

# TEORIA DE VOO DE ALTA VELOCIDADE

DESIRE FRANCINE GOBATO [desirefg@bol.com.br](mailto:desirefg@bol.com.br) RICARDO GOBATO [gobato@uel.br](mailto:gobato@uel.br)

## Introdução

Para iniciar um estudo relacionado com a Teoria de Alta Velocidade, é preciso saber que as aeronaves são classificadas de acordo com a velocidade em que as mesmas se deslocam, sendo: subsônicas, transônicas, hipersônicas ou supersônicas. Diretamente relacionada com a teoria ainda existem as chamadas ondas de pressão, que são ondas concêntricas impressas no ar por qualquer objeto que produza som ou que esteja se deslocando na atmosfera terrestre, estas se propagam a uma velocidade de 340 m/s ou 1224 km/h ao nível médio do mar. A aeronave em voo produz estas ondas, que se formam ao seu redor e se deslocam 360° ao redor da mesma. Neste estudo foi considerado o nariz da aeronave e a área de maior curvatura no extradorso da asa como formadoras de ondas de expansão, para se estudar a onda de choque, número de *Mach* e o número de *Mach* crítico.

## Objetivo

Apresentar como basicamente é constituída a teoria de alta em aeronaves subsônicas, transônicas, hipersônicas ou supersônicas, para um melhor entendimento de seu funcionamento relacionado ao avanço tecnológico dessas aeronaves conforme sua categoria. Estudando também as ondas de expansão, número de *Mach* e o número de *Mach* crítico.

## Material e métodos

Com base em livros disponíveis em meio digital e em bibliotecas públicas será feito o estudo aprofundado da Teoria de alta Velocidade, utilizando os métodos de pesquisa convencionais de cunho descritivo qualitativo. Observando também livros correlacionados com todo o período de desenvolvimento e experimento de aeronaves e motores usados em voo de alta velocidade.



Foto 1. Aeronave rompendo a barreira do som.

