

**TRANSPORTE SUPERSÔNICO:
PASSADO, PRESENTE E FUTURO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

GRADUAÇÃO EM AVIAÇÃO CIVIL

Campus Vila Olímpia

**Orientador: Prof. Ms. Amandio L. B. Furtado, Universidade Anhembi
Morumbi**

**Alexandre Manetta Filho, 125111365313
Julio César Umbelino De Souza, 125111366424
Lucas Silva, 125111346401
Luis Francisco Latapiat Monteiro, 125111353857**

TRANSPORTE SUPERSÔNICO: PASSADO, PRESENTE E FUTURO ¹

Alexandre Manetta Filho; Julio César Umbelino De Souza; Lucas Silva; Luis Francisco
Latapiat Monteiro²
Prof. Ms. Amandio L. B. Furtado³

Palavras-chave: Aeronave comercial supersônica. Voo comercial de passageiros. Transporte supersônico.

ABSTRACT

Considering the end of the supersonic commercial transport back in the 2000's, this paper aims to show the possibilities of this transportation, as well as its viability, reducing flight times and increasing efficiency of long-haul flights. The new technologies like sonic boom abatement fairings, wing design and turbofan engines with low bypass ratio and high fuel efficiency are opening new horizons toward supersonic commercial flights, breaking aerodynamic, regulatory and economic barriers. Thus, it is observed that despite this transportation ended up formerly, in the near future the skies will be full of supersonic aircraft connecting with high speeds the faraway destinations around the globe.

INTRODUÇÃO

O transporte supersônico desenvolveu-se de maneira vigorosa no início dos anos 1970, mas também viu uma queda significativa a partir dos anos 2000. Desde então, diversos estudos concentram-se na solução dos problemas aerodinâmicos, regulatórios, econômicos e de performance para trazer de volta as aeronaves capazes de conectar longínquos destinos em até metade do tempo gasto pelas aeronaves convencionais. Baseado na hipótese de que há nicho de mercado para voos comerciais supersônicos e que o desenvolvimento de inovações permitirão, em um futuro próximo, tais voos acima da velocidade do som, este trabalho tem por intuito trazer à tona as soluções que vêm sendo encontradas com esse propósito, enfatizando os avanços tecnológicos que tornam cada vez mais próxima essa realidade. O artigo traz na primeira seção um breve histórico da aviação supersônica, desde a "corrida" nos anos 1960 até o seu desfecho no início do novo século. A seção dois discute sobre os desafios que devem ser solucionados a fim de construir e operar uma aeronave comercial supersônica, ao mesmo tempo atendendo aos mais elevados

¹ Trabalho de conclusão do curso de Aviação Civil, Universidade Anhembi Morumbi, 2022.

² Graduandos no curso Aviação Civil da UAM. E-mails: alexandremanetta@hotmail.com; jcumbelino@gmail.com; lucksleg.silvanet@gmail.com; luisfrancisco_1997@hotmail.com.

³ Professor Mestre em comunicação, Professor da disciplina SGSO da Universidade Anhembi Morumbi, do Curso de Aviação Civil. E-mail: alfurtado@anhembi.br

padrões de segurança da indústria aeronáutica. Já na seção 3, uma discussão a respeito das soluções encontradas para problemas aerodinâmicos como o boom sônico e a eficiência de combustível. A seção quatro apresenta dois projetos de aeronaves supersônicas que esbanjam tecnologia e inovação: o Boom Overture e o NASA/Lockheed Martin X-59. Por fim, a seção 5 analisa as soluções tecnológicas implementadas no projeto Boom Overture, que aparenta ser o mais proeminente na corrida pelo retorno dos voos comerciais supersônicos.

1 HISTÓRIA DO TRANSPORTE SUPERSÔNICO

Neste capítulo serão mostrados os primeiros e os últimos passos do transporte aéreo supersônico de passageiros, desde a “corrida” nos anos 1960 para o desenvolvimento do primeiro Supersonic Transport (SST) até o final das operações deste tipo de aeronave.

1.1 A Corrida: Concorde Versus Tupolev Tu-144

Em 1962, quinze anos após o primeiro voo supersônico realizado por Chuck Yeager na aeronave Bell X-1, britânicos e franceses firmaram um acordo cujo objetivo era o pioneirismo no desenvolvimento de uma aeronave comercial supersônica: as empresas British Aerospace e Aerospatiale ficariam responsáveis pelo projeto da fuselagem, enquanto Rolls-Royce e SNECMA ficariam encarregadas de desenvolver o motor. Tal projeto teria de transpor desafios como o superaquecimento da fuselagem, devido ao atrito com o ar, e os esforços estruturais que ocorrem nas velocidades supersônicas, além da criação de um motor potente o suficiente para que a aeronave atingisse tais velocidades.

Contudo, os britânicos e os franceses não eram os únicos interessados neste projeto: os soviéticos também buscavam o pioneirismo na confecção de tal aeronave, de modo a utilizarem da espionagem para desenvolver seu projeto, tanto que, em 1965, um alto executivo da Aeroflot fora preso em Paris em posse de documentos contendo informações reservadas sobre o projeto anglo-francês. O resultado da espionagem foi o desenvolvimento do Tupolev 144, cujo primeiro voo ocorreu em 31 de dezembro de 1968, apenas dois meses antes do primeiro voo do Concorde, resultado da parceria anglo-francesa, este que realizaria seu primeiro voo em 2 de março de 1969.

