

# AERO

## MAGAZINE

WWW.AEROMAGAZINE.COM.BR  
BRASIL · ANO 30 · Nº 353 · R\$ 25,00 · € 4,00

**65 ANOS**  
DA ICÔNICA  
GULFSTREAM

**EXCLUSIVO**  
ENTREVISTA  
COM CEO  
DA CIRRUS

**ESPECIAL**  
MANUTENÇÃO  
AERONÁUTICA

**COMBUSTÍVEIS**  
O FUTURO DO  
ABASTECIMENTO

**TURISMO**  
PILOTE ATÉ  
BARRA DO GARÇA

**AVIAÇÃO  
REGIONAL**  
OS DESAFIOS DE UM  
SEGMENTO PROMISSOR

**SUPER GUPPY**  
UM CARGUEIRO PIONEIRO

**FALCON 6X**  
NOVO JATO BIMOTOR DA  
DASSAULT CHEGA AO MERCADO



ISSN 0104-6233



9 770104 623009

# O FUTURO DOS COMBUSTÍVEIS

*A busca por soluções totalmente sustentáveis esbarra em obstáculos intransponíveis até o momento, o que reforça a expectativa em torno da popularização do SAF enquanto não se chega a um modelo definitivo*

**POR** | EDMUNDO UBIRATAN, DE CHICAGO

A maioria dos fabricantes e operadores de aeronaves busca uma solução viável para o projeto de descarbonização do setor aéreo até 2050, ou seja, daqui a 27 anos. O prazo parece longo para alguns, afinal, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, que ocorreu no Rio de Janeiro, já completou 31 anos. Para outros, o prazo de 2050 é realista, mas muito desafiador do ponto de vista tecnológico, logístico e de regulamentação.

Na última década, muitas propostas foram apresentadas, com as mais diversas tecnologias e argumentos, indo de combustível sustentável produzido de cana de açúcar, passando por hidrogênio, até eletrificação por meio de baterias de íons de lítio. Cada uma das propostas tem seus prós e contras, em alguns casos, muito mais problemas do que solução. O que é certo, porém, é que não houve ainda um consenso para sequer achar o caminho mais viável.

Atualmente, centros de

pesquisa e empresas de energia estudam tecnologias diversas para ao menos oferecer uma proposta realista e que possa ser usada até o final da década, de forma já certificada. “O interesse na produção de combustíveis renováveis continua a crescer à medida que os clientes trabalham para cumprir as metas de sustentabilidade e encontrar novos usos para os ativos existentes”, explicou Ben Owens, vice-presidente e gerente geral da Honeywell Sustainable Technology Solutions.

## COMBUSTÍVEL RENOVÁVEL

Uma das tecnologias com potencial de se tornar viável no curto prazo é o chamado combustível renovável de aviação, ou SAF, na sigla em inglês. Existem diversas ofertas tecnológicas e de matérias-primas para obter um combustível para uso em aeronaves que tenha características físico-químicas similares às do querosene de aviação (QAv) e atenda ou exceda os mais rigorosos padrões da aviação. O grande diferencial será oferecer desempenho similar ao ▶





QAv e ser produzido a partir de uma variedade de matérias-primas sustentáveis.

Uma das chaves do potencial da tecnologia é justamente poder gerar combustível de aviação a partir de diversas fontes, sem restrição a um modelo específico, como milho, cana de açúcar, lixo ou resto de animais de abate. Testes conduzidos por grandes laboratórios, como o UOP, da Honeywell, Shell e Exxon-Mobil, mostram que os SAF atuais, quando misturados na proporção de 50% com combustível de aviação à base de petróleo, pode reduzir as emissões de gases poluentes entre 60% e 80% e ainda oferece maior densidade energética, ou seja, permite voar a mesma distância com menos combustível.

