o avanço regulatório global quanto a crescente competitividade do SAF como alternativa para descarbonização do setor aéreo.

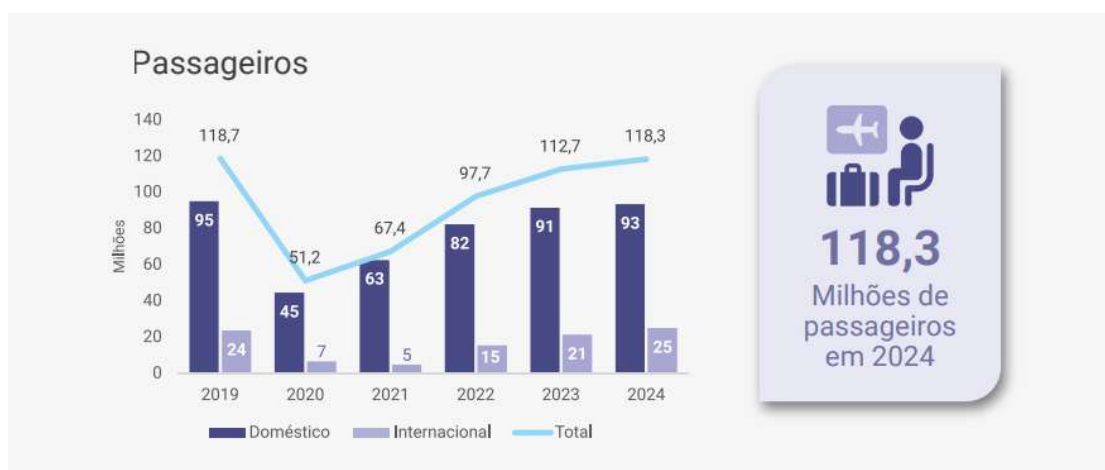
Cabe destacar que a quantificação da demanda de SAF será tratada de forma detalhada no Produto 2 - “Análise de mercado SAF no Brasil - estimativas de demanda”. Assim, o presente Produto 1 concentra-se no enquadramento regulatório, institucional e mercadológico que condiciona a formação desse mercado, enquanto o Produto 2 aprofunda a projeção quantitativa da demanda, considerando cenários de consumo de QAV, metas regulatórias, intensidade de carbono das rotas e evolução esperada da participação do SAF no Brasil e nas regiões de interesse do projeto.

4. Brasil: Políticas, Marcos Regulatórios e Instrumentos Institucionais para o SAF

O dinamismo recente do transporte aéreo brasileiro reforça a relevância estratégica da descarbonização do setor e cria condições favoráveis para a estruturação do mercado de SAF no país.

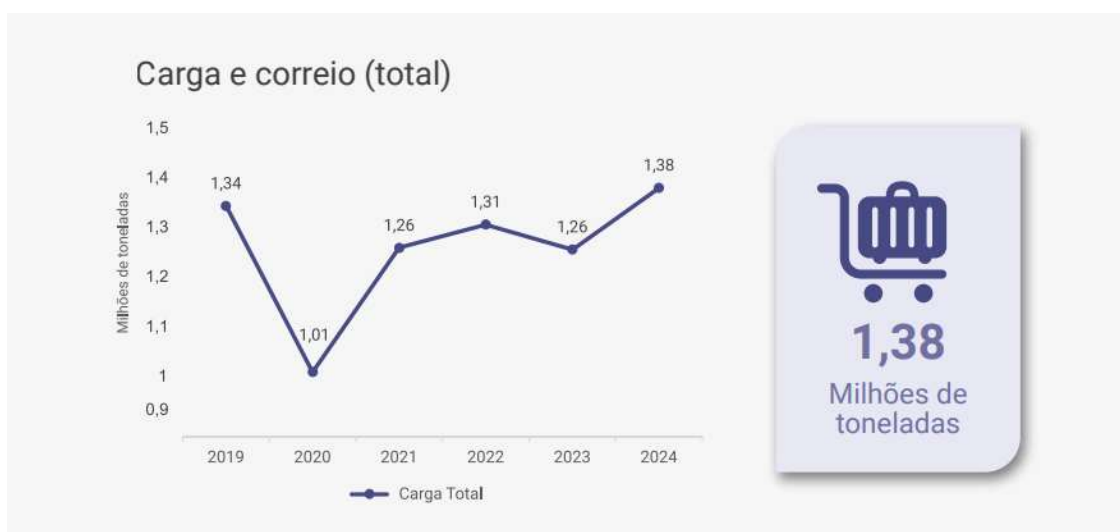
Conforme mostra a Figura 7, a aviação nacional está em um ciclo de expansão após a pandemia do COVID, e intensificado em 2025. Neste ano, quando o Brasil alcançou recorde histórico de 129,6 milhões de passageiros transportados em voos domésticos e internacionais, 9,4% acima de 2024¹¹⁸.

No mesmo ano, o mercado doméstico superou pela primeira vez a marca de 100 milhões de passageiros, enquanto o segmento internacional também registrou novo recorde. Esse cenário de crescimento contínuo da demanda, da conectividade e do uso da infraestrutura aérea reforça a necessidade de soluções de baixo carbono no setor no Brasil.



(a)

¹¹⁸ Brasil alcançou o maior volume de passageiros, oferta e eficiência operacional desde o início da série histórica, que teve início em 2000. <https://www.gov.br/portos-e-aeroportos/pt-br/assuntos/noticias/2026/01/aviacao-civil-registra-records-historicos-em-2025-e-consolida-bases-para-novo-ciclo-de-crescimento-em-2026>



(b)

Figura 7 - Evolução do transporte aéreo: (a) passageiros (b) carga e correio (total)

Fonte: (ANAC, 2025)

O Brasil reúne condições favoráveis para assumir papel de destaque no desenvolvimento do SAF, em razão de sua trajetória histórica na produção e no uso de biocombustíveis, da ampla disponibilidade de matérias-primas agroindustriais e do acúmulo de capacidades institucionais no setor energético.

Desde a década de 1970, o país vem estruturando políticas públicas capazes de induzir novos mercados de combustíveis renováveis, a exemplo do Proálcool¹¹⁹ e, posteriormente, do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB)¹²⁰, ambos baseados em mandatos de mistura¹²¹ e instrumentos de incentivo à oferta e à demanda, que impulsionaram a demanda por etanol e biodiesel ao mesmo tempo em que reduziram a dependência de combustíveis fósseis (IEA, 2025a). Esse histórico permitiu ao Brasil consolidar posição de liderança internacional em biocombustíveis, acumulando ampla experiência na formulação de políticas públicas voltadas à criação de novos mercados. Essas políticas criaram um mercado estável para os

¹¹⁹O Programa Nacional do Alcool (Proálcool), lançado em 1975, introduziu a mistura obrigatória de etanol à gasolina, inicialmente em percentuais de 15% a 20%, que evoluíram para níveis mais elevados ao longo do tempo. O Proálcool também contemplou o desenvolvimento de veículos movidos exclusivamente a etanol hidratado. Esses veículos dominaram as vendas em meados da década de 1980, e o consumo de etanol hidratado superou o consumo de gasolina ao final daquela década. A introdução dos veículos flex fuel, em 2003, proporcionou novo e expressivo impulso à demanda por etanol. Apoiada por incentivos fiscais, essa tecnologia permitiu que os veículos operassem com qualquer proporção de etanol e gasolina, oferecendo maior flexibilidade aos consumidores e revitalizando o mercado de etanol, que vinha enfrentando retração. Essa inovação tecnológica possibilita ao consumidor optar livremente entre os dois combustíveis, de forma intercambiável.

¹²⁰ PNPB: instituído em 2005, determinou aumentos graduais no percentual de mistura obrigatória de biodiesel.

¹²¹ Atualmente, as decisões relativas aos percentuais de mistura são periodicamente revisadas pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), que considera critérios de segurança energética, benefícios ambientais e impactos econômicos na definição dos mandatos.

biocombustíveis, estimulando investimentos em capacidade produtiva e em cadeias de suprimento.

Esses esforços estão alinhados aos compromissos mais recentes e mais amplos do país em matéria de descarbonização, conforme expresso em acordos internacionais, como a Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) do Brasil, e em legislações domésticas.

No contexto atual da descarbonização da aviação, tais capacidades assumem nova centralidade, sobretudo diante do potencial nacional de produção de SAF. A construção desse novo mercado vem sendo progressivamente incorporada ao arcabouço regulatório e institucional brasileiro. Iniciativas como o Projeto de Lei nº 9.321/2017, voltado à criação do Programa Nacional do Bioquerosene, o monitoramento das emissões de CO₂ pela ANAC em voos internacionais com escala no Brasil, a institucionalização do RenovaBio e os avanços recentes introduzidos pela Lei do Combustível do Futuro evidenciam o movimento de estruturação de instrumentos voltados à descarbonização do setor de transportes e, mais recentemente, da aviação.

Em paralelo, mecanismos mais amplos, como o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE), reforçam a tendência de internalização de custos de carbono e de fortalecimento de instrumentos econômicos voltados à transição energética.

Nesse contexto, os subitens a seguir analisam os principais marcos normativos e institucionais que conformam o ambiente regulatório brasileiro para o SAF, com destaque para seu papel na criação de demanda, no estímulo à produção e na sinalização de longo prazo para investimentos no setor (Figura 8).

