

**PERSPECTIVAS DA AVIAÇÃO COMERCIAL SUPERSÔNICA: UMA ANÁLISE
COMPARATIVA DOS DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA SUA
REVITALIZAÇÃO****Daniella Borges Lopes ¹**
Tammyse Araújo da Silva ²**RESUMO**

Este estudo aborda os desafios e as oportunidades relacionados à retomada das operações de voos comerciais supersônicos, com o propósito de analisar a viabilidade dessa iniciativa. O objetivo central é, portanto, avaliar a factibilidade da revitalização dos voos supersônicos, considerando os desafios e as oportunidades inerentes a essa proposta. O estudo se justifica devido à crescente demanda por um transporte aéreo mais rápido a fim de atender às transformações cada vez mais aceleradas da sociedade moderna. Para cumprir com os objetivos propostos, a pesquisa, de natureza básica, adota uma abordagem qualitativa, utilizando procedimentos bibliográficos e documentais. Identificou-se como potencialmente viável o avião norte-americano Overture, projetado para transportar entre 64 e 80 passageiros, com a particularidade do uso de biocombustível. O início de suas operações está previsto para 2030. No entanto, o estudo destaca desafios semelhantes aos enfrentados pelo Concorde, como aceitação pública, custos operacionais elevados, limitação de clientes devido aos altos custos de passagens, incertezas normativas sobre ruído e, mais recentemente, questões ambientais relacionadas à produção de biocombustível para atender à demanda, uma vez que o atual projeto é concebido para trabalhar com fontes energéticas sustentáveis. Apesar desses desafios, a pesquisa conclui que a retomada dos voos supersônicos é viável a longo prazo, especialmente considerando o interesse manifestado por companhias aéreas. Para futuras investigações, sugere-se a exploração das temáticas de certificação, normatização e implementação de aeronaves supersônicas de passageiros com vistas a compreender todo o processo necessário ao retorno dessas aeronaves na aviação comercial. Essa abordagem pode contribuir para o desenvolvimento do setor, sabendo-se que

eventuais adversidades identificadas nesse processo antecipam as intervenções necessárias.

Palavras-chave: Supersônicos. Aviação Comercial. Viabilidade. Indústria Aeroespacial. Impacto Ambiental.

¹ Graduada em Ciências Aeronáuticas pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás. E-mail: adanilopess2@gmail.com

² Especialista em Docência Universitária pela Universidade Católica de Goiás. Graduada em Ciências Aeronáuticas pela UnisulVirtual. Professora da Escola Politécnica e de Artes no curso de Ciências Aeronáuticas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás. EC-PREV pelo GENIPA. Credenciada no SGSO pela ANAC e pela INFRAERO. Treinamento de CRM e alta performance pela FCT. E-mail: tammyse@hotmail.com / tammyse@pucgoias.edu.br

PROSPECTS OF SUPERSONIC COMMERCIAL AVIATION: A COMPARATIVE ANALYSIS OF CHALLENGES AND OPPORTUNITIES FOR REVITALIZATION

ABSTRACT

This study addresses the challenges and opportunities related to the resumption of supersonic commercial flight operations, with the purpose of analyzing the feasibility of this initiative. The main objective is, therefore, to evaluate the feasibility of the revitalization of supersonic flights, considering the challenges and opportunities inherent to this proposal. The study is justified due to the growing demand for faster air transport in order to meet the increasingly accelerated transformations of modern society. In order to meet the proposed objectives, the research, of a basic nature, adopts a qualitative approach, using bibliographic and documentary procedures. The U.S. Overture aircraft, designed to carry between 64 and 80 passengers, was identified as potentially viable, with the particularity of the use of biofuel. The start of operations is scheduled for 2030. However, the study highlights challenges similar to those faced by Concorde, such as public acceptance, high operating costs, limited customers due to high ticket costs, regulatory uncertainties about noise and, more recently, environmental issues related to the production of biofuel to meet demand, as the current project is designed to work with sustainable energy sources. Despite these challenges, the research concludes that the resumption of supersonic flight is feasible in the long term, especially considering the interest expressed by airlines. For future investigations, it is suggested to explore the themes of certification, standardization and implementation of supersonic passenger aircraft in order to understand the entire process necessary for the return of these aircraft in commercial aviation. This

approach can contribute to the development of the sector, knowing that any adversities identified in this process anticipate the necessary interventions.

Keywords: *Supersonics. Commercial Aviation. Viability. Aerospace industry. Environmental impact.*

1 INTRODUÇÃO

Esta pesquisa faz uma análise comparativa dos desafios e oportunidades para a retomada dos voos comerciais supersônicos, explorando seu histórico e os projetos atualmente existentes, já em estágio avançado. A escolha do tema é pertinente e oportuna em virtude dos avanços em aeronaves supersônicas, como o demonstrador XB-1 e o Overture, previstos para operar em 2030 (Etherington, 2017; Meier, 2023).

A partir dessa realidade, busca-se neste estudo compreender os desafios passados e examinar os argumentos acerca da viabilidade da revitalização da proposta, destacando o projeto mais avançado e seus principais desafios, dada a crescente necessidade de economia de tempo em viagens, demanda esta típica da dinâmica da sociedade moderna globalizada.

Como metodologia, a pesquisa, de natureza básica, utiliza abordagem qualitativa e procedimentos bibliográficos e documentais. Os ambientes de pesquisa incluem o Google Acadêmico, sites da International Civil Aviation Organization (ICAO), Federal Aviation Administration (FAA), Boom Supersonic, American Airlines e periódicos indexados na Capes.

A estrutura do texto abrange quatro seções, além desta introdutória: revisão teórica, procedimentos metodológicos, resultados do estudo e considerações finais. A revisão teórica explora o histórico dos voos comerciais supersônicos, com ênfase no Concorde e TU-144. Os procedimentos metodológicos são detalhados na segunda seção, seguidos pelos resultados, apresentados na terceira, que destaca o projeto supersônico mais significativo em andamento e os desafios da retomada dessa proposta. A última seção traz as considerações finais.

