

Introdução ao Projeto de Aeronaves



Apresentação Desenvolvida por:
Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues



Conceitos Fundamentais

Fundamentos do Projeto



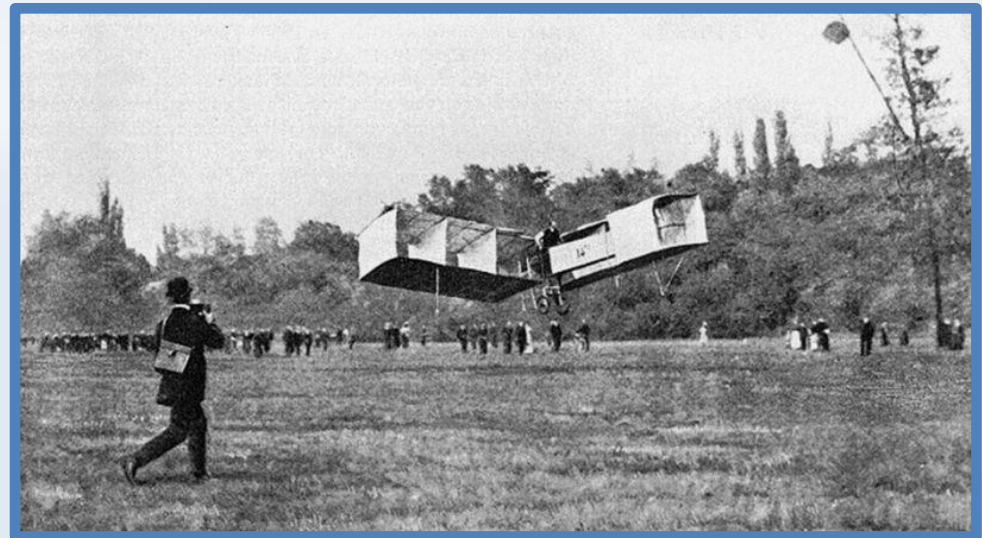
- Projeto conceitual;
- Aerodinâmica;
- Desempenho;
- Estabilidade;
- Análise estrutural;
- Projeto detalhado;
- Construção do protótipo;
- Ensaio em voo.



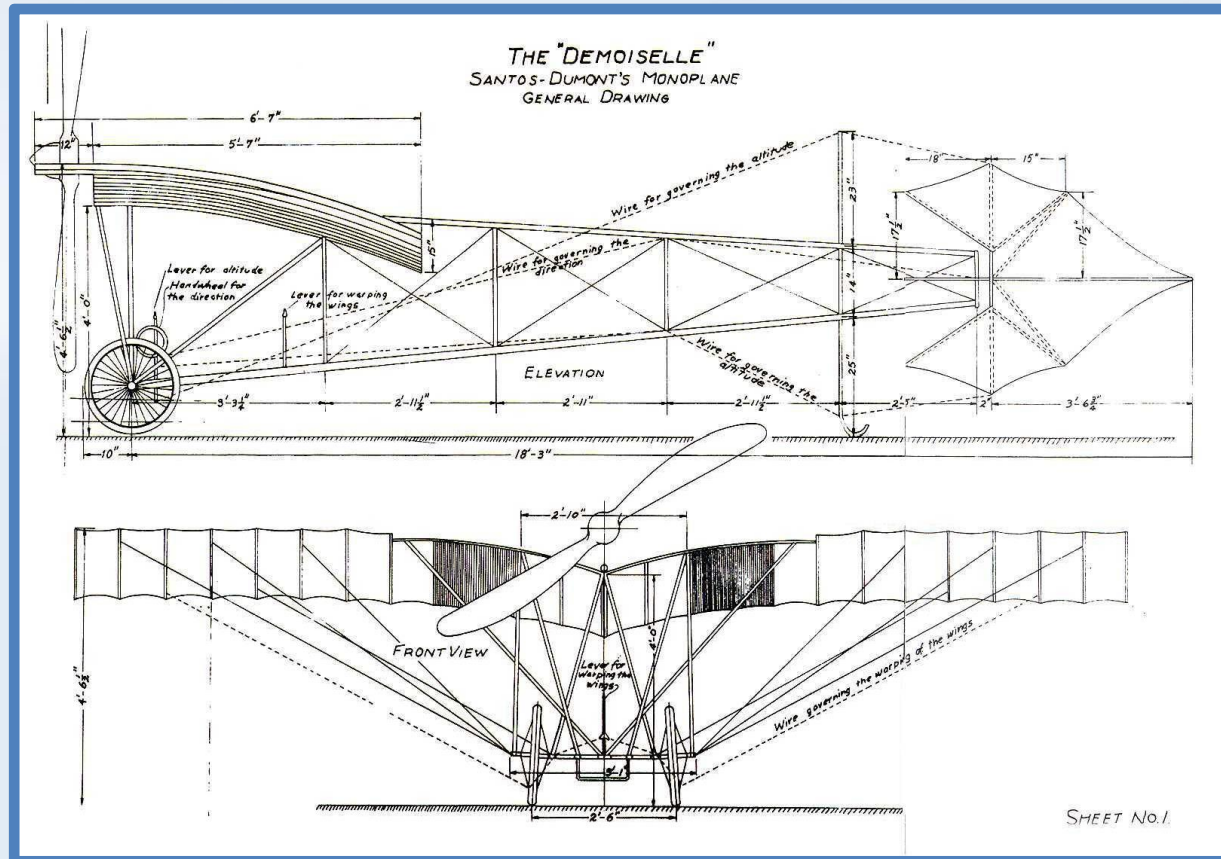
Perspectiva Histórica – 14 Bis



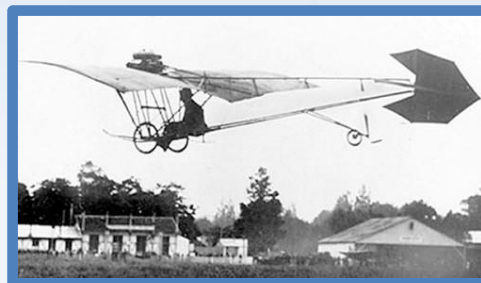
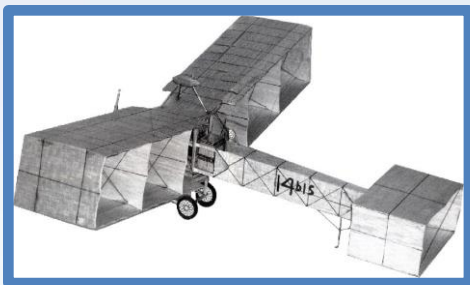
- 1º voo de uma aeronave mais pesada que o ar;
- Paris – 23/10/1906;
- Alberto Santos Dumont;
- Altura 3m do solo;
- Distância percorrida 60m.



