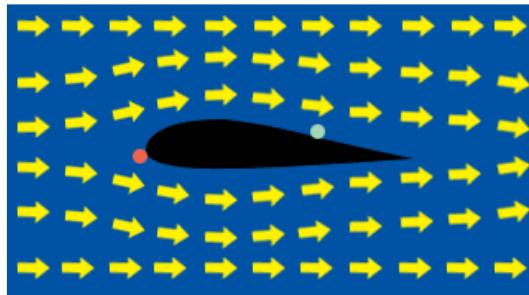




GENERALIDADES

Os aerofólios são baseados no princípio do Tubo de Venturi em que velocidades diferentes geram diferença de pressão a qual cria uma força sempre dirigida da alta pressão para a baixa – denominada de **RESULTANTE AERODINÂMICA** a qual é decomposta em sustentação e arrasto.



PERFIS/AEROFÓLIOS SIMÉTRICOS

Quando se passa uma linha no meio do aerofólio, obtém-se duas partes iguais. Existe menor diferença de velocidade e pressão entre o intra-dorso e o extradorso e por isso gera menos resultante aerodinâmica (sustentação e arrasto).



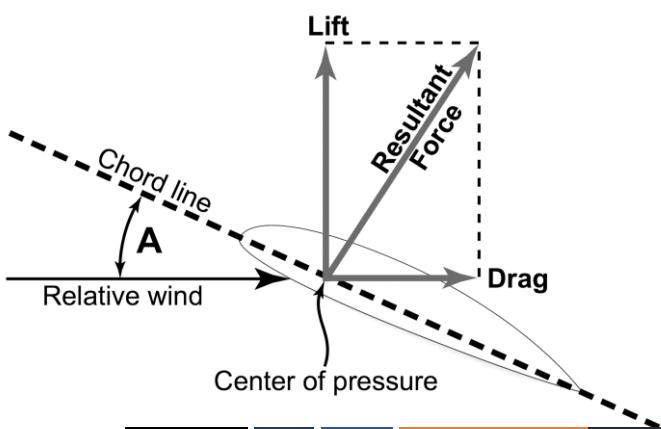
Perfil Simétrico

PERFIS/AEROFÓLIOS ASSIMÉTRICOS

Quando se passa uma linha no meio do aerofólio, obtém-se duas partes diferentes. Existe maior a diferença de velocidade, maior a diferença de pressão e por isso a resultante aerodinâmica obtida é maior (mais sustentação e arrasto).



Perfil Assimétrico



Para fins matemáticos, assume-se que todas as forças se originam em um único ponto da asa, denominado Centro de Pressão.

SUSTENTAÇÃO

É a componente perpendicular ao vento relativo da resultante aerodinâmica (vertical). Dirigida para cima, é a componente que sustenta o avião em voo.

ARRASTO

Componente paralela à direção do vento relativo da resultante aerodinâmica (horizontal). Dirigida para trás, é prejudicial ao desenvolvimento do voo.

OBS: O arrasto e a sustentação são sempre perpendiculares entre si.

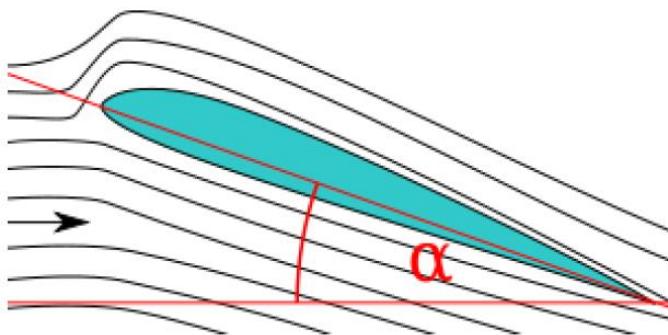
OBS: Embora existam duas “forças” denominadas de sustentação e arrasto, a **ÚNICA** força produzida pela asa é a **RESULTANTE AERODINÂMICA** e a sustentação e o arrasto são unicamente componentes desta resultante para melhor entendermos as situações.

