

**Avaliação de opções estratégicas para o
aumento da capacidade aeroportuária da região de Lisboa**

Anexo 7 – Transição Energética



Relatório PACARL
Plano de Ampliação da Capacidades Aeroportuária
da Região de Lisboa

PT 2 – Planeamento e Desenvolvimento Aeroportuário

Coordenação: Rosário Macário

Dezembro de 2023

Comissão Técnica Independente

PT 2 – Planeamento e Desenvolvimento Aeroportuário

RELATÓRIO PACARL

“Plano de Ampliação da Capacidade Aeroportuária da Região de Lisboa”

ANEXO 7 – ELEMENTOS PARA UMA ESTRATÉGIA DE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Coordenação

Rosário Macário

Equipa Técnica

Vasco Reis (ADIST)

Com colaboração do Prof Paulo Ferrão (IST - Universidade de Lisboa)

ANEXO 7 - Transição energética

1 Contexto

A matriz energética do setor dos transportes, com a notável exceção do transporte ferroviário, é essencialmente suportada em combustíveis fósseis. Transporte aéreo, transporte marítimo e transporte rodoviário dependem quase exclusivamente de combustíveis fósseis. No caso particular do transporte aéreo, o combustível dos aviões é o jet fuel. O jet fuel, usado para abastecer aeronaves, é produzido por meio de um processo complexo de refinação de petróleo bruto. A refinaria separa os componentes do petróleo, destilando-os em diferentes frações com características específicas. O jet fuel é uma dessas frações, submetido a processos adicionais para garantir que atenda aos padrões rigorosos de qualidade e segurança necessários para a aviação¹.

Em 2020, aproximadamente 30% da energia consumida na União Europeia foi destinada ao setor dos transportes (Figura 1)². Adicionalmente, o consumo energético deste setor tem vindo a aumentar ligeiramente ao longo dos anos (crescimento anual de 0.35% entre 2010 e 2019)³.

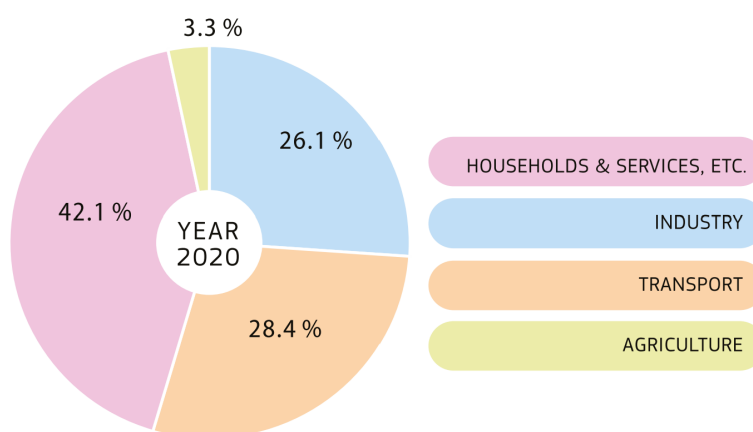


Figura 1: Consumo de energia (MTOE)

Em relação ao setor da aviação, o consumo de jet fuel é um indicador adequado para inferir a evolução energético do setor (nomeadamente, companhias aéreas) dado que é a principal fonte energética dos aviões. A Figura 2⁴ e a Figura 3⁵ apresentam a evolução do consumo de jet fuel, a nível mundial. É evidente um aumento ao longo do período analisado, com particular incidência desde 2010. O impacto da pandemia é visível, com a abrupta interrupção em 2020. Os dados para o período pós-pandémico são escassos, ainda assim, aparentam um rápido crescimento.

¹ Fonte: <https://www.bp.com/en/global/air-bp/aviation-fuel/jet-fuel.html>

² Fonte: European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport, EU transport in figures – Statistical pocketbook 2022, Publications Office of the European Union, 2022, <https://data.europa.eu/doi/10.2832/216553>

³ Fonte: European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport, EU transport in figures – Statistical pocketbook 2022, Publications Office of the European Union, 2022, <https://data.europa.eu/doi/10.2832/216553>

⁴ Fonte: Statista (2023) <https://www.statista.com/statistics/655057/fuel-consumption-of-airlines-worldwide/>

⁵ Fonte: Airbus (2023) Global Market Forecast, https://www.airbus.com/sites/g/files/jlcbta136/files/2023-06/GMF%202023-2042%20Presentation_0.pdf