Apesar do alto custo operacional e das tarifas elevadas do Concorde, o supersônico voou comercialmente por quase três décadas. Atualmente, levanta-se a tese de que avanços tecnológicos podem permitir a construção de aeronaves comerciais supersônicas com custos operacionais mais baixos, com potencial redução do valor das passagens. Empresas aéreas já estão apostando nessas aeronaves, indicando a iminente possibilidade da volta dos comerciais supersônicos.

2 REVISÃO TEÓRICA

As aeronaves comerciais supersônicas foram um incremento tecnológico fruto da década de 1960, capazes de reduzir o tempo de voo, algo significativo para pessoas que precisavam resolver assuntos em cidades diferentes de forma rápida (Araújo, 2021). Por outro lado, apresentavam um custo-benefício elevado, com passagens pouco acessíveis segundo Street (2023) e problemas com ruído, que limitavam suas rotas (Gomes *et al.*, 2022).

Esse processo de implementação dos voos supersônicos comerciais, que se iniciou na década de 1960, e seu encerramento, no início dos anos 2000, com a derrocada do Concorde (Benevides, 2021), são os temas debatidos nesta seção, que também faz uma revisão sobre as aeronaves supersônicas comerciais, delineando um panorama sobre os seus precedentes históricos, o primeiro voo, o apogeu e o declínio.

2.1 O VOO SUPERSÔNICO COMERCIAL: PRECEDENTES HISTÓRICOS E O PRIMEIRO VOO

Segundo os princípios da física, a vibração de uma corda ou outro objeto provocavam variações de pressão que resultaram em uma depressão no ar logo adiante, produzindo outra variação de pressão, de forma sucessiva. Esta propagação de variação de pressão corresponde ao deslocamento do som, e a velocidade deste fenômeno em um meio é conhecida como velocidade de propagação do som (Wanderley, 2010).

A primeira tentativa de medir a velocidade do som no ar remonta ao século XVII, quando o filósofo francês Pierre Gassendi propôs um experimento. Na ocasião, um canhão foi detonado no topo de uma montanha, a cerca de 20 km de distância. O intervalo entre a percepção do clarão e do som gerado pela explosão foi medido. Essa medida representava o tempo que o som levava para percorrer os 20 km, permitindo calcular a velocidade do som no ar pela razão entre a distância percorrida e o intervalo de tempo (Aguiar; Freitas; Laudares, 2003 *apud* Krummenauer; Darroz, 2020).

A descoberta crucial foi que a velocidade do som é influenciada pela temperatura e pressão atmosférica do meio em que se propaga (Aguiar; Freitas; Laudares, 2003 *apud* Krummenauer; Darroz, 2020), variando significativamente ao nível do mar ou em altitudes com ar menos denso (Vinholes, 2021). Essas variações tornaram a velocidade do som essencial na teoria do escoamento compressível¹, transformando-a na unidade de medida para avaliar o efeito da compressibilidade do fluido em relação à velocidade do escoamento (Stuckenbruck, 2012).

Quando se fala do estudo de escoamentos compressíveis, destaca-se o "número de Mach" (Mach ou M), substituindo a referência à velocidade. Isso ocorre porque o número de Mach representa a relação percentual entre a velocidade de um objeto no ar e a velocidade de propagação das ondas sonoras no mesmo meio (Moraes; Miranda, 2018). Isto é, o número de Mach é a razão entre a velocidade de um objeto em movimento no ar e a velocidade do som (Ribeiro, 2014).

Os estudos sobre esse tema foram realizados por Ernst Mach, físico e filósofo austríaco, quando, em 1887, estabeleceu os princípios do número de Mach e das velocidades supersônicas (Ribeiro, 2014). Caso um objeto alcance a velocidade Mach 1.0, ele produzirá uma barreira sônica (como se esse objeto "batesse" em um acúmulo de pressão) que, ao ser perfurada atinge a velocidade supersônica, e voa acima da velocidade do som (Vinholes, 2021).

Em termos de áreas científicas, a aviação impulsionou o avanço da dinâmica dos fluidos, sobretudo no estudo de escoamentos compressíveis. Entretanto, a

¹ Refere-se aos escoamentos em que a compressibilidade do fluido é levada em consideração (Ribera, 2020).

velocidade dos aviões até o início da Segunda Guerra Mundial era inferior a 1/3 da velocidade do som (Ribera, 2020). Diante disso, nos anos 1940, os aviões não possuíam motores tão potentes, nem tinham a resistência necessária para perfurar a barreira de som e seu *design* não facilitava a aerodinâmica (Vinholes, 2021).

Somente em 1944, a partir de um programa de pesquisas para desenvolver aeronaves com velocidades transônicas² e supersônicas, iniciado pelo comitê *National Advisory Committee for Aeronautics* (NACA) e pela força aérea estadunidense *United States Air Force* (USAF), a primeira aeronave supersônica da história seria desenvolvida. Assim, em março de 1945, o Comando do Serviço Técnico Aéreo do Exército estadunidense concedeu um contrato à fabricante *Bell Aircraft Corporation*, para desenvolver três aeronaves (os Bell X-1). No ano seguinte, o Bell X-1-1 estava em fase de testes, e, em 14 de outubro de 1947, o protótipo alcançou velocidade supersônica (San Diego Air and Space Museum, 2001).

Naquela ocasião, o Bell X-1-1, pilotado pelo capitão da USAF, Charles “Chuck” Yeager, quebrou a barreira do som, voando a Mach 1.45³, sobre a base aérea de Muroc, no deserto de Mojave, sul do estado da Califórnia/EUA. Após fazer 82 voos planados e motorizados, a aeronave foi aposentada em maio de 1950. Em agosto de 1950, Bell X-1-1 foi para o museu *National Air Museum*, em Washigton D.C., permanentemente (San Diego Air And Space Museum, 2001).

Os estudos nas décadas de 1950 e 1960 sobre o voo supersônico deram origem à competição entre o Reino Unido (em colaboração com a França) e a União Soviética no desenvolvimento de aeronaves comerciais supersônicas, resultando no Concorde e no Tupolev TU-144, respectivamente (Araújo, 2021).

Durante a Guerra Fria, em 1960, os soviéticos perceberam a necessidade de criar uma aeronave específica para o voo comercial supersônico, diferenciada dos projetos militares. O Tupolev TU-144 teve seu protótipo finalizado em outubro de 1966, com os testes em solo iniciados pelos especialistas soviéticos. O primeiro

² Velocidade entre subsônica (inferior à velocidade do som) e supersônica.

