

SAF – Sustainable Aviation Fuel
SUBCOMITÊ ProBioQAV



INSTITUTO
BRASILEIRO DE
PETRÓLEO E GÁS

#EnergiaParaSuperar



Escopo - Índice



ESCOPO:

- **Considerações**
- **Conceitos**
 - **(Alternative Aviation Fuels e SAF);**
 - **Critérios de Elegibilidade e Sustentabilidade;**
 - **Transição tecnológica;**
 - **Dados históricos emissões;**
 - **Redução GEE aviação (gases efeito estufa);**
 - **Cadeias de custo e rendimentos;**
 - **Ferramentas Medições e Certificações;**
- **Propostas Preliminares**

Considerações / Ponderações

- ✧ Definições devem interagir com as estruturas internacionais, bem como com nossos próprios programas e regulações internas, propondo meta realista, entretanto ambiciosa, equilibrando o rápido crescimento setorial com o apoio às tecnologias que serão as mais importantes no longo prazo;
- ✧ Compromisso de alcançar **net zero** na aviação até 2050 (IATA);
- ✧ Importante reconhecer o papel viabilizador que o SAF desempenhará para alcançar o **net zero** na aviação , mas destaca a necessidade de manter a flexibilidade, pois é muito cedo ainda para saber e especificar a combinação ideal de tecnologias existentes e futuras, que serão requeridas para atingir a meta **net zero** até 2050;
- ✧ Alguns grupos sugerem que mandatos por si só não sejam suficientes para atender as metas rapidamente;
- ✧ Proposta de implementar uma política baseada nas reduções das emissões dos gases de efeito estufa (GEE), ou seja, um esquema que conceda créditos proporcionais aos quilogramas de CO₂eq reduzidos. De acordo com essa metodologia, o SAF cujas emissões de GEE estejam abaixo da referência definida para a intensidade de emissões de GEE (produto fóssil), e atenda aos critérios de elegibilidade propostos, geraria/receberia créditos. Por outro lado, o combustível para aviação cuja intensidade de emissões de GEE esteja acima da referência, ou que não atenda aos critérios de elegibilidade propostos, incorreria em uma obrigação, ou seja, aquisição de créditos. Ao longo do período de obrigação, os créditos podem ser vendidos ou comprados para cumprir a obrigação;
- ✧ Como ambição, pode-se também pensar num mandato que estabeleça volumes a partir de 2030 até 2050, associados com as metas definidas de redução das emissões de GEE;
- ✧ O equilíbrio certo entre a ambição e capacidade de entrega será sempre buscado;
- ✧ Avaliar também a necessidade de mandato para os distribuidores de combustível de aviação;
- ✧ A expectativa e também objetivo é que essa política ajude a construir um forte segmento da indústria de SAF no país.

Alternative Aviation Fuel - Low Carbon Aviation Fuel

Alternative Aviation fuel – AAF (definição ICAO) → Combustíveis produzidos a partir de diferentes fontes (alternativas ao petróleo) como o carvão, gás natural, biomassa, gorduras, óleos hidrogenados ou matéria-prima residual, como resíduos sólidos e gases residuais.

Possui potencial para ser produzido de forma sustentável considerando como base o ciclo da vida.

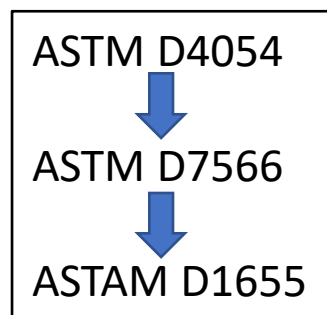


Drop in: Combustíveis totalmente compatíveis com as aeronaves existentes e sistemas de abastecimento de combustível.

Critérios Técnicos Elegibilidade - ASTM

✧ A especificação padrão mais comum e utilizada para combustível de aviação é a ASTM D1655 - *Standard Specification for Aviation Turbine Fuel*, da American Society for Testing and Materials (ASTM), a qual é suplementada / complementada pela ASTM D7566 – *Standard Specification for Aviation Turbine Fuel Containing Synthesized Hydrocarbons*. Veja abaixo a situação em junho de 2021, referente as atuais rotas tecnológicas já aprovadas pela ASTM:

| Fuel Name | Sample feedstock | Date certified | Maximum blend level |
|---|---------------------------------------|----------------|-----------------------------------|
| Fischer-Tropsch - Synthetic paraffinic kerosene (FT-SPK) | MSW, agricultural and forest residues | 2009 | 50% |
| Fischer-Tropsch - Synthetic paraffinic kerosene with added aromatics (FT-SPK/A) | MSW, agricultural and forest residues | 2015 | 50% |
| Hydroprocessed Esters Fatty Acids - Synthetic paraffinic kerosene (HEFA-SPK) | Vegetable and animal fats and oils | 2011 | 50% |
| Hydroprocessing of Fermented Sugars - Synthetic Iso-Paraffinic fuels (HFS-SIP) | Sugars | 2014 | 10% |
| Alcohol-to-Jet Synthetic Paraffinic Kerosene (ATJ-SPK) | Starches, sugars, cellulosic biomass | 2016 | 50% |
| Co-processing of up to 5 vol% fats and oils in a refinery to produce kerosene | Vegetable and animal fats and oils | 2018 | 5% (refinery input) ²⁷ |
| Catalytic Hydrothermolysis Synthetic Kerosene (CH-SK) | Renewable fats, oils and greases | 2020 | 50% |
| Hydroprocessed Esters and Fatty Acids Synthetic Paraffinic Kerosene (HC-HEFA-SPK) | Hydrocarbon-rich algae oil | 2020 | 10% |