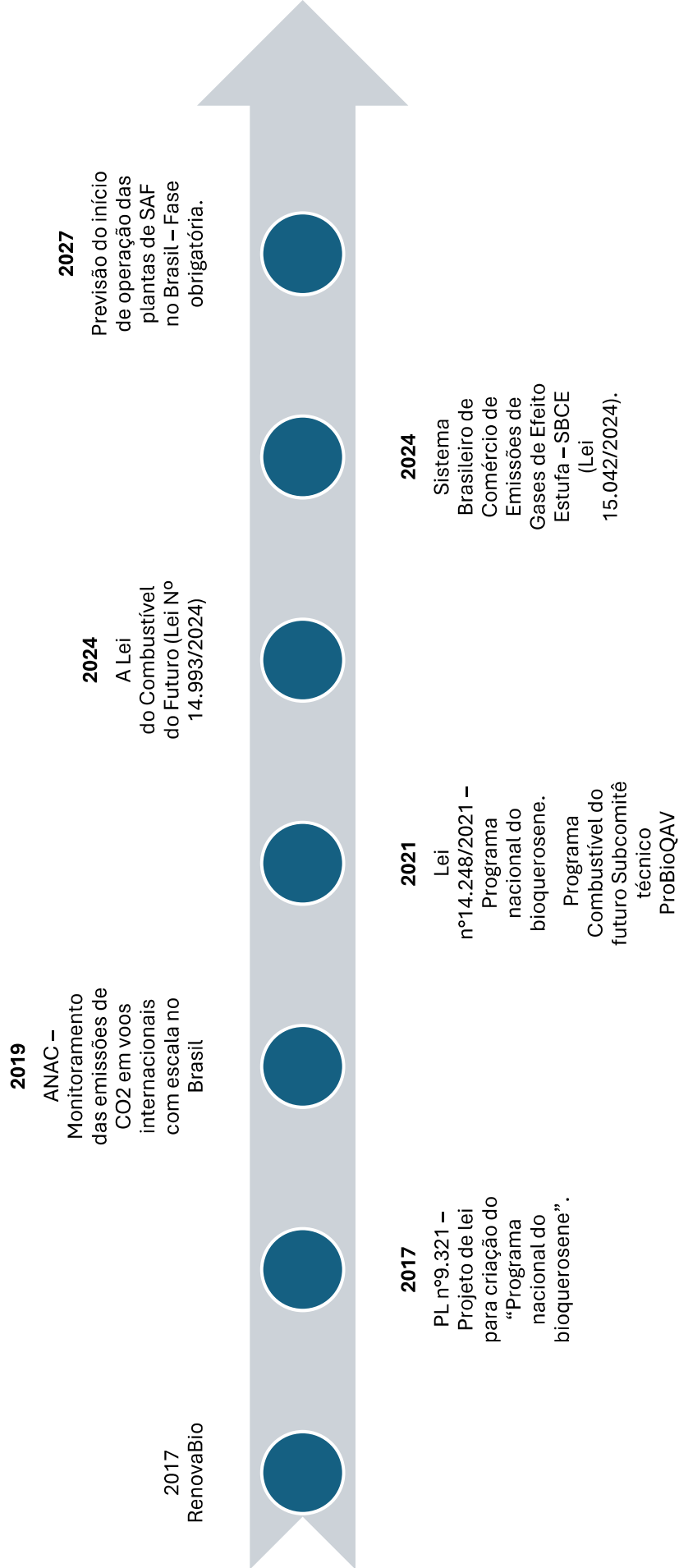


Figura 8 - Políticas, marcos regulatórios e instrumentos institucionais no Brasil para o SAF

Fonte: Elaboração Própria

4.1 RenovaBio

A Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio)¹²², instituída pela Lei nº 13.576/2017, é uma política de Estado que objetiva traçar uma estratégia conjunta para reconhecer o importante papel de todos os tipos de biocombustíveis na matriz energética brasileira. Seu principal objetivo é expandir a produção e o uso de biocombustíveis na matriz energética nacional, garantindo previsibilidade e contribuindo para os compromissos brasileiros no Acordo de Paris (SOUZA, 2019).

O RenovaBio é uma iniciativa relevante para ampliar a produção de biocombustível do país, não só o etanol e biodiesel, mas também outros biocombustíveis como o bioquerosene (que é um SAF), biogás e biometano.

O RenovaBio introduziu um modelo baseado na intensidade de carbono e na ACV dos combustíveis. O programa exige que os distribuidores de combustíveis cumpram metas anuais de descarbonização por meio da aquisição de Créditos de Descarbonização (CBIOS), que são instrumentos financeiros negociáveis em bolsa de valores, originados a partir da certificação do processo produtivo dos biocombustíveis (IEA, 2025a). Produtores de biocombustíveis, incluindo os futuros produtores de SAF, que demonstrem eficiência na redução de emissões (em relação ao substituto fóssil) e conformidade com critérios de sustentabilidade, como o desmatamento zero após 2018, recebem notas de eficiência energético-ambiental e podem emitir CBIOS, monetizando assim os benefícios climáticos de seus produtos (SOUZA, 2019).

A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) desempenha papel fundamental no âmbito do RenovaBio, sendo responsável pelo processo de certificação da produção e importação de biocombustíveis, pela individualização das metas nacionais de descarbonização para os distribuidores de combustíveis e pela verificação de seu cumprimento, além da gestão da Plataforma de CBIO, sistema informatizado desenvolvido em parceria com o Serpro para garantir a rastreabilidade desses créditos (IEA, 2025a).

¹²² Não é específica de SAF, mas compõe o pano de fundo da política nacional de descarbonização de combustíveis no Brasil e é expressamente integrada pela Lei nº 14.993/2024 (Lei do Combustível do Futuro) ao novo desenho de mobilidade de baixo carbono.

4.2 Programa Nacional do Bioquerosene

A Lei Nº 14.248/2021¹²³ (Programa Nacional do Bioquerosene), representou a primeira sinalização legislativa focada exclusivamente na aviação. Estabelece uma política de promoção do desenvolvimento tecnológico e a produção de energia à base de biomassas, incluindo a participação de universidades, agências reguladoras e empresas privadas. Além disso, busca inserir a indústria aeronáutica nacional no mercado de combustíveis alternativos, contribuindo para o atingimento dos compromissos internacionais de redução de emissões de gases do efeito estufa do setor aéreo.

O programa se insere no contexto do Programa Combustível do Futuro, criado pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) para incrementar o uso de combustíveis sustentáveis na matriz energética nacional. O Combustível do Futuro apresenta dois objetivos diretamente relacionados ao projeto de lei sancionado: introdução da produção de combustíveis sustentáveis de aviação na matriz de transportes e a criação de estímulos para aplicação de recursos em projetos com foco no desenvolvimento do mercado de combustíveis sustentáveis de aviação.

4.3 Combustível do Futuro

O programa Combustível do Futuro, instituído em 2021 pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), foi criado para propor medidas para incrementar a utilização de combustíveis sustentáveis em todos os modos de transporte, com vistas à descarbonização da matriz energética de transporte nacional e o incremento de eficiência energética dos veículos.

Em 2024, o programa virou a Lei do Combustível do Futuro (Lei 14.993/2024)(BRASIL, 2024a), sancionada em outubro de 2024, com o objetivo de promover a mobilidade sustentável de baixo carbono e consolidar o Brasil como líder da transição energética global (EPE, 2025b). A Lei atua como um grande guarda-chuva para promover a mobilidade sustentável de baixo carbono e estimular o desenvolvimento do parque industrial brasileiro. Trata de diversos temas que convergem para a descarbonização da matriz energética de transportes, para a industrialização do país e para o incremento da eficiência energética dos veículos. O texto propõe a integração entre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), o Programa de Mobilidade Verde e Inovação (Programa Mover), o Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV) e o

¹²³<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/sancionada-lei-que-estabelece-o-programa-nacional-do-bioquerosene>

Programa de Controle de Emissões Veiculares (Proconve). Além de aumentar as margens de mistura obrigatória de etanol na gasolina e de biodiesel no diesel¹²⁴.

A integração é devida ao uso sistemático da metodologia de Análise de Ciclo de Vida (ACV) para mitigar as emissões de GEE com o melhor custo-benefício¹²⁵. Essa avaliação será computada do "poço à roda" até o final de 2031, transitando para a modalidade completa do "berço ao túmulo" a partir de 2032, o que englobará desde a extração de recursos até a destinação final do ciclo do combustível (EPE, 2024b, 2025b).

A Lei do Combustível do Futuro cria no país um arcabouço regulatório favorável para a produção e comercialização de combustíveis de baixo carbono, que estimula a inovação e atraem investimentos para o setor. O marco legal destrava investimentos e demonstra o compromisso do Brasil com a transição energética.

A Lei do Combustível do Futuro não foca em um único produto, mas sim na diversificação da matriz. Para além da regulamentação da captura e estocagem geológica de carbono (CCS) e dos combustíveis sintéticos, a legislação institui formalmente novos programas setoriais, como o Programa Nacional do Diesel Verde (PNDV), o Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano, e o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAV).

4.3.1 ProBioQAV

O ProBioQAV (Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação), delineado no Capítulo III da Lei nº 14.993/2024, representa o principal instrumento direcionador para a indústria de aviação no Brasil. O objetivo é incentivar a pesquisa, a produção, a comercialização e o uso energético do SAF na matriz energética brasileira, alinhando a descarbonização local aos esforços internacionais (EPE, 2025b).

Diferente de muitos mandatos globais que exigem uma *mistura volumétrica* física (no qual se obriga a adição de uma porcentagem de litros de SAF), o modelo brasileiro adota

¹²⁴Para o diesel verde, a lei estabelece uma participação volumétrica máxima de 3% em relação ao diesel comercializado ao consumidor final. Já no caso da gasolina, a nova regulamentação fixa a mistura obrigatória de etanol anidro em 27%, podendo variar entre 22% e 35%. Em relação ao biodiesel, a lei prevê um aumento gradual na mistura ao diesel fóssil, começando com 15% em 2025, subindo um ponto percentual por ano até atingir 20% em 2030. Com essas medidas, a lei garantir maior participação de biocombustíveis e combustíveis sintéticos na matriz energética nacional.

¹²⁵É necessária a determinação da intensidade de carbono das fontes de energia para cada energético medida em (gCO₂eq/MJ).

um mandato de redução de emissões. Os operadores aéreos ficam obrigados a reduzir as emissões de GEE em suas operações domésticas por meio da adoção do SAF¹²⁶. O programa estipula uma curva progressiva de obrigações, com a redução mandatória que se inicia¹²⁷ em 1% a partir de 1º de janeiro de 2027, passa para 2% em 2029 e cresce 1% a cada ano até atingir 10% de redução exigida em 2037 (BRASIL, 2024b, EPE, 2024a, b).

Para efeitos práticos, a base de cálculo desse mandato considerará o volume de emissões das operações domésticas da companhia aérea no ano, estipulando que todas essas operações teriam sido abastecidas por combustível fóssil (querosene de aviação fóssil (Jet A/A-1)). A contabilização é por meio de ACV do poço-à-roda de cada rota tecnológica de produção de SAF (EPE, 2024a). Então, o volume de SAF exigido depende do ganho médio de emissões do portfólio de SAF usado. A lei também permite flexibilidade, garantindo que poderão ser admitidos meios alternativos para o alcance das metas de mitigação estipuladas.