1.2 O Início Do Transporte Supersônico De Passageiros

Apesar de o Tu-144 ter sido o primeiro *Supersonic Transport* a voar, a corrida para o início do transporte supersônico de passageiros de fato ainda estava longe de ser vencida: seu projeto, acelerado com o objetivo de ser finalizado antes daquele em desenvolvimento pelos britânicos e franceses, apresentava certos problemas, entre eles a necessidade do uso constante do pós-combustor para se manter supersônico no regime de cruzeiro (o Concorde não precisava) e a alta velocidade no pouso, entre 315 km/h e 333 km/h, comparada aos 287 km/h a 296 km/h do Concorde. Além disso, sua fuselagem era composta por grandes painéis e desenvolvia fissuras estruturais sob esforços menores que aqueles originalmente projetados, as quais propagavam-se de maneira rápida. Vale ressaltar que o período de ensaios em voo do Tu-144 durou apenas 800 horas, comparado às 5000 horas de ensaios em voo do Concorde.

De acordo com Beresnevicius (2018), falhas de projeto, somadas a uma cabine de passageiros ruidosa e desconfortável e ao acidente no show aéreo de Paris de 1973, em Le Bourget, foram decisivas para o atraso do início dos voos comerciais do Tu-144, fazendo com que o Concorde vencesse a corrida pelo transporte supersônico de passageiros: em setembro de 1973, este realizava seu primeiro voo transatlântico e, em 1976, British Airways e Air France realizavam seus primeiros voos regulares com passageiros, encerrando as operações em 2003, enquanto o Tu-144 ficaria relegado a realizar apenas uma rota doméstica, entre Moscou e Alma-Ata, de 1978 a 1983. Em contrapartida, o Concorde foi um marco na aviação: luxuoso, realizava voos a 60.000 pés de altitude e à velocidade de Mach 2, “encurtando” as distâncias entre importantes cidades, como Londres e Nova Iorque, realizando esta etapa em apenas três horas.

1.3 O Encerramento Das Operações de Transporte Supersônico

Apesar da fama, o Concorde provou-se um fracasso comercial: apenas 20 aeronaves, dentre as quais 6 eram para testes e 14 para uso comercial, foram produzidas e seus únicos operadores foram British Airways e Air France, utilizando-o num número reduzido de rotas. Além disso, segundo Tikkanen (2020), seus custos de desenvolvimento foram tão elevados que sua operação não foi capaz de cobri-los. Problemas operacionais como o ruído excessivo, a onda de choque causada pela quebra da barreira do som, o elevado consumo de combustível e os altos custos operacionais, somados ao acidente fatal em Paris, em julho de

2000, foram determinantes para que sua operação fosse encerrada precocemente e o desenvolvimento de um novo Supersonic Transport demorasse para ser cogitado novamente.

No próximo capítulo serão expostos os desafios que deverão ser transpostos para que seja viável o retorno deste tipo de operação, entre eles a diminuição da onda de choque, a atenuação do arrasto e a motorização necessária para uma aeronave comercial supersônica.

2 DIFICULDADES DO TRANSPORTE SUPERSÔNICO

Neste capítulo serão expostos os desafios que deverão ser transpostos para que o transporte supersônico de passageiros volte a ser viável. Entre elas, está o estrondo causado pela quebra da barreira do som, o arrasto encontrado durante o voo supersônico e a motorização específica para tal regime.

2.1 Boom Supersônico

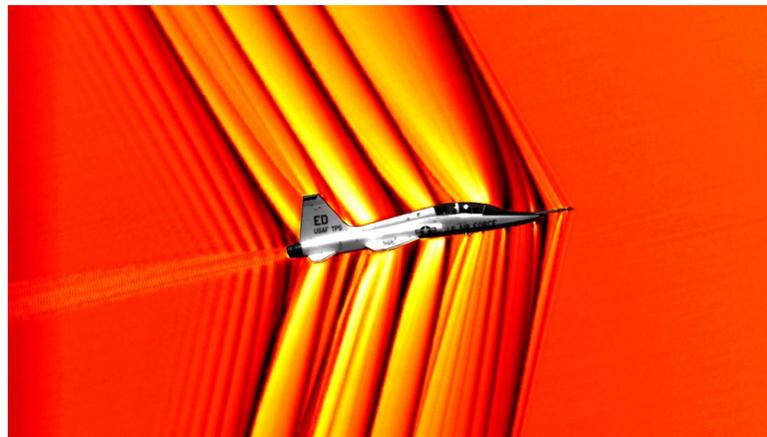
Toda aeronave que está em deslocamento está empurrando moléculas de ar com muita força enquanto voa, tal qual um barco que empurra água em seu caminho. Mas quando essa mesma aeronave ultrapassa a velocidade do som, essas moléculas não conseguem sair do caminho rápido o suficiente, e então começam a se agrupar ao redor da frente e dos lados da aeronave. Esse agrupamento tem como resultado uma onda de choque de moléculas de ar pressurizadas, que formam um invólucro ao redor da aeronave com uma forma de cone. (Tyson, 2004)

A apresentada onda de choque em forma de cone não seria um problema caso perdesse força à medida que se deslocasse para longe da aeronave, porém não é o caso. Com uma aeronave supersônica convencional, o cone mantém sua forma até o solo, e quando a onda de choque chega até uma pessoa, ela sentirá o acúmulo e o alívio de pressão gerado pela aeronave em voo supersônico, por meio de algo parecido com um “BOOM-BOOM”. Dependendo do tipo de aeronave, essa pessoa pode sentir até 3 “booms” em sequência, devido às várias áreas que geram acúmulo de pressão do ar, como o nariz da aeronave, asas, estabilizadores, entradas de motor, etc.