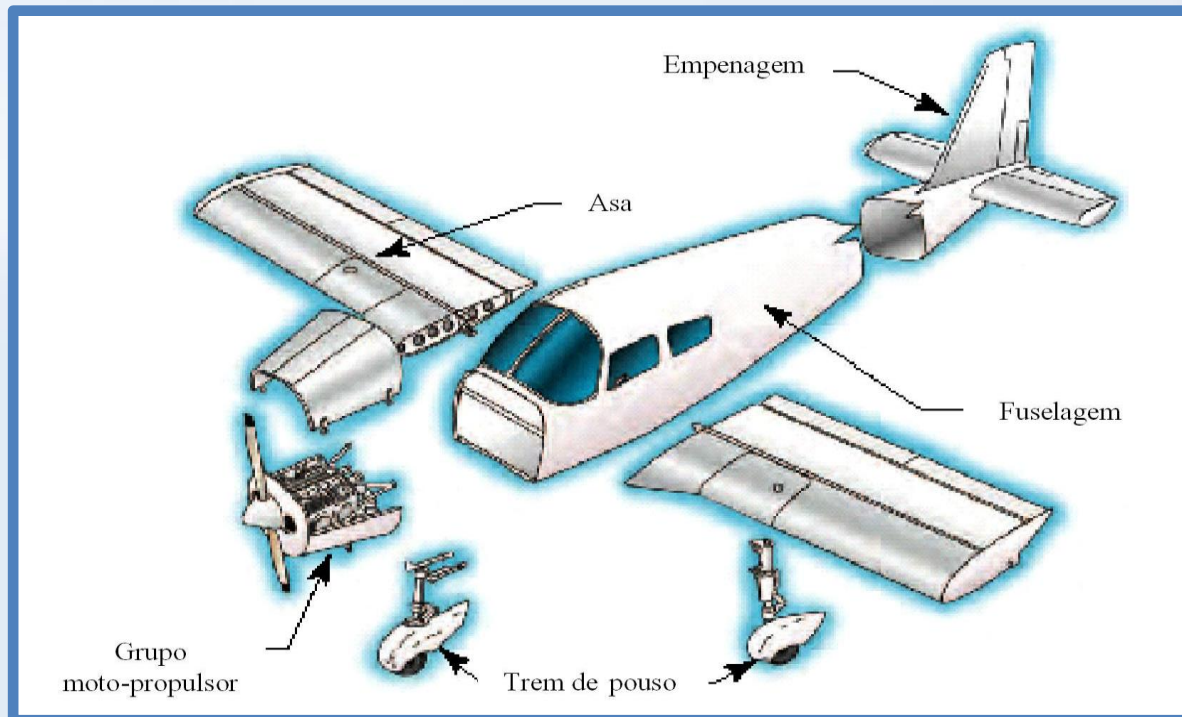
“Demoiselle” - Santos Dumont



Evolução das Aeronaves



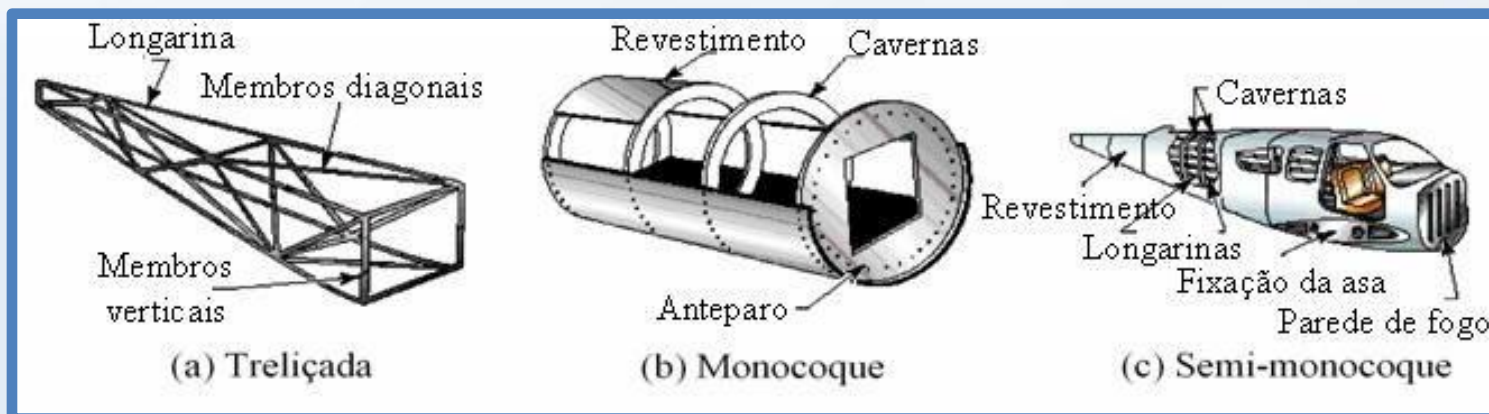
Componentes de uma Aeronave



Fuselagem



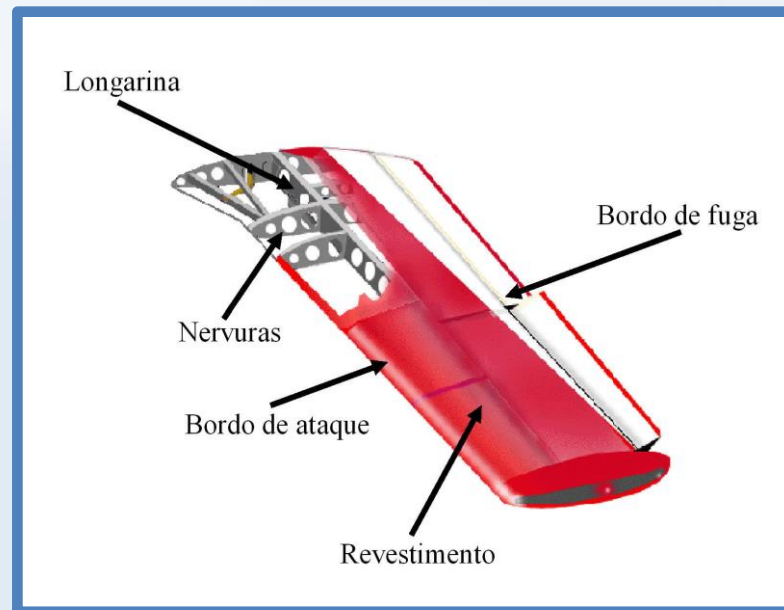
- A fuselagem inclui a cabine de comandos, que contém os assentos para seus ocupantes e os controles de voo da aeronave, também possui o compartimento de carga e os vínculos de fixação para outros componentes principais do avião.



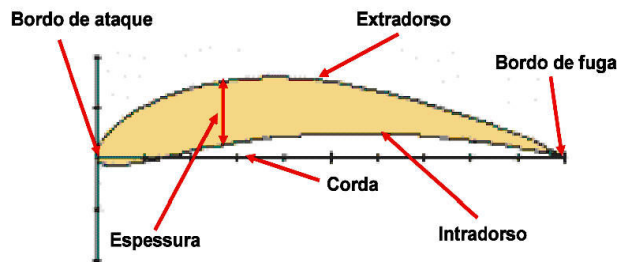
Asas



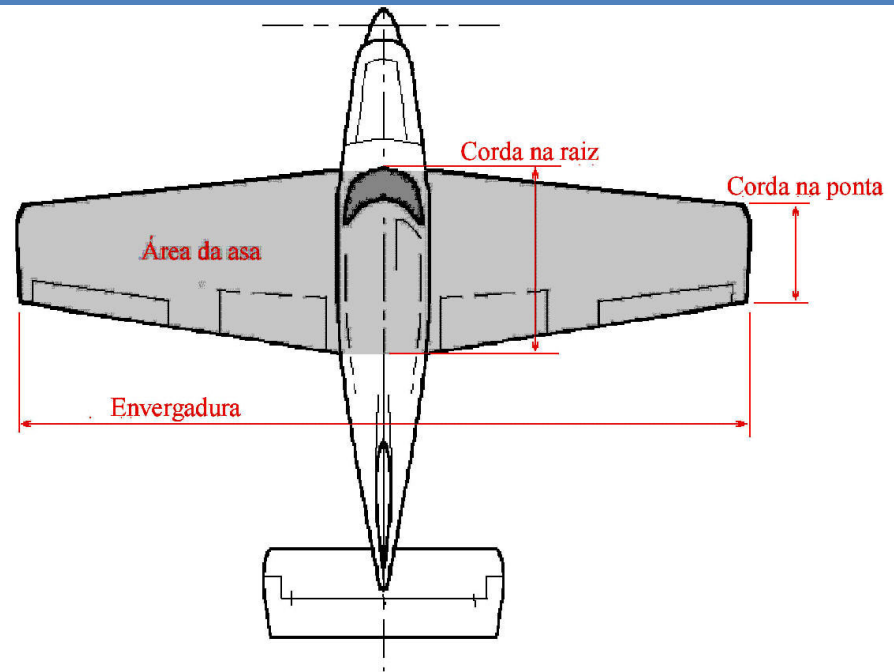
- As asas são superfícies sustentadoras unidas a cada lado da fuselagem e representam os componentes fundamentais que suportam o avião no voo.



Nomenclatura do Perfil e da Asa



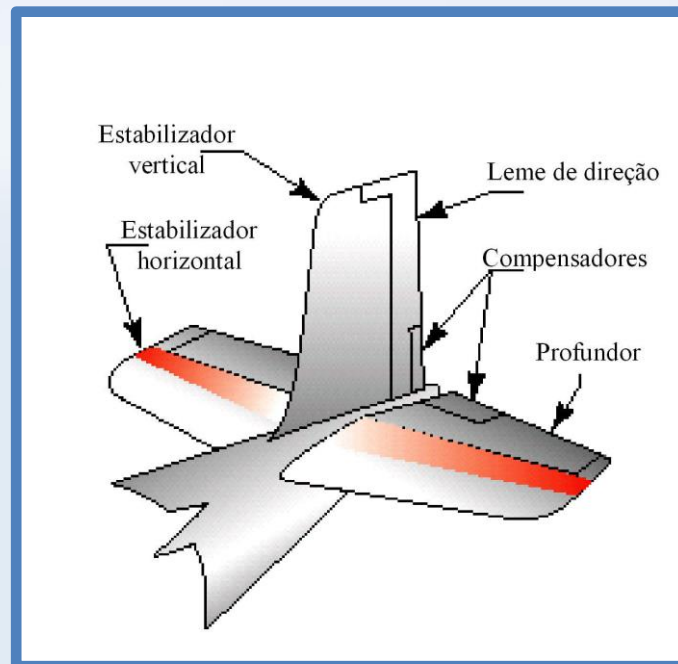
Perfil



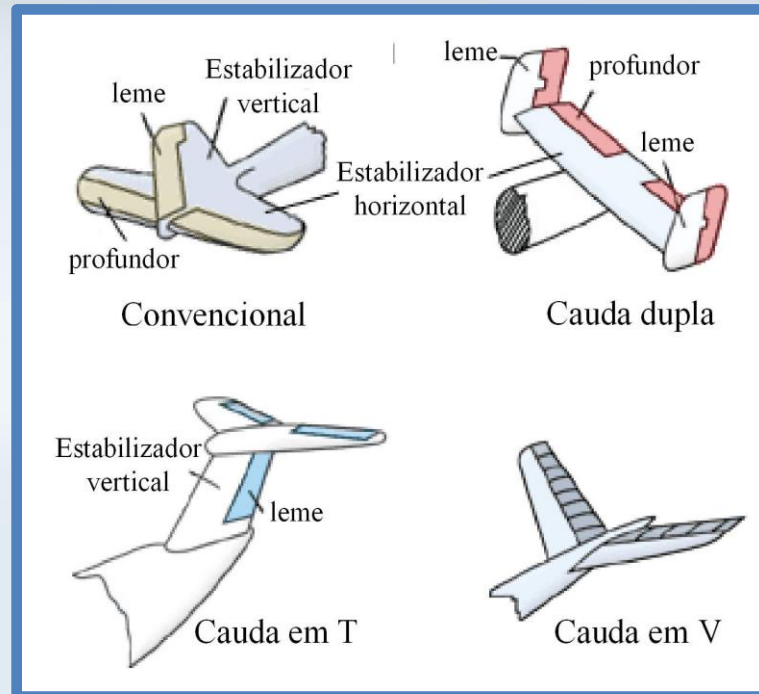
Empenagem



- A empenagem possui como função principal estabilizar e controlar o avião durante o voo.



Tipos de Empenagem



Trem de Pouso



- As funções principais do trem de pouso são apoiar o avião no solo e manobrá-lo durante os processos de taxiamento, decolagem e pouso.