Critérios de Sustentabilidade para os combustíveis elegíveis pelo CORSIA

| Theme | Principle | Criteria |
|----------------------------------|--|--|
| 1. Greenhouse Gases (GHG) | Principle: CORSIA eligible fuel should generate lower carbon emissions on a life cycle basis. | Criterion 1: CORSIA eligible fuel shall achieve net greenhouse gas emissions reductions of at least 10% compared to the baseline life cycle emissions values for aviation fuel on a life cycle basis. |
| 2. Carbon stock | Principle: CORSIA eligible fuel should not be made from biomass obtained from land with high carbon stock. | Criterion 1: CORSIA eligible fuel shall not be made from biomass obtained from land converted after 1 January 2008 that was primary forest, wetlands, or peat lands and/or contributes to degradation of the carbon stock in primary forests, wetlands, or peat lands as these lands all have high carbon stocks. |
| | | Criterion 2: In the event of land use conversion after 1 January 2008, as defined based on IPCC land categories, direct land use change (DLUC) emissions shall be calculated. If DLUC greenhouse gas emissions exceed the default induced land use change (ILUC) value, the DLUC value shall replace the default ILUC value. |

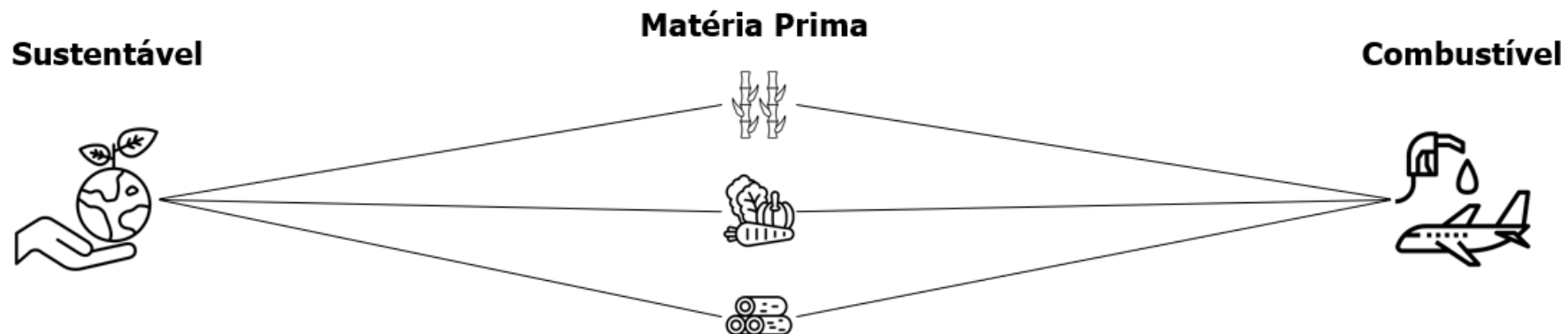


Sustainable Aviation Fuel Concept - IATA



What is SAF?

- Sustainable aviation fuel (SAF) is the main term used by the aviation industry to describe a non- conventional (fossil derived) aviation fuel. SAF is the preferred IATA term for this type of fuel although when other terms such as sustainable alternative fuel, sustainable alternative jet fuel, renewable jet fuel or biojet fuel are used, in general, the same intent is meant;
- 'Biofuels' typically refers to fuels produced from biological resources (plant or animal material). However, current technology allows fuel to be produced from other alternative sources, including non-biological resources; thus, the term is adjusted to highlight the sustainable nature of these fuels. Feedstocks for SAF are varied; ranging from cooking oil, plant oils, municipal waste, waste gases, and agricultural residues – to name a few
- The chemical and physical characteristics of SAF are almost identical to those of conventional jet fuel and they can be safely mixed with the latter to varying degrees, use the same supply infrastructure and do not require the adaptation of aircraft or engines. Fuels with these properties are called “drop-in fuels” (i.e., fuels that can be automatically incorporated into existing airport fueling systems);
- Moreover, to validly use the term “sustainable” they must meet sustainability criteria such as lifecycle carbon emissions reduction, limited fresh-water requirements, no competition with needed food production (like first generation biofuels) and no deforestation.