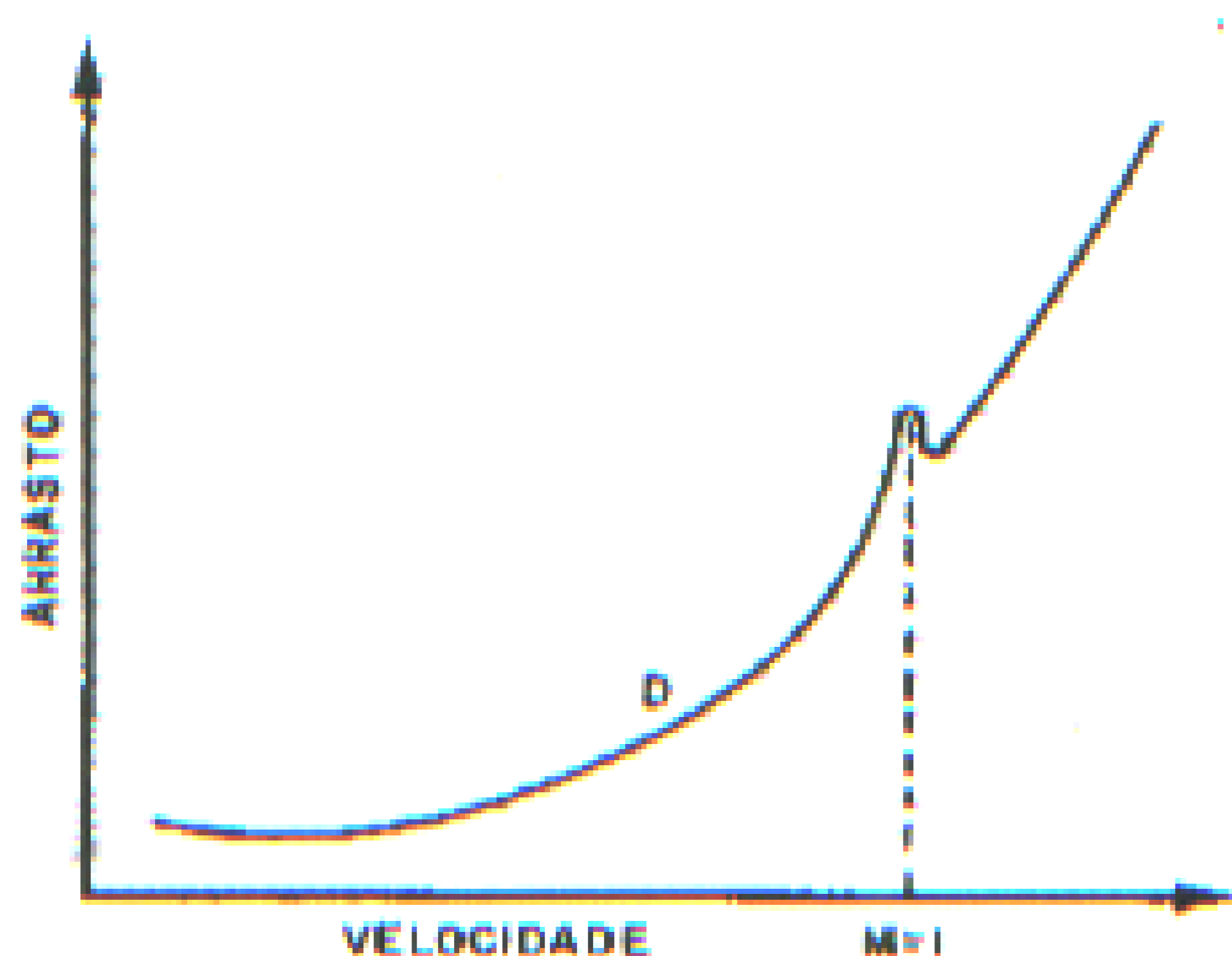


Figura 2. Relação curva de arrasto e velocidade. Podemos visualizar que a *Mach* 1 a curva de arrasto sofre um aumento exagerado, voltando a variar normalmente após esta velocidade, as aeronaves que voam acima de *Mach* 1 devem ter sobra de potência, para que possam ultrapassar esta “barreira sônica”.