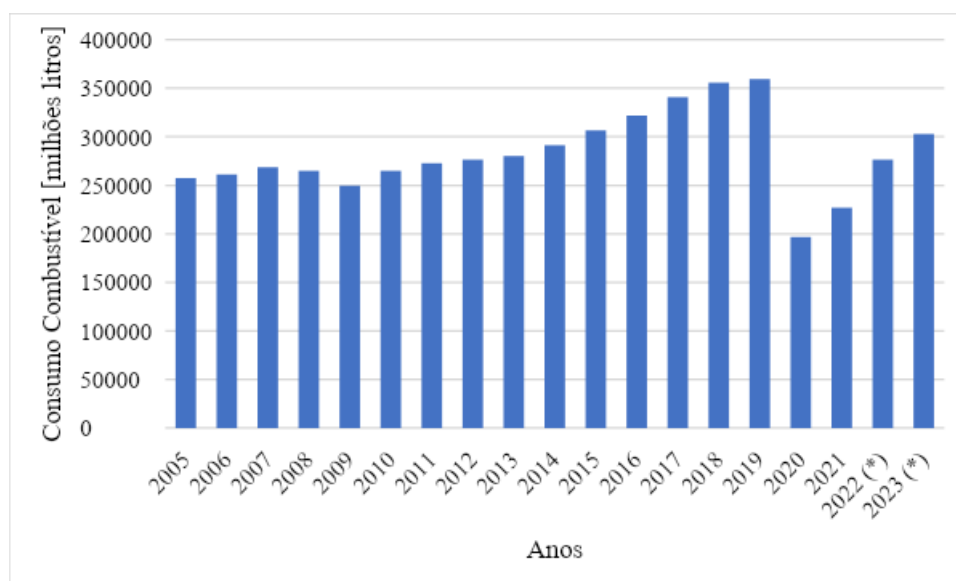


Figura 2: Consumo jet fuel a nível global

Nota: (*) valores provisórios

A Figura 3 apresenta dados adicionais que permitem analisar com maior detalhe a evolução e os *drivers* do consumo energético. Primeiramente, constata-se um aumento do desempenho energético das companhias aéreas. O indicador de desempenho – combustível consumido por RPK⁶ - apresenta uma tendência de redução – a redução anual é de aproximadamente 2.6% anuais. Este indicador revela que as companhias têm vindo a conseguir reduzir o consumo por passageiro transportado. O aumento de desempenho resulta de diversos fatores⁷, nomeadamente: i) avanços tecnológicos (ex.: motores, materiais, aerodinâmica, etc.). ii) processos (ex.: rotas de aproximação ou descolagem mais eficientes, redução dos tempos de funcionamento dos motores quando no solo), ou iii) negócios (ex.: aumento do número de passageiros por voo, eliminação dos voos de menor desempenho, etc.).

⁶ RPK: revenue passenger kilometre – indicador que representa os quilómetros voados pelos passageiros pagantes.

⁷ Fonte: Benito e Alonso (2018) <https://doi.org/10.1016/C2016-0-03548-9>

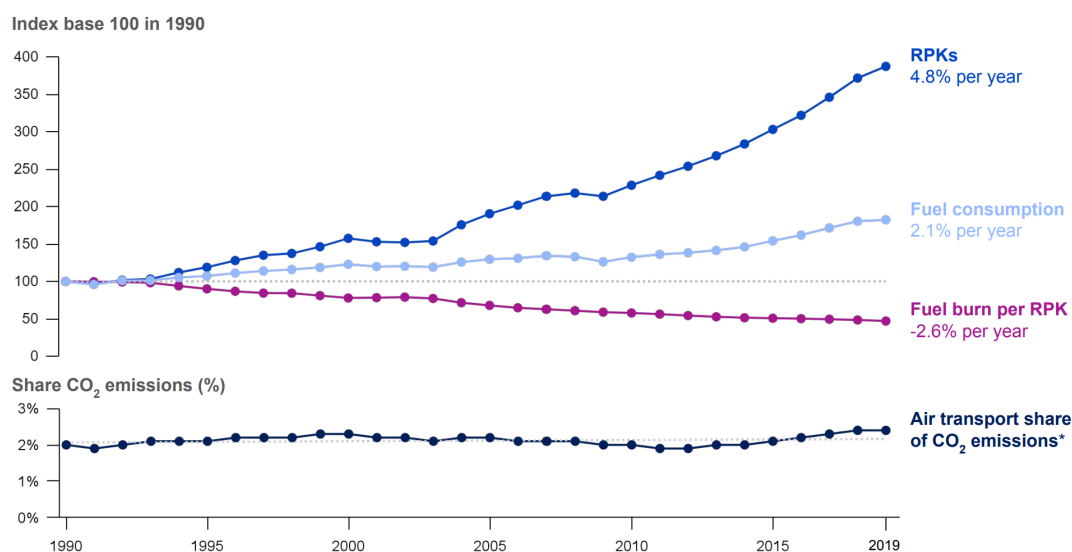


Figura 3: Evolução consumo energético e procura (superior), emissões (inferior) aviação civil a nível global

Os benefícios resultantes do aumento de desempenho foram, porém, eliminados pelo aumento substancial dos passageiros transportados – indicador RPKs. No período em análise na Figura 3 o crescimento médio anual foi de 4.8%. Portanto, a taxa de crescimento dos passageiros – 4.8%/ano - foi superior à taxa de benefício – 2.6%/ano. O resultado foi um aumento absoluto (i.e., total) no consumo de combustível anual – 2.1% crescimento anual.

O aumento do consumo energético de combustíveis fósseis não é compatível com o atual quadro de desenvolvimento estratégico a nível nacional e da União Europeia⁸. Primeiramente, a União Europeia estabeleceu metas ambiciosas de redução das emissões de carbono, diretamente relacionadas com o consumo de combustíveis fósseis – ex.: Pacto Ecológico Europeu, e a aviação desempenha um papel fundamental nesse esforço⁹. A transição energética na aviação é essencial para cumprir essas metas e atender aos compromissos climáticos europeus. A transição energética inclui a promoção de combustíveis de aviação sustentáveis (SAFs) e alternativos. A União Europeia tem apoiado ativamente o desenvolvimento e uso desses combustíveis¹⁰, que podem reduzir significativamente as emissões de carbono associadas à aviação, contribuindo para a sustentabilidade ambiental.

Um outro fator importante está relacionado com a necessidade de diversificação da matriz energética enquanto fator de promoção da segurança energética da União Europeia, pela redução da dependência de determinadas geografias. Para a União Europeia importa a grande maioria dos combustíveis fósseis de um reduzido número de países¹¹. A transição energética visa diversificar a

⁸ Fonte: Paulus (2022) <https://www.europeanenergyinnovation.eu/Articles/Summer-2022/Efficiency-in-aviation>

⁹ Fonte: Comissão Europeia (2023) https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport/reducing-emissions-aviation_en

¹⁰ Fonte: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_2389

¹¹ Fonte: <https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/where-does-the-eu-s-energy-come-from/>

matriz energética da aviação, diminuindo a vulnerabilidade a flutuações nos preços do petróleo e a interrupções no abastecimento. Outros benefícios da transição energética incluem¹²:

- Incentivos à Eficiência Energética e Inovação Tecnológica: A transição energética estimula inovações tecnológicas que melhoram a eficiência energética das aeronaves. Isso não apenas reduz as emissões de carbono, mas também fortalece a competitividade da indústria europeia de aviação.
- Impacto Positivo na Qualidade do Ar e na Saúde Pública: Reduzir as emissões de poluentes do ar, como óxidos de nitrogênio (NOx) e partículas, não apenas melhora a qualidade do ar nas proximidades de aeroportos e rotas de voo, mas também beneficia a saúde pública na Europa, um dos pilares do desenvolvimento sustentável.
- Apoio à Economia Sustentável e Inovação: A transição energética na aviação fomenta a economia sustentável e a inovação, criando oportunidades de negócios e promovendo o desenvolvimento tecnológico. Empresas que lideram a transição energética podem alcançar uma vantagem competitiva significativa no mercado europeu.
- Atendimento às Expectativas dos Cidadãos Europeus: Os cidadãos europeus estão cada vez mais preocupados com as questões ambientais. Companhias aéreas que adotam práticas mais sustentáveis podem atrair a preferência dos consumidores, refletindo a demanda por responsabilidade ambiental.