A mudança de pressão que passa por alguém em solo resultando da onda de choque de uma aeronave em voo supersônico não é maior que a diferença de pressão sentida quando se desce três andares em um elevador, a questão é que todo o fenômeno acontece em milésimos de segundo, o que eleva o mal estar de alguém que está no caminho de uma aeronave em velocidade supersônica.

Vários fatores irão influenciar o quão grande o “boom” será, incluindo o tamanho da aeronave, seu peso e forma, assim como sua altitude, atitude e trajetória de voo.

Entre 1961 e 1964, a FAA (Administração Federal de Aviação Estadunidense) e a Força Aérea Americana realizaram testes para saber qual seria a opinião pública em duas grandes cidades no Missouri em Oklahoma City, Oklahoma, voando aeronaves B-58 em velocidades supersônicas. Após a pesquisa, uma em cada quatro pessoas reportaram que não conseguiriam conviver com o barulho de um “boom sônico.” (Hutson, 2021). Logo após, em 1973, o órgão regulador de aviação civil dos EUA banuiu os voos supersônicos sobre terra.



Ondas de choque na aeronave F-5

Fonte: NASA (2016)

2.2 Arrasto Supersônico

A maior consequência do voo supersônico são as ondas de choque formadas na aeronave quando a mesma ultrapassa a velocidade do som. Porém, como resquício dessas ondas de choque, existe também o arrasto que as mesmas produzem, uma vez que após uma onda de choque se formar, a mesma gera um caminho de ar turbulento atrás da aeronave. Conforme demonstrado na fórmula do coeficiente de arrasto em uma aeronave, expressa por $D = C_d \times A \times 0.5 \times \rho \times V^2$ ⁴, observa-se que a força de arrasto aumenta proporcionalmente ao quadrado da velocidade. Ao mesmo tempo, ao se atingir a velocidade do som, um objeto, em função das ondas de choque, terá o seu arrasto aumentado significativamente.

⁴ D= Arrasto; C_d= Coeficiente de arrasto; A= Área do objeto; ρ= Densidade do Fluido; V= Velocidade do objeto.

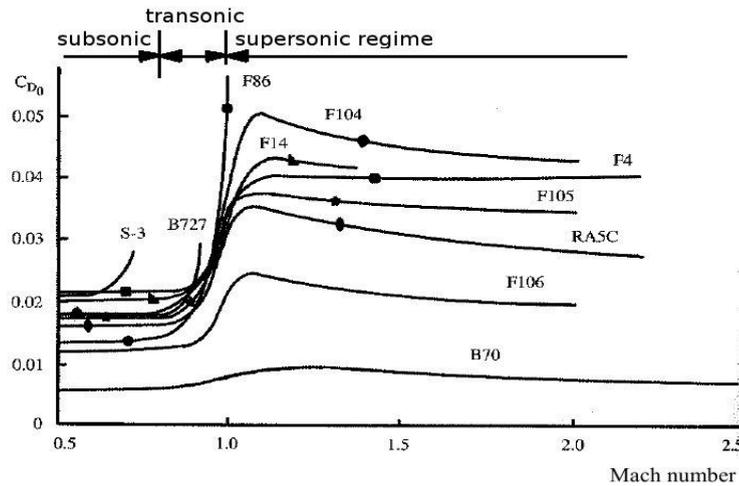


Gráfico 01: Coeficiente de arrasto de diversas aeronaves.

Fonte: Raymer, D. (1992, p. 298)

2.3 Motorização

Um dos maiores motivos da questão da viabilidade do transporte em velocidades supersônicas é a motorização das aeronaves. Para voos supersônicos, é desejável ter uma razão de bypass pequena em motores turbofan, ou até mesmo motores que são jato puro. Estas foram as soluções encontradas para os jatos que foram utilizados em voos supersônicos de passageiros. Porém, não foi encontrado um equilíbrio entre consumo em regime subsônico e regime supersônico para estes motores. Como exemplo, os motores do Concorde, os famosos Rolls-Royce Olympus 593 TurboJet, eram motores que possuíam pós-queimadores, utilizados na fase de decolagem e também na fase de aceleração, onde a aeronave saía do Mach 0.80 para o Mach 1.7, no qual seu consumo chegava a 22,5 toneladas de JET-A1 por hora.

2.4 Motores Turbofan

Para entendermos o que está sendo planejado para os novos projetos de aeronaves supersônicas, coloca-se que nenhum motor a jato irá gerar empuxo útil tendo ar em velocidades supersônicas entrando em seus compressores. Logo, se encontra uma solução para este problema nas entradas de ar variáveis das aeronaves, onde se cria uma área maior na frente do motor do que na entrada de ar, assim fazendo com que este mesmo ar se desloque a velocidades menores que o Mach 0.7, região onde um motor consegue fazer a compressão de ar, assim gerando potência necessária para deslocamento.

O segundo ponto é que um motor turbofan consegue ter muita potência, porém o seu empuxo específico é maior em menores velocidades, já que o seu conceito é mover grandes quantidades de ar mais lentamente; logo, o “delta-v” do motor começa a decair no momento que a aeronave começa a voar na mesma velocidade que o ar sendo deslocado pelo motor sai do mesmo.