O ProBioQAV distribui competências regulatórias claras (EPE, 2024b, a, 2025b):

- ANP: responsável por estabelecer a equivalência exata das emissões por unidade de energia do ciclo "do poço à queima" para cada rota de SAF, base para contabilizar a descarbonização frente ao querosene fóssil. A legislação instrui a ANP a buscar integral alinhamento metodológico com a ICAO, assegurando o cumprimento dos requisitos internacionais de elegibilidade e certificação, fator essencial para viabilizar as exportações do combustível produzido no Brasil.
- ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil): criar a metodologia de cálculo que verificará de fato a redução de emissões gerada pelo SAF, além de ser o órgão fiscalizador do cumprimento destas metas pelas operadoras aéreas. A ANAC também possui a prerrogativa de dispensar do mandato empresas com emissões abaixo de um limiar definido, ou daquelas que comprovem não ter acesso físico à infraestrutura de SAF em seus aeroportos de operação.
- CNPE (Conselho Nacional de Política Energética): Exerce poder estratégico, podendo alterar os percentuais mínimos de redução a qualquer momento por necessidade e interesse público. Além disso, fundamentado na reciprocidade, o CNPE tem a prerrogativa de aplicar a mesma obrigação a voos internacionais

¹²⁶ A redução da emissão de GEE poderá ser feita por meio da mistura do SAF ao combustível regular da aviação ou por outros meios alternativos.

¹²⁷ O CNPE poderá alterar os percentuais a qualquer tempo por motivo justificado de interesse público.

com passagem pelo Brasil, caso blocos ou países estrangeiros passem a impor regras desse tipo para as aeronaves brasileiras.

4.3.2 Certificados de Sustentabilidade de Combustível Sustentável de Aviação (CS-SAF)

Os Certificados de Sustentabilidade de Combustível Sustentável de Aviação (CS-SAF)¹²⁸ constituem instrumentos digitais destinados a comprovar a redução de emissões associada ao uso do SAF em comparação ao querosene fóssil convencional. O modelo regulatório proposto permite a dissociação entre o atributo ambiental e o produto físico, de modo que o certificado correspondente à redução de emissões possa ser comercializado separadamente do combustível propriamente dito. Nesse arranjo, conhecido como *book & claim*, o produtor ou distribuidor de SAF gera, além do combustível, um certificado que pode ser adquirido por companhias aéreas para fins de comprovação do cumprimento de metas obrigatórias de redução de emissões, enquanto o combustível físico pode ser consumido por outros agentes, inclusive em mercados voluntários. A lógica do mecanismo busca ampliar a viabilidade econômica e operacional do SAF, sobretudo diante de barreiras ainda relevantes, como custo elevado, oferta limitada e restrições logísticas de distribuição no território nacional.

No contexto brasileiro, os CS-SAF integram a regulamentação do ProBioQAV, previsto na Lei do Combustível do Futuro. O instrumento foi concebido para conferir maior flexibilidade ao cumprimento das metas de descarbonização impostas às companhias aéreas.

Segundo o desenho institucional previsto, a ANP será responsável pela certificação, emissão e operação do mercado de certificados, enquanto a Anac fiscalizará o cumprimento das metas pelas empresas aéreas.

O sistema contará ainda com registro eletrônico para assegurar rastreabilidade e evitar dupla contagem dos benefícios ambientais, princípio segundo o qual apenas o detentor do certificado poderá reivindicar a redução de emissões correspondente. Ao adotar esse mecanismo, o Brasil introduz maior flexibilidade regulatória ao mandato de SAF e cria condições para acelerar a expansão do mercado, reduzir custos logísticos e ampliar o acesso dos operadores aéreos ao atributo ambiental do combustível sustentável.

A certificação CORSIA-elegível é uma condição para que o combustível e sua redução de emissões sejam reconhecidos no cumprimento do CORSIA (internacionalmente).

¹²⁸[Companhias aéreas poderão comprar 'créditos' para cumprir metas de emissões](#)

Também representa uma vantagem para a exportação e para a monetização internacional dos atributos ambientais do SAF, inclusive em operações de *book and claim*. A interoperabilidade entre o registro brasileiro de CS-SAF e sistemas internacionais será determinante para que um mesmo atributo possa ser transferido entre mercados sem duplicidade de contabilização.

A operacionalização desse sistema no Brasil ainda envolve desafios. Entre eles estão a harmonização entre as metodologias nacionais e o CORSIA, especialmente quanto à mudança indireta do uso da terra, a disponibilidade e o custo de firmas inspetoras qualificadas, a rastreabilidade de matérias-primas agrícolas e residuais, a padronização das provas de sustentabilidade e a interoperabilidade dos registros nacionais com plataformas internacionais.

A coordenação entre ANP e Anac será particularmente importante, pois certificação, cálculo das emissões, emissão dos certificados e fiscalização das metas são atividades interdependentes.

Há a recomendação explícita¹²⁹ da governança e a coordenação com os instrumentos nacionais de precificação de carbono, em especial RenovaBio e o SBCE, de modo a evitar dupla contagem, sobreposição de obrigações e fragmentação do sinal de preço de carbono.

4.4 SBCE

No Brasil, em dezembro de 2024, entrou em vigor a lei que regulamenta o mercado de carbono e cria o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa – SBCE (Lei 15.042/2024). Seu objetivo é criar um incentivo econômico para que grandes emissores reduzam seus GEE. O sistema funciona com dois ativos principais, o CBE (Cota Brasileira de Emissões Permissão), permissão para emitir 1 tonelada de CO₂ equivalente e o CRVE (Certificado de Redução ou Remoção Verificada de Emissões), que corresponde a uma redução efetiva de 1 tonelada de CO₂ equivalente.

O sistema funciona sob a lógica de *cap-and-trade*, definindo limites de emissões para empresas e permitindo a negociação de cotas e certificados de redução de emissões (IEA, 2025a, PROQR *et al.*, 2022).

¹²⁹https://www.gov.br/fazenda/pt-br/composicao/orgaos/secretaria-de-reformas-economicas/manifestacoes-em-consultas-publicas-de-orgaos-reguladores/2025/ministerio-de-minas-e-energia-mme/sei_55949654_nota_tecnica_5480.pdf

O calendário anual de implementação¹³⁰ prevê marcos importantes, com o objetivo de concluir as normas da primeira fase até dezembro de 2026, etapa preparatória, que compreende consultas técnicas, workshops setoriais, elaboração das metodologias e publicação da regulamentação do programa nacional de monitoramento, relato e verificação. O cronograma geral do SBCE estabelece passos graduais: em 2027, inicia-se o relato de emissões; e entre 2028 e 2029, os operadores que emitem acima de 10 mil toneladas de GEE por ano devem submeter planos de monitoramento. A fase de transação plena, com o estabelecimento do teto de emissões e o Plano Nacional de Alocação, está prevista para 2030, consolidando a implementação total em 2031.

A proposta de cobertura setorial ainda possui caráter preliminar e deverá passar por consulta pública antes de sua consolidação. Portanto, os setores e os prazos apresentados a seguir devem ser entendidos como uma trajetória proposta, passível de ajustes durante o processo regulatório. A proposta contempla a introdução gradual de 17 setores, organizados em três etapas (Figura 9):

- Etapa 1 (2027 a 2031): papel e celulose; ferro e aço; cimento; alumínio primário; exploração, produção e refino de petróleo; e transporte aéreo.
- Etapa 2 (2029 a 2033): mineração; alumínio reciclado; setor elétrico; vidro; alimentos e bebidas; indústria química; cerâmica; e resíduos.
- Etapa 3 (2031 a 2035): transportes rodoviário, aquaviário e ferroviário.

¹³⁰<https://www.gov.br/fazenda/pt-br/assuntos/noticias/2026/marco/ministerio-da-fazenda-instala-comite-da-sociedade-civil-e-governos-para-implementacao-do-mercado-regulado-de-carbono-no-brasil>

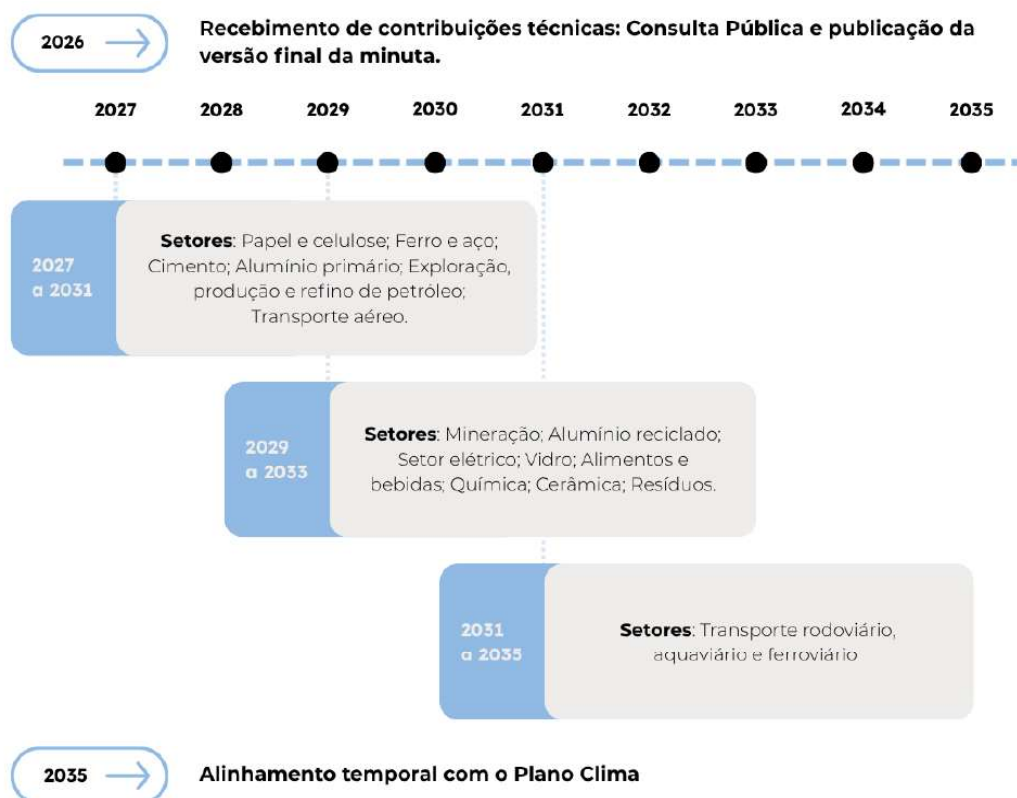


Figura 9 - Implementação das obrigações de MRV no SBCE

Fonte: Mello Torres, 2026¹³¹

Para cada grupo, está previsto um período gradual de preparação, envolvendo a elaboração dos planos de monitoramento no primeiro ano, o monitoramento efetivo das emissões nos dois anos seguintes e a geração de informações para subsidiar o plano nacional de alocação e a futura conciliação das obrigações.