A discussão anterior centrou-se no consumo energético dos aviões, e como tal das companhias aéreas. Isto porque a maioria do consumo energético da aviação é precisamente realizado pelos aviões. A título exemplificativo, o aeroporto de Schiphol tem um gasto anual de 200 milhões de kWh, dos quais 60% são gastos nos terminais¹³. Ora, uma viagem entre Schiphol e Nova Iorque (JFK) pode ter um consumo aproximado de 530 mil de kWh¹⁴. Portanto, são precisas 377 viagens para serem gastos 200 milhões de kWh. Existem cerca de 123 voos semanais¹⁵ entre estas duas cidades. Portanto, a energia gasta na ligação Schiphol – Nova Iorque, em 3 semanas, é aproximadamente similar à energia gasta em 1 ano no terminal de Schiphol.

Podemos então concluir que o consumo energético da infraestrutura aeroportuária é uma pequena fração da energia consumida pelas companhias aéreas. Mais ainda, pela natureza da infraestrutura (ligação à rede elétrica nacional) existem alternativas energéticas sustentáveis aos combustíveis fósseis, que, aliás, já estão implementadas (detalhadas no último subcapítulo).

¹² Fontes: Cavina (2023)

<https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/five-key-action-areas-to-put-europes-energy-transition-on-a-more-orderly-path>; Comissão Europeia (2023) https://energy.ec.europa.eu/news/focus-eu-progress-towards-just-energy-transition-2023-11-14_en; IRENA (2023) <https://www.irena.org/Energy-Transition/Innovation>; Neira (2020) <https://journals.openedition.org/factsreports/6014>

¹³ Fonte:

<https://www.schiphol.nl/en/schiphol-group/page/reducing-energy-consumption/#:~:text=We%20use%20more%20than%20200,the%20consumption%20of%2050%2C000%20households!>

¹⁴ Avião: B777-200ER, Consumo horário de jet fuel: 6630 litros, Duração do Voo: 8 horas, Poder Calorífico do Jet Fuel: 10kWh/litro (Fonte: manual da Boeing e sites de viagens)

¹⁵ Informação obtida a partir do site Skyscanner.com. Fonte: <https://www.skyscanner.net/routes/ams/nyca/amsterdam-to-new-york.html>

2 Estratégia Europeia para a Transição Energética

A União Europeia definiu uma estratégia para a transição energética com prazos para 2030 e 2050. A transição energética consistirá num processo socialmente justo e economicamente eficiente de passagem dos combustíveis fósseis para um sistema energético limpo baseado numa maior utilização de fontes de energia renováveis, na sua integração sistémica e na redução das emissões de gases com efeito de estufa. Abrangerá as dimensões tecnológica, social, económica e política das interações humanas e exigirá ações intersectoriais, de colaboração e práticas para se tornar uma realidade¹⁶. Os principais programas que compõem a estratégia são:

- Pacto Ecológico¹⁷: A visão estratégica a longo prazo da Europa assenta fortemente na transição para as energias limpas, a fim de alcançar uma economia com emissões líquidas nulas de gases com efeito de estufa até 2050. A Presidente da Comissão Europeia, Ursula von der Leyen, elegeu a ação climática como uma das principais prioridades do seu mandato, com o objetivo de tornar a Europa o primeiro continente com impacto neutro no clima. O Pacto Ecológico Europeu será o principal quadro para concretizar ações climáticas arrojadas e acelerar a transição para um futuro de energias limpas. A ação climática será também integrada em todo o orçamento da UE, em especial no Programa-Quadro de Investigação e Inovação da UE, o Horizonte Europa.
- Lei Climática¹⁸: A Comunicação da Comissão Europeia sobre a Lei Europeia do Clima consagra na legislação o objetivo da UE de neutralidade climática, garantindo que todas as ações e políticas da UE contribuem para esse objetivo de uma forma socialmente justa e eficiente em termos de custos, com todos os sectores da economia e da sociedade a desempenharem o seu papel. Os principais objetivos são: i) definir o rumo a longo prazo para atingir o objetivo de neutralidade climática até 2050 através de todas as políticas, de uma forma socialmente justa e eficiente em termos de custos, ii) estabelecer um objetivo mais ambicioso para a UE 2030, a fim de colocar a Europa numa via responsável para se tornar neutra em termos de clima até 2050, iii) criar um sistema para monitorizar os progressos e tomar novas medidas, se necessário, iv) proporcionar previsibilidade aos investidores e outros agentes económicos, v) assegurar que a transição para a neutralidade climática é irreversível.
- Ajuste para os 55¹⁹: O pacote é um conjunto de 13 propostas legislativas destinadas a rever e atualizar a legislação da UE e a implementar novas iniciativas para garantir que as políticas da UE estejam em conformidade com os objetivos climáticos acordados pelo Conselho e pelo Parlamento Europeu. Tal como o nome do pacote indica, o seu objetivo é tornar as

¹⁶ Fonte: Comissão Europeia https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy_en

¹⁷ Fonte: Comissão Europeia https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

¹⁸ Fonte: Comissão Europeia: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/european-climate-law_en

¹⁹ Fonte: Conselho Europeu: <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>

políticas da UE em matéria de clima, energia, utilização dos solos, transportes e fiscalidade aptas a reduzir as emissões de gases com efeito de estufa em, pelo menos, 55% até 2030.

- REPower EU²⁰: Plano da Comissão Europeia para tornar a Europa independente dos combustíveis fósseis russos muito antes de 2030, tendo em conta a invasão da Ucrânia pela Rússia. O plano REPowerEU estabelece uma série de medidas para reduzir rapidamente a dependência dos combustíveis fósseis russos e acelerar a transição ecológica, aumentando simultaneamente a resiliência do sistema energético da UE. O plano baseia-se em: i) poupança de energia, ii) produção de energia limpa, iii) diversificar o nosso aprovisionamento energético. A REPowerEU aborda os múltiplos desafios de manter a segurança energética da UE a curto prazo e de fazer face à acessibilidade dos preços da energia, mantendo simultaneamente os seus objetivos de neutralidade climática para 2050 e construindo uma sólida autonomia estratégica da UE.