Triciclo

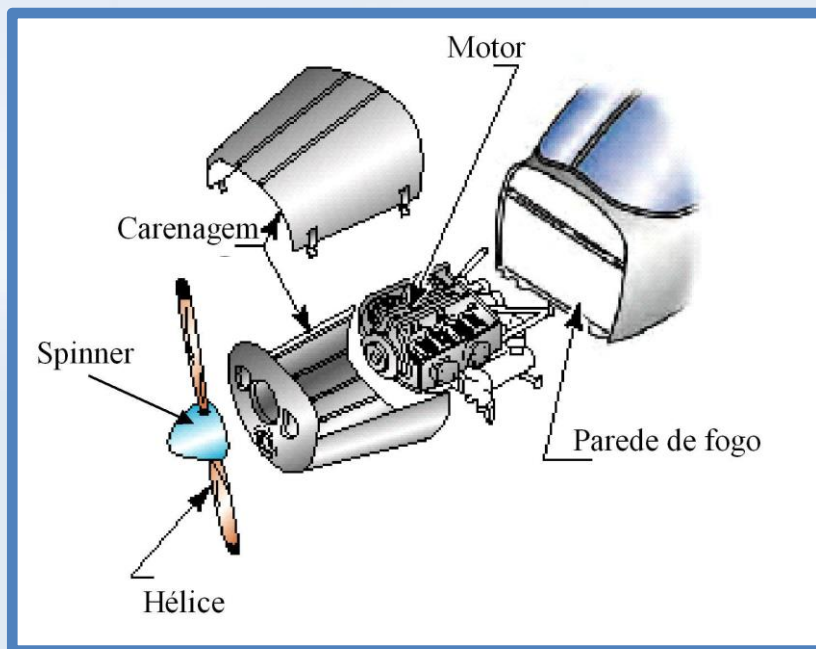


Convencional

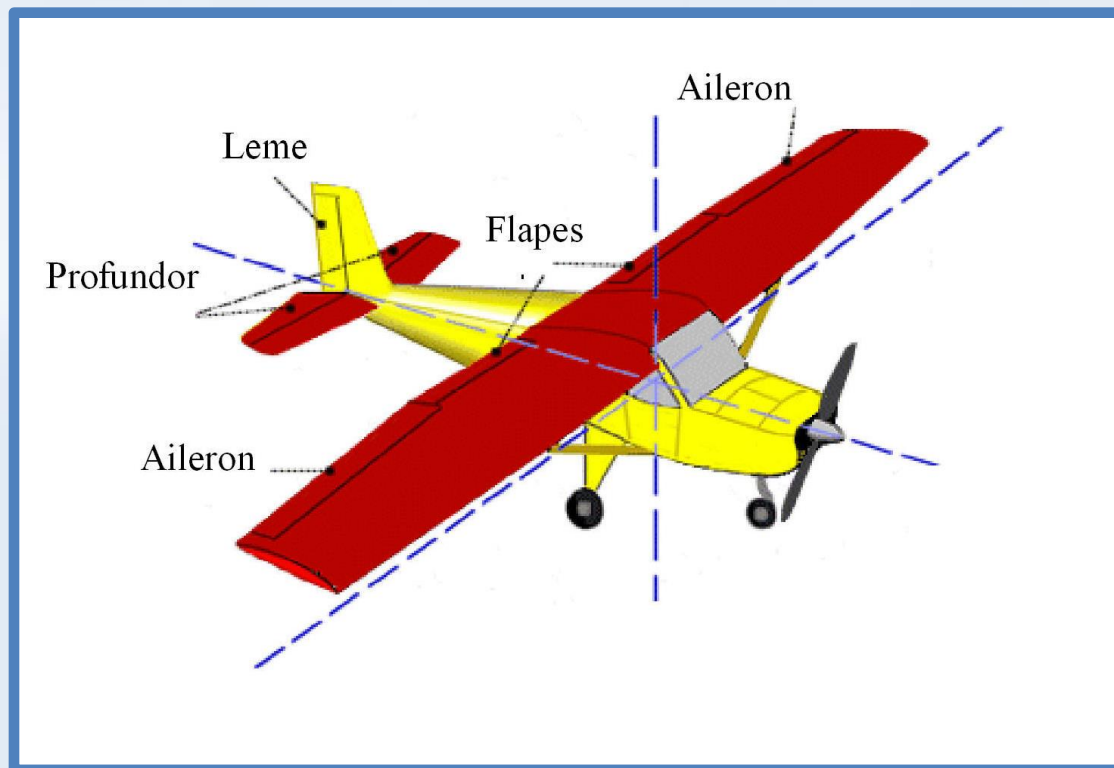
Grupo Motopropulsor



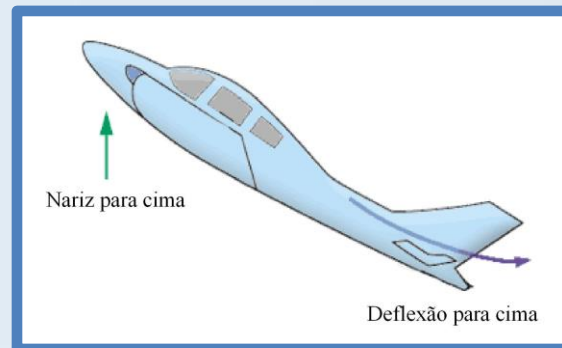
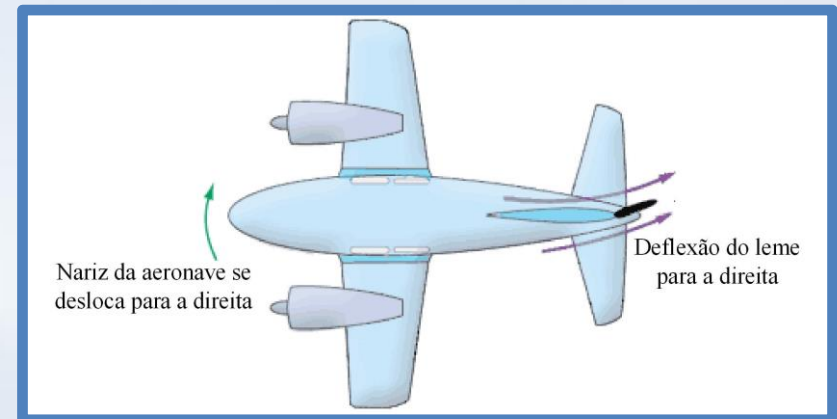
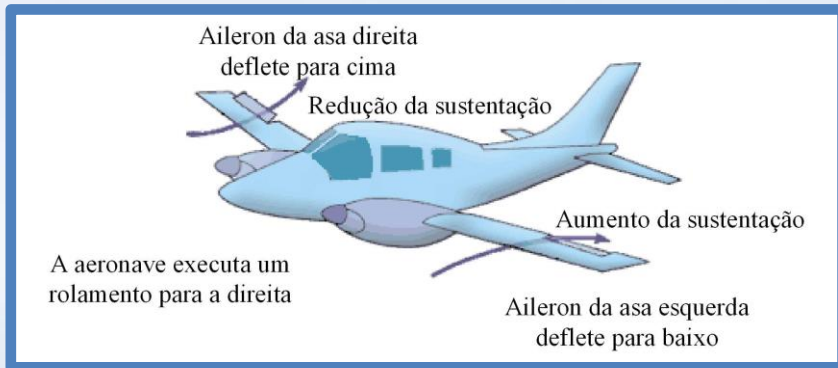
- O grupo motopropulsor é formado pelo conjunto motor e hélice. A função primária do motor é fornecer a potência necessária para colocar a hélice em movimento de rotação, uma vez obtido esse movimento, a hélice possui a função de gerar tração para impulsionar o avião



Superfícies de Controle



Funcionamento das Superfícies de Controle



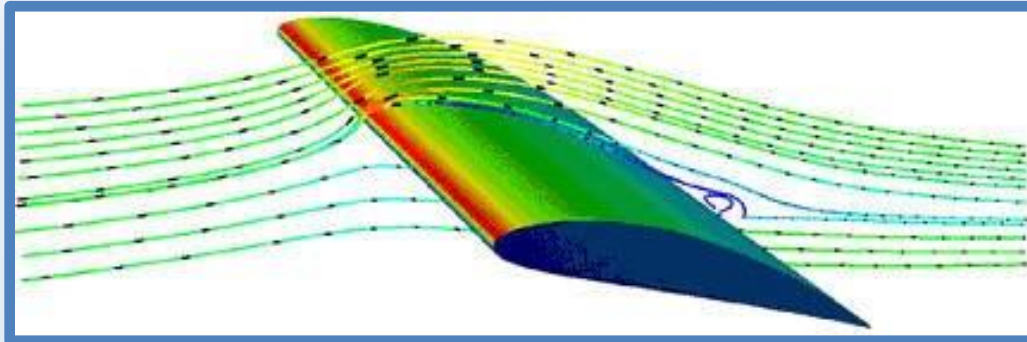


Fundamentos de Aerodinâmica

Definição de Aerodinâmica



- A aerodinâmica é o estudo do movimento de fluidos gasosos, relativo às suas propriedades e características, e às forças que exercem em corpos sólidos neles imersos.