Nesse contexto, o transporte aéreo integra o primeiro ciclo de implementação do SBCE. Está prevista, para junho de 2026, a realização de workshop¹³² específico sobre monitoramento, reporte e verificação (MRV) na aviação civil. A inclusão do setor na primeira fase reflete tanto sua relevância para a política climática quanto a existência de sistemas de mensuração já utilizados internacionalmente, especialmente no âmbito do CORSIA.

¹³¹<https://mellotorres.com.br/informativo-mt-mercado-regulado-de-carbono-ministerio-da-fazenda-propoe-inclusao-gradual-de-17-setores-no-sbce/>

¹³²<https://www.gov.br/fazenda/pt-br/composicao/orgaos/mercado-de-carbono/comite-consultivo-ctcp-e-colegiados/AgendaPrevista2026SEMC.pdf>
<https://www.gov.br/fazenda/pt-br/assuntos/noticias/2026/junho/governo-e-setor-aereo-debatem-regras-do-mercado-regulado-de-carbono>

No curto prazo, o principal efeito do SBCE sobre a aviação e o mercado de SAF será institucional e informacional, e não necessariamente a imposição imediata de um preço de carbono. As empresas aéreas precisarão aprimorar seus inventários, estabelecer planos de monitoramento, delimitar as emissões abrangidas e adotar procedimentos verificáveis de contabilização do consumo de combustíveis. Isso tende a aumentar a demanda por dados sobre a intensidade de carbono do SAF, sua origem, critérios de sustentabilidade, rastreabilidade das matérias-primas e cadeia de custódia dos atributos ambientais.

Quando forem definidos os tetos de emissão e o Plano Nacional de Alocação, o SBCE poderá produzir um sinal econômico direto para a utilização de SAF. Com a redução proporcionada pelo combustível na contabilização das emissões das empresas aéreas, cada tonelada de CO₂ evitada com a substituição do QAV fóssil poderá reduzir a necessidade de aquisição ou entrega de CBEs¹³³ e de outros ativos de conformidade. Dessa forma, o valor econômico do SAF deixará de estar associado apenas ao combustível físico e passará a incluir também o custo de carbono evitado.

Esse mecanismo tende a reduzir a diferença de preço entre o SAF e o QAV convencional. Quanto maior for o preço das CBEs e mais restritivo for o teto de emissões, maior será o benefício econômico associado à utilização de combustíveis de menor intensidade de carbono.

Entretanto, o SBCE, isoladamente, dificilmente eliminará todo o prêmio de custo do SAF, especialmente nas rotas tecnológicas mais onerosas. Seu papel deverá ser complementar ao ProBioQAV, ao CORSIA, a incentivos fiscais, a instrumentos de financiamento e a contratos de compra de longo prazo.

A precificação do carbono também poderá melhorar a bancabilidade dos projetos de SAF. Ao atribuir valor monetário às reduções de emissões, o sistema oferece maior previsibilidade para empresas aéreas e produtores negociarem contratos de fornecimento de longo prazo. Esse efeito pode contribuir para reduzir riscos de demanda, facilitar o financiamento das plantas e favorecer a formação de mercados regionais e *clusters* produtivos.

Além disso, também pode ocorrer impactos indiretos sobre a cadeia produtiva. O refino de petróleo está previsto na primeira etapa do SBCE, enquanto eletricidade, química, mineração, resíduos e alimentos e bebidas aparecem na segunda. A precificação das

¹³³ Representativas do direito de emitir uma tonelada de dióxido de carbono equivalente

emissões desses setores poderá elevar os custos relativos de insumos intensivos em carbono e, simultaneamente, incentivar eletricidade renovável, hidrogênio de baixa emissão, captura de carbono e matérias-primas residuais utilizadas na produção de SAF.

Por fim, a utilização de SAF não deverá ser interpretada automaticamente como geração de CRVEs. Em princípio, seu principal benefício para uma empresa aérea regulada será a redução de suas emissões contabilizadas e de sua obrigação de conformidade. O impacto efetivo do SBCE sobre o mercado de SAF será, portanto, determinado pelo MRV e pelas regras de integração entre os diferentes instrumentos climáticos e energéticos.

A implementação do SBCE dialoga diretamente com a cadeia do SAF, pois cria incentivos econômicos para a adoção de tecnologias de baixo carbono, internalizando o custo do carbono. Ao integrar o mercado regulado e fomentar o mercado voluntário de créditos de carbono, o SBCE permite que os atributos ambientais do SAF e os projetos de redução de emissões no setor aéreo ganhem viabilidade financeira, garantindo que as compensações sejam reais, mensuráveis e verificáveis.

5. Goiás: Oportunidades e Condicionantes para Inserção na Cadeia do SAF

No Brasil, o ProBioQAV busca garantir a competitividade econômica do SAF ao estimular a otimização logística da distribuição e a adoção de mecanismos de comercialização orientados pelo mercado. Essa diretriz reforça a atratividade de polos centralizados de produção localizados próximos às fronteiras agrícolas, onde há maior disponibilidade de biomassa e potencial de redução de custos logísticos, sobretudo quando a região também dispõe de demanda por QAV ou de acesso a centros consumidores relevantes em seu entorno regional. Nesse sentido, a consolidação de um cluster de SAF em Goiás aparece como uma possibilidade particularmente relevante, na medida em que o estado reúne condições produtivas e territoriais favoráveis para esse tipo de arranjo. Ainda que sua viabilidade dependa de uma análise sobre escala de consumo local, infraestrutura de escoamento e integração com mercados aeroportuários adjacentes.

Nesse contexto, ganha relevância um arranjo do tipo *Book & Claim*, mecanismo de atribuição contábil dos atributos ambientais de combustíveis sustentáveis, como o SAF, no qual o benefício da redução de emissões é dissociado do fluxo físico do produto. Por esse sistema, o SAF pode ser produzido, misturado e consumido em local diferente daquele em que o atributo ambiental é reivindicado pelo comprador, desde que haja rastreabilidade, certificação e salvaguardas robustas contra dupla contagem.

Na prática, esse modelo permite concentrar a produção em regiões mais competitivas em custo e intensidade de carbono, por exemplo, áreas com melhor oferta de biomassa, menor pegada da matriz elétrica ou maior eficiência logística, enquanto os créditos ambientais associados ao combustível são alocados a agentes que buscam cumprir metas de descarbonização, mesmo sem acesso físico direto ao SAF. Essa lógica amplia a relevância de locais com forte vocação agroenergética, como Goiás, ao reduzir a necessidade de coincidência espacial entre produção e consumo final do combustível.

Nesse caso, o SAF pode ser consumido fisicamente em Goiás ou no Distrito Federal, substituindo o uso do QAV na aviação da região, mas o abatimento das emissões ser contabilizado por um consumidor final no Sudeste, que pague o preço do certificado de redução de emissões. Ressalte-se que, nesse exemplo, o abatimento das emissões de carbono não é feito em Goiás ou adjacências, pois o uso do direito de abatimento de emissões (certificado) foi vendido para um consumidor em outra região. Então, o produtor de SAF em Goiás está vendendo o serviço de redução de emissões de carbono registrado no certificado de redução de emissões. Recebe a compensação financeira,

mas aliena o direito de abater as emissões de carbono certificadas, mesmo que o produto físico seja vendido e consumido em Goiás. Essa é a forma do *book and claim* evitar dupla-contagem e garantir a integridade ambiental das reduções das emissões.

É nesse quadro que Goiás vem se consolidando como um ator estratégico no debate sobre a expansão da produção de combustíveis sustentáveis no Brasil, em especial do SAF. Essa posição decorre da combinação entre uma grande base agroindustrial, forte presença do setor sucroenergético, disponibilidade de biomassa e experiência acumulada na produção de biocombustíveis. Nesse contexto, o estado reúne atributos relevantes para se inserir de forma competitiva nas novas cadeias voltadas à descarbonização do setor de aviação.

A inserção estratégica de Goiás na cadeia do SAF está associada, em primeiro lugar, à sua vocação produtiva no segmento de bioenergia. O estado ocupa posição de destaque na agroindústria brasileira e apresenta escala relevante na produção de matérias-primas potencialmente aplicáveis às rotas tecnológicas de SAF, com ênfase especial na cana-de-açúcar e no etanol¹³⁴. Esses números evidenciam a existência de uma base material importante para o desenvolvimento de um polo produtor, além de abrirem perspectivas para o aproveitamento de resíduos agroindustriais e outras biomassas disponíveis no território estadual.

Além da disponibilidade de matérias-primas, Goiás apresenta potenciais vantagens competitivas relacionadas à sua localização geográfica, à capilaridade de sua produção agroindustrial e à presença de infraestrutura logística relevante no contexto do Centro-Oeste. Ainda que a viabilidade de um cluster de SAF dependa de análise específica por rota tecnológica e por corredor de escoamento, a proximidade com áreas produtoras, a possibilidade de integração com plantas já existentes e a presença de um ecossistema industrial ligado ao etanol e à bioenergia tendem a reduzir custos de suprimento, facilitar economias de aglomeração e ampliar o potencial de atração de investimentos. Soma-se a isso a demanda por combustíveis de aviação em Goiás e Distrito Federal possibilidade de articular a produção de SAF com uma agenda mais ampla de inovação, competitividade industrial e agregação de valor às cadeias agroenergéticas do estado.