Estes programas irão influenciar profundamente a evolução do setor dos transportes, e da aviação, nas próximas décadas. Neste sentido diversas associações têm vindo a publicar estudos e posições.

A ACARE - Advisory Council for Aviation Research and Innovation publicou um documento de visão sobre possíveis caminhos a seguir pelo setor da aviação de forma a que os objetivos estratégicos sejam atingidos. Foi publicado o relatório “Fly the Green Deal”²¹ que define um conjunto de metas intermédias e medidas verticais e horizontais, como segue:

- Medidas verticais:
 - A aviação no sistema de mobilidade europeu: integrar os serviços de aviação com toda a gama completa de outros serviços multimodais para criar e fornecer a mobilidade europeia como um serviço (MaaS);
 - Veículos e propulsão: melhorar e otimizar os impactos ambientais, sonoros e outros dos veículos existentes; desenvolver, implantar e operar novos veículos, não só para alcançar neutralidade climática ao longo de todo o ciclo de vida, mas para satisfazer as necessidades dos clientes; assegurar que os produtos europeus sejam atrativos e competitivos no mercado mundial; minimizar os impactos nos terceiros, não-clientes;
 - Infraestruturas, operações e serviços: adaptar, desenvolver e explorar de forma inteligente as infraestruturas, como o espaço aéreo, aeroportos, incluindo conceitos de plataformas de energia, gestão do tráfego aéreo, fornecendo os serviços necessários para otimizar a aviação e para permitir novos conceitos, como a

²⁰ Fonte: Comissão Europeia:

https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_en

²¹ Fonte: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/69dfdaf4-07d5-11ed-acce-01aa75ed71a1/language-en>

otimização das rotas em função do clima, no âmbito do sistema global europeu de mobilidade;

- A aviação no sistema europeu de energia e de combustíveis: garantir que a segurança e a sustentabilidade são parte integrante da aceleração da transição global para as energias limpas; garantir que a aviação tenha acesso seguro e a preços acessíveis a fontes de energia e de combustível totalmente sustentáveis; e permitir pontos comuns e economias de escala com outros sectores.
- Medidas horizontais:
 - Educação, formação e investigação: construir o capital humano, conhecimentos e conceitos que sustentam o desenvolvimento e a melhoria contínua da aviação;
 - Desenvolvimento, demonstração e implantação: garantir que as ideias de investigação possam progredir tão rápida, segura, protegida e eficazmente quanto possível, desde a conceção até à exploração;
 - Transformação digital: garantir que a aviação aproveite os benefícios proporcionados, por exemplo, pela inteligência artificial (IA) e grandes volumes de dados;
 - Segurança, proteção e resiliência: garantir que a aviação seja robusta contra riscos em constante evolução, ameaças e eventos disruptivos nos mundos físico e cibernéticos.

Cinco associações Europeias – Airlines for Europe, Civil Air Navigation Services Organisation, European Regional Airlines Association, Airports Council International e Aerospace & Defence Industries Association of Europe – publicaram o relatório “Destination 2050”²². O relatório apresenta um conjunto de medidas - uma via possível - que combinam novas tecnologias, melhores operações, combustíveis sustentáveis para a aviação e medidas económicas. O relatório advoga que as implementações dessas sugestões permitirão reduzir as emissões absolutas em 92%, enquanto os restantes 8% poderão ser removidos da atmosfera através de emissões negativas, conseguidas através de sumidouros naturais de carbono ou de tecnologias específicas.

As medidas estão divididas em função do responsável pela sua execução, a saber: setor privado (indústria) e setor público:

- Medidas para o Setor Privado (indústria):
 - Continuar a investir substancialmente na descarbonização;
 - Desenvolver aeronaves mais eficientes em termos de combustível e colocá-las em funcionamento através da renovação contínua da frota;

²² Fonte: https://www.destination2050.eu/wp-content/uploads/2021/03/Destination2050_Report.pdf

- Desenvolver aeronaves movidas a hidrogénio e (híbridas) elétricas a hidrogénio e as infraestruturas (aeroportuárias) de apoio associadas e introduzi-las no mercado;
- Aumentar a produção e a adoção de SAF de integração;
- Implementar as mais recentes inovações em ATM e planeamento de voos planeamento de voos;
- Compensar as restantes emissões de CO2 através da remoção de dióxido de carbono da atmosfera;
- Medidas para o setor público:
 - Apoiar os investimentos da indústria através de estímulos diretos ou da redução do risco de investimento através de um quadro político coerente e de longo prazo;
 - Estimular o desenvolvimento e a implantação de inovações através do financiamento de programas de investigação e promovendo tecnologias de remoção de carbono;
 - Trabalhar com o sector da energia para garantir uma disponibilidade suficiente de energias renováveis a custos acessíveis;
 - Apoiar o desenvolvimento do sector das SAF;
 - Contribuir para a otimização da gestão do tráfego aéreo, nomeadamente através da plena aplicação integral do Céu Único Europeu.

O Eurocontrol também emitiu uma opinião sobre o impacto do pacote de programas em curso²³, enfatizando a Revisão do Sistema de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa da UE (EU ETS) que prevê uma eliminação progressiva das permissões gratuitas concedidas às operadoras de aeronaves entre 2024 e 2026 (reduzindo 25%, 50% e 75%, respetivamente), com eliminação completa a partir de 2027. Também propõe reduzir a meta de emissões em 4,2% anualmente para atender às metas mais rígidas de 2030, em vez do 2,2% atual. Esta revisão vai incentivar os Estados-Membros a usar as receitas do leilão para combater as mudanças climáticas.