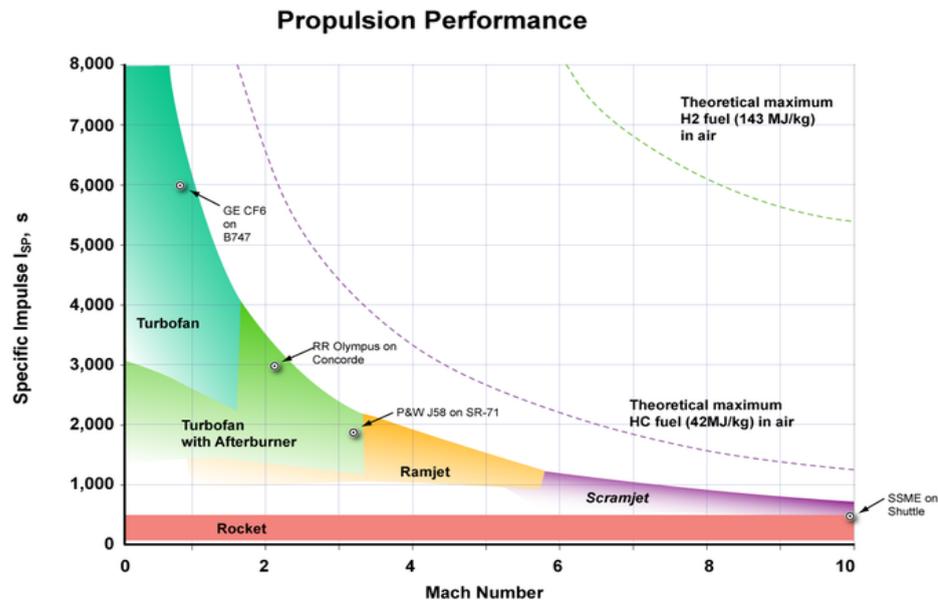


Gráfico 02: Empuxo específico de motores em relação ao número Mach.

Fonte: COMMONS (2009)

Serão discutidos no próximo capítulo os caminhos encontrados para que sejam reduzidos os efeitos negativos do voo supersônico, citados no capítulo 2 deste artigo.

3 SOLUÇÕES ENCONTRADAS

Aqui serão apresentadas as soluções encontradas para os problemas referentes ao voo supersônico apresentados no capítulo 2: o estrondo sônico causado pela quebra da barreira do som e o arrasto encontrado durante o regime de voo supersônico.

3.1 Aeronaves “Low-boom”

Segundo Brandon (2019), é possível que uma aeronave em regime supersônico tenha um menor estrondo, devido às pressões aerodinâmicas, se a mesma possuir características que façam com que essas mesmas ondas de pressão não se acumulem em razão das formas físicas da aeronave. Um avião que tenha um boom supersônico menor, deve ter um longo nariz, asas que fiquem longe de outro ponto que encontre o ar diretamente, e motores

preferencialmente acima da aeronave para que assim, o estrondo sônico seja menor. O benefício do mesmo seria a possibilidade de se realizar voos supersônicos acima de continentes, abrindo novas rotas além daquelas sobre os oceanos.

3.2 Avanços em Aerodinâmica para eficiência de combustível

Existem também exemplos em aerodinâmica que foram utilizados em protótipos militares e não foram implementados nas aeronaves comerciais devido à sua complexidade e recente descoberta, não sendo completamente estudadas para o uso comercial.

3.2.1 Regra de área

Durante os primeiros anos do voo supersônico, aeronaves militares sofreram com a potência de motores, como por exemplo o YF102. O modelo de aeronave com a motorização original não atingiu o Mach 1. Após pesquisas e experimentos, um pesquisador do Comitê Nacional para Aconselhamento sobre Aeronáutica (NACA) chamado Dr. Ritchcomb fez experimentos em túnel de vento e descobriu que quando colocava uma asa em um cilindro com o fluxo de ar em velocidade supersônica, o arrasto de pressão quase dobrava. Realizando outro experimento, verificou que um estreitamento no corte transversal da fuselagem na área da asa diminuiria significativamente o arrasto criado quando a mesma fosse colocada no cilindro. Assim se teve a regra de área, basicamente um gráfico de como uma aeronave se comporta em fluxo supersônico dependendo da forma de sua fuselagem. Logo, uma aeronave com um leve estreitamento em sua fuselagem terá o arrasto de pressão diminuído, assim aumentando sua eficiência em regime supersônico. (Scott, 2002)

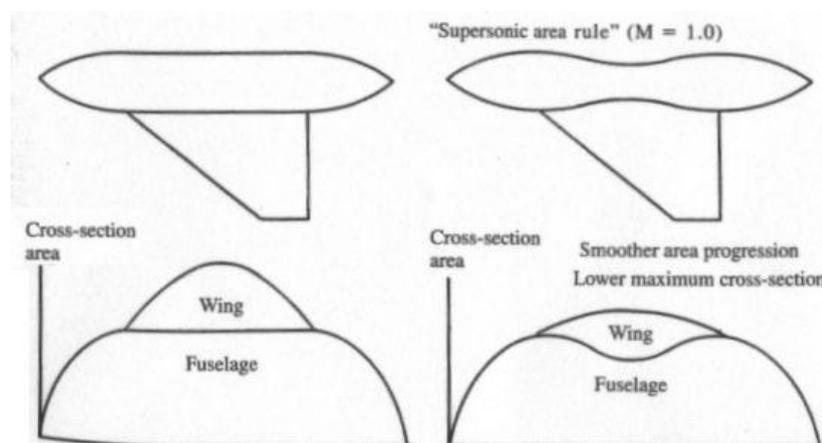


Figura 04: Esquema da forma perfeita da regra de área.