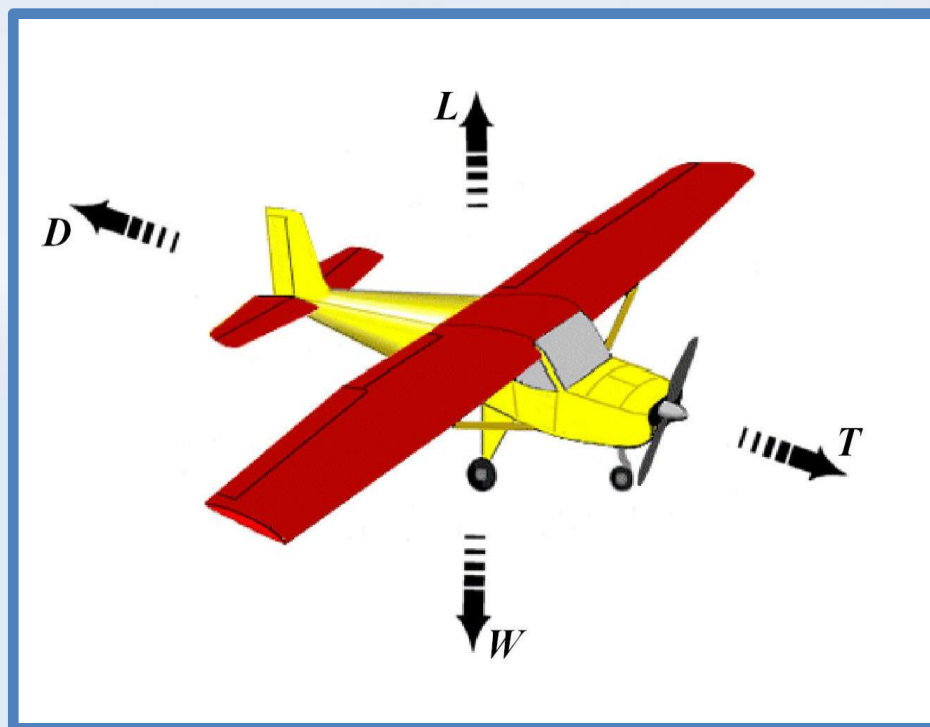


Análise CFD de um perfil aerodinâmico

Forças Atuantes na Aeronave



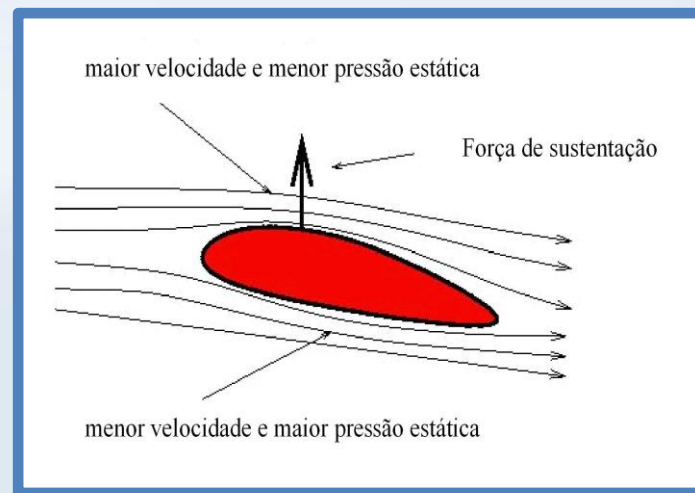
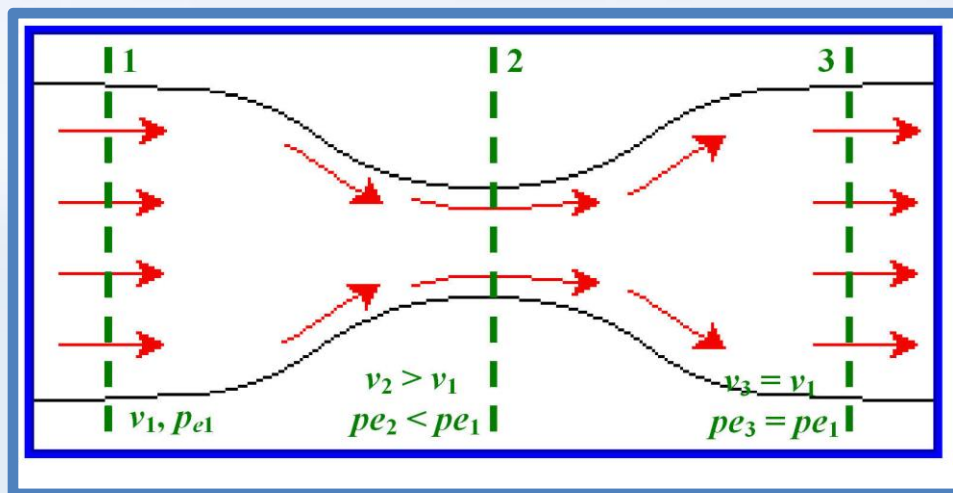
- L = Força de sustentação;
- D = Força de arrasto;
- T = Força de tração ou empuxo;
- W = Peso da aeronave.



Física da Força de Sustentação



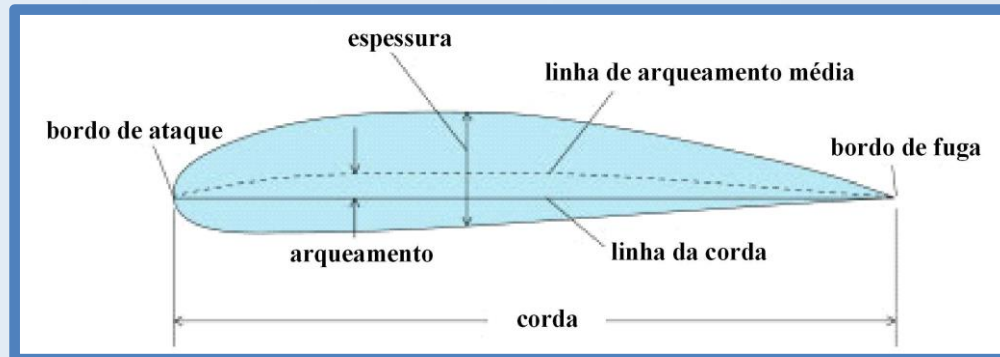
Teorema de Bernoulli



Perfil Aerodinâmico



- **Critérios de seleção de um novo perfil aerodinâmico:**
- Influência do número de Reynolds;
- Características aerodinâmicas do perfil;
- Dimensões do perfil;
- Escoamento sobre o perfil;
- Velocidades de operação desejada para a aeronave;
- Eficiência aerodinâmica do perfil;
- Limitações operacionais da aeronave.



Coeficiente de Sustentação



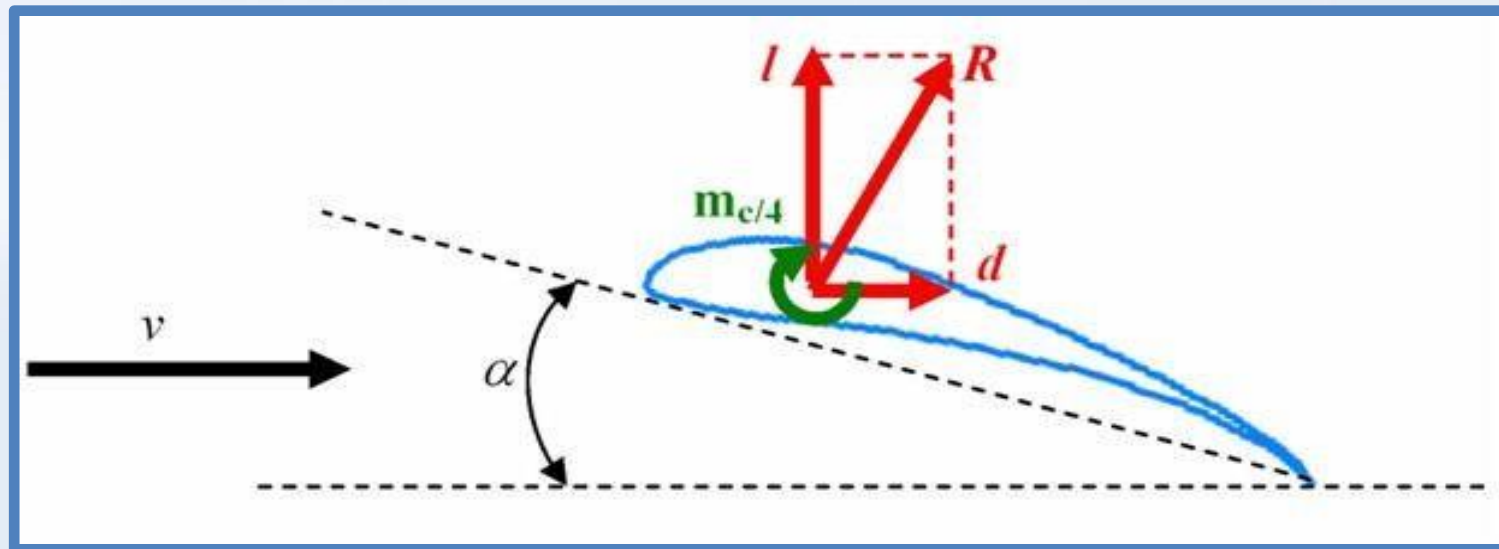
- O coeficiente de sustentação representa a eficiência do perfil em gerar a força de sustentação. Perfis com altos valores de coeficiente de sustentação são considerados como eficientes para a geração de sustentação.
- O coeficiente de sustentação é função do modelo do perfil, do número de Reynolds e do ângulo de ataque.

Coeficiente de Arrasto



- Tal como o coeficiente de sustentação, o coeficiente de arrasto representa a medida da eficiência do perfil em gerar a força de arrasto.
- Enquanto maiores coeficientes de sustentação são requeridos para um perfil ser considerado eficiente para produção de sustentação, menores coeficientes de arrasto devem ser obtidos, pois um perfil como um todo somente será considerado aerodinamicamente eficiente quando produzir grandes coeficientes de sustentação aliados a pequenos coeficientes de arrasto

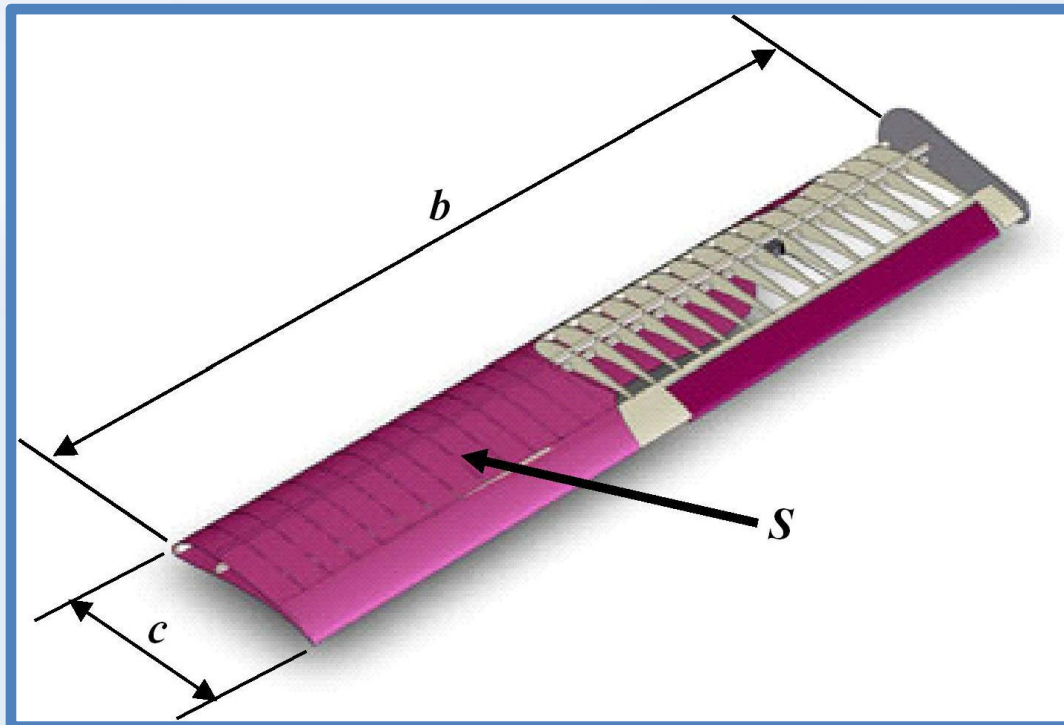
Forças e Momento no Perfil



Asas de Envergadura Finita



- Forma Geométrica;
- Fixação da Asa na Fuselagem.