³ Mach 1.45, significa que a aeronave atingiu 1,45 vezes a velocidade do som (cerca de 1.790 km/h).

voo de teste do protótipo do TU-144 ocorreu em 31 de dezembro de 1968, e, apesar de bem-sucedido, foram promovidas modificações substanciais no projeto para a produção em série da aeronave (Araújo, 2021).

Em 1973, o governo soviético apresentou o Tupolev TU-144 em um *show* aéreo de Paris. A demonstração resultou em um acidente fatal. Durante uma manobra em baixa velocidade, a aeronave foi surpreendida por um Mirage III R que se aproximava para capturar imagens, o que causou um desvio abrupto do supersônico, a perda do controle da aeronave e a tragédia. A comissão de investigação atribuiu falha humana ao incidente, e o TU-144 continuou em testes (Araújo, 2021).

Até que em 1º de novembro de 1977, foi realizado o primeiro voo comercial do TU-144 pela companhia aérea Aeroflot, com o início do transporte de passageiros na rota Moscou – Alma-Ata⁴, uma vez por semana (Casagrande, 2018). Já o Concorde, fruto da colaboração entre *Aérospatiale* (França) e *British Aircraft Corporation* (Reino Unido), surgiu da necessidade de compartilhar o alto investimento tecnológico para seu desenvolvimento. Inicialmente, diversas companhias aéreas mostraram interesse, mas a *British* e a *Air France* foram as únicas a persistir, apesar de desafios como a crise do petróleo, aumento nos preços dos combustíveis, além da poluição e do forte ruído que a aeronave causava. Após rigorosos testes e ajustes, o projeto final do Concorde foi estabelecido (Gomes *et al.*, 2022).

A construção dos protótipos do Concorde iniciou em fevereiro de 1965, mas os custos excederam drasticamente, chegando a seis vezes o orçamento inicial. O protótipo 001 fez seu primeiro voo teste em março de 1969, alcançando a velocidade supersônica em outubro do mesmo ano. O protótipo 002 voou pela primeira vez em abril de 1969. O primeiro voo comercial ocorreu em janeiro de 1976 e as operações foram mantidas por 27 anos (Gomes *et al.*, 2022).

A Figura 1 a seguir aponta as principais características do Concorde e do Tupolev TU-144, com dimensões, velocidades, motores e capacidade de transporte de passageiros.

⁴ Cidade no Cazaquistão, atualmente chamada de Almaty.

Figura 1 – Características do Concorde e o do Tupolev TU-144



(a) Concorde

(¹) Comprimento: 62,1 metros

(¹) Altura: 11,3 metros

(¹) Envergadura: 25,5 metros

(¹) Velocidade de cruzeiro: Mach 2.02 (\cong 2.494km/h)

(²) Motores: 4 turbojato Rolls-Royce/SNECMA Olympus 593

(²) Passageiros: 100

(b) Tupolev TU-144

Comprimento: 65 metros

Altura: 12 metros

Envergadura: 28,8 metros

Velocidade de cruzeiro: Mach 2.07(\cong 2.556km/h)

Motores: 4 turbofans Kuznetsov NK-144^a
Passageiros: 120

Fontes: Imagem – Technik Museum Sinsheim, s.d. (a)¹ Goldmeier, 2021; (a)² Gomes *et al.*, 2022. (b) Carrea, 2022.

Observa-se, ainda na Figura 1, além das diferenças, as semelhanças entre as duas aeronaves, como a asa em delta, a utilização de quatro motores e a forma aerodinâmica e afinada das duas aeronaves. Estes dois modelos concorrentes estão expostos lado a lado no museu *Technik Museum Sinsheim*, em Sinsheim, Alemanha.

2.2 AVIÕES COMERCIAIS SUPERSÔNICOS: DO APOGEU AO ENCERRAMENTO DAS OPERAÇÕES

O Tupolev TU-144 teve seu apogeu operacional na década de 1970, até que na década de 1990 encerrou suas operações. Seu concorrente, o Concorde, conseguiu manter-se por mais tempo no mercado e suas operações duraram até o início dos anos 2000. O tempo de atuação dessas duas aeronaves comerciais, bem como a finalização de suas atividades são assuntos tratados a seguir.

2.2.1 Tupolev TU-144

O trágico acidente de apresentação do Tupolev TU-144 durante o *show* aéreo em Paris somou-se a outro episódio, ocorrido em 1978 (sete meses após seu primeiro voo comercial). Durante um voo de teste do modelo TU-144D, foi

realizado um pouso de emergência devido a um vazamento de combustível. Após o pouso, iniciou-se um incêndio que causou ferimentos e duas fatalidades na tripulação, levando a Aeroflot a suspender os voos desse modelo. Tentativas de renovação, incluindo a implementação de um novo motor, foram infrutíferas, fazendo com que o governo soviético a designar a aeronave apenas para uso como laboratório em 1983 (Carrea, 2022).

Em 1993, o Tupolev TU-144 assumiu um novo papel como banco de testes de voo no programa de Pesquisa de Alta Velocidade (HSR)⁵ em uma colaboração entre os Estados Unidos e a Rússia. A agência estadunidense *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e a indústria de aviação dos EUA estavam envolvidas no programa HSR, buscando avanços em tecnologias de aeronaves de Transporte Supersônico (SST)⁶. O TU-144 foi fornecido pelo *Tupolev Aircraft Design Bureau*, e uma equipe de especialistas desenvolveu experimentos e modificações no TU-144 para conduzir pesquisas de voo supersônico (Gibbs, 2009).

O TU-144LL, como foi denominado nessa fase, realizou 27 voos de pesquisa em dois anos, proporcionando avanços significativos nos bancos de dados de voos supersônicos. Após a conclusão bem-sucedida dos objetivos programados, o TU-144LL foi aposentado, marcando o encerramento do programa HSR dos EUA em 1999, que concluiu que uma aeronave SST economicamente viável não estava suficientemente próxima para justificar o comprometimento da indústria norte-americana (Gibbs, 2009).