Critérios ICAO & CORSIA

ICAO LTAG (Long Term Aspiration Goal) – combustíveis aviação:

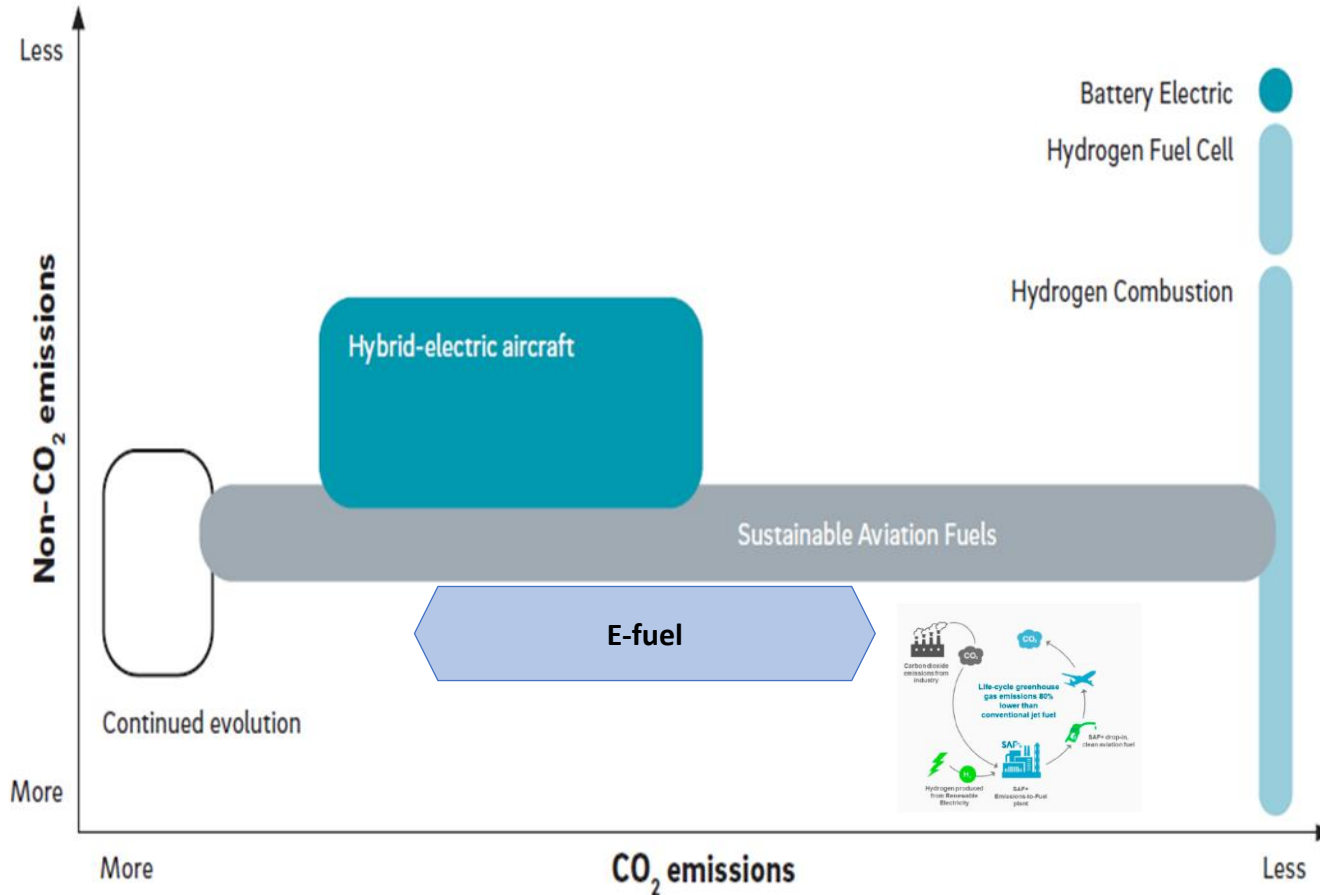
- ❑ Sustainable Aviation Fuels – SAF (drop-in aviation fuels made from renewable or waste resources such as biomass, solid/liquid/gaseous wastes (e.g., MSW, CO/CO2 waste streams), and atmospheric CO2);
- ❑ Low Carbon Aviation Fuels – fuels made with petroleum improvements to reduce lifecycle CO2 emissions (e.g., reduced flaring, venting and fugitives, use of renewable energy, carbon capture);
- ❑ Non-drop-in fuels – aviation fuels that require changes to existing and legacy airframes and fueling supply infrastructure, such as Hydrogen and Electricity.

SAF Tracking tools (click on the drops for details)



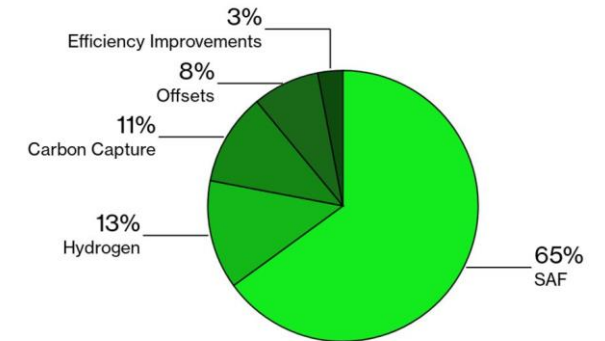
SAF garante a transição para o *net-zero* emissões na aviação