Outro ponto interessante e que mostra a flexibilidade das novas tecnologias é a forma de obtenção de hidrogênio renovável, que é a base para a produção em larga escala de SAF. Dependendo do modelo adotado, permite extrair hidrogênio de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), o famoso gás de cozinha e nafta. O subproduto resultante oferece uma redução entre 4-8 gramas de CO<sub>2</sub>/MJ de intensidade de carbono em comparação com combustível fóssil.

Em alguns casos é possível capturar o gás carbônico (CO<sub>2</sub>) proveniente da produção de hidrogênio ou outras operações comuns em refinarias, que na sequência é usado justamente na produção de hidrogênio. Na teoria, já que ainda é uma fase experi-

mental, o próprio subproduto da produção de hidrogênio verde, ou seja, o CO<sub>2</sub> poderá ser a matéria-prima de mais hidrogênio.

### MATÉRIAS-PRIMAS

Atualmente, existe uma série de opções de matéria-prima para produção de SAF, que poderá ser gorduras, óleos e graxas provenientes de resíduos de restaurantes e de produção de alimentos; etanol derivado de milho, cana-de-açúcar ou beterraba; etanol proveniente de uma série de outras fontes; biomassas, resultante de resíduos agrícolas e florestais; entre outros. Ainda existe a operação de captura de carbono por meio de processamento conhecidos como “*power-to-liquids*”. Por ora, as quatro com maior potencial são biomassa, etanol, metanol e captura de dióxido de carbono.

A ExxonMobil, em junho de 2022, anunciou um novo processo para usar metanol na fabricação de combustível de aviação sustentável. A solução adotada prevê converter o metanol derivado da gaseificação de biomassa e resíduos, bem como de hidrogênio com baixo teor de carbono e dióxido de carbono capturado (CO<sub>2</sub>) em SAF. Estimativas preliminares da ExxonMobil sugerem que esse combustível poderá ter um rendimento maior do que o QAV e dos criados a partir de outras opções. “O SAF produzido a partir de metanol renovável pode desempenhar um papel importante para ajudar a indústria da aviação a alcançar a

transição para um futuro com emissões líquidas zero”, disse Russ Green, diretor da Exxon-Mobil para combustíveis com baixas emissões.

A conversão de metanol em SAF ocorre por meio de uma série de etapas de processamento já comprovadas e viáveis economicamente. De forma simplificada, primeiro o metanol é convertido em olefinas leves, para ser convertido, na sequência, em moléculas mais pesadas. Por fim, essas olefinas mais pesadas são saturadas para produzir combustível de aviação. Contra o metanol está sua menor densidade energética e custos elevados de produção quando comparados aos de outras fontes.

Já a Honeywell e a Shell estudam diversas formas de converter o etanol em SAF. Entre os argumentos a favor dessa tecnologia está o fato de





ser uma alternativa abundante, com eficiência comprovada e produzida em escala, como no caso do Brasil, que há quase 50 anos produz em larga escala etanol para abastecer automóveis. Mesmo o etanol obtido partir do milho se mostra uma indústria madura e com intensidade de carbono potencialmente 15% inferior do que as alternativas ao petróleo. Além disso, o SAF à base de etanol também pode utilizar subprodutos agrícolas à base de celulose. O senão segue sendo o equilíbrio entre áreas plantadas para alimentos e combustíveis, além dos métodos poluentes de produção agrícola em larga escala.