Forma Geométrica da Asa



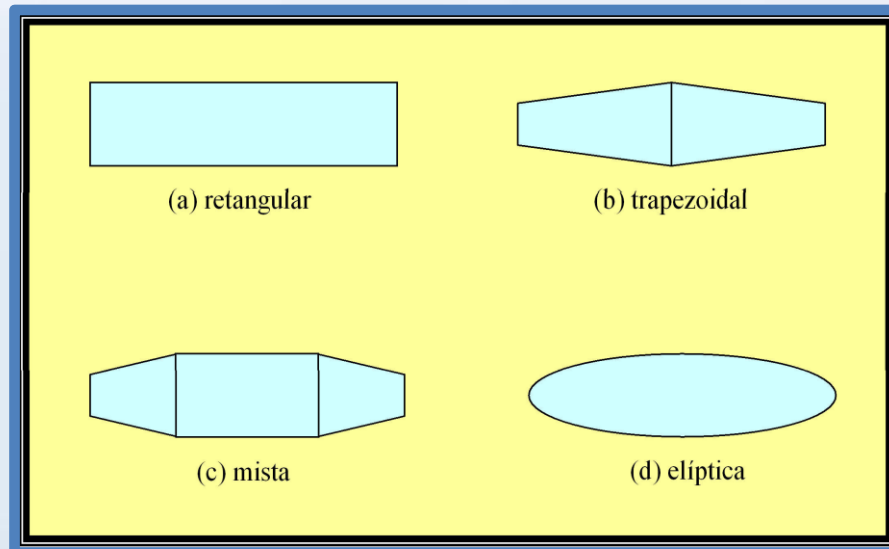
(a) Retangular



(b) Trapezoidal



(c) Elíptica



Asa Retangular



- É uma asa de baixa eficiência aerodinâmica, ou seja, a relação entre a força de sustentação e a força de arrasto (L/D) é menor quando comparada a uma asa trapezoidal ou elíptica, isto ocorre devido ao arrasto de ponta de asa também conhecido por arrasto induzido, que no caso da asa retangular é maior que em uma asa trapezoidal ou elíptica

Asa Trapezoidal



- É uma asa de ótima eficiência aerodinâmica, pois com a redução gradativa da corda entre a raiz e a ponta da asa consegue-se uma significativa redução do arrasto induzido. Nesse tipo de asa o processo construtivo torna-se um pouco mais complexo uma vez que a corda de cada nervura possui uma dimensão diferente.

Asa Elíptica



- Representa a asa ideal, pois é a que proporciona a máxima eficiência aerodinâmica, porém é de difícil fabricação e mais cara quando comparada às outras formas apresentadas.

Fixação das Asas na Fuselagem



Asa alta



Asa média



Asa baixa



(a) Asa alta
CESSNA C-182



(b) Asa média
Yak-55



(c) Asa baixa
Piper PA-32 Cherokee Six

Alongamento



- O alongamento representa a relação entre o quadrado da envergadura e a área da asa.
- O alongamento na prática é uma poderosa ferramenta para se melhorar consideravelmente o desempenho da asa, pois com o seu aumento é possível reduzir de maneira satisfatória o arrasto induzido.

$$AR = \frac{b^2}{S}$$

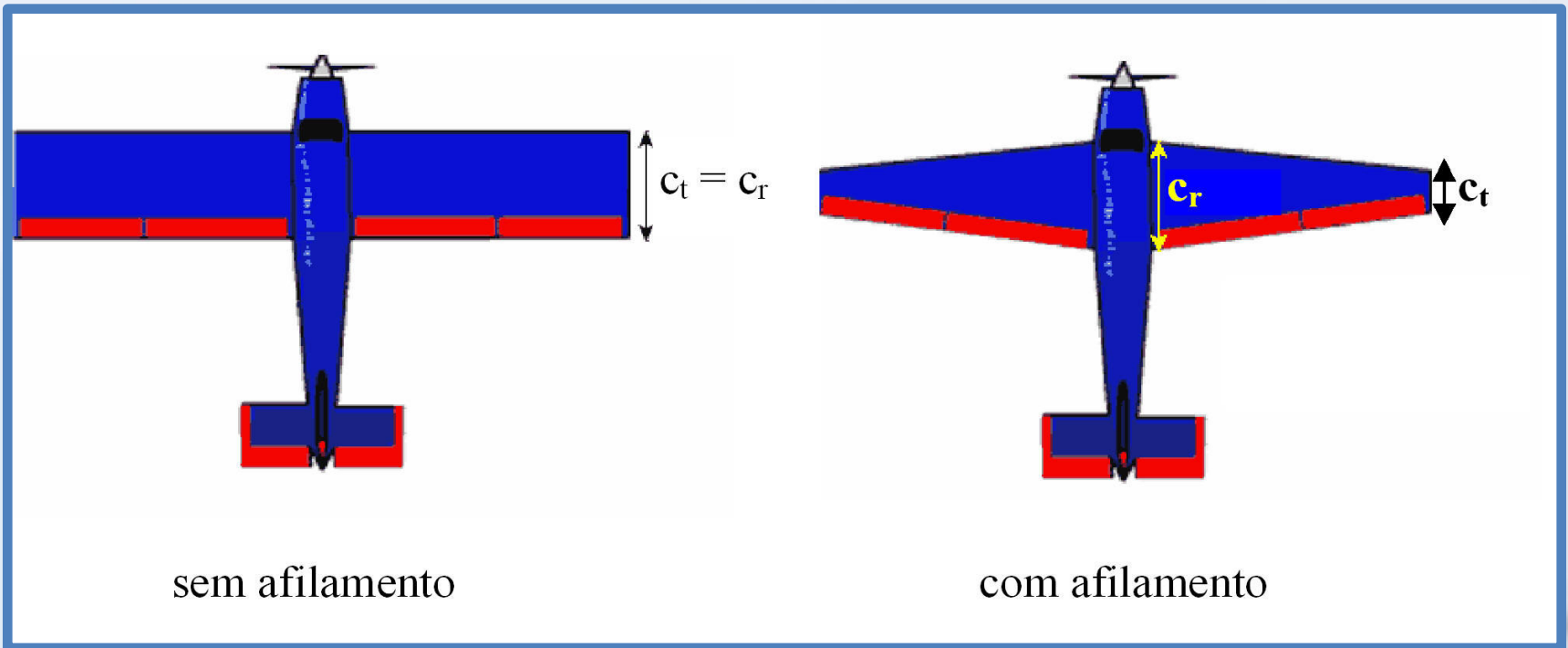
Influência do Alongamento



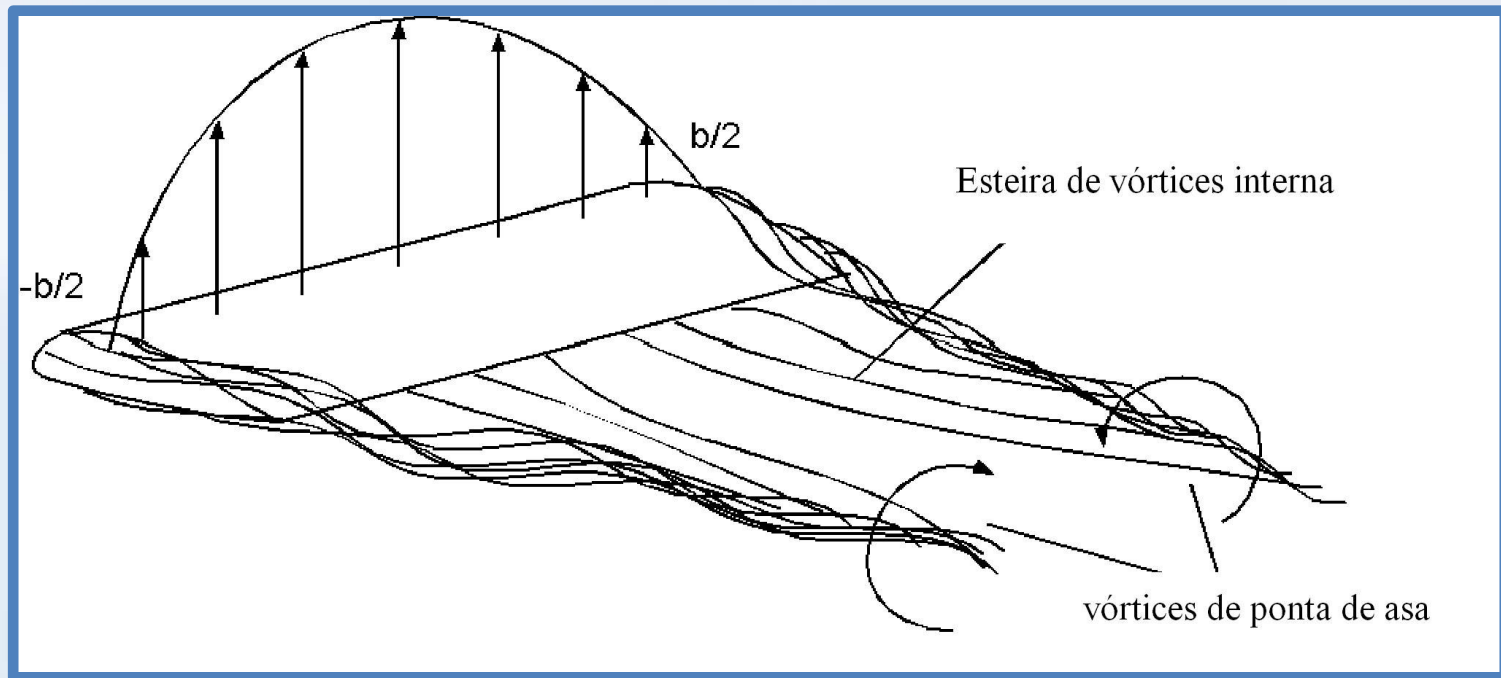
- **Asas de alto alongamento:**
- Problemas de ordem estrutural;
- Problemas de manobrabilidade.