Potential solutions by intensity of CO₂ and non-CO₂ emissions



Carbon Mitigation

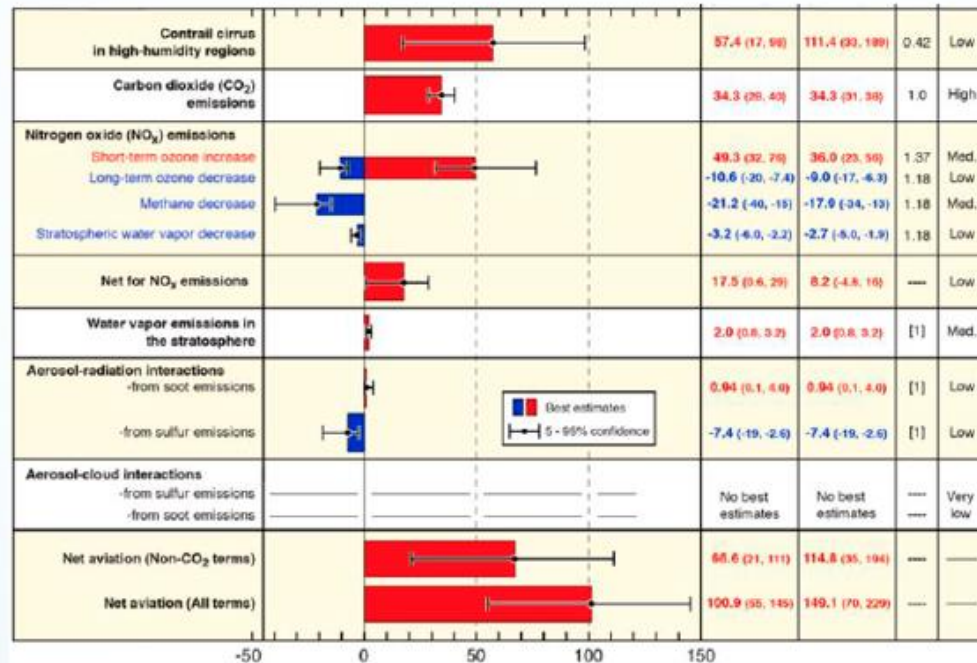
IATA expects SAF to have biggest impact on its net zero plan



Source: IATA

Bloomberg Green

Perfil e dados históricos emissões na aviação



As emissões relacionadas à aviação consistem em emissões causadas pelo CO₂ e por não CO₂ componentes, tais como os "contrails", óxidos de nitrogênio, sulfatos, fuligem e material particulado.

Considerando as emissões históricas da aviação global, cerca de 34% das ERF (*Effective Radiative Forcing*) relacionadas à aviação são causadas por emissões de CO₂ e cerca de 66% são causadas por emissões não-CO₂ (UNEP, 2020).

| 2019 rank | Route group | CO ₂ emissions [Mt] | | | Increase 2013-2019 |
|--------------|---|--------------------------------|------------|------------|--------------------|
| | | 2013 | 2018 | 2019 | |
| 1 | Intra-Asia/Pacific | 133 | 194 | 199 | 50% |
| 2 | Intra-North America | 110 | 124 | 127 | 15% |
| 3 | Intra-Europe | 79,4 | 105 | 107 | 35% |
| 4 | Europe - North America | 43,2 | 53,7 | 56,1 | 30% |
| 5 | Asia/Pacific - Europe | 39,1 | 47,1 | 49,4 | 26% |
| 6 | Asia/Pacific - North America | 34,5 | 42,3 | 44 | 28% |
| 7 | Asia/Pacific - Middle East | 23,3 | 36,3 | 34,5 | 48% |
| 8 | Intra-Latin America/Caribbean | 26,1 | 30,2 | 31 | 19% |
| 9 | Europe - Middle East | 17 | 27 | 27,2 | 60% |
| 10 | Latin America/Caribbean - North America | 20,3 | 24 | 23,9 | 18% |
| 11 | Europe - Latin America/Caribbean | 18,4 | 22,3 | 23,6 | 28% |
| 12 | Africa - Europe | 15,1 | 17,4 | 18 | 19% |
| 13 | Middle East - North America | 6,6 | 9,65 | 9,94 | 51% |
| 14 | Intra-Africa | 7,72 | 9,03 | 9,37 | 21% |
| 15 | Intra-Middle East | 7,24 | 9,71 | 9,18 | 27% |
| 16 | Africa - Middle East | 6,09 | 8,29 | 8,04 | 32% |
| 17 | Africa - Asia/Pacific | 2,68 | 2,91 | 2,72 | 1% |
| 18 | Africa - North America | 1,58 | 2,02 | 1,98 | 25% |
| 19 | Asia/Pacific - Latin America/Caribbean | 0,55 | 0,97 | 0,89 | 62% |
| 20 | Latin America/Caribbean - Middle East | 0,72 | 0,86 | 0,79 | 10% |
| 21 | Africa - Latin America/Caribbean | 0,36 | 0,49 | 0,48 | 33% |
| Total | | 592 | 766 | 785 | 33% |

Source: ICCT, 2020.

Antes da pandemia Covid-19, a ICAO previu que, em 2050, as emissões da aviação internacional poderiam triplicar em comparação com 2015 (EC, 2021a). Mesmo com a pandemia, que deve impactar o tráfego até pelo menos 2024, a indústria da aviação espera que as emissões aumentem nas próximas décadas.