Fonte: Scott (2002)

3.2.2 Fuselagem “Chinadas”

O termo “Chine” na língua inglesa, para fuselagens, se refere ao conceito da asa se estender ao longo da fuselagem da aeronave, ou se encontrar em seu nariz. Em voos supersônicos esse fração de asa ajuda em muito a equilibrar o coeficiente de sustentação já que o centro de sustentação tende a se deslocar para a parte traseira da aeronave.

O Concorde utilizava tanques de combustível na cauda, e quando em regime de voo supersônico, transferia combustível para os mesmos citados, fazendo com que a cauda não subisse. O avião militar SR-71 utilizou esta técnica, e 17% a 20% da sustentação em voo supersônico vinha das asas próximas ao nariz.



Figura 05: Avião supersônico SR-71

Fonte: Lima (2013)

4 PROJETOS BOOM SUPERSONIC OVERTURE E NASA/LOCKHEED MARTIN

Neste capítulo serão expostos os projetos sendo estudados/construídos, com inovações para a continuidade do estudo do voo supersônico.

4.1 Boom Overture.

Para suceder o tão emblemático Concorde, a empresa Boom está desenvolvendo um projeto totalmente novo e inovador e assim por fim conseguir mudar o cenário que o

Concorde teve. O Overture é o projeto da empresa para a realização de transportes em velocidade supersônica.

A Boom foi fundada no ano de 2014 por Blake Scholl, ex-executivo do Groupon e Amazon, inicialmente no porão da sua casa e motivado por um sonho.

Scholl não era veterano na aviação então trouxe diversos veteranos no assunto. Por exemplo, o engenheiro chefe da Boom, é um ex-funcionário da SpaceX, empresa de Elon Musk.

Agora, 19 anos depois do fim das operações do Concorde, a Boom Technology está planejando colocar no ar um avião que promete reduzir na metade o tempo que costumamos cruzar o continente. A Boom anunciou que pretende introduzi-lo nas rotas comerciais em 2029.

O desenvolvimento e a certificação do projeto da aeronave e seu motor devem chegar a US\$6 bilhões, necessitando de muitos investidores da série C para conseguirem arrecadar fundos no seu desenvolvimento. Foi arrecadado dinheiro suficiente na série B para conseguir marcos importantes para o Overture: Pilotar o demonstrador para comprovar o seu funcionamento e tecnologia, aumentar o número de pedidos, levando as peças e fornecedores chaves para os motores, estrutura e aviônicos e plotar o processo de certificação, o qual apresenta muitas condições especiais, mas com precedentes.

Segundo a empresa, o jato será capaz de transportar até 85 passageiros a um custo per capita de US\$5 mil até US\$7 mil ida e volta, preço que se equivaleria a uma classe executiva atual.

A Boom Technology diz que 500 rotas seriam viáveis para operar o Overture: A Mach 1.7 sobre a água, a rota entre Nova York e Londres demoraria 3 horas e 30 minutos de voo; entre Newark e Frankfurt, 4 horas. Possui 4500 milhas náuticas de autonomia, fazendo com que voos transpacíficos exijam paradas para reabastecer: São Francisco e Tóquio seriam separados por apenas 6 horas.

Inicialmente, a empresa projetava para o Overture uma velocidade de cruzeiro próxima de Mach 1.0 para se adequar às rotas de outras companhias aéreas em voos transpacíficos e também para o ruído do aeroporto se manter no estágio 4, semelhante a outras aeronaves subsônicas ou projetos que se adequam a um menor ruído.

Brett Scholl anunciou no Paris Air Show de junho de 2019 que a introdução do Overture foi adiada de 2023 para 2025, podendo se estender até 2027, depois de uma campanha de testes com 6 exemplares.

Em Setembro de 2020, a empresa anunciou sua contratação pela Força Aérea dos Estados Unidos, a qual prevê um fundo de US\$60 milhões para desenvolver um possível projeto do Overture para ser utilizado como Air Force One.

No dia 7 de outubro de 2020, a Boom apresentou publicamente seu demonstrador XB-1, versão feita com um terço do tamanho da versão original e que realizou os primeiros voos em 2021, e que também iniciará os testes em túneis de vento e de danificação para o Overture.

O Overture no momento é o avião supersônico mais sofisticado sendo desenvolvido para transporte de passageiros.



Figura 06: Aeronave Overture, sendo desenvolvida pela Boom Supersonic.

Fonte: Boom (2021)

4.2 NASA/Lockheed Martin X-59 QueSST.

Com a finalidade de possibilitar a operação supersônica comercial sobre o continente, NASA e Lockheed Martin estão na fase final de concepção do X-59, uma aeronave supersônica cujo desenho tem como objetivo reduzir a intensidade e o ruído da onda de choque causada pela quebra da barreira do som, buscando um nível de 66dB, comparado aos 110dB do Concorde. A aeronave, já em fase de construção, está prevista para voar em 2024.