No plano institucional, observa-se também um ambiente estadual em construção para apoiar a agenda de transição energética. O Decreto nº 10.872¹³⁵, de 10 de março de

¹³⁴ Goiás foi o terceiro maior produtor brasileiro de cana-de-açúcar (IBGE, 2025) e o segundo maior produtor de etanol no país (ANP, 2025), com produções de 81,6 milhões de toneladas de cana (IBGE, 2025) e 5,46 bilhões de litros de etanol em 2023 (ANP, 2025)

¹³⁵ <https://legisla.casacivil.go.gov.br/api/v2/pesquisa/legislacoes/113513/pdf>

2026, que institui a Política Estadual de Energia, representa um marco ao incorporar, entre os instrumentos da política, o zoneamento das potencialidades energéticas estaduais, incluindo biomassa, biocombustíveis, hidrogênio, amônia, etanol, biometano e o próprio SAF¹³⁶. A inclusão explícita do combustível sustentável de aviação no escopo da política energética estadual sinaliza reconhecimento institucional de seu caráter estratégico e cria uma base importante para ações futuras de coordenação, planejamento territorial, atração de investimentos, articulação com políticas industriais e construção de instrumentos de governança. O Decreto determina a elaboração de um Plano Estadual de Energia, com revisão periódica, diagnóstico da matriz energética, cenários de oferta e demanda, orientação da expansão da infraestrutura, estabelecimento de metas e indicadores e definição de diretrizes para inovação e atração de investimentos. Também prevê mecanismos de incentivo às cadeias de biocombustíveis e combustíveis avançados de baixo carbono¹³⁷, projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação, capacitação da mão de obra e monitoramento anual da execução da política.

Essas disposições podem produzir efeitos concretos sobre a estruturação de um *cluster* de SAF em Goiás. O zoneamento energético pode reduzir a assimetria de informações enfrentada pelos investidores ao identificar a disponibilidade de matérias-primas, infraestrutura elétrica, gás natural e biometano, recursos hídricos, ferrovias, rodovias, aeroportos, áreas industriais e potenciais fontes de hidrogênio. Já a previsão de metas, indicadores e relatórios anuais pode proporcionar maior continuidade à política estadual e permitir o acompanhamento da evolução da produção de matérias-primas certificadas, da capacidade industrial, dos investimentos mobilizados e das reduções de emissões associadas ao SAF. Nesse contexto, o diferencial competitivo de Goiás dependerá da capacidade de transformar o Decreto nº 10.872/2026 em uma política coordenada de implantação. Sem esses desdobramentos, Goiás poderá apresentar boas condições agrícolas e logísticas, mas perder investimentos para estados que ofereçam maior clareza quanto aos incentivos, aos prazos administrativos e ao apoio público à implantação.

¹³⁶ DECRETO Nº 10.872, DE 10 DE MARÇO DE 2026 Institui a Política Estadual de Energia e estabelece sua estrutura de governança e as diretrizes de implementação. Art. 3º A Política Estadual de Energia, estruturada em eixos estratégicos e executada por meio de instrumentos voltados à segurança energética, à transição energética sustentável, à eficiência econômica, à inovação e à governança inclusiva, compreenderá, entre outros: II - o zoneamento das potencialidades energéticas estaduais, que incluem biomassa, biocombustíveis, energia hidráulica, energia solar, energia eólica, hidrogênio, amônia, etanol, biometano, combustível de aviação sustentável - SAF e sistemas de armazenamento de energia;

¹³⁷ <https://legisla.casacivil.go.gov.br/api/v2/pesquisa/legislacoes/113513/pdf>

Além disso, o estado aderiu ao Convênio ICMS nº 86/2024¹³⁸, que autoriza a isenção do ICMS nas aquisições de bens destinados ao ativo imobilizado de biorrefinarias fabricantes de SAF, biometano, biogás, metanol e CO₂ (Decreto Legislativo nº 643/2025)¹³⁹. Essa adesão cria uma base jurídica relevante para a redução do CAPEX de projetos, especialmente porque plantas de SAF são intensivas em equipamentos importados. A efetividade desses instrumentos para o SAF dependerá de regras operacionais claras, prazo compatível com a maturação dos investimentos e possibilidade de enquadramento integrado dos diferentes componentes da biorrefinaria.

Eventos¹⁴⁰ e iniciativas conduzidas pelo Governo de Goiás¹⁴¹ em conjunto com entidades como a Fieg (Federação das Indústrias do Estado de Goiás) e o Sifaeg (Sindicato da Indústria de Fabricação de Etanol) também reforçam esse movimento, ao buscar posicionar o estado como referência nacional na nova economia de baixo carbono.

Apesar desse conjunto de atributos favoráveis, a consolidação de um cluster de SAF em Goiás ainda depende da superação de desafios técnicos, econômicos, logísticos, regulatórios e ambientais. É necessário reconhecer que a demanda local de QAV nos aeroportos goianos ainda apresenta escala relativamente limitada frente aos grandes centros consumidores nacionais, o que indica que a estratégia de inserção de Goiás na cadeia do SAF não deve se apoiar exclusivamente no consumo aeroportuário interno. Nesse contexto, o aeroporto de Brasília assume papel relevante e ponto potencial de articulação logística, dada sua proximidade, importância na malha aérea nacional e maior capacidade de absorção de combustíveis de aviação. Além disso, a configuração de um hub de SAF no estado deve considerar as assimetrias internas de infraestrutura, especialmente em regiões com elevada disponibilidade potencial de biomassa, como o Vale do Araguaia¹⁴², mas que podem enfrentar limitações de transporte, armazenagem, conexão com a rede elétrica e acesso a corredores eficientes de escoamento.

Entre as condicionantes estão a necessidade de avaliar, com maior detalhamento, a disponibilidade de matérias-primas, os custos de produção por rota tecnológica, os

¹³⁸ https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2024/CV086_24

¹³⁹ <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=476680>

¹⁴⁰ Conferência Brasileira de Bioenergia e Transição Energética debate inovação, investimentos e caminhos para a descarbonização. <https://goias.gov.br/governo/conferencia-brasileira-de-bioenergia-e-transicao-energetica-debate-inovacao-investimentos-e-caminhos-para-a-descarbonizacao/>

¹⁴¹ <https://goias.gov.br/industriaecomercio/goias-quer-ser-referencia-nacional-na-producao-do-combustivel-sustentavel-de-aviacao-saf/>

¹⁴² O Vale do Araguaia em Goiás é uma região estratégica de rápida expansão agrícola. Estende-se por áreas de Goiás e Mato Grosso, com forte presença do agronegócio e alto potencial produtivo, mas a área enfrenta desafios de infraestrutura.

requisitos de infraestrutura industrial e logística, a competitividade frente a outras regiões, os critérios de certificação e rastreabilidade, bem como os impactos ambientais associados ao uso da terra, à água, à energia e à intensidade de carbono dos diferentes arranjos produtivos. Também se impõe a necessidade de fortalecer capacidades locais, qualificar agentes públicos e privados, promover interlocução com o arcabouço regulatório nacional e internacional e construir canais permanentes de coordenação entre governo, setor produtivo, academia e instituições financeiras.

Dessa forma, a construção de uma agenda de ação para Goiás exige uma abordagem estruturada e baseada em evidências, capaz de identificar, de forma integrada, oportunidades, riscos e *trade-offs* associados à inserção do estado na cadeia do SAF. Em termos preliminares, essa agenda deve contemplar o mapeamento de rotas tecnológicas aderentes à base produtiva estadual, a avaliação técnico-econômica e ambiental das matérias-primas e dos arranjos logísticos, o diagnóstico da infraestrutura existente e das lacunas críticas e o fortalecimento de uma governança estadual voltada à coordenação dos diversos atores envolvidos. A realização de estudos, como o presente projeto, e a estruturação de uma base de dados consistente serão fundamentais para orientar decisões de política pública e investimento, reduzindo incertezas e aumentando a capacidade do estado de capturar valor nessa nova fronteira da transição energética.

6. Mapeamento de Stakeholders em Goiás para o Desenvolvimento do *Cluster* de SAF

O mapeamento de *stakeholders* foi elaborado a partir de entrevistas com atores-chave associados à cadeia de valor do SAF, incluindo representantes do setor produtivo, agentes reguladores, instituições financeiras, formuladores de política pública, empresas de biocombustíveis, entidades setoriais, instituições de pesquisa e atores vinculados à logística e ao desenvolvimento regional.

O objetivo foi sistematizar as percepções desses agentes sobre as oportunidades, barreiras e condições necessárias para o desenvolvimento de um *cluster* produtivo de SAF em Goiás, considerando tanto as vantagens comparativas do estado quanto os gargalos tecnológicos, regulatórios, logísticos e de mercado identificados nas entrevistas.

De forma geral, as entrevistas indicam que Goiás possui uma base agroindustrial relevante para a estruturação de uma cadeia de SAF, especialmente em função da presença de usinas de etanol, produção agrícola consolidada, disponibilidade de milho, cana-de-açúcar, soja, resíduos agroindustriais e potencial de integração com biogás e biometano. Entretanto, os agentes consultados também apontam que a materialização desse potencial dependerá de condições ainda não plenamente estabelecidas, como demanda firme, contratos de *offtake*, redução do risco tecnológico, financiamento, desenvolvimento de infraestrutura logística e criação de mecanismos de governança regional.

6.1. Lista tipológica dos atores entrevistados e principais percepções

As entrevistas realizadas abrangeram diferentes grupos de stakeholders, com papéis complementares na estruturação de um *cluster* de SAF em Goiás. A Tabela abaixo apresenta uma sistematização tipológica dos atores consultados, suas posições na cadeia e uma lista das principais percepções identificadas.