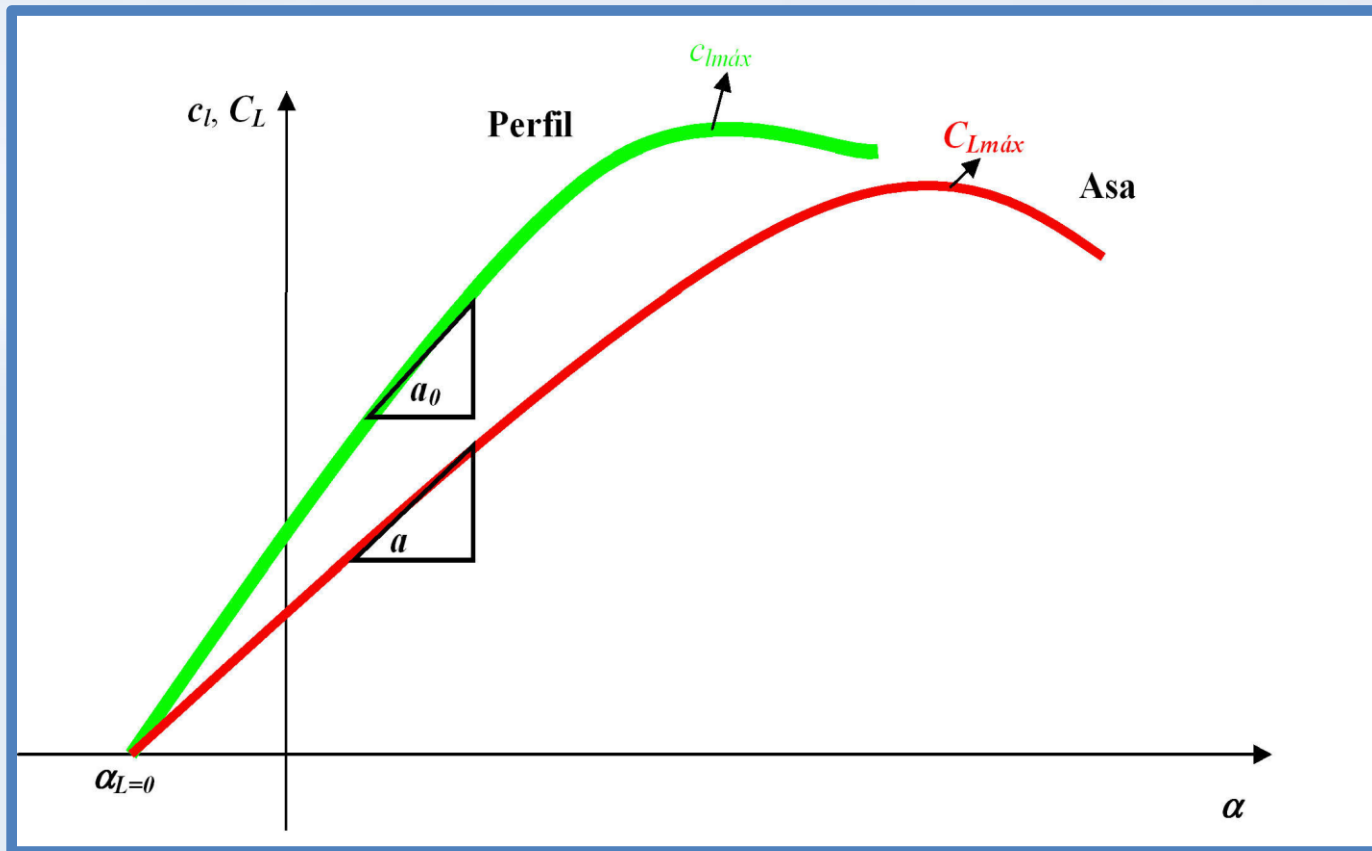
Relação de Afilamento



Distribuição de Sustentação



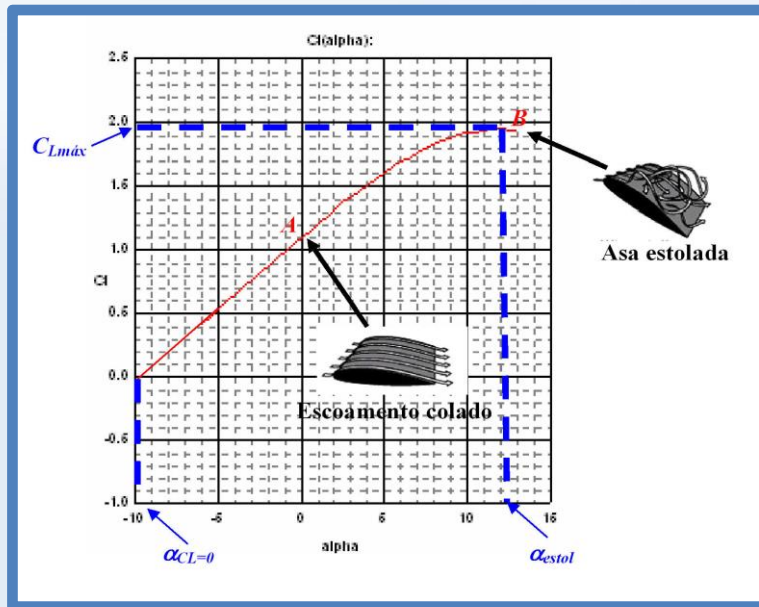
Comparação C_L Perfil x Asa



Estol em Asas



- A velocidade de estol representa a mínima velocidade com a qual se consegue manter uma aeronave em voo nivelado.



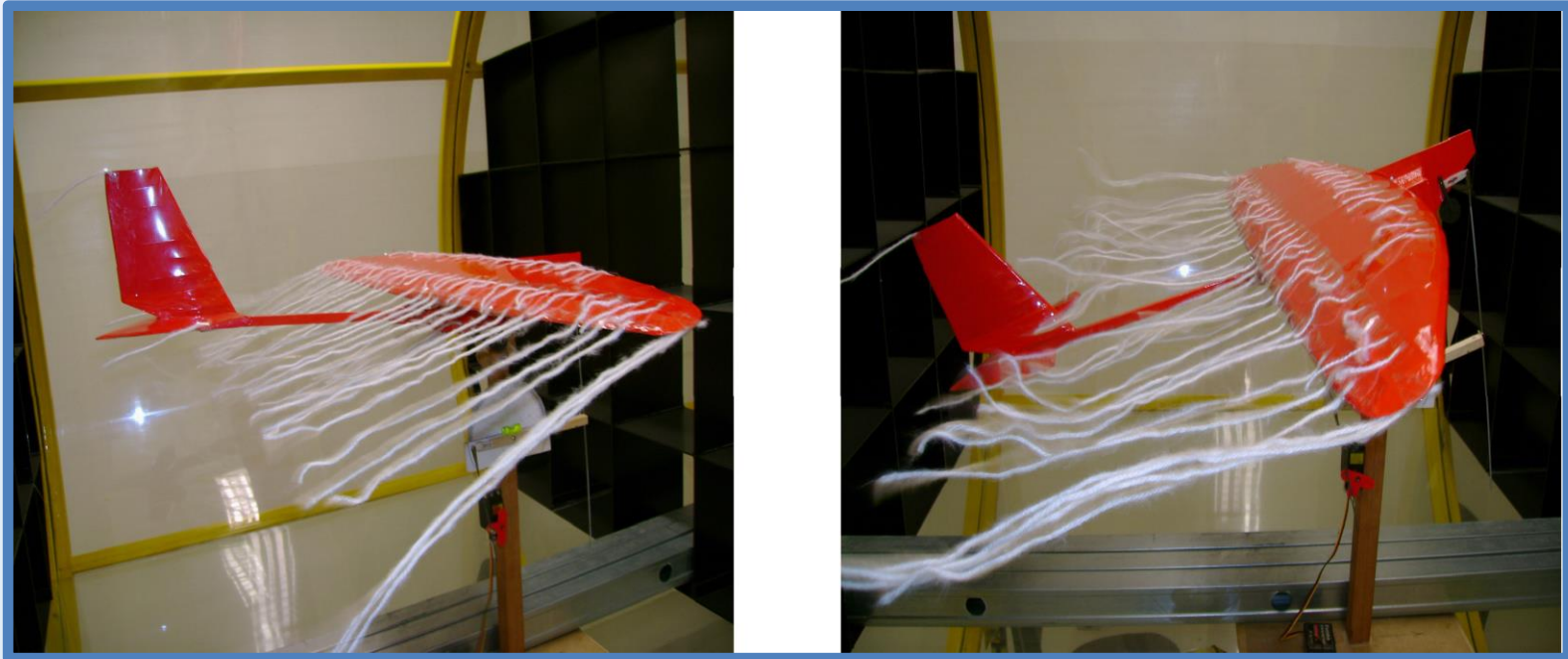
$$v_{estol} = \sqrt{\frac{2 \cdot L}{\rho \cdot S \cdot C_{Lm\acute{a}x}}}$$

Ensaio em Voo para Verificação do Estol



Fios de lã presos ao extradorso da asa

Túnel de Vento - Estol



Arrasto em Aeronaves



- Arrasto Parasita: proveniente de todas as partes da aeronave que não contribuem com a sustentação;
- Arrasto Induzido: proveniente da geração de sustentação na asa (vórtice de ponta de asa);
- Arrasto de Onda: ocorre em voos transônicos ou supersônicos;