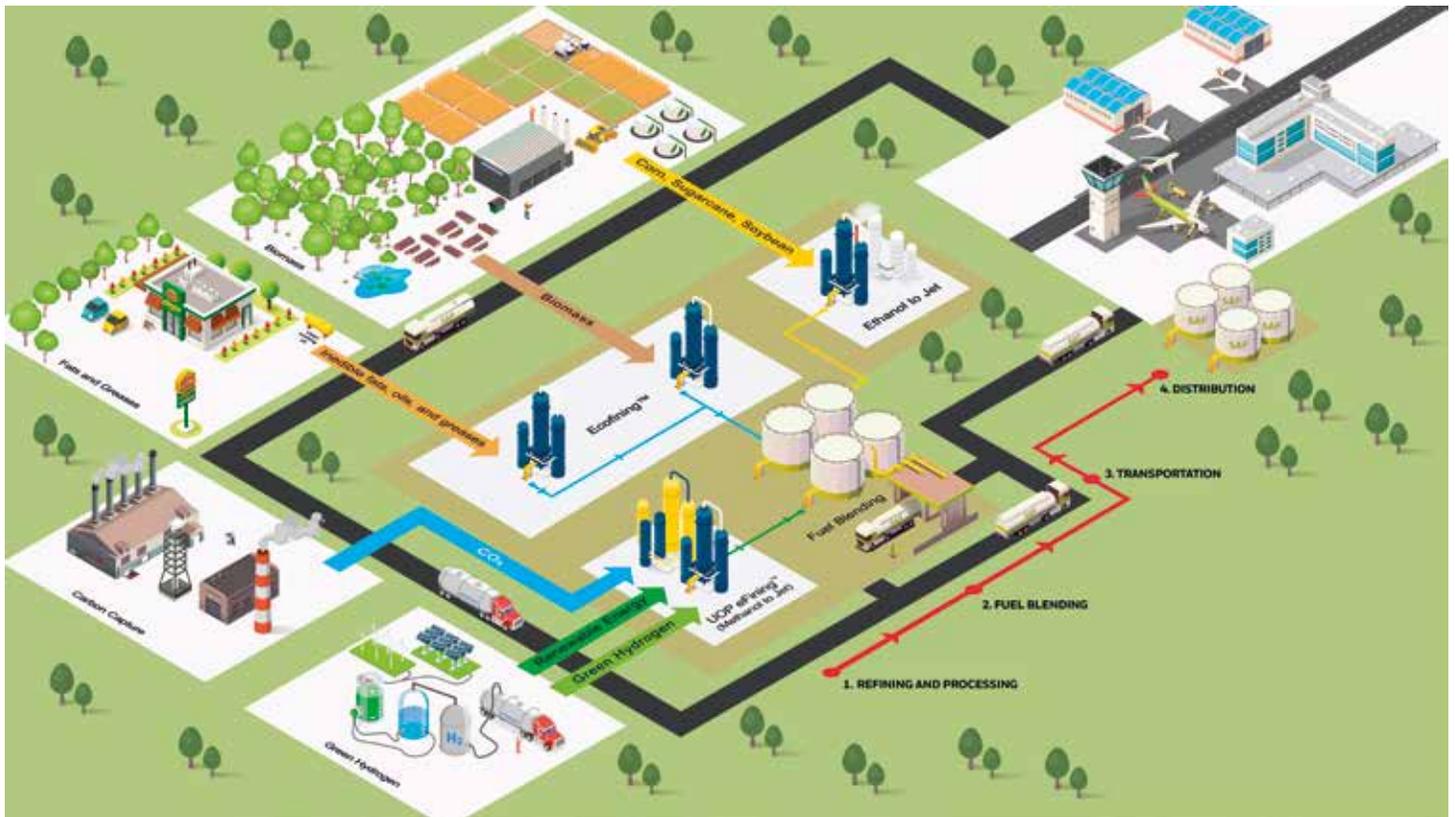
Outra potencial matéria-prima seriam as biomassas provenientes de exploração madeireira (evidentemente, de reflorestamento ou manejo sustentável), subprodutos e agrícolas. Segundo dados

recentes do Departamento de Energia dos Estados Unidos, o país conta atualmente com ao menos um bilhão de toneladas secas de biomassa provenientes apenas de resíduos florestais e agrícolas, o suficiente para gerar até 60 bilhões de galões de biocombustíveis de baixo carbono.