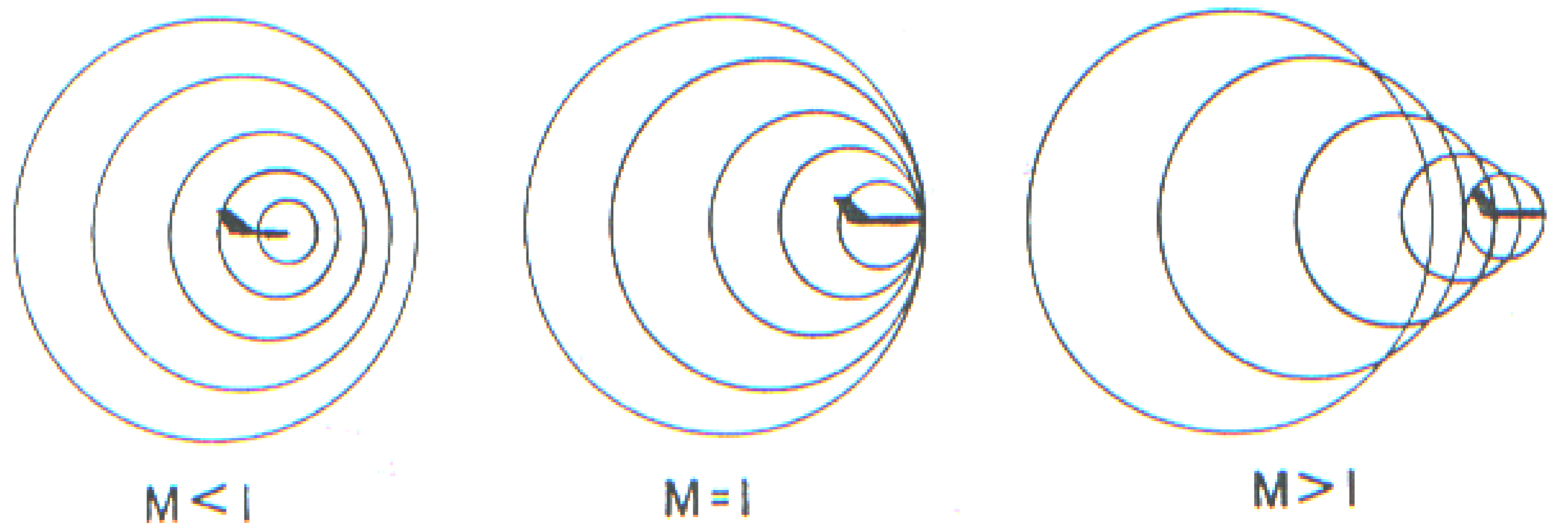


Figura 1. Relação da onda de choque, que é o acúmulo de ondas de pressão ou expansão no “nariz da aeronave” ou no extradorso da asa, na área de maior curvatura, com o número de *Mach*, representado pela letra M. Sendo o número de *Mach* é a razão entre a TAS (velocidade aerodinâmica verdadeira) e a velocidade do som no mesmo nível de voo, as ondas de choque podem variar de acordo com o número de *Mach*, e quando este é igual ou maior do que 1, essas ondas propagadas num raio de 360° em torno da aeronave vão formar uma figura tridimensional denominada “Cone de *Mach*”. Esse cone de Mach vai formar um ângulo em relação ao deslocamento de aeronave, denominado ângulo de Mach, sendo este inversamente proporcional ao aumento da velocidade.

## Fórmula para cálculo da Velocidade do Som

$$a = a_0 \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

a – Velocidade do Som no FL considerado;

$a_0$  – Velocidade do Som ao nível do mar;

$T_0$  – Temperatura ISA a nível do mar;

T – Temperatura ISA no FL considerado;

## Fórmula para cálculo do número de Mach

$$N. Mach = \frac{TAS}{A}$$

TAS – Velocidade Aerodinâmica Verdadeira (True Air Speed);

A – Velocidade do Som no FL considerado;

## Resultados e discussões

Na velocidade do som, as camadas de ar à frente do avião não podem ser “avisadas” de sua aproximação. São pegadas de surpresa e recebem o impacto do avião, sendo comprimidas e achatadas na forma de onda de choque. Utilizando a relação do Ângulo de *Mach* podemos notar que quanto maior a velocidade menor o ângulo. Quanto à compressibilidade as substâncias compressíveis e incompressíveis nota-se que volume varia de acordo com a pressão por ela suportada; quando a pressão é aumentada o volume diminui; pressão diminui volume aumenta; não havendo variação de volume conclui-se que a substância é incompressível.

## Conclusão

Conforme os dados obtidos no estudo observar-se que o *Mach* crítico, que é a velocidade em relação à velocidade do som, neste momento o arrasto passa a aumentar numa razão muito maior, exigindo valores muito altos de tração, elevando acentuadamente o consumo de combustível e isto se deve ao fluxo turbulento de ar após passar pela onda de choque, que se forma principalmente sobre as asas.

## Referências

- HOMA, Jorge M. **Aerodinâmica e Teoria de Vôo**. 25ª Ed. Asa. 2007. 120p.  
 MOCHO, Milton de Barros. **Teoria de Vôo de Alta Velocidade**. Rio de Janeiro: ETA - Editora Técnica de Aviação Ltda. 1974. 47p.  
 PINTO, Geraldo Souza. PINTO, L. S. **Piloto de Jato**. Asa. 2003. 304p.  
 SAINTIVE, Newton Soler. **Aerodinâmica de Alta Velocidade**. 8ª Ed. 2006. 130 p.  
 SAINTIVE, Newton Soler. **Teoria de Vôo: Introdução à Aerodinâmica**. 4ª Ed. 2006. 120p.