Figura 07: Aeronave X59, sendo Desenvolvida pela NASA/Lockheed Martin
Fonte: Lockheed Martin (2019)

A proposta da NASA e Lockheed Martin é, por meio de voos supersônicos do X-59 sobre cidades norte-americanas selecionadas, coletar dados da opinião pública de aceitação ou não dos novos níveis de ruído ocasionados pela operação supersônica da aeronave e enviá-los à OACI e outros órgãos reguladores até 2027. Caso a opinião pública seja favorável, projetos civis como o Boom Overture terão a possibilidade de tornar viáveis as operações domésticas supersônicas dentro dos EUA.

A estratégia da NASA, segundo a própria fabricante, é uma aeronave de longo nariz e superfícies aerodinâmicas que fazem com que as ondas de choque se desencontrem, fazendo assim com que a percepção do estrondo supersônico seja menor para as comunidades em terra. Além disso, o motor, cujo modelo ainda não foi especificado, será na parte superior da aeronave, direcionando seu ruído para longe das partes sobrevoadas.

Os testes da maquete do X-59 no túnel de vento já se iniciaram, fornecendo aos projetistas informações referentes à onda de choque formada em torno da aeronave. Para tal, foi utilizado um modelo de aproximadamente 45 centímetros de comprimento e o túnel de vento supersônico NASA Glenn. Os resultados destes testes foram muito semelhantes aos resultados encontrados nas simulações computadorizadas anteriores: tanto a posição quanto a intensidade das ondas de choque coincidiram com as previsões das simulações feitas por computador. Os testes mostraram-se promissores: segundo John Wolter, líder do grupo de pesquisas em testes no túnel de vento, tais testes provaram que não só a aeronave será mais silenciosa, mas também que a NASA possui as ferramentas necessárias para estimar o ruído de futuras aeronaves.

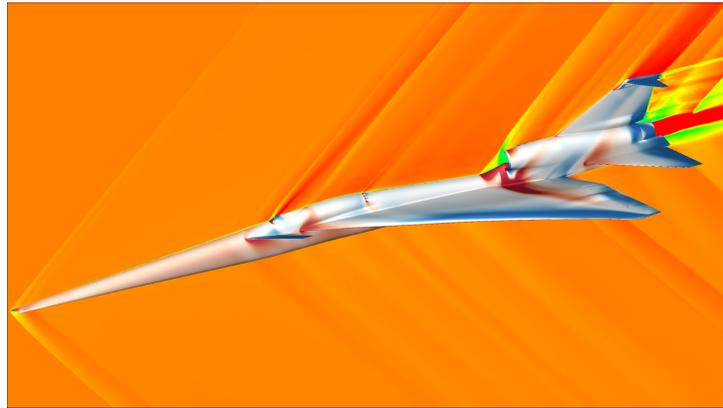


Figura 08: Modelo computadorizado da aeronave X-59 mostrando as áreas de maior (vermelha) e menor (azul) pressão superficial sobre a aeronave e as áreas de maior (vermelha) e menor (azul) velocidade do ar em seu entorno após uma simulação computadorizada.

Fonte: NASA (2022)

No próximo capítulo serão analisadas as soluções técnicas referentes ao voo supersônico implementadas no Boom Overture.

5 ANÁLISE DAS SOLUÇÕES IMPLEMENTADAS NO BOOM OVERTURE

Neste capítulo discorre-se sobre detalhes técnicos do Boom Overture, aeronave que promete revolucionar o mercado de transporte supersônico nos próximos anos.

Apresentado pela companhia americana Boom em 2017, o projeto da aeronave denominada Overture promete transportar de 65 a 88 passageiros a uma velocidade quase duas vezes maior que a das aeronaves convencionais, de Mach 1.7.

Semelhante ao Concorde, o Overture possui asas ogivais, detentoras de características que não são encontradas em nenhum outro formato de asa. As asas ogivais produzem sustentação suficiente em um grande espectro de ângulos de ataque em relação ao fluxo de ar, inclusive em ângulos que fariam qualquer outro tipo de asa estolar. Isso permitiu o Concorde e permitirá ao Overture operar em uma ampla variedade de velocidades simplesmente alterando o seu ângulo de ataque. (Carafoli, 2013)

As asas em formato delta estão presentes nas aeronaves supersônicas justamente com a finalidade manter a onda de choque em toda a extensão da asa, ao contrário da asa enflechada ou reta que poderia ser danificada ou perder sustentação voando a velocidades supersônicas. (Benson, 2013)

Seguindo os regulamentos de aviação de todo o mundo, o Overture não atingirá velocidades supersônicas em áreas habitadas como sobre terra firme ou litorais, apenas em regiões desabitadas como oceanos e desertos. A empresa não divulgou quais técnicas pretende utilizar para reduzir o boom sônico.

A Boom tem a intenção de utilizar motores turbofan de média razão de bypass, sem *afterburners*, no intuito de maximizar a eficiência de combustível ao passo que minimiza os impactos do ruído nas comunidades.

Fehrm (2016) afirma que a carência de motores adequados para esse tipo de projeto é o maior vilão de todos os projetos atuais de transporte supersônico. Segundo ele, os únicos motores disponíveis são de jatos militares, mas estes não possuem a economia de combustível e a confiabilidade necessárias para a operação de transporte civil.

Também está nos planos da fabricante que o Overture seja o primeiro avião supersônico que utiliza 100% de combustíveis sustentáveis de aviação, com vistas inclusive a uma operação carbono neutro, compensando todo o carbono gerado pela combustão nos motores.