Tabela 2 - Sistematização tipológica dos atores consultados e suas posições na cadeia

Tipologia de stakeholder	Atores/representantes consultados	Posição na cadeia de SAF
Entidades agropecuárias e produtores rurais	FAEG, SENAR/CampoLab, produtores agrícolas e cooperativas potenciais	Fornecedores de matéria-prima agrícola e agentes de mobilização da base produtiva
Produtores sucoenergéticos e empresas de biocombustíveis	São Martinho, Jalles, bp Bioenergy, CerradinhoBio e outros agentes do setor	Potenciais fornecedores de etanol, biomassa, energia, CO ₂ biogênico, biogás/biometano e

		infraestrutura industrial existente
Agroindústrias associadas ao milho, óleos e coprodutos e biocombustíveis	CerradinhoBio (Neomille), MILHÃO, Empresas processadoras de milho e potenciais fornecedores de óleo, fibras e resíduos	Potenciais fornecedores de matérias-primas lipídicas, coprodutos, resíduos e insumos para biorrefinarias
Governo federal e formuladores de política industrial. Reguladores e agentes de planejamento energético	MME, MDIC/DEBIO, ANP, EPE	Formulação de políticas públicas, incentivos, regulação e estratégia nacional de bioindústria. Regulação, planejamento, normatização, análise de infraestrutura, combustíveis e emissões
Instituições financeiras e de fomento	BNDES	Financiamento, estruturação de projetos, análise de risco e viabilidade
Indústria aeronáutica e agentes do setor aéreo	Interlocutores associados à aviação	Demanda potencial, qualificação tecnológica, articulação internacional e descarbonização da aviação
Distribuição, logística e infraestrutura	Distribuidoras de combustíveis, aeroportos, operadores logísticos, ferrovias, portos e polos aeroportuários potenciais	Mistura, armazenagem, transporte, distribuição e abastecimento aeroportuário
Instituições de pesquisa e inovação	UFG, centros de pesquisa, CETS e instituições tecnológicas	P&D, certificação, pilotos, avaliação de rotas e formação de competências
Governo estadual e desenvolvimento regional	Governo de Goiás e agentes ligados ao desenvolvimento produtivo regional	Articulação territorial, incentivos, licenciamento, infraestrutura e atração de investimentos

- SAF é uma agenda estratégica para agregação de valor à biomassa brasileira;
- A disponibilidade de biomassa e a experiência em biocombustíveis, especialmente etanol, tornam o Brasil um potencial ofertante em bases competitivas;
- Os agentes entrevistados enfatizaram a importância do SAF para a agenda global de descarbonização da aviação;
- Todavia, apontam que a demanda efetiva depende de custo, elegibilidade internacional, aceitação regulatória e capacidade de integração com cadeias certificadas.
- Reconhecimento da adequação da política brasileira de combustíveis avançados;
- Porém, ressaltam que arcabouço regulatório ainda precisa ser operacionalizado;
- Embora o Brasil tenha avançado na agenda de SAF com o Combustível do Futuro e a criação do ProBioQAV, ainda falta maior detalhamento regulatório para transformar as diretrizes gerais em regras práticas de implementação, incluindo decreto do MME com orientações operacionais, definição dos

mecanismos de cumprimento das metas e regras da ANP para certificação, mensuração e verificação da intensidade de carbono do SAF.

- Apesar dos mandatos, o desafio segue sendo mercado pois metas brasileiras são incapazes com a viabilização do mercado;
- A efetiva implementação da indústria de SAF do Brasil depende do mercado externo;
- Implementação de mecanismos de certificação Book & Claim é de grande importância para alavancar as exportações brasileiras;
- Consenso acerca das barreiras comerciais impostas à exportação de SAF, especialmente pela União Europeia (predileção pela rota dos e-fuels em detrimento à biomassa) e pelos EUA (enxergam Brasil como concorrente);
- Presença de desafios de harmonização internacional de metodologias, sobretudo no que tange ao tratamento de ILUC/LUC;
- Metodologias enviesadas para o cálculo de emissões. Desenvolvimento de novas metodologias, por exemplo o Low LUC Risk practice (LLRP), como abordagem de risco e não quantitativa das emissões de mudança e uso da terra;
- Brasil deve priorizar mercados da Ásia e do Pacífico;
- Apesar da importância da rota HEFA no estágio inicial da indústria de SAF, percepção que as rotas baseadas no etanol (ATJ) tendem a ser mais promissoras, especialmente no estado de Goiás;
- A crescente oferta de etanol no Brasil, incluindo o ritmo acelerado da expansão da produção de etanol de milho, tende a tornar atrativa a alternativa de investimentos em plantas de SAF;
- Enquanto alguns agentes argumentam que a rota ATJ já é plenamente madura, outros agentes ressaltaram que o risco tecnológico ainda é considerável e defenderam a necessidade de realização de projetos de P&D, incluindo a criação de centros de pesquisa e demonstração em SAF.
- Projetos de P&D também são importantes para o amadurecimento da rota dos e-fuels. Já a rota Fisher-Tropsch é tida como extremamente complexa e foi recomendado não ser priorizada;
- A conjugação de CAPEX elevado com a pequena demanda doméstica e as incertezas do mercado internacional tornam projetos de SAF ainda arriscados, sobretudo diante à dificuldade de ancorar os investimentos sem contratos de longo prazo;
- Apesar de requerer maior CAPEX, a construção de biorrefinarias que possam aproveitar sinergias, vantagens logísticas e economias de escala da produção de diversos produtos de forma conjunta (SAF, HVO, biofertilizantes, H₂, etc) pode dar mais competitividade aos projetos de SAF;
- Projetos de SAF são um negócio para grandes players, sobretudo do setor de petróleo que já dominam a produção de QAV no Brasil com capacidade financeira e operacional, especialmente os primeiros projetos;
- Rota ATJ apontada como a mais promissora para o Estado de Goiás pelo caráter estruturado da indústria e experiência no setor de biocombustíveis;

- Em função da oferta crescente de etanol, alguns agentes apontaram que parte da produção vai ser naturalmente direcionada para a produção de SAF;
- Todavia, predomina o entendimento que as plantas serão *greenfield* com agentes indicando ser improvável a adaptação de plantas de etanol já existentes para a produção de SAF;
- Potenciais ofertantes de óleos para rota HEFA ainda reticentes acerca de projetos de biocombustíveis;
- Entidades agroindustriais enxergam oportunidades de agregação de valor a cadeias já existentes, mas não necessariamente se posicionam como produtoras de SAF. O SAF aparece como oportunidade indireta, associada à valorização de coprodutos e ao aproveitamento integral da biomassa.
- Disponibilidade de terras produtivas e possibilidade de recuperação de terras degradadas, especialmente de pastagens, permitem afirmar que existe disponibilidade de terras produtivas para produção matérias primas voltadas para a produção de SAF em Goiás;
- Apesar deste potencial agrícola, existe a necessidade de rastreabilidade, certificação socioambiental, organização da produção e remuneração adequada para justificar custos documentais e operacionais associados à sustentabilidade.
- A logística aparece como elemento crítico em termos de infraestrutura dedicada e/ou adaptada;
- Em especial, destaca-se a problemática do Vale do Araguaia onde o imenso potencial de expansão agrícola contrasta com a precariedade do suprimento elétrico e a baixa qualidade das estradas juntamente com o caráter restrito da malha ferroviária;
- No que tange à parte elétrica, a limitação de acesso à energia elétrica confiável pode restringir a expansão de áreas agrícolas irrigadas, a adoção de tecnologias de maior produtividade e a implantação de elos industriais e logísticos da cadeia de SAF.
- Também é preciso atenção com a disponibilização de unidades de mistura;
- Apesar de demonstrarem pouco conhecimento sobre o assunto, agentes aeroportuários sinalizaram grande interesse pela temática do SAF;
- Em termos espaciais, fora destacada a região do entorno de Goinésia pela sua proximidade com os aeroportos de Brasília, Goiânia e Anápolis;
- Não há consenso entre os stakeholders sobre a viabilidade de produção de SAF no Centro-Oeste, pois, embora a região apresente forte disponibilidade de biomassa e base agroindustrial, persistem dúvidas sobre escala de demanda, logística, certificação, custos de investimento e conexão com mercados consumidores nacionais e internacionais;
- Parte dos agentes parte da premissa que a produção de biocombustível deve ocorrer junto à produção de matérias primas. Para estes entrevistados, a exportação se dará essencialmente por meio do abastecimento das aeronaves, sobretudo em um cenário de reconhecimento do mecanismo *Book & Claim*;
- Já outros entrevistados trouxeram a percepção que centros de SAF estarão concentrados no litoral, especialmente na Região Sudeste. Dentre os agentes

com esta opinião, existiram aqueles que defenderam que Goiás deve se posicionar nesta indústria como exportadora de biomassa;

- Ademais, também fora ressaltada a vantagem de estados com cadeias de suprimentos de hidrogênio já estruturadas, sobretudo aqueles detentores de refinarias, pois hidrogênio é um insumo requerido para a produção de SAF;
- Papel do Governo de Goiás deve incluir decisivo na criação de fórum ou comitê de SAF, coordenação de agentes, atração de investimentos, estruturação de incentivos e conexão com Brasília e corredores logísticos.

Em síntese, é possível afirmar que existe um consenso quanto aos diferenciais competitivos brasileiros na indústria de SAF em função da conjugação de disponibilidade de biomassa em bases competitivas de custos com ampla experiência em biocombustíveis. Ainda que exista a necessidade de maior detalhamento do arcabouço normativo de combustíveis avançados no país, é evidente o correto direcionamento das políticas brasileiras visando incitar a implementação da indústria de SAF no Brasil.

Entretanto, são notórias as incertezas comerciais em um contexto de presença de fortes barreiras comerciais por parte da União Europeia e dos EUA. Não obstante a busca por uma estrutura regulatória e de certificação que não represente barreiras à produção de SAF brasileira, é fundamental que o Brasil busque mercados em países da Ásia e da Oceania.

O risco comercial se torna especialmente relevante diante aos vultosos investimentos exigidos na implementação de plantas de SAF. Considerando a magnitude dos projetos, a tendência é que SAF seja um negócio para grandes *players*, especialmente da indústria de óleo e gás.

No que tange especificamente ao estado de Goiás, existe consenso acerca da pertinência da participação do estado na indústria de SAF. Todavia, foram identificadas divergências quanto as bases desta participação, vide sua distância dos grandes centros consumidores.

Nestas bases, os apontamentos foram na direção da importância da criação de regras que criem um bom ambiente de negócios associadas, não apenas a um bom acesso a matérias primas e políticas de incentivos à competitividade do SAF de Goiás, como também à resolução de problemas de infraestrutura e criação de um ambiente favorável à inovação.

7. Considerações Finais

A análise das metas e instrumentos internacionais de descarbonização da aviação evidencia que um dos principais desafios para a consolidação de um mercado global de SAF não é apenas a expansão da oferta, mas também a harmonização de métricas, critérios e metodologias de contabilização de emissões. O acesso a mercados, a partir de desenhos de mercado sem trancamento tecnológico e regulamentos discriminatórios, e a competitividade do SAF, em linha com a disposição a pagar pelos consumidores, são fundamentais para o desenvolvimento de uma indústria global.