Sobre a proposta ReFuelEU Aviation, o Eurocontrol admite que este: i) sinaliza o compromisso da UE em aumentar significativamente o uso de combustíveis de aviação sustentáveis até 2050; ii) exige que os fornecedores de combustível misturem uma parcela crescente de combustíveis de aviação sustentáveis com o combustível convencional nos aeroportos da UE, incluindo uma participação mínima de combustível sintético; e iii) exige que todas as companhias aéreas, independentemente da origem, abasteçam apenas o combustível necessário no aeroporto de partida para evitar o transporte de combustível (tankering). Essa proposta incentiva a produção e uso de combustíveis de aviação sustentáveis.

²³ Fonte: <https://www.eurocontrol.int/article/eus-fit-55-package-what-does-it-mean-aviation>

Numa outra nota, o Eurocontrol menciona que a Diretiva de Tributação de Energia propõe incentivar a transição para fontes de energia mais limpas em todos os modos de transporte, incluindo a aviação²⁴. Isso envolve o fim dos subsídios aos combustíveis fósseis e a revisão das isenções fiscais atuais para o combustível de aviação em voos dentro da UE. A partir de 2023, o valor mínimo do imposto para o combustível de aviação em voos dentro da UE começaria em zero e aumentaria gradualmente ao longo de um período de 10 anos até atingir o valor total de EUR 10,75 por gigajoule. Combustíveis de aviação sustentáveis não estariam sujeitos a impostos mínimos da UE durante esse período.

Outras medidas que afetarão indiretamente a aviação, incluem a introdução de infraestrutura elétrica nos aeroportos e metas mais rigorosas de redução de emissões de gases de efeito estufa para os Estados-Membros. O Fundo Social do Clima é financiado pelo novo Sistema de Comércio de Emissões e tem como objetivo apoiar os Estados-Membros na mitigação das implicações sociais dessas medidas. Essas políticas fazem parte dos esforços da UE para alcançar suas metas de redução de emissões e promover uma aviação mais sustentável.

3 Principais Medidas para a Transição Energética de Aeroportos

A aviação civil tem vindo a implementar um conjunto de medidas destinadas à eficiência energética e descarbonização, em linha com as estratégias europeias. Várias destas medidas acontecem em contexto aeroportuário. Apresenta-se de seguida uma lista das principais iniciativas²⁵:

- **A adoção de Combustíveis de Aviação Sustentáveis (SAF, na sigla em inglês):** a estratégia europeia ReFuelEU destaca a importância de introduzir e generalizar o uso de SAF nos aeroportos europeus como parte de um esforço coletivo para tornar a aviação mais sustentável e com menor impacto ambiental. O objetivo dessa estratégia é ambicioso: até 2050, pelo menos 63% do combustível utilizado na aviação deve ser SAF²⁶. O SAF é produzido a partir de fontes de energia renovável e materiais de origem biológica, como óleos vegetais, resíduos agrícolas, resíduos de madeira e outros recursos renováveis, frequentemente designados por restos (ver anexo). A principal vantagem do SAF é que ele é capaz de substituir o querosene de aviação convencional, que é derivado do petróleo bruto e uma das principais fontes de emissões de carbono na aviação. A expansão do uso de SAF nos aeroportos europeus oferece diversas vantagens²⁷:

²⁴ Fonte: Eurocontrol (2022) https://www.eurocontrol.int/archive_download/all/node/13577

²⁵ Fonte: ACI (2023)

<https://aci.aero/2023/06/27/aci-world-and-the-world-economic-forum-launch-airports-of-tomorrow-to-accelerate-aviations-decarbonization/>; Roland Berger (2023) <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/Accelerating-airport-decarbonization.html>; WEFORUM (2023) <https://www.weforum.org/agenda/2023/06/why-these-5-executives-believe-airports-are-the-key-to-aviation-decarbonisation/>

²⁶ Fonte: https://www.icao.int/Meetings/a41/Documents/WP/wp_516_en.pdf

²⁷ Fontes: IATA <https://www.iata.org/contentassets/d13875e9ed784f75bac90f000760e998/saf-what-is-saf.pdf>; Euroactiv (2020) <https://www.euractiv.com/section/aviation/opinion/the-benefits-of-sustainable-aviation-fuel-go-beyond-co%E2%82%82/>; IATA (2018) https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/Sustainable%20Aviation%20Fuels%20Guide_100519.pdf

- Redução de Emissões de Carbono: O SAF é conhecido pela sua capacidade de reduzir as emissões de carbono em comparação com o querosene de aviação convencional. Isso contribui para a mitigação das mudanças climáticas e ajuda a cumprir as metas de redução de emissões;
- Diversificação da Matriz Energética: Ao introduzir SAF nos aeroportos, a matriz energética da aviação diversifica-se, tornando-a menos dependente de combustíveis fósseis. Isso aumenta a resiliência do setor em face de flutuações nos preços do petróleo;
- Redução da Poluição Local: O uso de SAF também pode reduzir a emissão de poluentes locais, contribuindo para a melhoria da qualidade do ar nas áreas próximas aos aeroportos e a redução dos impactos na saúde humana;
- Estímulo à Inovação Tecnológica: A produção e o uso de SAF promovem a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias e métodos de produção sustentável. Isso resulta em avanços tecnológicos que podem beneficiar outros setores;
- Cumprimento das Metas Regulatórias: As regulamentações europeias e internacionais estão a tornar-se cada vez mais rigorosas em relação às emissões de carbono da aviação. O uso de SAF ajuda as companhias aéreas e os aeroportos a cumprirem essas regulamentações e evitarem penalidades.

Além disso, o compromisso de alcançar a meta de 63% de SAF até 2050 sinaliza o comprometimento da União Europeia em liderar esforços globais para tornar a aviação mais sustentável²⁸. Isso também pode incentivar a inovação e o investimento em infraestrutura para a produção, armazenamento e distribuição de SAF nos aeroportos europeus.