O Tupolev TU-144 enfrentou desafios de confiabilidade, segurança, autonomia limitada, alto consumo de combustível e desconforto para os passageiros devido ao ruído interno. Esses problemas contribuíram para o término das operações comerciais do supersônico, demonstrando que, além dos acidentes, as limitações técnicas e de conforto impactaram negativamente em sua viabilidade (Carrea, 2022).

⁵ High-Speed Research.

⁶ Supersonic Transport.

2.2.2 Concorde

Em sua inauguração, dois exemplares do Concorde decolaram simultaneamente, um deles pertencente à *British Airways*, que decolava de Londres com destino a Bahrein, e o outro da *Air France*, que partia de Paris com destino ao Rio de Janeiro, com escala em Dakar, no Senegal. Havia uma proibição por parte do governo norte-americano para a principal rota para que a aeronave foi desenvolvida, Europa – Estados Unidos. Contudo, em 1977 essa proibição terminou e os voos nessa rota se iniciaram (Carrea, 2022).

As passagens para voos no Concorde custavam cerca de 20% a mais do que uma passagem de primeira classe em um voo comum, entretanto, para celebridades e grandes empresários, o valor pago compensava, pois poupava tempo. Dez anos após o início das operações, uma notícia publicada pelo veículo de imprensa americano *Associated Press* sobre a lucratividade na operação do Concorde mostrou que, no ano de 1984, o avião fez com que a *Air France* lucrasse quase 9 milhões de dólares, e, posteriormente, em 1985, gerou um lucro de mais de 17 milhões de dólares para a *British Airway* (Carrea, 2022).

Em um de seus voos inaugurais, rota Paris – Rio de Janeiro, mesmo com a parada para reabastecimento em Dakar, a viagem durou 6 horas, metade do tempo que as outras aeronaves levavam para fazer a mesma rota de forma direta. Contudo, o Concorde voou para o Rio de Janeiro somente até 1982, devido à baixa ocupação (Goldmeier, 2021). Outros problemas começaram a aparecer e, devido ao seu *boom* sônico, o Concorde passou a não poder voar em velocidade supersônica sobre os continentes, o que limitou muito suas operações; assim, a economia de tempo, seu principal benefício, foi prejudicada (Gomes *et al.*, 2022).

O fim das operações com o Concorde, assim como no caso do Tupolev TU-144, ocorreu devido a uma série de fatores. Durante todos os seus anos de operação, nunca havia ocorrido nenhum acidente, mas em 25 de julho de 2000, na corrida de decolagem, um dos pneus da aeronave foi atingido por uma peça que havia caído de um DC-10 e estava na pista, resultando na explosão do pneu, que lançou pedaços sob sua asa esquerda. O impacto fez com que o tanque de

combustível fosse rompido e o querosene entrasse em contato com um dos motores, culminando em um incêndio. A tripulação ainda tentou manter a subida, desligando o motor prejudicado, mas o outro motor perdeu potência pela ingestão de gases da queima. O avião perdeu sustentação e caiu em cima de um hotel em Gonesse, vitimando 100 passageiros, 9 tripulantes e 4 pessoas em terra. A versão de que o metal do DC-10 teria provocado o acidente foi contestada, pois estouros de pneus do Concorde não eram raros. Assim, foram promovidas modificações nos pneus e nas asas, e o Concorde voltou a operar em 2001 (Moriah, 2019).

Após esse acidente, a British Airways e a Air France mantiveram suas frotas do Concorde em solo, com algumas modificações sendo feitas, como dito. A aeronave estava com sua reputação em jogo, mas as companhias aéreas pretendiam retornar com as operações regulares. Cabe destacar que antes disso, o atentado de 11 de setembro de 2001, nos Estados Unidos, fez com que houvesse uma desaceleração mundial no setor da aviação. Devido à baixa demanda por voos internacionais, manter a manutenção dessas aeronaves tornou-se muito caro (Benevides, 2021).

Mas, apesar do atentado, o Concorde retornou à atividade em novembro de 2001, realizando dois voos para Nova York, um da *British Airways*, saindo de Londres, e um da *Air France*, saindo de Paris. Porém, a situação se agravou quando a *Airbus*, responsável por sua manutenção, informou que o custo de manutenção para que as aeronaves pudessem seguir em atividade seria de 40 milhões de Libras (Goldmeier, 2021). Com isso, em 2003, as empresas aéreas a selaram o fim das operações com o Concorde antes do planejado, a *Air France* em maio e a *British Airway* em outubro (Benevides, 2021).

Segundo Street (2023), o acidente de 2000 também fez com que alguns passageiros perdessem a confiança na aeronave, que dependia de clientes regulares que cruzavam o Atlântico frequentemente. Além disso, muitos dos seus passageiros habituais trabalhavam no *World Trade Center*, e acabaram perdendo suas vidas no 11 de setembro. Alia-se a isso o fato de que o Concorde era uma aeronave com o custo de operação muito alto, razão pela qual a maioria das pessoas não podia pagar por suas passagens, e, assim, sua operação dependia dos passageiros frequentes (Street, 2023).

Vinholes (2022) informa que o professor de engenharia aeroespacial da Universidade Federal do ABC (UFABC) Annibal Hatem Junior considera que a razão determinante pela qual os aviões comerciais supersônicos deixaram de existir é a falta de passageiros que paguem para voar nessas aeronaves, já que são sensivelmente mais caras. O professor acredita que esse alto custo ainda se manteria nos dias de hoje e, por isso, ele teria sido aposentado.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa destinou-se a descrever e analisar criticamente o desenvolvimento e a implementação de aeronaves comerciais supersônicas na atualidade. O estudo é de natureza básica e busca apresentar as complexidades do tema estudado por meio de uma abordagem qualitativa lançando mão de procedimentos bibliográficos e documentais.

Os sujeitos da pesquisa foram definidos como: aeronave comercial supersônica; desafios para implementá-la; e potencialidades para mitigar tais desafios. Como ambientes de pesquisa, o estudo utilizou de abordagem abrangente ao empregar diversas fontes. Fontes acadêmicas hospedadas no Google Acadêmico forneceram uma base sólida, enquanto sites confiáveis, como os da ICAO, FAA, *Boom Supersonic* e *American Airlines* enriqueceram a análise. Além disso, periódicos indexados na CAPES contribuíram com perspectivas atualizadas e aprofundadas. A variedade dessas fontes assegurou uma fundamentação sólida e abrangente para a pesquisa.