Em um setor intrinsecamente internacional, a comparabilidade entre resultados depende da existência de referenciais comuns para mensuração de intensidade de carbono, critérios de sustentabilidade, metodologias de avaliação de ciclo de vida e procedimentos de MRV. A própria ICAO reconhece essa necessidade ao estabelecer que os critérios de sustentabilidade do CORSIA¹⁴³, os esquemas de certificação e a metodologia de avaliação de emissões de ciclo de vida dos combustíveis elegíveis devem servir como base aceita para a elegibilidade de SAF, LCAF e outras tecnologias na aviação internacional. Além disso, o manual técnico ambiental da organização¹⁴⁴ explicita que sua função é apoiar a implementação com o maior grau possível de harmonização, reduzindo assimetrias regulatórias entre Estados e agentes econômicos.

Essa harmonização é relevante diante da adoção de mecanismos de *book and claim* e de registros ambientais associados ao SAF. Sem padronização contábil e rastreabilidade, há riscos de dupla contagem, dupla reivindicação de atributos ambientais e perda de integridade ambiental do sistema. Nesse ponto, a IATA busca preencher a lacuna com sua metodologia de *accounting and reporting* para SAF¹⁴⁵ e operacionalizar o SAF *Registry*, concebido para registrar atributos ambientais de forma imutável e resguardar o sistema contra dupla contagem (detalhado na seção 3.1).

Outro ponto relevante é que o arranjo regulatório internacional apresenta caráter mais coordenador e indutor do que propriamente sancionatório. No caso do CORSIA, não se identificou, nas normas e materiais oficiais consultados da ICAO, uma penalidade uniforme e diretamente aplicada pela própria organização em caso de descumprimento geral das metas climáticas do setor. Ao contrário, a ICAO desenvolveu regulamentos-

¹⁴³ <https://www.icao.int/sites/default/files/environmental-protection/CORSIA/Documents/CORSIA%20Eligible%20Fuels/ICAO-document-05-Sustainability-Criteria-June-2025.pdf>

¹⁴⁴ <https://www.icao.int/CORSIA/environmental-technical-manual-volume-iv>

¹⁴⁵ <https://www.iata.org/en/pressroom/2025-releases/2025-01-31-01/>

modelo para apoiar os Estados na criação de seus próprios sistemas de implementação do CORSIA¹⁴⁶, deixando claro que tais regulamentos são ilustrativos, não prescritivos e não substituem as estruturas legais domésticas. Isso indica que a exigibilidade prática do esquema depende da incorporação nacional das regras, bem como dos mecanismos de fiscalização e sanção estabelecidos por cada Estado.

Isso indica que a exigibilidade prática do esquema depende da incorporação nacional das regras, bem como dos mecanismos de fiscalização e sanção estabelecidos por cada Estado.

Contudo, instrumentos nacionais alinhados com os acordos internacionais podem ser indutores de adesão aos acordos de aviação. Por exemplo, na navegação internacional, os países negociaram via Organização Marítima Internacional (IMO da sigla em inglês - *International Maritime Organization*) as chamadas Áreas de Controle de Emissão - ECAs (da sigla em inglês *Emission Control Areas*), que restringem a entrada de embarcações com altas emissões de enxofre. Embarcações que não cumprem os regulamentos das ECAs não podem entrar nos portos dessas áreas. O mesmo pode acontecer no futuro nos principais hubs de aviação globais, o que induzirá o cumprimento dos acordos internacionais de descarbonização da aviação. Similarmente, instrumentos de ajustes de preço de carbono na fronteira, como o Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira - CBAM (da sigla em inglês *Carbon Border Adjustment Mechanism*) da União Europeia, podem onerar os custos de voos que não cumpram os acordos internacionais.

Desse modo, a efetividade da governança climática da aviação dependerá crescentemente da articulação entre as metas e sinais de longo prazo, com metodologias harmonizadas de elegibilidade, certificação e contabilização, e instrumentos nacionais /regionais capazes de transformar compromissos aspiracionais em obrigações executáveis.

No entanto, discussão sobre metas de redução de emissões na aviação não pode ser limitada à leitura formal de compromissos climáticos e instrumentos regulatórios. Embora esse arcabouço seja indispensável, a consolidação do mercado de SAF depende também de uma compreensão estratégica da geopolítica, políticas de promoção da indústria e comércio que estrutura a transição energética global.

¹⁴⁶ <https://www.icao.int/icao-model-regulations-corsia-implementation>

Nesse sentido, as regras internacionais devem ser acompanhadas da análise dos interesses dos principais blocos econômicos, bem como da participação ativa do Brasil nas negociações internacionais para garantir acordos não-discriminatórios e harmonizados aos interesses nacionais¹⁴⁷. Esse enquadramento é particularmente relevante para o Brasil, cuja vantagem comparativa em biomassa e biocombustíveis não se traduz automaticamente em inserção nas cadeias globais de valor do SAF. Essa interpretação dialoga com o diagnóstico já construído nas seções anteriores sobre metas, instrumentos e políticas para a descarbonização da aviação.

No caso europeu, o ReFuelEU Aviation cria demanda regulatória para SAF, mas também estrutura um mercado orientado por critérios de elegibilidade, sustentabilidade e rastreabilidade vinculados ao RED, com um submandato específico para combustíveis sintéticos. esse desenho sinaliza um interesse explícito no desenvolvimento de rotas baseadas em hidrogênio e e-fuels. A própria Comissão Europeia afirma que o ReFuelEU deve incentivar a produção de SAF em todas as regiões da União Europeia, reforçando que o instrumento tem também uma dimensão de política industrial e territorial. No caso dos biocombustíveis, exclui determinadas matérias-primas, entre elas *food and feed crops*, soja e palma. Essas limitações podem criar incertezas de acesso ao mercado europeu para rotas agrícolas brasileiras, mesmo quando tecnicamente viáveis e capazes de apresentar bom desempenho ambiental. Assim, mais do que uma vedação dirigida a um único produto, há um desenho regulatório que favorece determinadas rotas e matérias-primas e pode reduzir a competitividade de produtores dependentes de cadeias agrícolas que não se enquadrem nos critérios de elegibilidade adotados.

Parte da regulação dos países desenvolvidos pode, na prática, operar como mecanismo de restrição de acesso a mercado e proteção de cadeias industriais domésticas (a regulação é discriminatória, sem focar no objetivo ambiental e na neutralidade tecnológica). O desafio brasileiro é disputar a definição dos critérios de sustentabilidade, rastreabilidade e elegibilidade, de forma a evitar que a transição se converta em vetor de exclusão produtiva para o Sul Global.

No mercado doméstico, diferentemente do CORSIA que é mais coordenador do que sancionatório, a política brasileira estrutura demanda doméstica por SAF por meio de instrumentos com efeitos econômicos concretos. A Lei do Combustível do Futuro

¹⁴⁷ Evitar regulamentos discriminatórios relacionados a rotas tecnológicas relevantes para o Brasil, como biocombustíveis avançados e e-combustíveis a partir de eletricidade de baixa emissão, inclusive do SIN, hidreletricidade, nuclear, biomassa, entre outros.

instituiu o ProBioQAV e determina redução de emissões de GEE em voos domésticos por meio do uso de SAF. Paralelamente, o RenovaBio assegura previsibilidade ao mercado de combustíveis, induz eficiência em emissões e criar incentivos econômicos via metas de descarbonização e créditos associados. O Brasil deve adotar a defesa da neutralidade tecnológica na produção de SAF, com a valorização de diferentes trajetórias de baixa emissão.

Além disso, a inserção internacional brasileira não precisa se restringir à produção física de SAF, pode incluir exportação de tecnologia, serviços, certificação, engenharia institucional e cooperação regulatória. Por exemplo, o caso Brasil-Índia em 2024¹⁴⁸, os dois países reafirmaram cooperação em combustíveis sustentáveis e declararam conjuntamente que, como grandes produtores de biocombustíveis, estão bem-posicionados para colaborar também em SAF, apoiando-se em sua infraestrutura existente de etanol e biodiesel, no crescimento do mercado de aviação e em seu potencial de matérias-primas. De modo semelhante, o memorando Brasil-Japão¹⁴⁹ sobre a Iniciativa para Combustíveis e Mobilidade Sustentáveis prevê cooperação em combustíveis sustentáveis, além de coordenação em fóruns internacionais e adoção de planos anuais de ação. O Japão pode ser considerado um mercado potencialmente relevante para importação de SAF brasileiro, considerando sua dependência energética, metas climáticas e interesse em SAF.

Do ponto de vista da viabilidade econômica, a expansão do mercado não ocorrerá apenas com sinais regulatórios gerais, a estabilidade do arcabouço institucional é necessária, mas não suficiente. Projetos de SAF são intensivos em capital e carregam riscos. Por isso, contratos de longo prazo de compra, ou *offtake agreements*, tornaram-se mecanismo central de *derisk* para novos investimentos. As decisões finais de investimento dependem tanto dos sinais de mercado e do alinhamento concreto entre produtor e consumidor, com compromissos contratuais capazes de sustentar o fluxo de caixa do projeto.

Outro aspecto econômico-financeiro diz respeito à competitividade, pois concorrentes internacionais operam com apoio público e com condições financeiras favoráveis. Por exemplo, nos Estados Unidos, seguem em vigor instrumentos tributários e programas de incentivo para combustíveis com baixa emissão, inclusive SAF. Assim, embora o

¹⁴⁸ <https://www.pib.gov.in/PressReleaseIframePage.aspx?PRID=2057239®=3&lang=2>

¹⁴⁹ <https://www.gov.br/mme/pt-br/atos-internacionais/atos-internacionais-2025/japao/2025-memorando-de-cooperacao-mme-mre-brasil-japao-sobre-a-iniciativa-para-combustiveis-e-mobilidade-sustentaveis-isfm-ingles.pdf>

Brasil detenha vantagens naturais em biomassa, disponibilidade territorial e experiência em biocombustíveis, essas vantagens não bastam por si só quando confrontadas com mercados que combinam mandato, subsídio, crédito fiscal, financiamento mais barato e desenho institucional voltado à atração de capital.

Apesar de todo o contexto, a tendência estrutural de longo prazo aponta para um mercado que demanda contribuições simultâneas de diferentes regiões e rotas tecnológicas. Esses atuais conflitos por competitividade e acesso a mercado, embora relevantes, não eliminam o espaço de atuação de grandes produtores. Em perspectiva estrutural, a necessidade global de descarbonização da aviação é grande para ser atendida por um único bloco econômico ou por uma única rota.

Referências

ANAC. **2024 - RELATÓRIO de Gestão e ATIVIDADES.** . Brasília, DF, [s.n.], 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-arquivos/RGA2024.pdf>.