Perfil de emissões - rotas tecnológicas

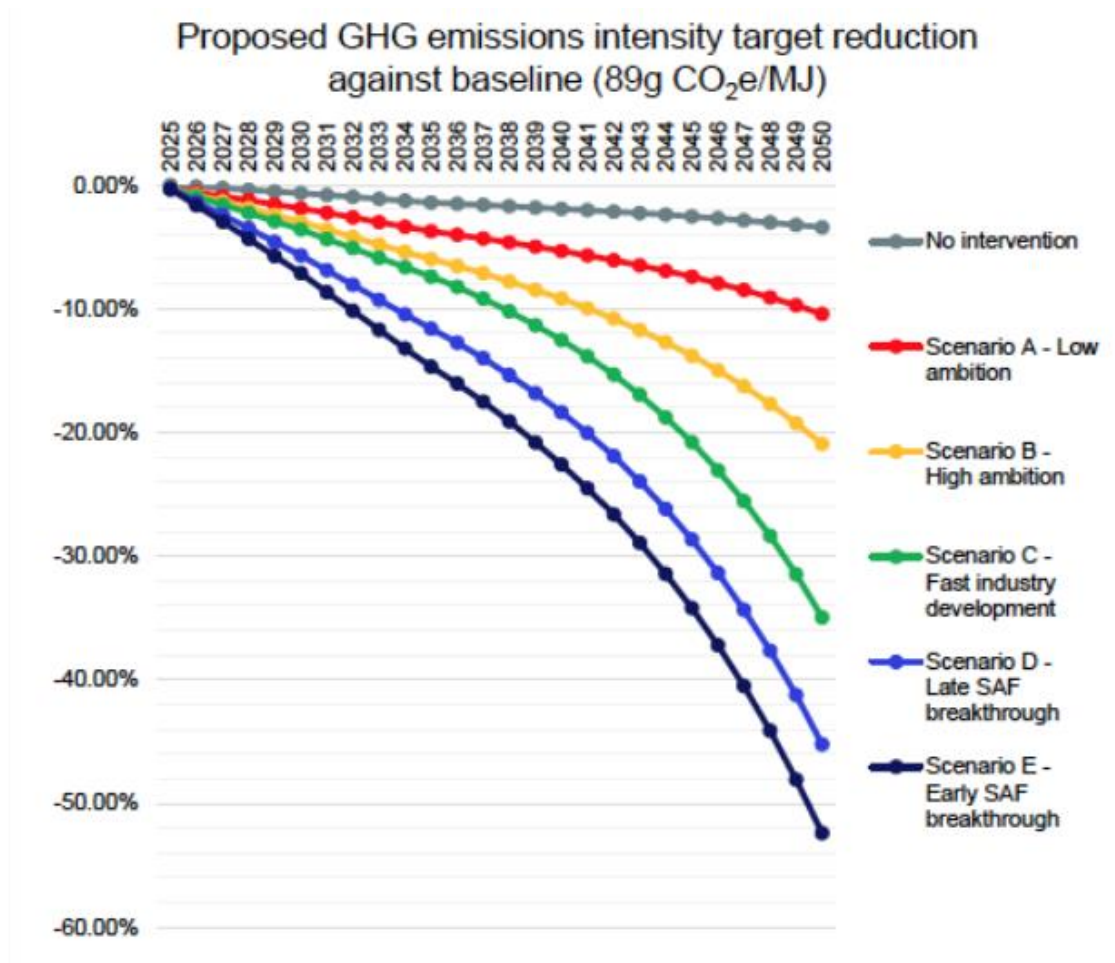
| Fuel type | Pathway | Feedstock | g CO ₂ e/MJ | Emission saving | Source |
|-------------------|-------------------|----------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Fossil fuel | Combustion engine | Petroleum | 89 | | Rosen (2017) |
| Biofuel | HEFA | Used Cooking Oil | 13 | 85% | EEA, EASA & EUROCONTROL (2019) |
| | | Jatropha | 21 | 76% | De Jong et al. (2017) |
| | | Camelina | 42 | 53% | NLR & SEO (2021) |
| | | Rapeseed | 47 | 47% | NLR & SEO (2021) |
| | | Palm fatty acid distillate | 20 | 77% | NLR & SEO (2021) |
| | Fischer-Tropsch | Willow | -7 | 108% | De Jong et al. (2017) |
| | | Poplar | -6 | 107% | De Jong et al. (2017) |
| | | Corn Stover | -3 | 103% | De Jong et al. (2017) |
| | | Forestry residues | -10 | 111% | De Jong et al. (2017) |
| | | MSW | 5 | 94% | NLR & SEO (2021) |
| | | Agricultural residues | 8 | 91% | NLR & SEO (2021) |
| | | Short-rotation woody crops | 12 | 86% | NLR & SEO (2021) |
| | Alcohol-to-Jet | Herbaceous energy crops | 11 | 88% | NLR & SEO (2021) |
| | | Corn Stover | 22 | 75% | De Jong et al. (2017) |
| | | Agricultural residues | 29 | 67% | NLR & SEO (2021) |
| | | Forestry residues | 24 | 73% | NLR & SEO (2021) |
| | | Switchgrass | 30 | 66% | EEA, EASA & EUROCONTROL (2019) |
| | HTL | Herbaceous energy crops | 44 | 51% | NLR & SEO (2021) |
| Forestry residues | | 20 | 78% | De Jong et al. (2017) | |
| Pyrolysis | Forestry residues | 30 | 67% | De Jong et al. (2017) | |
| | E-fuel (PtL) | Fischer-Tropsch | Point sources | 41 | 54% |
| DAC | | | 0 | 100% | Quintel & Kalavasta (2018) |