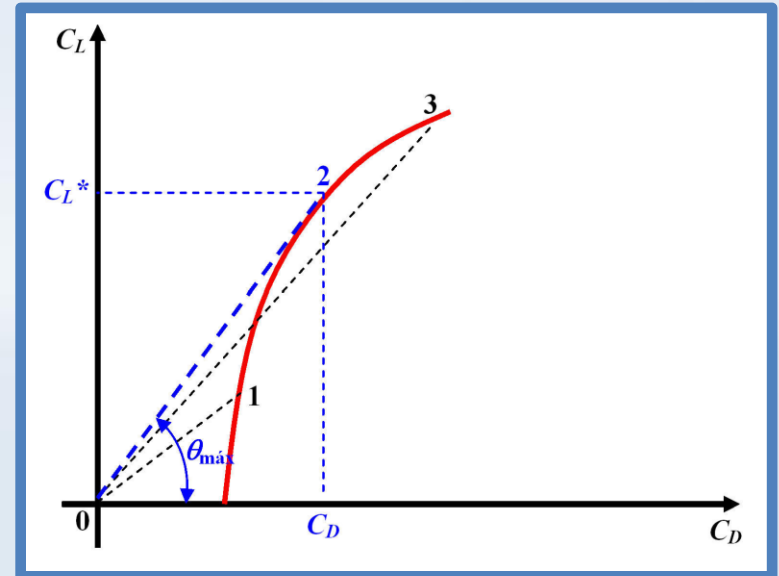
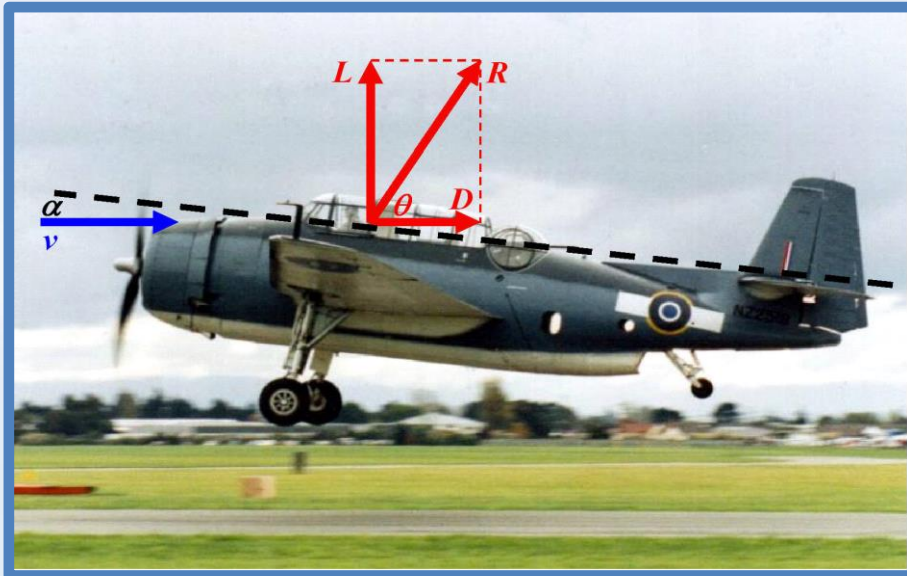
Arrasto Induzido