ANP. **ANP- Painel Dinâmico Produtores de Etanol.** 2025. Dados. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrJoiMmRhZWU2NDUtZWY2Yi00NzI5LWJjMGQtNjIwNjE0MjM0MjEzIiwidCI6IjQ0OTImNGZmLTl0YTtytNGI0Mi1iN2VmLTEyNGFmY2FkYzI0MyJ9>. Acesso em: 2 set. 2025.

BEHLING, N., WILLIAMS, M. C., MANAGI, S. "Fuel cells and the hydrogen revolution: Analysis of a strategic plan in Japan", **Economic Analysis and Policy**, v. 48, p. 204–221, 2015. DOI: 10.1016/j.eap.2015.10.002. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eap.2015.10.002>.

BRASIL. "Lei nº 14.993, de 8 de outubro de 2024". , 2024 a, p. 1–14. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/l14993.htm.

BRASIL. "LEI Nº 14.993, DE 8 DE OUTUBRO DE 2024". , 2024 b. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/l14993.htm.

CLIMATEWATCHDATA. **Historical GHG Emissions.** 2025. Disponível em: https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?breakBy=sector&chartType=percentage&end_year=2022&start_year=1990. Acesso em: 2 set. 2025.

CRUZ, G., NUNES, A., SEIXAS, P., *et al.* "Biomass and Bioenergy Energy – environmental nexus in green hydrogen-assisted conversion of second-crop canola to sustainable aviation fuel: Toward low-carbon bioenergy systems", **Biomass and Bioenergy**, v. 211, n. February, p. 109149, 2026. DOI: 10.1016/j.biombioe.2026.109149. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2026.109149>.

EPE. **Combustíveis Sustentáveis de Aviação no Brasil e sinergia com o diesel verde.** . Rio Brasil, de Janeiro/RJ, [s.n.], 2025a. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-924/CA-EPE-DPG-SDB-2025-17_Caderno de SAF e diesel verde_2025.pdf.

EPE. **COMBUSTÍVEIS SUSTENTÁVEIS DE AVIAÇÃO NO BRASIL Sustainable**

Aviation Fuel – SAF Perspectivas Futuras. . Rio de Janeiro, Brasil, [s.n.], 2024a. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-839/CA-EPE-DPG-SDB-2024-02_Combustíveis_Sustentáveis_Avição_Brasil.pdf.

EPE. Combustível do Futuro | Principais destaques Lei 14.993, de 08 de outubro de 2024. . Rio de Janeiro, Brasil, [s.n.], 2024b. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-873/topico-745/Caderno EPE_Combustível do Futuro.pdf.

EPE. Lei Combustível do Futuro NOTA DE ESCLARECIMENTO NE-EPE-DPG-SDB-2024-81. . Rio de Janeiro, Brasil, [s.n.], 2025b. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-873/topico-745/Nota de Esclarecimentos - EPE_Combustível do Futuro.pdf.

EPE. RenovaBio: Biocombustíveis 2030. Nota Técnica: Papel dos biocombustíveis na matriz. . Rio de Janeiro, Brasil, [s.n.], 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/arquivos/epe-nt1-papel-dos-biocombustiveis.pdf>.

EUR-LEX. RED III -Directive (EU) 2018/2001 2024-07-16. . [S.l: s.n.], 2024. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02018L2001-20240716>.

EUR-LEX. Regulamento (UE) 2023/2405 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de outubro de 2023, relativo à garantia de condições de concorrência equitativas para um transporte aéreo sustentável (ReFuelEU Aviação). . [S.l: s.n.], 2023. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:02023R2405-20231031>.

FULTON, L. "Creating a Global Hydrogen Economy Review of International Strategies , Targets ,", 2022. DOI: 10.7922/G2N014VF. .

IATA. Air Passenger Market Analysis – February 2026 da International Air Transport Association (IATA). . [S.l: s.n.], 2026a. Disponível em: <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/air-passenger-market-analysis-february-2026/>.

IATA. Fly Net Zero. 2026b. Our Commitment to Fly Net Zero by 2050. Disponível em:

<https://www.iata.org/en/programs/sustainability/flynetzero/>. Acesso em: 9 abr. 2026.

IATA. **Net zero 2050: sustainable aviation fuels (SAF)**. . [S.l: s.n.], 2025. Disponível em: <https://www.iata.org/en/iata-repository/pressroom/fact-sheets/fact-sheet-sustainable-aviation-fuels/>.

IATA. **ReFuelEU Aviation Handbook September 2024**. . [S.l: s.n.], 2024a.

IATA. **Regulamentação e operacionalização do Sistema de Book & Claim**. . [S.l: s.n.], 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/eventos/serie-de-workshops-proximos-passos-combustivel-do-futuro-e-novas-politicas-do-setor-de-oleo-e-gas/workshop-combustivel-sustentavel-de-aviacao-saf-e-diesel-verde/06-mesa-3-marcelo-pedroso-iata.pdf>.

IBGE. **PAM - Produção Agrícola Municipal**. 2025. Tabela 1612 - Área plantada, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=resultados>.

ICAO. **Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA)**. 2026a. Disponível em: <https://www.icao.int/CORSIA>. Acesso em: 26 mar. 2026.

ICAO. **CONTRIBUTION OF CORSIA FOR REDUCING INTERNATIONAL AVIATION NET CO2 EMISSIONS**. . [S.l: s.n.], 2023. Disponível em: https://www.icao.int/sites/default/files/sp-files/environmental-protection/CORSIA/Documents/CORSIA_Brochure/2023_Edition/CORSIA-Brochure2023-EN-WEB.pdf.

ICAO. **Environmental Policies on Aviation Fuels**. 2026b. Environmental Policies on Aviation Fuels. Disponível em: <https://www.icao.int/SAF/saf-policies>. Acesso em: 26 mar. 2026.

ICAO. **ICAO ENVIRONMENTAL REPORT 2016 AVIATION AND CLIMATE CHANGE**. . [S.l: s.n.], 2016. Disponível em: https://www.icao.int/sites/default/files/sp-files/environmental-protection/Documents/ICAO_Environmental_Report_2016.pdf.

ICAO. **Sustainable Aviation Fuels (SAF)**. 2025. ICAO Cleaner EnerTracker Tools. Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/pages/SAF.aspx>. Acesso

em: 24 mar. 2025.

ICAO. **Sustainable Aviation Fuels (SAF)**. 2026c. ICAO Cleaner Energy Tracker Tools. Disponível em: <https://www.icao.int/SAF>.

IEA. **Energy Policy Review Brazil 2025**. . [S.l: s.n.], 2025a. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/brazil-2025>.

IEA. **Global Energy Review 2025**. . [S.l: s.n.], 2025b. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/5b169aa1-bc88-4c96-b828-aaa50406ba80/GlobalEnergyReview2025.pdf>.

KHALID, H., ALI, L., ALAM, A., *et al.* "Next generation sustainable aviation fuels powered by renewable energy", **Biomass and Bioenergy**, v. 211, n. February, p. 109164, 2026. DOI: 10.1016/j.biombioe.2026.109164. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2026.109164>.

KIM, M., LEE, A., SEONG, J., *et al.* "Prospects of power-to-sustainable aviation fuel : A multi-criteria decision analysis integrated with economic and environmental assessment", **Renewable Energy**, v. 263, n. December 2025, p. 125455, 2026. DOI: 10.1016/j.renene.2026.125455. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2026.125455>.

LEE, Y., CHO, M. H., LEE, M. C., *et al.* "Policy agenda toward a hydrogen economy: Institutional and technological perspectives", **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 54, n. December 2023, p. 1521–1531, 2024. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2023.12.129. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.12.129>.

OUR WORLD IN DATA. **Our World in Data**. 2024. What share of global CO₂ emissions come from aviation? Disponível em: <https://ourworldindata.org/global-aviation-emissions>. Acesso em: 2 set. 2025.

PROQR, MCTI, GIZ. **Análise Econômica de Diferentes Rotas de Produção de Combustíveis Sustentáveis de Aviação**. . [S.l: s.n.], 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/programa-combustivel-do-futuro/analise-economica-diferentes-rotas-de-producao-de-saf.pdf>.

SIENNA HEALY, LORENZ MOOSMANN, FELIX FALLASCH, *et al.* **International Climate Negotiations Issues at stake in view of the COP28 UN Climate Change Conference in Dubai and beyond**. . Luxembourg, [s.n.], 2023. Disponível em:

<https://saoicmai.in/elibrary/do-international-climate-negotiations.pdf>.

SONG, Z., LI, Z., LIU, Z. "Comparison of Emission Properties of Sustainable Aviation Fuels and Conventional Aviation Fuels: A Review", **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 14, n. 13, 2024. DOI: 10.3390/app14135484. .

SOUZA, L. M. DE. **UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO LORENA MENDES DE SOUZA O MERCADO BRASILEIRO DE BIOQUEROSENE DE AVIAÇÃO: MAPEAMENTO MULTICRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE LORENA MENDES DE SOUZA O MERCADO BRASILEIRO DE BIOQUEROSENE DE AVIAÇÃO** : 2019. 207 f. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2019.

SPIRONELLI, G., DI, M., BONFIM-ROCHA, L., *et al.* "Bioresource Technology Reports From biomass to jet fuel: A systematic review of modeling and simulation approaches for SAF production", **Bioresource Technology Reports**, v. 33, n. September 2025, p. 102579, 2026. DOI: 10.1016/j.biteb.2026.102579. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2026.102579>.

TEIXEIRA, A. T., AMANDA, C. M., CAVALCANTE, R. M., *et al.* "Process simulation and economic evaluation of the Alcohol-to-Jet production of sustainable aviation fuel in the Brazilian context", **Energy Conversion and Management**, v. 319, n. July, p. 1–13, 2024. DOI: 10.1016/j.enconman.2024.118947. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890424008884>.

THE ROYAL SOCIETY. **Sustainable synthetic carbon based fuels for transport: Policy briefing. 2019**. [S.l: s.n.], 2019. Disponível em: <https://phys.org/news/2019-09-synthetic-fuels-carbon-footprint.html>.

WAHEED, W., WASI, M., WAQAS, M., *et al.* "A review on sustainable aviation fuel production via diverse biomass and waste-derived feedstocks and cutting-edge conversion technologies", **Biomass and Bioenergy**, v. 212, n. March, p. 109281, 2026. DOI: 10.1016/j.biombioe.2026.109281. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2026.109281>.