O próprio dióxido de carbono pode ser sequestrado na atmosfera, em uma série de ambientes, como refinarias, e processado em um complexo processo de *power-to-liquids*, que combina o carbono sequestrado com hidrogênio por meio de eletrólise, gerando um combustível líquido com características próximas às do QAv. O problema ainda é a tecnologia de captura de carbono, que permanece em fase inicial e exige ainda um longo período de pesquisa para se tornar viável do pon-

to de vista econômico.

O uso de hidrogênio tem sido amplamente pesquisado pelo setor aeroespacial, com diversas propostas, desde seu uso em forma líquida, que exige tanques criogênicos e um elevado consumo de energia elétrica, até como matéria-prima básica para um combustível líquido renovável, na classe do chamado SAF. Para seu uso como matéria-prima, a indústria conta com três opções, usualmente categorizado por cores: o Hidrogênio Cinza, obtido a partir de metano e gás natural, mas considerado pouco viável do ponto de vista ambiental, embora seja a maior parte do hidrogênio existente no mercado; o Hidrogênio Azul, produzido após o sequestro e de carbono emitido pela queima de combustíveis fósseis, que tem baixo carbono e elevado custo e problemas de transporte; e o ▶



Hidrogênio Verde, gerado por energia renovável ou de baixo carbono, como utilização de eletrólise da água, que permite dividir as moléculas em oxigênio e hidrogênio.

“O problema é que ambos os hidrogênios limpos [azul e verde] enfrentam desafios. O azul tem problema de transporte e armazenamento. Já o verde tem custo proibitivo ao exigir um uso elevado de eletricidade”, pondera Maya Gomez, diretora de Hidrogênio Verde da Honeywell Sustainable Technology Solutions. “Os incentivos governamentais e os avanços tecnológicos são fundamentais para superar esses obstáculos”.

### PROCESSO DE DOIS ESTÁGIOS

A tecnologia básica adotada pelos principais laboratórios e refinarias para obtenção da maior parte do SAF em uso atualmente é um processo de dois estágios que permite

o controle separado das operações de hidrotratamento e desparafinação. De forma simplificada, afinal é um processo bastante complexo, ela é baseada no refino tradicional de hidroprocessamento, mas adiciona ao processo o hidrogênio, que permite remover oxigênio da matéria-prima usada e na sequência o produto resultante é novamente refinado. Segundo a Exxon Mobil, o processo de dois estágios permite o controle separado das operações de hidrotratamento e desparafinação, otimizando o processo e ampliando a capacidade de remover contaminantes. Além disso, consome menos hidrogênio durante as principais fases do refino.

Esse processo, independentemente da tecnologia patenteada e de forma simplificada, sem qualquer pretensão de analisar de forma técnica, resume-se a três etapas. No primeiro estágio

ocorre a hidrodessoxigenação (HDO, na sigla em inglês) para converter triglicerídeos em n-parafinas. No segundo, há a isomerização seletiva das n-parafinas em isoparafinas, melhorando as propriedades de fluxo a frio. E, por fim, a fase de catalizador, que utiliza recursos geralmente proprietários, como o caso do EMRD da Exxon Mobil, ou Ecofining, da Honeywell.

Ao final do processo, produz-se o querosene parafínico biossintético (bio-SPK), ou seja, um combustível muito próximo das características do querosene de aviação (QAv). Esse combustível é, atualmente, misturado com QAv em uma proporção de 50%. A resultante da mistura já atende a todas as especificações de combustíveis de aviação definido pelas agências qualificadas ao redor do mundo. A intenção já nos próximos meses é ampliar essa porcentagem e no futuro garantir que o



bio-SPK possa ser usado de forma pura nos aviões.

O produto hoje oferecido pela Honeywell atende aos ATSM D7566, a especificação para combustível de aviação sob o Anexo A2 para HEFA-SPK. Aliás, as regulamentações sobre combustíveis têm passado por uma rápida atualização, o que tem ajudado a impulsionar novas tecnologias, tanto de produção como da vasta quantidade de matérias-primas utilizadas. Isso permite converter óleos e gorduras vegetais em querosene de aviação.