- **Introdução de equipamento não poluente, em terra, do lado ar:** A placa de um aeroporto é uma área de grande atividade, onde uma ampla variedade de veículos e equipamentos, como autocarros, carros, tratores e unidades de geração de energia, desempenham funções essenciais para o funcionamento diário do aeroporto. No entanto, muitos desses equipamentos tradicionalmente utilizam combustíveis fósseis, o que resulta na emissão de poluentes locais e contribui para a pegada de carbono do aeroporto. Para enfrentar esse desafio e promover a transição energética, os aeroportos estão gradualmente substituindo esses equipamentos poluentes por alternativas que são mais amigas do meio ambiente e eficientes em termos energéticos. Essas alternativas podem ser alimentadas por energia elétrica, o que diversifica as fontes energéticas disponíveis no aeroporto²⁹. Existem várias maneiras de realizar essa transição:

²⁸ Fonte: EASA <https://www.easa.europa.eu/en/light/topics/fit-55-and-refueled-aviation>

²⁹ Fonte: Airportindustry (2022) <https://airportindustry-news.com/frankfurt-airport-to-expand-its-electrified-ground-services-fleet/>; KPMG (2022) <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/ie/pdf/2022/09/ie-aviation-2030-decarbonisation-of-ground-ops.pdf>

- **Eletificação e Ligação à Rede Elétrica:** Uma abordagem comum envolve a eletrificação direta dos equipamentos, permitindo que eles funcionem com eletricidade. Isso pode incluir a instalação de estações de carregamento elétrico nas proximidades das áreas de estacionamento de aeronaves e outros locais-chave da placa do aeroporto;
- **Utilização de Baterias:** Muitos equipamentos não poluentes, como veículos elétricos e tratores, utilizam baterias recarregáveis como fonte de energia. Isso oferece a flexibilidade de carregamento, tornando os equipamentos mais eficientes e sustentáveis;
- **Novas Fontes Energéticas, como o Hidrogénio:** Em alguns casos, os aeroportos estão a explorar o uso de novas fontes energéticas, como o hidrogénio. Os veículos alimentados por células de combustível de hidrogénio estão a tornar-se uma opção viável, fornecendo uma fonte de energia limpa e de baixa emissão.
- **Melhoria da eficiência do edifício aeroportuário³⁰:** Uma série de medidas têm sido implementadas nesse sentido, visando a otimização do consumo de energia e a redução do impacto ambiental. Estas medidas incluem:
 - **Ajuste de Horário de Funcionamento:** A coordenação dos horários de funcionamento dos equipamentos e sistemas do edifício aeroportuário com a procura real é fundamental. Isso pode incluir a desativação de sistemas não essenciais durante períodos de baixa atividade, economizando energia;
 - **Controle de Temperatura:** O ajuste da temperatura interior do edifício à temperatura exterior, sempre que possível, permite a redução da necessidade de aquecimento e refrigeração. Isso pode ser alcançado por meio de sistemas de gestão energética e climatização eficiente;
 - **Gestão de Iluminação:** O uso de tecnologias de iluminação eficiente e sistemas de controle, como sensores de presença e luz natural, contribui para otimizar o consumo energético. A iluminação LED de baixo consumo energético é uma opção comum;
 - **Automatização de Processos:** A automatização de processos, incluindo sistemas de gestão predial, permite o controle e monitoramento de forma eficaz, resultando em um uso mais eficiente da energia. Isso envolve a regulação automática de sistemas com base em dados em tempo real;
 - **Material Eficiente na Construção:** A seleção de materiais de construção energeticamente eficientes desempenha um papel fundamental na conservação de

³⁰ Fonte: <https://esource.bizenergyadvisor.com/article/airports#toc-14>

energia. Isolamento térmico, vidros de baixa emissão e revestimentos refletem a luz solar, são alguns dos exemplos;

- Atualização de Equipamentos: A substituição de equipamentos antigos e ineficientes por versões mais recentes e energeticamente eficientes é uma estratégia eficaz. Isso inclui sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado, bem como equipamentos de iluminação;
 - Manutenção Contínua: A manutenção regular dos equipamentos e sistemas é essencial para garantir que funcionem de maneira eficiente. A detecção precoce de falhas e o ajuste de componentes desgastados ajudam a evitar o desperdício de energia;
 - Implementação de sistemas de monitoração de energia permite um controle mais eficaz do consumo energético e a identificação de áreas com potencial para melhorias.
- **Introdução de modos sustentáveis do lado terra:** A introdução de modos sustentáveis no lado terra dos aeroportos representa uma medida fundamental para impulsionar a transição energética e promover operações aeroportuárias mais amigáveis do meio ambiente³¹. Tradicionalmente, o acesso de passageiros e mercadorias a partir dos aeroportos é feito com recurso a veículos movidos a combustão interna, que utilizam gasolina ou diesel como fonte de energia. No entanto, para avançar em direção a uma matriz energética mais limpa e reduzir as emissões de carbono, os gestores aeroportuários têm a responsabilidade de implementar soluções de transporte sustentáveis. Isso pode ser alcançado por meio de diversas ações, tais como:
 - Transporte Público Sustentável: Os aeroportos podem colaborar com autoridades locais para promover a implementação de serviços de transporte público que atendam às necessidades dos passageiros e funcionários. Isso inclui sistemas de autocarros a electricidade e elétricos, que são alimentados por fontes de energia mais limpas e eficientes;
 - Sistema de partilha de veículos: Incentivar o compartilhamento de veículos é outra estratégia eficaz para reduzir o número de carros individuais nas vias de acesso aos aeroportos. Os aeroportos podem fornecer áreas de estacionamento e serviços de compartilhamento de veículos, permitindo que viajantes e funcionários compartilhem viagens de forma conveniente;

³¹ Fontes: ARUP <https://www.arup.com/perspectives/the-decarbonisation-opportunity-airports-expanding-role#>; European Commission (2023) https://cinea.ec.europa.eu/news-events/news/eu-green-deal-airports-projects-showcasing-green-transition-parisairshow2023-2023-06-28_en; ACI https://aci-europe.org/downloads/content/London_City_Airport_Sustainability_Roadmap.pdf; Budd (2023) <https://doi.org/10.1080/03081060.2023.2279711>