4 RESULTADOS

Estudos recentes apontam para a viabilidade na utilização do Overture como avião supersônico de passageiros a longo prazo. No entanto, devem ser considerados os desafios de seu ingresso no mercado, tais como custos operacionais, valores das passagens, ruído e demanda de combustível SAF.

4.2 OVERTURE, UM PROJETO SUPERSÔNICO COMERCIAL

Para executar o projeto norte-americano da aeronave comercial Overture, sua fabricante, a norte-americana *Boom Supersonic* construiu um demonstrador supersônico chamado XB-1. Este protótipo tem como alvo a mesma velocidade máxima do avião supersônico comercial de passageiros de tamanho médio, transportando um piloto e um engenheiro de testes opcional ou outro passageiro (Etherington, 2017). Durante o seu desenvolvimento, o XB-1 validou a abordagem da fabricante, permitindo a utilização de ferramentas avançadas, como a dinâmica de fluidos computacional (CFD), essencial para o projeto do Overture da empresa (Boom Supersonic, 2023a). O XB-1, conforme a *Boom Supersonic*, planeja realizar seu primeiro voo de teste em 2023 (Ribeiro, 2023), sem divulgação da data até o momento deste estudo.

O projeto final Overture tem seu primeiro voo de teste previsto para 2027, com a certificação de tipo esperada para 2029. Com 61 metros de comprimento, capacidade para 64 a 80 passageiros e velocidade de cruzeiro de Mach 1.7, o Overture deve entrar em operação em 2030 (Boom Supersonic, 2023b; Meier, 2023).

A fabricante criou um motor sustentável e econômico exclusivo para a aeronave, o *Symphony*. Totalmente compatível com biocombustíveis classificados como Sustainable Aviation Fuel (SAF), o *Symphony* é otimizado para operar com zero emissão de carbono líquido, 35.000 libras de empuxo e turbina refrigerada a ar. Além de melhorar o tempo de voo em 25%, o motor reduz os custos operacionais totais em 10%. Ambos, *Symphony* e Overture, atendem aos requisitos de certificação de aeronavegabilidade da FAA e EASA⁷, entre eles, os níveis de ruído, no caso do Overture, e os padrões de emissão aplicáveis, no caso do motor *Symphony* (Boom Supersonic, 2023c).

Em 2017, a *Japan Airlines* (JAL) e a *Boom Supersonic* estabeleceram uma parceria para reintroduzir viagens supersônicas com passageiros. A JAL, como investidora estratégica, aportou US\$ 10 milhões na fabricante e colaborou no

⁷ European Union Aviation Safety Agency.

refinamento do *design* da aeronave e na definição da experiência do passageiro em viagens supersônicas. A JAL tem a opção de adquirir até 20 aeronaves Overture mediante pré-encomenda (Boom Supersonic, 2017).

Além da JAL, outras companhias aéreas também manifestaram interesse na aquisição do novo supersônico. A *United*, em 2021, assinou um acordo para comprar 15 Overtures, com possibilidade de mais 35, após atendidos todos os requisitos de segurança, operação e sustentabilidade (Boom Supersonic, 2021). Em 2022, a *American Airlines* e a *Boom Supersonic* anunciaram um acordo de compra de até 20 exemplares, com possibilidade de estender para mais 40, mediante pagamento de um depósito não reembolsável nas 20 aeronaves iniciais (American Airlines, 2022).

O mais recente marco no caminho da Boom Supersonic para o voo supersônico sustentável é a parceria com a *Dimensional Energy*, líder em tecnologia *Sustainable Aviation Fuel (SAF) power-to-liquid*⁸, produzindo combustíveis neutros em carbono com reciclagem de dióxido de carbono. A fabricante comprará até 5 milhões de galões de *Dimensional SAF* anualmente para auxiliar no programa de testes de voo do Overture (Boom Supersonic, 2023d).

4.3 A RETOMADA DOS VOOS COMERCIAIS SUPERSÔNICOS E SEUS DESAFIOS

A história das viagens globais é marcada, naturalmente, pelas limitações da tecnologia disponível, limitação esta evidenciada pelos desafios ambientais e econômicos enfrentados pelo Concorde e Tupolev TU-144. No entanto, avanços significativos em motores a jato, análise computacional, tecnologias de redução de ruído e combustíveis sustentáveis abriram caminho para uma nova geração de aeronaves comerciais supersônicas, agora mais ambientalmente responsáveis. A ICAO desempenha um papel vital na regulamentação dessa indústria emergente,

⁸ Em português, “Combustíveis Sustentáveis para Aviação”: caracteriza-se como um hidrocarboneto líquido produzido a partir de energia elétrica, água e baixo CO₂ (Zaparolli, 2022).

estabelecendo padrões que exigem melhorias ambientais por meio de abordagens tecnológicas e economicamente viáveis (ICAO, 2022).

Esse enfrentar dos desafios é fundamental para os fabricantes de aeronaves supersônicas, e o Overture se destaca como uma solução promissora. Seu motor, compatível com SAF, aborda as preocupações econômicas e ambientais da indústria aeroespacial. Vale ressaltar que a indústria do SAF enfrenta desafios econômicos, entre eles de viabilidade econômica, se comparada aos combustíveis fósseis – mais baratos e mais utilizados, mas que resultam em emissões significativas de gases do efeito estufa (GEE). Contudo, o SAF derivado de resíduos de base biológica (madeira, bagaço, palha) ou de baixo carbono pode contornar esses desafios, pois seus custos e impactos ambientais no ponto de coleta, assim como as emissões de gases, podem ser próximos a zero (RSB; Agroicone, 2021).

Além disso, ainda há o problema do estrondo sônico que ocorre quando essas aeronaves rompem a barreira do som. A indústria aborda esse problema de duas formas: identificando mercados que podem ser atendidos pelos voos supersônicos voando apenas sobre as águas, onde, naturalmente, não há incômodo aos ouvidos humanos, e subsônico sobre o continente, ou realizando pesquisas para que seja possível reduzir a intensidade de um estrondo sônico a um “baque”. Entretanto, até que essa tecnologia amadureça e os padrões de *boom* sônico sejam desenvolvidos, as aeronaves supersônicas não voarão em velocidades supersônicas sobre a terra (ICAO, 2022).