OBS: A sustentação não é sempre vertical e o arrasto não é sempre horizontal, se a aeronave estiver subindo, por exemplo, o vento relativo estará inclinado para baixo, logo a sustentação será inclinada e o arrasto também, a sustentação e o arrasto permanecem perpendiculares entre si, mas não são mais vertical e horizontal em relação à linha do horizonte – conforme exemplifica o desenho abaixo:



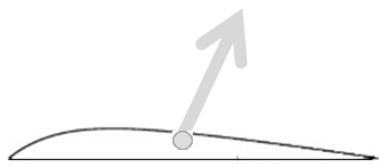
ÂNGULO DE ATAQUE

É o ângulo formado entre a corda do aerofólio e o vento relativo que incide no perfil. Quando há impacto do vento relativo combinado com a angulação do perfil (até um determinado limite) existe maior geração de resultante aerodinâmica, pois existirá mais assimetria percebida pelo vento relativo entre o intradorso e o extradorso.



AUMENTO DO ÂNGULO DE ATAQUE DO PERFIL ASSIMÉTRICO

Resultante Aerodinâmica (RA) se torna maior, devido a maior assimetria percebida pelo vento relativo. O perfil não muda, mas por estar angulado o VR (vento relativo) tem que se modificar mais para contornar o perfil – logo ele percebe uma assimetria maior. Além disso, quando há aumento do ângulo de ataque em um perfil assimétrico o centro de pressão avança para frente, fazendo uma espécie de balança com o aerofólio que o faz aumentar ainda mais o ângulo de ataque – aumentando a assimetria percebida pelo VR e por isso a RA. A figura abaixo exemplifica o processo:



Com ângulo de ataque pequeno ou até mesmo nulo já existe resultante aerodinâmica

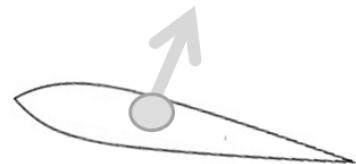


Com aumento do ângulo de ataque a resultante aerodinâmica aumenta muito e o CP se desloca para frente.

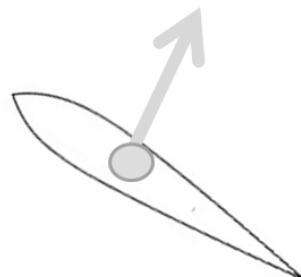
AUMENTO DO ÂNGULO DE ATAQUE DO PERFIL SIMÉTRICO

Quando se aumenta o ângulo de ataque em um perfil simétrico cria-se uma resultante aerodinâmica. O centro de pressão, entretanto, neste tipo de perfil, se mantém sempre no mesmo local. Não contribuindo, portanto, para o aumento da geração de sustentação através do mecanismo de balança explicado anteriormente.

Quando se aumenta o ângulo de ataque em um perfil simétrico se induz uma assimetria entre o intradorso e o extradorso. Novamente, não existe modificação física do perfil propriamente dito, mas o VR tem que percorrer um caminho diferente no intradorso e no extradorso – percebendo assim uma assimetria. Como existe assimetria, as velocidades e pressões envolvidas no processo são diferentes - o que gera RA. Quando maior for o aumento do ângulo de ataque, até um determinado limite, maior será a geração de RA. A figura abaixo exemplifica o processo:



Ângulo de ataque pequeno existe uma pequena sustentação sendo gerada.



Aumentando o ângulo de ataque existe um pequeno aumento na sustentação e o CP permanece no mesmo local





POR QUE PRECISAMOS DE SUSTENTAÇÃO?

A sustentação serve para contrapor o peso da aeronave e criar uma força maior que este, permitindo assim, com ajuda dos motores que fornecem velocidade, manter a aeronave em voo.