Valor Referência - CORSIA

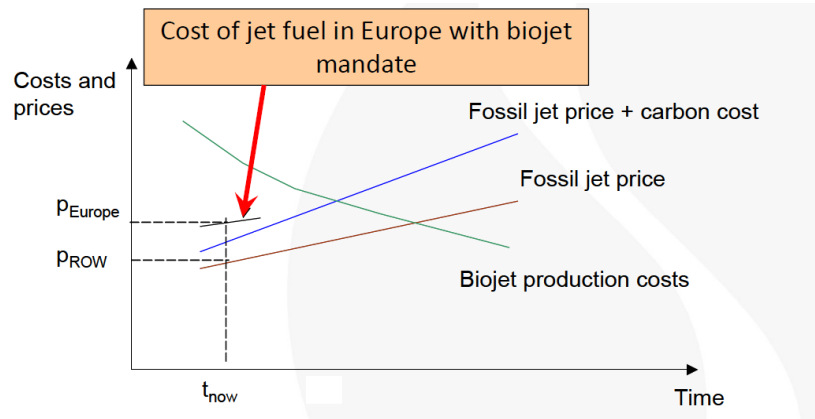
89 gCO₂eq/MJ

Exemplo de UK - Redução Emissões

- ✧ Em todos os cenários, a trajetória de captação/utilização do SAF cresce linearmente de 2025 a 2035. Como os custos do SAF também devem diminuir, até certo ponto, presume-se que uma trajetória exponencial de 2035 a 2050 deverá ser mais realista e viável. Expectativas conservadoras.