Segundo a própria fabricante Boom Supersonic (2020), foi anunciada uma colaboração com a fabricante de motores britânica Rolls-Royce para a busca de um motor que seja compatível com o voo supersônico mas que também tenha eficiência em outros tipos de regime de voo, para alcançar a meta de 30% de eficiência de combustível em relação ao concorde.

A eficiência de combustível também não virá somente do sistema de propulsão da aeronave, que já contará com um motor a menos que o concorde, somente 3. Segundo a fabricante, o Overture será feito puramente de materiais compósitos, o que trará maiores possibilidades na parte material da aeronave. Além do peso geral da aeronave, já que os materiais compósitos são mais leves e resistentes que o alumínio, uma delas é a maior capacidade de modelagem da fuselagem, que fará com que o conceito da regra de área seja incorporada no avião. Como explicado no capítulo 4.2.1, essa mudança deverá reduzir o arrasto de pressão criado pela fuselagem. O concorde não teve essa característica devido a complexidade que existiria em modelar alumínio de um jeito que a regra de área fosse implementada. A Boom também acrescenta que a fuselagem do Overture terá um “Chine”. Além disso, a asa do Overture irá se estender até próximo do nariz, trazendo mais sustentação na parte frontal da aeronave. Isso será benéfico pelo motivo de, como discutido no capítulo 3.2.2, a aeronave não necessitar de sistemas complicados para balancear a

mesma em regimes supersônicos, como o Concorde tinha no seu sistema de combustível, deixando assim a aeronave mais leve.

Outra vantagem é que materiais compósitos trazem mais tolerância em relação ao calor que o ar em atrito com a fuselagem produz. Scott (2004) afirma que o concorde expandia em até 30 centímetros em relação a seu tamanho em solo/voo subsônico devido às altas temperaturas que experimentava em voo supersônico, o que fazia o custo de manutenção maior devida às várias inspeções necessárias. Além dos materiais de construção, o overture terá sistemas de câmeras implementadas na aeronave, para visualização do pouso em elevados ângulos de ataque, devido a asa ogival, em baixas velocidades, pousos e decolagens. O Concorde utilizava um sistema hidráulico extremamente pesado, que fazia o nariz da aeronave baixar para que os pilotos tivessem visão à frente do avião em baixas velocidades. Segundo a Boom (2021) o “Forward Looking Vision System”, em português, Sistema de Visão à Frente, fará com que o projeto seja mais simples, com menores custos de projeto, manutenção e operação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No início deste artigo foram apresentados os problemas e dificuldades referentes ao transporte aéreo supersônico que fizeram com que o Concorde, aeronave cujo serviço fora o mais longo quando comparado ao seu “rival”, o Tu-144, tivesse sua operação abreviada. Mas afinal, o transporte aéreo supersônico é algo viável? Os problemas apresentados na operação do Concorde, como o elevado consumo de combustível e o ruído, possuem solução? Existe algum projeto atualmente tentando reviver tal tipo de operação? Pois bem, os projetos Boom Overture e Lockheed Martin/NASA X-59 têm respondido tais questões e mostrado resultados otimistas.

Apesar dos desafios se mostrarem complexos, os projetistas de tais aeronaves têm encontrado soluções para transpô-los, desde o formato e a composição material da fuselagem das mesmas até sua motorização e o consumo de combustível, soluções estas que não só têm se mostrado úteis para atenuar os problemas técnicos da operação supersônica, mas também para diminuir seus custos operacionais: conforme exposto no capítulo 5, a Boom prevê que os custos de manutenção diminuirão com uma fuselagem mais resistente. Além disso, o uso de um motor mais eficiente quanto ao consumo de combustível também será determinante para tal economia. Quanto ao ruído causado pelo estrondo sônico, um dos grandes dificultadores da operação discutida neste trabalho, Lockheed Martin e NASA estão

trabalhando conjuntamente no X-59 para futuramente obterem resultados que, por meio da opinião pública, concluirão se o voo supersônico comercial poderá ou não ser efetuado sobre o continente, abrindo assim o leque de destinos deste tipo de operação, influenciando diretamente o seu crescimento ou declínio.

Com clientes civis e militares já interessados no projeto Boom Overture e os resultados positivos dos testes do modelo em escala do Lockheed Martin X-59 no túnel de vento, o transporte aéreo supersônico tem pela frente um futuro aparentemente promissor dentro das próximas décadas, respondendo, até o momento, afirmativamente aos questionamentos sobre sua viabilidade técnica e soluções para os problemas anteriormente encontrados.

REFERÊNCIAS

GREGERSEN, Erik. **Supersonic Flight**, JUL. 1998. Encyclopedia Britannica. Disponível em: <<https://www.britannica.com/technology/supersonic-flight#ref208861>>. Acesso em 12 ABR. 2022.

BERESNEVICIUS, Rytis. **The Lost Brother of Concorde: The story of Tupolev-144**, DEZ. 2018. Aerotime Hub. Disponível em: <<https://www.aerotime.aero/articles/23029-lost-brother-of-concorde-story-tupolev-tu-144>>. Acesso em 12 ABR. 2022.

HISTORY. **Soviets test supersonic airliner**, NOV. 2010. Section This Day In History. Disponível em: <<https://www.history.com/this-day-in-history/soviets-test-supersonic-airliner>>. Acesso em 13 ABR.2022.