Em 2019 e 2020, a FAA publicou Aviso de Proposta para Elaboração de Regras (NPRM)⁹ para estabelecer novos regulamentos que irão facilitar o desenvolvimento e a certificação de uma nova geração de aviões comerciais supersônicos (Webb; Takahashi, 2022). O objetivo do NPRM de certificação é adicionar padrões de ruído de pouso e decolagem para uma classe de aviões supersônicos (FAA, 2020). Embora a proposta aborde apenas aeronaves menores, de peso máximo de decolagem inferior a 150.000 lbm (libras-massa) e velocidade máxima inferior a Mach 1.8, isso indica um desejo de contemplar

⁹ *Notice of Proposed Rulemaking.*

mudanças na estrutura regulatória que pode facilitar o desenvolvimento bem-sucedido dessas aeronaves por parte do governo norte-americano (Webb; Takahashi, 2022).

Além disso, pende a questão da aceitação global, que será fundamental para a reintrodução bem-sucedida das aeronaves supersônicas no mercado. A comprovada sustentabilidade pode ser um dos fatores que contribuam para essa aceitação (Russell; Maurice; Devine, 2020). Porém, se ela de fato ocorrerá, isso ainda é algo incerto – ainda que se esteja diante da possibilidade de voar por longas distâncias em um curto espaço de tempo, sendo este um dos recursos mais valiosos que as pessoas têm (Nacheva; Heldens, 2018).

O êxito no mercado de aeronaves supersônicas está ainda diretamente relacionado ao custo das passagens aéreas, uma vez que a demanda diminui proporcionalmente ao aumento dos preços. Antecipa-se que as tarifas para voos supersônicos se equiparam às da classe executiva, dado o pressuposto de alta utilização da aeronave. Clientes dessa classe valorizam cabines espaçosas, cadeiras reclináveis e serviços de qualidade, tornando a proposta de valor de uma aeronave supersônica crucial (Liebhardt; Lütjens; Gollnick, 2011).

Apesar do otimismo em torno da nova geração de jatos supersônicos, alguns especialistas questionam sua viabilidade. O Conselho Internacional de Transportes Limpos destaca os custos de combustível como uma grande barreira, indicando que a queima será de sete a nove vezes em comparação às aeronaves subsônicas, o que pode representar um aumento de 25 vezes nos custos de combustível para aeronaves como o Overture, que utiliza *Sustainable Aviation Fuel* (SAF). No entanto, devido à ainda limitada disponibilidade das fontes desse combustível e ao alto custo do SAF, prevê-se, em muitos casos, que a utilização desse combustível resulte em lucro zero para as empresas (Chester, 2022).

Além disso, as fabricantes de aeronaves comerciais supersônicas enfrentarão o desafio da deriva prática, um conceito do Sistema de Gerenciamento e Segurança Operacional (SGSO) que representa a discrepância entre o desempenho teórico e o desempenho real da aeronave. O Comando da Aeronáutica (Comaer, 2023) explica que a deriva prática é crucial para entender como o desempenho de qualquer sistema pode desviar-se do previsto no projeto

original, devido a variações tecnológicas, interações com outros sistemas e possíveis desvios nos procedimentos sob certas condições operacionais.

Por esta razão, atividades para garantir a Segurança Operacional, como auditorias e monitoramento de indicadores, podem identificar desvios na deriva prática. Analisar informações de segurança ajuda a mitigar riscos e intervir próximo à implantação operacional facilita a correção (Comaer, 2023).

Iniciativas para garantir a Segurança Operacional, como auditorias e acompanhamento de indicadores, desempenham papel vital na detecção de atividades que podem causar a deriva prática. Essas iniciativas e análises de informações de segurança são cruciais para entender os motivos desses desvios e mitigar riscos e, repita-se, identificar desvios próximo à implementação operacional facilita a intervenção, que, de sua feita, favorece a correção. Trata-se de ferramentas reativas, proativas e preditivas¹⁰, que auxiliam na captura de dados e formulação de estratégias de mitigação de riscos (Comaer, 2023). Contudo, o uso dessas ferramentas requer tempo e recursos, fator que pode atrasar essa necessária captura de dados voltada para a segurança operacional de novas aeronaves, como o Overture.

Revista Brasileira de Aviação Civil

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

& Ciências Aeronáuticas

ISSN 2763-7697

Esta pesquisa realizou uma análise comparativa dos desafios e oportunidades na retomada de voos comerciais supersônicos, buscando identificar obstáculos e possibilidades para a retomada dessas operações.

Examinou-se, para efeito de contexto, o histórico do Tupolev TU-144 e do Concorde, destacando fatores que contribuíram para o declínio de ambos. O TU-144 operou por apenas sete meses devido a problemas de confiabilidade, segurança, baixa autonomia, alto consumo de combustível e desconforto para os

¹⁰ Ferramentas reativas agem após falhas, analisando eventos passados, sendo úteis em situações incomuns. Sua eficácia depende de identificar fatores de risco operacional, além das causas imediatas. Ferramentas proativas minimizam falhas do sistema ao identificar e mitigar perigos à segurança, utilizando medidas preventivas como sistemas de reportes voluntários, auditorias e pesquisas de segurança operacional. Ferramentas preditivas visam proativamente identificar riscos à segurança ao capturar dados operacionais em tempo real, buscando indicadores emergentes de problemas de diversas fontes (Comaer, 2023).

passageiros. O Concorde, em operação por 27 anos, enfrentou desafios como o alto custo operacional, passagens caras, altos ruídos e a crise do petróleo.

Analisando projetos atuais, destaca-se o XB-1, um demonstrador supersônico com o primeiro voo previsto ainda para 2023, configurando-se como base para o Overture, um avião comercial supersônico com capacidade para 64 a 80 passageiros, com primeiro voo previsto para 2027 e início das operações em 2030. O estudo aponta desafios recorrentes, como alto custo operacional, preço elevado das passagens, aceitação pública e questões normativas sobre ruído e, mais recentemente, a produção sustentável de combustível considerando a demanda do mercado.