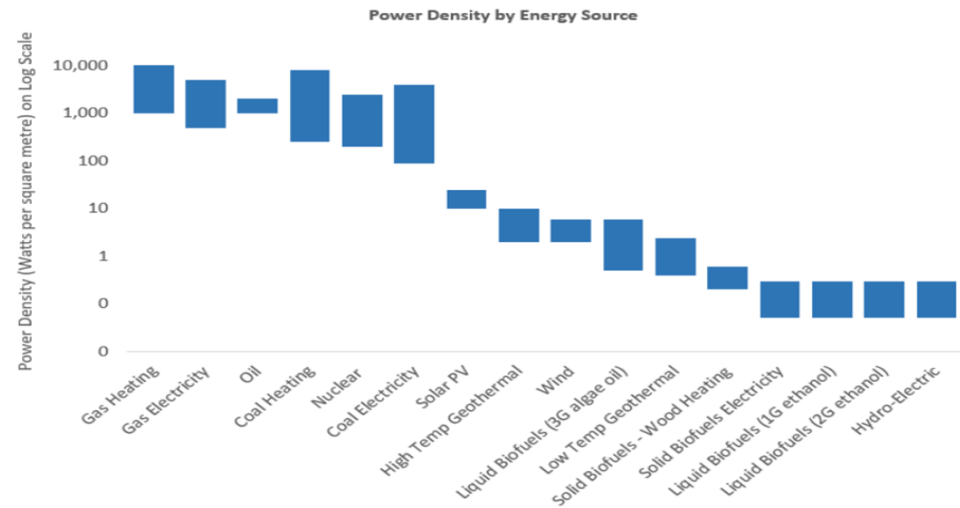
Cadeia de Custos & Rendimentos



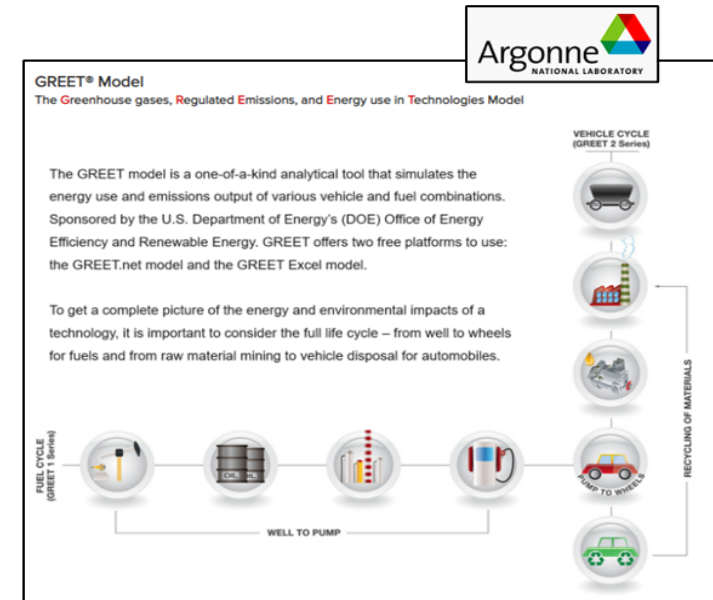
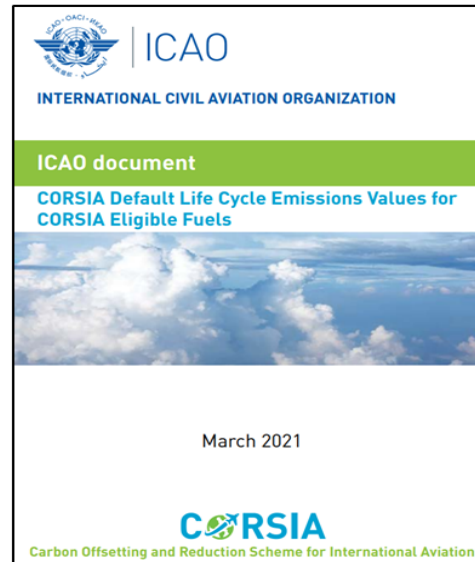
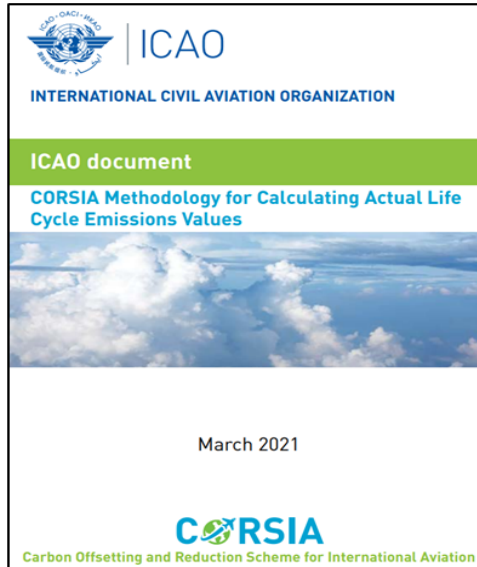
| Processing Technology | Feedstock | Yield* | Total Distillate (million L/yr) | | SAF (million L/yr) | |
|-----------------------|-----------------------|--------|---------------------------------|---------|--------------------|---------|
| | | | n th | pioneer | n th | pioneer |
| GFT | MSW | 0,31 | 500 | 100 | 200 | 40 |
| GFT | Forest Residues | 0,18 | 400 | 100 | 160 | 40 |
| GFT | Agricultural Residues | 0,14 | 300 | 100 | 120 | 40 |
| ATJ | Ethanol | 0,60 | 1000 | 100 | 700 | 70 |
| ATJ | Isobutanol - Low | 0,75 | 1000 | 100 | 700 | 70 |
| ATJ | Isobutanol - High | 0,75 | 1000 | 100 | 700 | 70 |
| HEFA | FOGs | 0,83 | 1000 | 100 | 549 | 55 |
| HEFA | Vegetable Oil | 0,83 | 1000 | 100 | 549 | 55 |

* (wt total distillate/wt dry feedstock)

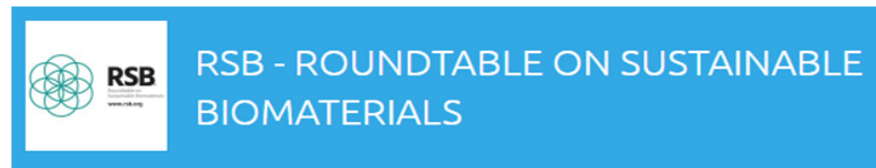
| Fuel type | Pathway | Feedstock | 2021EUR/t | Multiple | Source |
|--------------|-------------------|---------------------------|-----------|----------|----------------------------------|
| Fossil fuel | Combustion engine | Petroleum | 450 | | IATA (2021) |
| | | Used cooking oil | 993 | 2,2 | EASA, EEA & EUROCONTROL (2019) |
| Biofuel | HEFA | Various | 1212 | 2,7 | CE Delft (2019) |
| | | Forestry residues | 1737 | 3,9 | De Jong et al. (2017) |
| | | Wheat straw | 2543 | 5,7 | De Jong et al. (2017) |
| | Fischer-Tropsch | MSW | 1717 | 3,8 | ICCT (2019) |
| | | Energy crops | 2323 | 5,2 | ICCT (2019) |
| | | Various | 2222 | 4,9 | CE Delft (2019) |
| | Alcohol-to-Jet | Energy crops | 3081 | 6,8 | ICCT (2019) |
| | | Forestry residues | 2392 | 5,3 | De Jong et al. (2017) |
| | | Wheat straw | 3583 | 8,0 | De Jong et al. (2017) |
| | DSHC | Various | 2879 | 6,4 | CE Delft (2019) |
| | | Forestry residues | 4779 | 10,6 | De Jong et al. (2017) |
| | | Wheat straw | 6432 | 14,3 | De Jong et al. (2017) |
| | Pyrolysis | Various | 5808 | 12,9 | CE Delft (2019) |
| | | Forestry residues | 1388 | 3,1 | De Jong et al. (2017) |
| | | Wheat straw | 1851 | 4,1 | De Jong et al. (2017) |
| | HTL | Various | 1566 | 3,5 | CE Delft (2019) |
| | | Forestry residues | 967 | 2,1 | De Jong et al. (2017) |
| | | Wheat straw | 1352 | 3,0 | De Jong et al. (2017) |
| E-fuel (PtL) | Fischer-Tropsch | Various | 1061 | 2,4 | CE Delft (2019) |
| | | Point sources (low temp) | 1421 | 3,2 | German Environment Agency (2016) |
| | | DAC (low temp) | 1935 | 4,3 | German Environment Agency (2016) |
| | | Point sources (high temp) | 1202 | 2,7 | German Environment Agency (2016) |
| | | DAC (high temp) | 1760 | 3,9 | German Environment Agency (2016) |
| | | Point sources (low temp) | 1268 | 2,8 | German Environment Agency (2016) |
| | Methanol | DAC (low temp) | 1807 | 4,0 | German Environment Agency (2016) |
| | | Point sources (high temp) | 1214 | 2,7 | German Environment Agency (2016) |
| | | DAC (high temp) | 1756 | 3,9 | German Environment Agency (2016) |