TIKKANEN, Amy. **Concorde**, SET. 2020. Encyclopedia Britannica. Disponível em: <<https://www.britannica.com/technology/Concorde>>. Acesso em 16 ABR. 2022.

TYSON, Peter. **Shock Treatment**. NOVA Science program, JAN. 2004. Disponível em: <<https://www.pbs.org/wgbh/nova/concorde/shock.html>>. Acesso em 16 ABR.2022.

CLEVELAND, Cutler J.; MORRIS, Christopher. **Handbook of Energy**. Volume II: Chronologies, Top Ten Lists, and Word Clouds: Elsevier, 2014.

MASON, W.H. **Some Supersonic Aerodynamics**: Configuration Aerodynamics Class.Blacksburg, 2016. Disponível em: <http://www.dept.aoe.vt.edu/~mason/Mason_f/SupersonicPres.pdf>. Acesso em 18 ABR.2022

HUTSON, Matthew. **Will We Ever Fly Supersonically Over Land?** The New Yorker, Nova Iorque, JUN. 2021. Disponível em: <<https://www.newyorker.com/tech/annals-of-technology/will-we-ever-fly-supersonically-over-land>>. Acesso em 18 ABR. 2022.

BAXTER, Alexander; EHRICH, Fredric. **Low-bypass turbofans and turbojets**, SET. 2020. Encyclopedia Britannica. Disponível em: <<https://www.britannica.com/technology/jet-engine/Low-bypass-turbofans-and-turbojets>>. Acesso em 18 ABR. 2022.

BENSON, Lawrence R.. **Quieting the boom**: the shaped sonic boom demonstrator and the quest for quiet supersonic flight. National Aeronautics and Space Administration, 2013.

CLEARY, Spencer. **The Supersonic Performance of High Bypass Ratio Turbofan Engines with Fixed Conical Spike Inlets**. 2018. Mestrado em engenharia aeroespacial - Arizona State University, Phoenix, 2018.

VIANA, Pedro. **Tipos de asa e sua aerodinâmica**. Aeroflap, Brasília, JUN. 2015. Disponível em: <<https://www.aeroflap.com.br/tipos-de-asa-e-sua-aerodinamica-delta/>>. Acesso em 28 ABR.2022.

CARAFOLI, Elie. **Wing Theory in Supersonic Flow**. International Series of Monographs in Aeronautics and Astronautics. Houston: Pergamon, 2013.

CONCORDESST. **Technical Specifications**. 2003. Disponível em: <<http://www.concordesst.com/powerplant.html>>. Acesso em 20 ABR. 2022.

NORDQVIST, Melker. et al. **Conceptual Design of a Turbofan Engine for a Supersonic Business Jet**. 2017. Mälardalen University, Västerås, 2017.

FEHRM, Bjorn. **Will Boom succeed where Concorde failed?** Leeham News and Analysis, NOV. 2016. Disponível em: <<https://leehamnews.com/2016/11/17/will-boom-succeed-concorde-failed/>>. Acesso em 20 ABR. 2022.

BRANDON, Jay **X-59: Sonic Booms Explained**. NASA Video, Youtube, AGO 2021. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=laM0Nv8nkw4>>. Acesso em 20 ABR. 2022

SCOTT, Jeff. **Area rule and transonic flight**. Aerospace.org. JUN. 1997. Disponível em: <<http://www.aerospaceweb.org/question/aerodynamics/q0104.shtml>> Acesso em 05 MAI. 2022.

BOOM. **Overture**. Boom Supersonic. 2022. Disponível em: <<https://boomsupersonic.com/overture>>. Acesso em 05 MAI. 2022.

ZUDELL, Doreen; Russell, Jimi. **Taming the Boom**. NASA. JAN. 2022. Disponível em: <<https://www.nasa.gov/feature/glenn/2022/taming-the-boom>>. Acesso em 13 MAI. 2022.

BOOM. **How technology is solving one of the biggest supersonic design challenges: Visibility**. Boom Supersonic. MAI 2021. Disponível em: <<https://blog.boomsupersonic.com/how-technology-is-solving-one-of-the-biggest-supersonic-design-challenges-visibility-e269789f411a>>. Acesso em 14 MAI. 2022.

BOOM. **BOOM apresenta seu novo avião supersônico**. OUT 2020. Disponível em: <<https://www.aeroflap.com.br/boom-apresenta-seu-novo-aviao-supersonico>>. Acesso em 13 MAI. 2022.

BOOM. **Novo Concorde: Supersônico sustentável Overture está a caminho da certificação**. OUT 2021. Disponível em: <<https://olhardigital.com.br/2021/10/14/carros-e-tecnologia/novo-concorde-supersonico-sustentavel-overture-esta-a-caminho-da-certificacao/>>. Acesso em 13 MAI. 2022.

LIMA, Carlos **Aprenda a voar um SR-71 Blackbird**. Defesa Aérea & Naval. SET 2013. Disponível em:

<<https://www.defesaareanaval.com.br/aviacao/video-aprenda-a-voar-um-sr-71-blackbird>>.
Acesso em: 14 MAI. 2022.

LOCKHEED MARTIN. **Shaping X-59 QueSST at Skunk Works.** News & Events. FEV 2021. Disponível em:

<<https://blog.boomsupersonic.com/how-technology-is-solving-one-of-the-biggest-supersonic-design-challenges-visibility-e269789f411a>>. Acesso em 14 MAI. 2022.