Apesar desses desafios, a pesquisa conclui que a retomada dos voos supersônicos é viável a longo prazo, especialmente com o interesse demonstrado por empresas (investidores, indústria aeronáutica e companhias aéreas) no Overture. Contudo, alerta-se para a necessidade de superar obstáculos após a entrada em operação, como a aceitação pública e a deriva prática. Assim, a pesquisa evidencia que o setor aeroespacial precisa enfrentar e resolver questões críticas para garantir o sucesso a longo prazo dessas operações. Recomenda-se, por fim, estudos futuros que se debrucem sobre temáticas como certificação, normatização e implementação de aeronaves supersônicas de passageiros, visando compreender integralmente o processo que envolve todo o projeto supersônico.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, C. E.; FREITAS, M. A.; LAUDARES, F. Medindo a velocidade do som com o microfone do PC. Simpósio Nacional de Ensino de Física, 16, 2003. Anais [...], 2003. Disponível em <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0064-2.pdf>. Acesso em: 1 maio 2019. In: KRUMMENAUER, W. L.; DARROZ, L. M. Determinação experimental da Velocidade do som no ar utilizando um osciloscópio virtual. **Interfaces Científicas**, Aracaju, v. 4, n. 1, p. 130-143, 2020. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/exatas/article/download/8761/4354/27692>. Acesso em: 20 ago. 2023.

AMERICAN AIRLINES. **American airlines announces agreement to purchase boom supersonic Overture aircraft, places deposit on 20 Overtures.** News.aa, 2022. Disponível em: <https://news.aa.com/news/news-details/2022/American-Airlines-Announces-Agreement-to-Purchase-Boom-Supersonic-Overture-Aircraft-Places-Deposit-on-20-Overtures-FLT-08/>. Acesso em: 1 out. 2023.

ARAÚJO, H. **Tupolev Tu-144, o ‘Concordski’ e sua controvertida história.** 2021. Disponível em: <https://www.airway.com.br/tupolev-tu-144-o-concordski-e-sua-controvertida-historia/>. Acesso em: 22 ago. 2023.

BENEVIDES, G. **Há 18 anos o Concorde encerrava as suas operações em definitivo.** Aeroflap, 2021. Disponível em: <https://www.aeroflap.com.br/ha-18-anos-o-concorde-encerrava-as-suas-operacoes-em-definitivo/>. Acesso em: 7 set. 2023.

BOM SUPERSONIC. **Japan Airlines and boom announce strategic partnership for supersonic air travel.** 2017. Disponível em: <https://boomsupersonic.com/press-release/our-partnership-with-japan-airlines>. Acesso em: 1 out. 2023.

BOM SUPERSONIC. **United adding supersonic speeds with new agreement to buy aircraft from Boom Supersonic.** 2021. Disponível em: <https://boomsupersonic.com/press-release/united-adding-supersonic-speeds-with-new-agreement-to-buy-aircraft-from-boom-supersonic>. Acesso em: 1 out. 2023.

BOM SUPERSONIC. **Boom supersonic advances flight preparations for XB-1.** 2023[a]. Disponível em: <https://boomsupersonic.com/flyby/boom-supersonic-advances-flight-preparations-for-xb-1>. Acesso em: 21 set. 2023.

BOM SUPERSONIC. **Overture.** 2023[b]. Disponível em: <https://boomsupersonic.com/overture>. Acesso em: 1 out. 2023.

BOM SUPERSONIC. **Symphony.** 2023[c]. Disponível em: <https://boomsupersonic.com/symphony>. Acesso em: 1 out. 2023.

BOM SUPERSONIC. **Boom advances net zero carbon commitment with dimensional energy offtake agreement.** 2023[d]. Disponível em: <https://boomsupersonic.com/flyby/boom-advances-net-zero-carbon-commitment-with-dimensional-energy-offtake-agreement>. Acesso em: 1 out. 2023.

CARREA, N. **Passado, presente e futuro dos voos supersônicos na aviação civil: uma visão prospectiva acerca de possibilidades e benefícios ao setor.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Aeronáuticas) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2022. Disponível em:

<https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/27566>. Acesso em: 1 set. 2023.

CASAGRANDE, V. **Primeiro voo do avião comercial mais rápido da história completa 50 anos**. UOL, 2018. Disponível em: <https://todosabordo.blogosfera.uol.com.br/2018/12/31/primeiro-voo-aviao-comercial-mais-rapido-da-historia/#:~:text=O%20acidente%20atrasou%20o%20cronograma%20de%20de%20de%20do,com%20passageiros%20antes%20do%20avi%C3%A3o%20russo%2C%20em%201976>. Acesso em: 1 set. 2023.

CHESTER, L. **Boom or bust**: can supersonic air travel take off once more? Transport Policy Matters, 2022. Disponível em: <https://transportpolicymatters.org/2022/11/30/supersonic-air-travel/>. Acesso em: 25 out. 2023.

COMANDO DA AERONÁUTICA (COMAER). **Segurança operacional**: MCA 81-4, manual de gerenciamento da segurança operacional do SISCEAB. Brasília: Comaer, 2023. Acesso em: 25 out. 2023.

ETHERINGTON, D. **Boom shows off its XB-1 supersonic demonstration passenger airliner**. 2017. Disponível em: <https://techcrunch.com/2017/01/12/boom-shows-off-its-xb-1-supersonic-demonstration-passenger-airliner/>. Acesso em: 30 set. 2023.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA) Site. **Supersonic aircraft notice of proposed rulemaking**. 2020. Disponível em: <https://www.faa.gov/newsroom/supersonic-aircraft-notice-proposed-rulemaking>. Acesso em: 5 out. 2023.

GIBBS, Y. **Past Projects**: TU-144LL Flying Laboratory. 2009. Disponível em: <https://www.nasa.gov/centers/dryden/history/pastprojects/TU-144/index.html>. Acesso em: 21 set. 2023.

GOLDMEIER, J. **Concorde**: conheça a história do avião supersônico que mudou a aviação. 2021. Disponível em: <https://www.melhoresdestinos.com.br/concorde.html>. Acesso em: 13 set. 2023.