Ferramentas Medições e Certificações

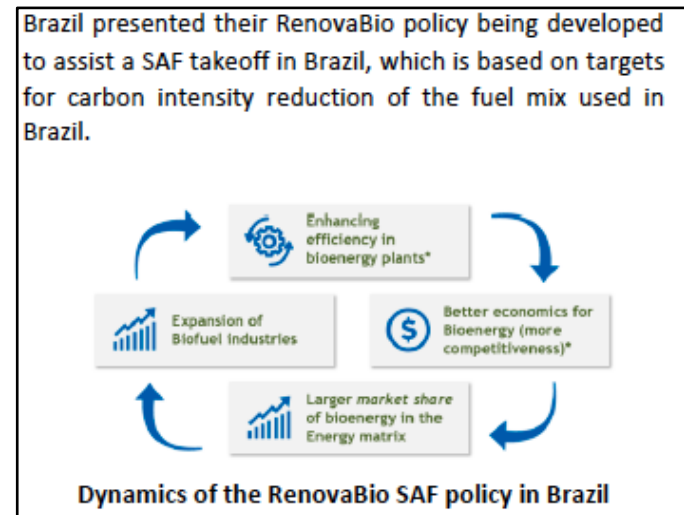
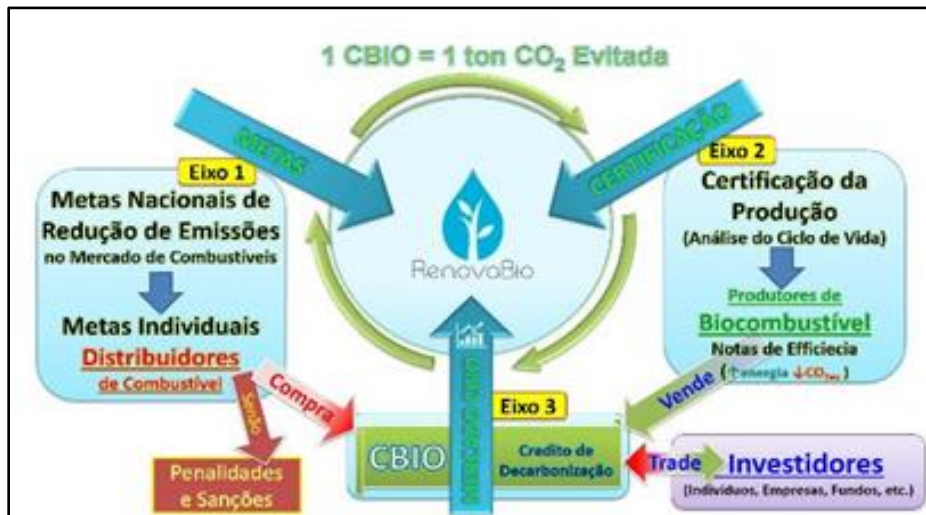


ICAO Carbon Emissions Calculator



Propostas Preliminares

- ✧ Mandato baseado nas reduções das emissões dos GEE na aviação. Volume SAF como consequência;
- ✧ Metas definidas para o Brasil (país), como um todo;
- ✧ Metas realísticas/conservadoras para a redução de emissões, principalmente entre os anos 2025 – 2030;
- ✧ Início pelos locais com maior demanda do produto (SAF) e facilidades logísticas;
- ✧ Definição cadeia de responsabilidade – processo como um todo;
- ✧ Definição das questões tributárias;
- ✧ Processos auditorias e certificações (LCA, Carbon Intensity, LUC, etc);
- ✧ Processo Certificação de Qualidade, Laboratórios, Universidades;
- ✧ Renovabio como uma opção inicial para o SAF, baseando-se nas reduções das emissões GEE na aviação;
- ✧ Estabilidade nas regras regulatórias envolvendo sites aeroportuários.





/ibpbr



@ibp_br



@ibp_br



/ibpbr



/ibpbr

ibp.org.br | [#EnergiaParaSuperar](https://twitter.com/ibp_br)