- Ciclovias e Transporte Ativo: A criação de infraestruturas de ciclovias nos arredores dos aeroportos oferece uma alternativa sustentável para aqueles que desejam pedalar até o terminal. Além disso, incentivar o uso de modos ativos, como caminhadas e ciclismo, contribui para uma transição energética mais eficaz;
- Implementação de Veículos Elétricos: Os gestores aeroportuários podem colaborar com fornecedores e parceiros para incentivar a adoção de veículos elétricos nas suas operações. Isso não se limita apenas aos veículos de passageiros, mas também a camiões de carga e outros veículos utilizados na logística aeroportuária.
- **Implementação de medidas de captura de carbono:** os aeroportos possuem tipicamente zonas de solo não aproveitadas, devido à necessidade de garantir os afastamentos e zonas de exclusão para a movimentação em segurança dos veículos e aviões³². Estas porções de terra podem ser aproveitadas para um coberto vegetal ou outros usos que permitam a captura de carbono. Uma tecnologia promissora é a introdução de biochar. O biochar, um tipo de carvão vegetal produzido a partir de resíduos orgânicos que é misturado no solo. As vantagens são diversas:
 - Redução de Resíduos Orgânicos: A produção de biochar envolve a carbonização de resíduos orgânicos, como restos de alimentos e resíduos vegetais. Ao integrar o biochar nos aeroportos, é possível reduzir a quantidade de resíduos orgânicos destinados a aterros sanitários, contribuindo para a redução do impacto ambiental;
 - Geração de Energia Limpa: O biochar pode ser utilizado como uma fonte de energia limpa e renovável. Pode ser queimado para gerar calor e eletricidade, fornecendo uma alternativa sustentável aos combustíveis fósseis nos sistemas de aquecimento e energia dos aeroportos;
 - Sequestro de Carbono: O processo de produção de biochar envolve a captura e armazenamento de carbono a partir dos resíduos orgânicos. Isso ajuda a reduzir as emissões de dióxido de carbono na atmosfera, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas;
 - Melhoria da Qualidade do Solo: O biochar pode ser aplicado nos solos dos aeroportos, melhorando sua qualidade e capacidade de retenção de água e nutrientes. Isso pode ser especialmente benéfico em áreas com vegetação, como jardins e espaços verdes nos aeroportos.

³² Fontes: ACI (2022)

<https://aci-europe.org/downloads/content/ACI%20EUROPE%20Summary%20Repository%20-%20Airport%20Net%20Zero%20Roadmaps.pdf>; Yadav (2023) <https://doi.org/10.3390/su151813421>; Ricardo (2023) <https://www.ricardo.com/en/news-and-insights/insights/bioenergy-carbon-capture-utilisation-storage-and-biochar-contribution-to-net-zero-targets>; TULIPS (2023) <https://tulips-greenairports.eu/news/>

- **Introdução de princípios de circularidade na gestão aeroportuária:** A circularidade, que se refere à redução, reutilização, reciclagem e a repensar processos e recursos, desempenha um papel fundamental na redução do impacto ambiental das atividades aeroportuárias e na promoção da transição energética³³. A circularidade envolve a minimização do desperdício de recursos, o que é fundamental para a redução do consumo de energia. Ao reduzir a produção de resíduos e a utilização de recursos não renováveis, os aeroportos podem economizar energia e reduzir a sua pegada de carbono. Além disso, a circularidade pode incentivar a integração de fontes de energia renovável nos aeroportos, como painéis solares e turbinas eólicas. Os resíduos orgânicos, por exemplo, podem ser convertidos em biogás ou biocombustíveis, contribuindo para uma matriz energética mais limpa (ver Anexo). A reutilização e reciclagem de materiais de construção e manutenção dos aeroportos podem economizar energia, pois a produção de novos materiais muitas vezes consome grandes quantidades de energia. Além disso, a reciclagem reduz a quantidade de resíduos enviados para aterros, o que pode ser uma fonte adicional de emissões. Além disso, a circularidade pode resultar numa melhor reputação para os aeroportos junto aos viajantes, companhias aéreas e reguladores, aumentando a competitividade e atraindo investimentos e parcerias estratégicas³⁴.

4 A necessidade de um Plano Estratégico Nacional para a Transição Energética do Sistema de Aeroportos

Do exposto nos capítulos anteriores facilmente se identificam as muitas possibilidades que uma infraestrutura como um aeroporto de dimensão internacional tem para melhorar a sua condição ambiental e contribuir para a sustentabilidade do local e/ou região onde está implementado.

Torna-se também evidente que falar em transição energética, mesmo ao nível de um aeroporto, não dispensa um raciocínio com base em redes de abastecimento, e uma cobertura que excede em muito a própria dimensão do aeroporto.

Estamos, portanto, diante de um elemento da maior importância e potencialidade, que não pode ser decidido de forma isolada, sob pena de gerar deseconomias de escalas e incrementar custos de forma insustentável.

No contexto do estudo de avaliação estratégica que a CTI desenvolve, e dada a dimensão do país, não faz sentido planear as redes de abastecimento das várias opções estratégicas de forma isolada, pois devem decorrer de uma estratégia nacional de conversão energética, onde várias opções

³³ Fontes: Parlamento Europeu (2023)

<https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits>; Nações Unidas (2023) <https://climatepromise.undp.org/news-and-stories/what-is-circular-economy-and-how-it-helps-fight-climate-change>

³⁴ Fontes: ICAO (2019)

https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/EnvironmentalReports/2019/ENVReport2019_pg275-278.pdf; ACI (2021) <https://blog.aci.aero/recovering-sustainably-why-and-how-airports-can-initiate-maintain-or-enhance-their-sustainability-commitments/>; ACI (2019) <https://www.aci-europe.org/downloads/resources/aci%20europe%20sustainability%20strategy%20for%20airports.pdf>

energéticas se irão complementar e abastecer diferentes elementos de um aeroporto, bem como de outras infraestruturas. Um plano estratégico de transição energética deve ser transversal, e diversificado nas suas fontes, por forma a obter sinergias e escala economicamente viável.

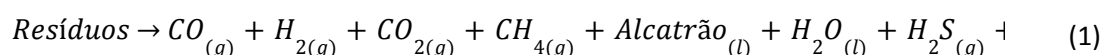
Conclui-se assim, que o plano de transição energética do aeroporto deve decorrer de um plano estratégico nacional, e não deve ser projetado de forma individualizada para cada infraestrutura ou outro equipamento do território.