#### **OUTRAS OPÇÕES NA MESA**

Ainda que o SAF se mostre como o caminho mais viável em uma série de aspectos, desde o ponto de vista tecnológico até econômico, a indústria ainda avalia opções como aeronaves elétricas, híbridas e células de hidrogênio. A

Honeywell trabalha junto à Comunidade Europeia no chamado Project Newborn, que planeja desenvolver uma cadeia de produção e distribuição de células de combustível para o setor aeroespacial, que será produzido por meio de hidrogênio verde. A Pipistrel, o primeiro fabricante a certificar um avião elétrico no mundo, deverá testar a tecnologia de células de combustível de hidrogênio nos próximos meses. O desafio segue sendo como viabilizar o hidrogênio verde, com custo de energia cada vez maior na Europa e os problemas gerados pela queima de gás natural, a principal matriz energética de vários países, como a Alemanha. Sem considerar os problemas geopolíticos, como o criado pela guerra da Ucrânia, que desabasteceu parte da Europa com o gás natural russo. Mesmo o uso de

---

---

## SAF É O CAMINHO MAIS VIÁVEL, MAS A INDÚSTRIA AINDA AVALIA AERONAVES ELÉTRICAS, HÍBRIDAS E CÉLULAS DE HIDROGÊNIO

---

---

energia nuclear, a principal da França, por exemplo, esbarra nos altos custos de geração e a necessidade de construção de novas usinas, um processo longo, complexo de bilionário. Fontes como energia eólica e solar ainda estão distantes de serem suficientes para atender à demanda.

Justamente a questão energética também atrapalha a proposta de aviões elétricos. Além do já citado problema ▶



de geração e geopolítico, as baterias atuais estão longe de oferecer uma densidade energética minimamente aceitável. O Velis Electro, da Pipistrel, ainda que tenha aberto um novo capítulo na aviação, segue limitado pela própria tecnologia e pelas leis da Física e Química. As baterias de íons de lítio, ou qualquer outra tecnologia como chumbo ácido, níquel-cádmio, níquel-hidreto metálico, entre outros, sofrem com a equação peso/densidade energética. Para obter a mesma quantidade de energia existente em combustíveis fósseis, seria necessária uma massa muito maior de baterias, que, dependendo da tecnologia, supera a relação de 1 para 20. Ou seja, para cada quilo de energia que consta em um litro de combustível

fóssil, são necessários vinte quilos de bateria. Além disso, uma aeronave abastecida com derivado de petróleo ou SAF, a cada minuto, fica mais leve pela queima do combustível, enquanto as baterias seguem com a mesma massa, carregadas ou não. Evidentemente que, do ponto de vista Físico, existe uma variação, mas tão insignificante que não muda o fato de que um avião comercial elétrico terá que contar com uma estrutura muito mais robusta e pesada para permitir o pouso sempre com seu peso de decolagem.

Do ponto de vista técnico, as soluções oferecidas pela indústria oferecem alternativas realmente carbono zero, mas nenhuma ainda comprovou sua viabilidade industrial e econômica. Por mais que

exista o interesse do setor em chegar a zero emissão de poluentes na produção e uso de combustíveis para a aviação, o custo ainda é a questão mais complexa. Afinal, poucos no mundo vão pagar cinco ou dez vezes mais caro na passagem ou frete apenas para garantir que sua viagem ou transporte de carga tenha emissão zero de carbono. Ainda assim, o SAF se mostra a solução mais viável, especialmente por oferecer uma infinidade de processos e alternativas de matérias-primas, além de características até superiores ao querosene de aviação e não exigir nenhuma mudança radical nas aeronaves, no máximo ajustes pontuais de software e alguns componentes do motor.