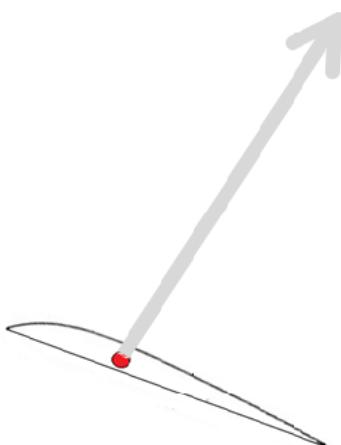
O QUE INTERFERE NA SUSTENTAÇÃO?

$$L = C_L \frac{\rho}{2} S V^2$$

- ✓ Ângulo de ataque (que modifica o C_L – coeficiente de sustentação - da fórmula)
- ✓ Compressibilidade do ar (desprezada até 0.3, pouco influente até 0.8 e muito influente acima de 0.8)
- ✓ Viscosidade do fluxo livre
- ✓ Densidade do fluxo livre
- ✓ Velocidade do fluxo
- ✓ Área da asa

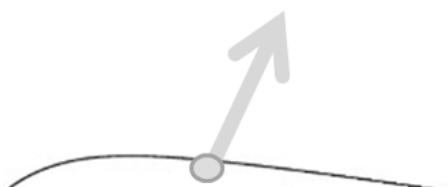
ÂNGULO DE ATAQUE POSITIVO

-Sustentação bem positiva
Positiva = intradorso para o extradorso



ÂNGULO DE ATAQUE NULO

-Acontece quando o vento sopra na mesma direção da corda do aerofólio
-Sustentação Positiva, próprio perfil gera a diferença de pressão



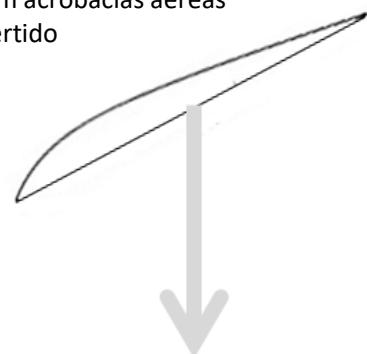
ÂNGULO DE SUSTENTAÇÃO NULA

-Ângulo de Ataque que a asa não produz sustentação
-Ângulo Negativo



ÂNGULO DE ATAQUE NEGATIVO

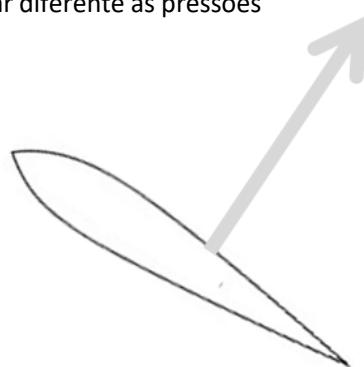
-Quando o ângulo de ataque é menor que o ângulo de sustentação nula daquele perfil
-Usado em acrobacias aéreas
-Voo invertido



SUSTENTAÇÃO NOS PERFIS SIMÉTRICOS – DETALHADAMENTE

ÂNGULO DE ATAQUE POSITIVO

A sustentação é bem positiva assim como no assimétrico, por que existe inclinação suficiente para tornar diferente as pressões



ÂNGULO DE ATAQUE NULO

(corda e vento – mesma direção)

A sustentação no perfil simétrico é nula por que não existe nenhuma diferença entre os bordos para gerar pressões diferentes.





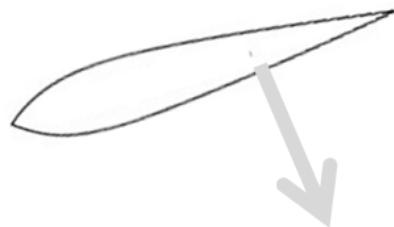
ÂNGULO DE SUSTENTAÇÃO NULA

No perfil simétrico se não houver ângulo de ataque, não haverá sustentação alguma, por que os bordos são iguais/simétricos.



ÂNGULO DE SUSTENTAÇÃO NEGATIVA

Ângulo menor que o ângulo de sustentação nula. Qualquer ângulo negativo no perfil simétrico já inverte a sustentação.



FÓRMULA DA SUSTENTAÇÃO

$$L = Cl \times d/2 \times S \times V^2$$