GOMES, G.; BENETTI, L.; FREITAS, N.; MINOZZO, P. **Concorde do sucesso ao fracasso**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Aeronáuticas) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2022. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/27517>. Acesso em: 31 ago. 2023.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Connecting the world through environmentally responsible supersonic flight**. 2022. Disponível em: <https://www.icao.int/environmental->

protection/Documents/EnvironmentalReports/2022/ENVReport2022_Art15.pdf.
Acesso em: 5 out. 2023.

LIEBHARDT, B.; LÜTJENS, K.; GOLLNICK, V. Estimation of the market potential for supersonic airliners via analysis of the global premium ticket market. ResearchGate, **American Institute of Aeronautics and Astronautics**, p. 1-10, set. 2011. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/225025713_Estimation_of_the_Market_Potential_for_Supersonic_Airliners_via_Analysis_of_the_Global_Premium_Ticket_Market. Acesso em: 5 out. 2023.

MEIER, R. **Virgin Atlantic teria perdido interesse no jato supersônico Boom Overture**. 2023. Disponível em: <https://www.airway.com.br/virgin-atlantic-teria-perdido-interesse-no-jato-supersonico-boom-overture/>. Acesso em: 1 out. 2023.

MORAES, L. F. G.; MIRANDA, M. Coffin corner: perigo em altitude. **Revista Conexão SIPAER**, v. 9, n. 2, maio/ago., 2018. Disponível em: <http://conexaosipaer.com.br/index.php/sipaer/article/viewFile/500/414#:~:text=4%2D20.&text=O%20Coffin%20Corner%20%C3%A9%20a,do%20escoamento%20sobre%20a%20asa>. Acesso em: 20 ago. 2023.

MORIAH, R. **Concorde: 50 anos do supersônico mais elegante dos céus**. 2019. Disponível em: <https://www.airway.com.br/concorde-50-anos-do-supersonico-mais-elegantes-dos-ceus/>. Acesso em: 24 ago. 2023.

NACHEVA, N.; HELDENS, G. **The next generation of commercial supersonic flight: understanding the industry and the consumer perspectives**. 2018. Disponível em: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1212122/FULLTEXT01.pdf>. Acesso em: 05 out. 2023.

RIBEIRO, D. Ernst Mach. **Revista Ciência Elementar**, Porto, v. 2, n. 2, junho, 2014. Disponível em: <https://rce.casadasciencias.org/rceapp/pdf/2014/185/>. Acesso em: 20 ago. 2023.

RIBEIRO, F. **Boom avança em testes e primeiro voo supersônico está próximo**. 2023. Disponível em: <https://www.google.com/amp/s/canaltech.com.br/amp/avioes/boom-avanca-em-testes-e-primeiro-voo-supersonico-esta-proximo-262113/>. Acesso em: 23 set. 2023.

RIBERA, R. L. **Escoamento compressível: ciências térmicas**. 2020. Disponível em: <https://www.cienciastermicas.com/pdf/FT2/EscoamentosCompressiveis.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2023.

RSB; AGROICONE. **Disponibilidade de matéria-prima para combustível de aviação no Brasil:** desafios e oportunidades. 2021. Disponível em: https://www.boeing.com.br/resources/po_BR/sustentabilidade/combustiveis/RSB-jetfuel-saf-factsheets_portuguese.pdf. Acesso em: 15 out. 2023.

RUSSELL, R.; MAURICE, L.; DEVINE, R. Supersonic flight and sustainability: a new horizon. **National Academy of engineering**, v. 50, n. 26, June, 2020. Disponível em: <https://www.nae.edu/234442/Supersonic-Flight-and-Sustainability-A-New-Horizon>. Acesso em: 5 out. 2023.

SAN DIEGO AIR AND SPACE MUSEUM. **Bell X-1 Construction**. 2001. Disponível em: <https://sandiegoairandspace.org/collection/item/bell-x-1-construction>. Acesso em: 22 ago. 2023.

STREET, F. **What it was like to pilot the supersonic Concorde jet**. 2023. Disponível em: <https://edition.cnn.com/travel/article/what-it-was-like-to-be-a-concorde-pilot/index.html>. Acesso em: 24 ago. 2023.

STUCKENBRUCK, S. **Escoamento de líquidos e gases em dutos**. 2012. Disponível em: <http://sulgas.usuarios.rdc.puc-rio.br/Esc-Dutos.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2023.

TECHNIK MUSEUM SINSHEIM. **Concorde and Tupolev TU-144**. s. d. Disponível em: <https://sinsheim.technik-museum.de/en/concorde>. Acesso em: 10 set. 2023

VINHOLES, T. **Primeiro voo supersônico completa 70 anos**. 2021. Disponível em: <https://www.airway.com.br/primeiro-voo-supersonico-completa-70-anos/>. Acesso em: 31 ago. 2023.

VINHOLES, T. **De volta para o futuro:** os aviões supersônicos ensaiam um retorno. 2022. Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2022/08/de-volta-para-o-futuro-os-avioes-supersonicos-ensaiam-um-retorno.html#:~:text=Para%20o%20professor%20de%20engenharia,quem%20pague%20para%20voar%20neles>. Acesso em: 7 set. 2023.

WANDERLEY, D. S. **A quebra da barreira do som**. 2010. Disponível em: http://www.pads.ufrj.br/~diegow/BarreiradoSom/BarreiraSom_vfinal.pdf. Acesso em: 20 ago. 2023.

WEBB, B. D.; TAKAHASHI, T. T. Emerging federal regulatory framework for future supersonic transport aircraft. **AIAA SciTech Forum**, v. 3, n. 7, San Diego, 2022. Disponível em: <https://labs.engineering.asu.edu/aircraft-design/wp-content/uploads/sites/115/2023/03/AIAA2022-0366-FederalRegofSST.pdf>. Acesso em: 5 out. 2023.

ZAPAROLLI, D. **Combustível de aviação pode ser produzido a partir de CO2.** 2022. Disponível em: <https://gizmodo.uol.com.br/combustivel-de-aviacao-pode-ser-produzido-a-partir-de-co2/>. Acesso em: 4 out. 2023.