ANEXO ³⁵**A transformação de resíduos sólidos urbanos em hidrogénio ou outros combustíveis líquidos através de uma unidade de gaseificação: criar uma oportunidade no aeroporto para colmatar o déficit de capacidade de valorização de resíduos urbanos e promover a neutralidade climática**

Em Portugal existe uma quantidade muito significativa de resíduos, frequentemente designada por fração “resto” que se constitui um refúgio do processamento de resíduos, para as quais não existem soluções de valorização adequadas em Portugal. Este fluxo de resíduos é da ordem das muitas centenas de milhares de toneladas por ano.

Nos últimos anos têm-se vindo a afirmar um novo conjunto de soluções tecnológicas baseadas na gaseificação destes resíduos (com baixo potencial de reciclagem), convertendo-os em químicos de base (como o metanol ou etanol), ou em combustíveis líquidos e/ou gasosos, incluindo o hidrogénio, promovendo assim processos de reciclagem química, sendo que à escala a que poderia ser operada uma unidade de transformação destes resíduos localizada na área de influência do aeroporto faria sentido pensar na produção de combustíveis líquidos ou de hidrogénio para uso nas próprias instalações do aeroporto. Como referência, apresenta-se uma estimativa de produção para uma unidade que tivesse como produto final o hidrogénio.

A **Gaseificação** é um processo de degradação de matéria contendo carbono, a qual ocorre a temperaturas entre 600 e 1000°C, em condições de presença limitada de oxigénio, ar e vapor de água (cerca de 60 a 70% da relação ar-combustível), induzindo a que ocorra uma conversão térmica incompleta da matéria contendo carbono, como por exemplo a fração resto dos resíduos urbanos. Como resultado, é originado gás de síntese (*syngas*), constituído essencialmente por hidrogénio, monóxido de carbono e vapor de água. O *syngas* pode posteriormente ser convertido em hidrogénio por reformação a vapor ou em combustíveis líquidos. A gaseificação caracteriza-se por um conjunto complexo reações químicas, sendo que a manipulação dos parâmetros que a controlam condicionam a composição do gás de síntese, mas a oxidação parcial dos resíduos é executada na presença de uma quantidade de oxidante inferior à exigida para uma combustão estequiométrica, durante a qual o material orgânico sofre conversão para maioritariamente monóxido de carbono (CO) e hidrogénio (H_2), embora possa conter também metano (CH_4), CO_2 , carvão e alcatrão, de acordo na expressão seguinte:



³⁵ Este anexo foi gentilmente cedido pelo Prof Paulo Ferrão (IST – Universidade de Lisboa), sendo da sua integral autoria

A fim promover a qualidade do gás de síntese produzido, a razão de equivalência (ar/combustível) desempenha um papel significativo regulando a produção de H_2 e CO . A eficiência energética do processo de gaseificação pode ser quantificada através CGE (do inglês, *cold gas efficiency*), definido na equação 2, o qual se refere à razão entre a energia contida no gás de síntese e a energia existente nos resíduos, e que apresenta tipicamente valores compreendidos entre 50% e 80%.

$$CGE = \frac{\dot{m}_{syngas} \cdot PCI_{syngas}}{\dot{m}_{biomassa} \cdot PCI_{biomassa}} \quad (2)$$

Uma vez obtido o gás de síntese, a produção de hidrogénio envolve processos muito maduros e testados, sendo os mais comuns o uso de reações de “*shift*”, nas quais se dá injeção de vapor de água para transformar monóxido de carbono em hidrogénio, seguido da purificação do hidrogénio, eventualmente acompanhado da separação e produção de CO_2 , de acordo com o processo ilustrado na Figura 1.

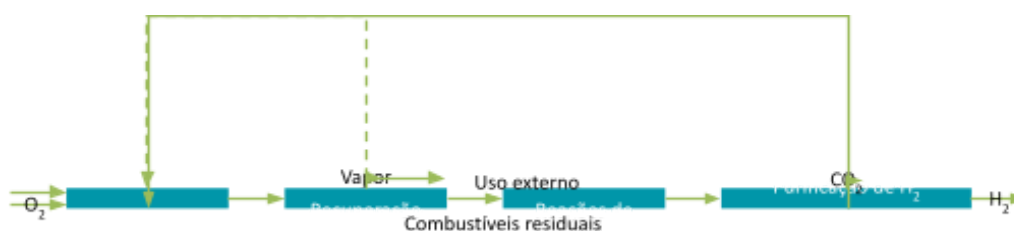


Figura 4 - Produção de Hidrogénio

A purificação do hidrogénio dá-se geralmente numa unidade designado por “*Pressure Swing Adsorption*”, em que se promove a adsorção por oscilação de pressão e na qual as impurezas são removidas, podendo estas ser usadas como matéria combustível a ser reintroduzida no gaseificador. O processo de arrefecimento do gás de síntese à saída do gaseificador pode dar origem à produção de vapor que pode ser usado no próprio gaseificador, por exemplo para secagem dos resíduos, o que evita o consumo de energia adicional, acrescentando competitividade a este processo.

Apenas como referência, há empresas que oferecem uma instalação industrial com capacidade de processamento de 100 000 t/ano de resíduos, a qual produz mais de 6 000 t de hidrogénio por ano. Neste caso, os resíduos entram na unidade com uma humidade de cerca de 40%, são removidos os inertes e depois passam por uma unidade de secagem que os seca até que se atinja uma humidade de cerca de 12%, sendo que esta unidade de secagem aproveita os efluentes térmicos das operações subsequentes, como referido anteriormente.

É importante salientar que o consumo de eletricidades de uma unidade deste tipo, mesmo incluindo a produção local de oxigénio para apoio à gaseificação, evitando assim a injeção direta de ar, e os subsequentes problemas ambientais associado às emissões de óxidos de azoto, corresponde a um

consumo de eletricidade por kg de hidrogénio produzido que é cerca de 5 vezes inferior ao que seria o consumo energético para produzir hidrogénio por eletrólise.

Quanto ao coeficiente de eficiência energética “Cold Gas Efficiency”, estima-se um valor superior a 75%, o que permite garantir um excelente aproveitamento energético, sendo que o processo pode contribuir, de forma significativa para a baixar a intensidade carbónica de uma unidade aeroportuária, com vista à **neutralidade climática da sua operação**