Túnel de Vento – Arrasto Induzido



Polar de Arrasto da Aeronave



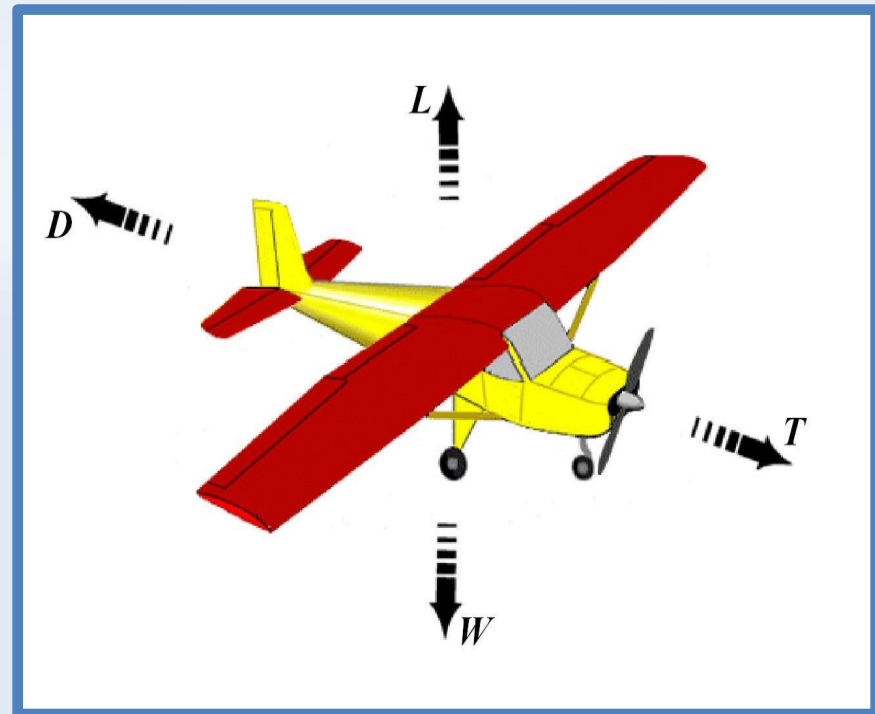
$$C_D = C_{D0} + K \cdot C_L^2$$

$$E_{m\acute{a}x} = \frac{C_L^*}{C_D^*}$$



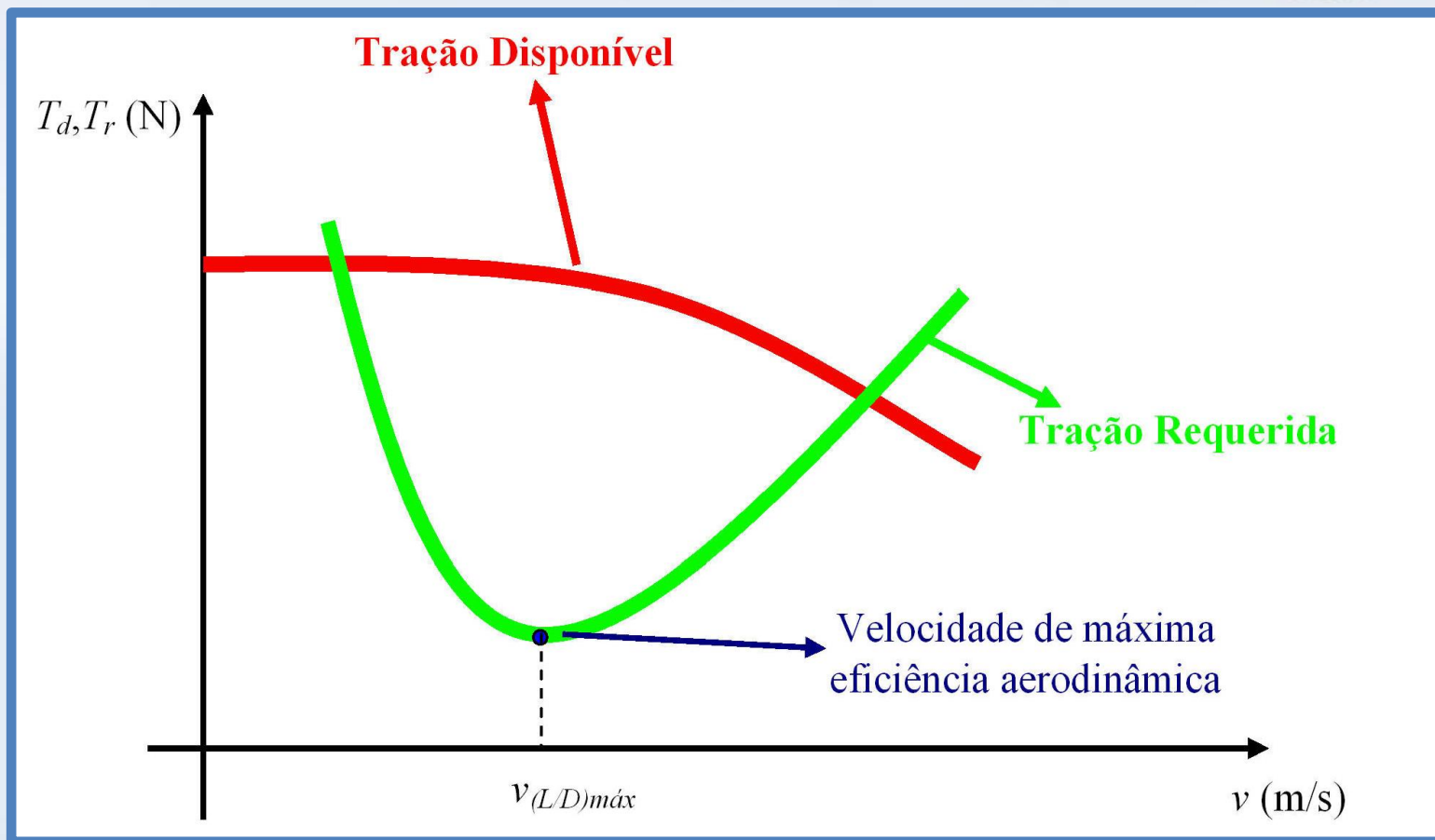
Análise de Desempenho

Voo Reto e Nivelado

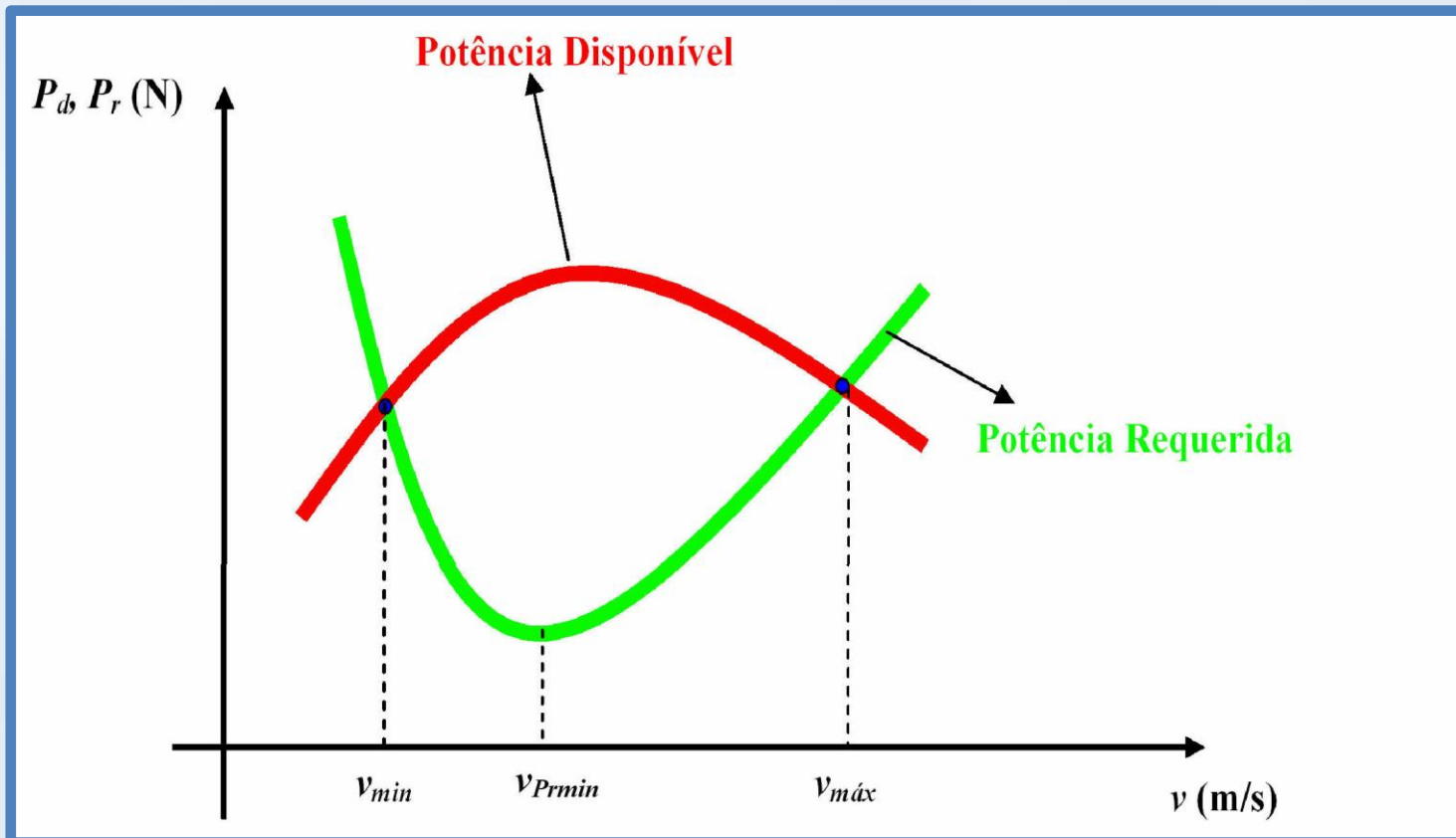


- Equilíbrio estático;
- $L = W$ (Sustentação = Peso);
- $T = D$ (Tração = Arrasto).

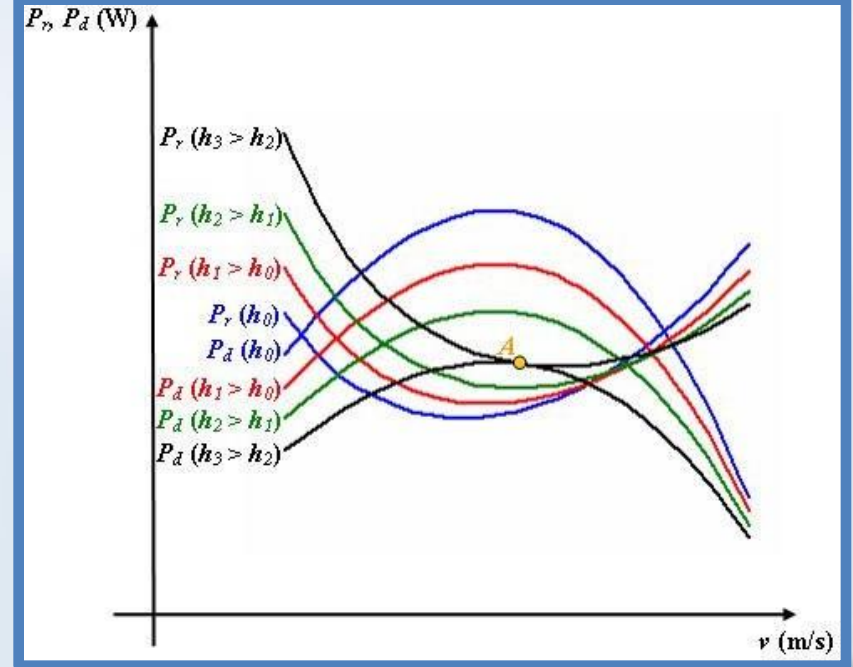
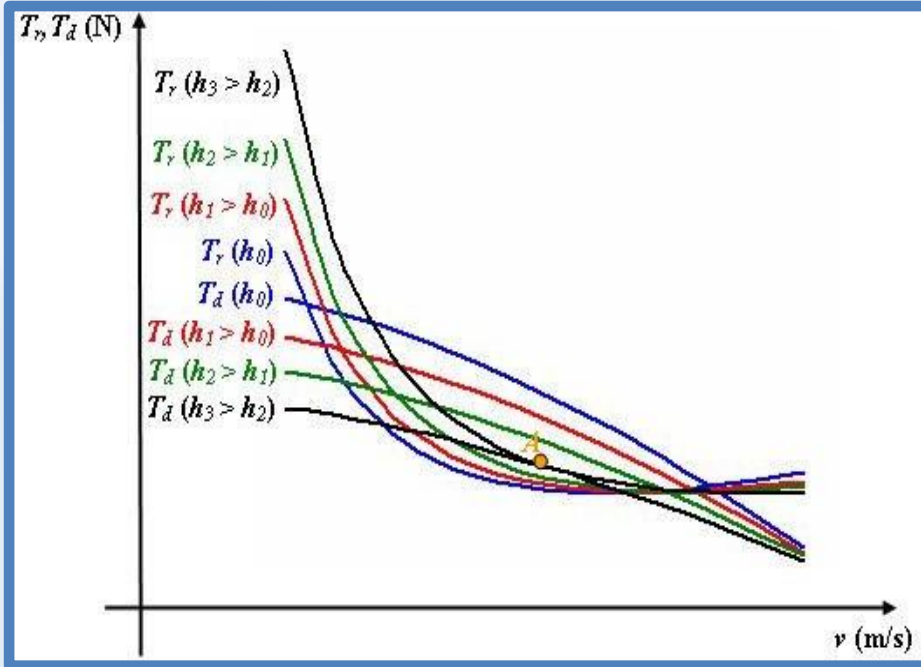
Tração Disponível e Requerida



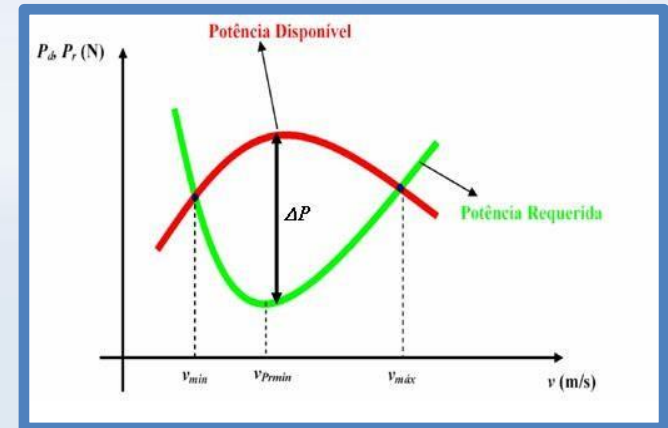
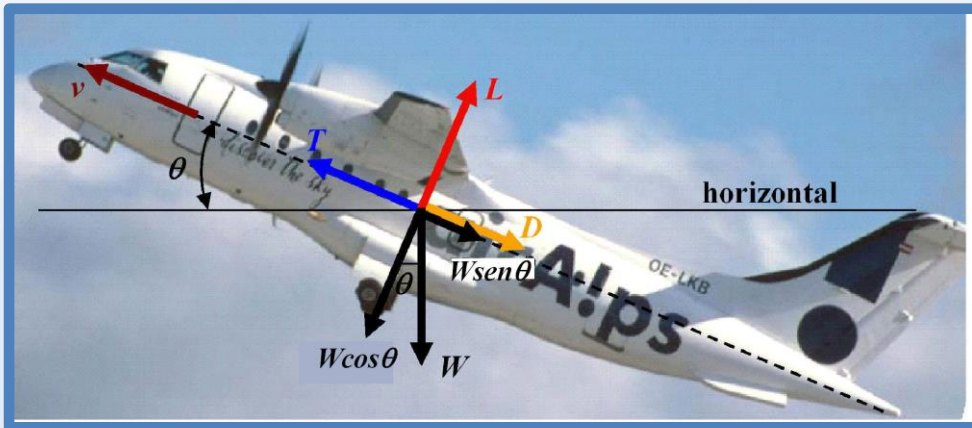
Potência Disponível e Requerida



Efeitos da Altitude



Desempenho de Subida

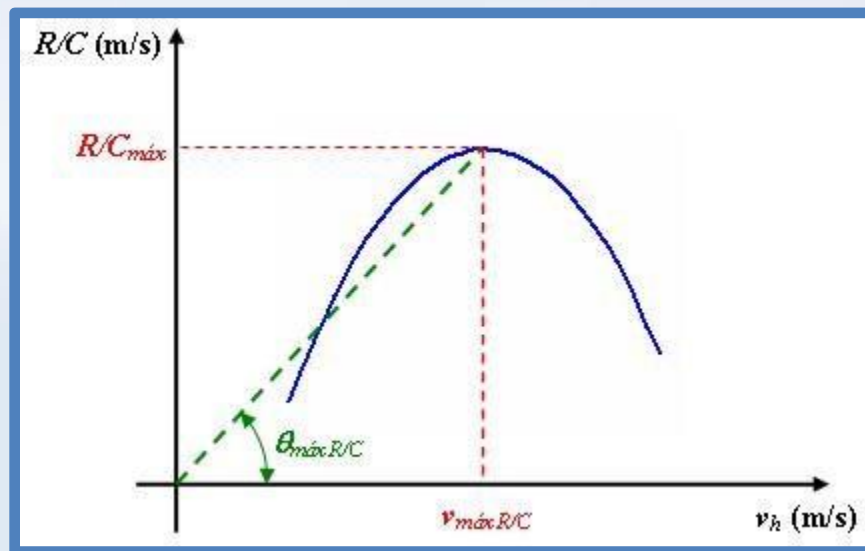


Razão de Subida



- Representa a velocidade vertical da aeronave, calculado a partir da sobra de potência.

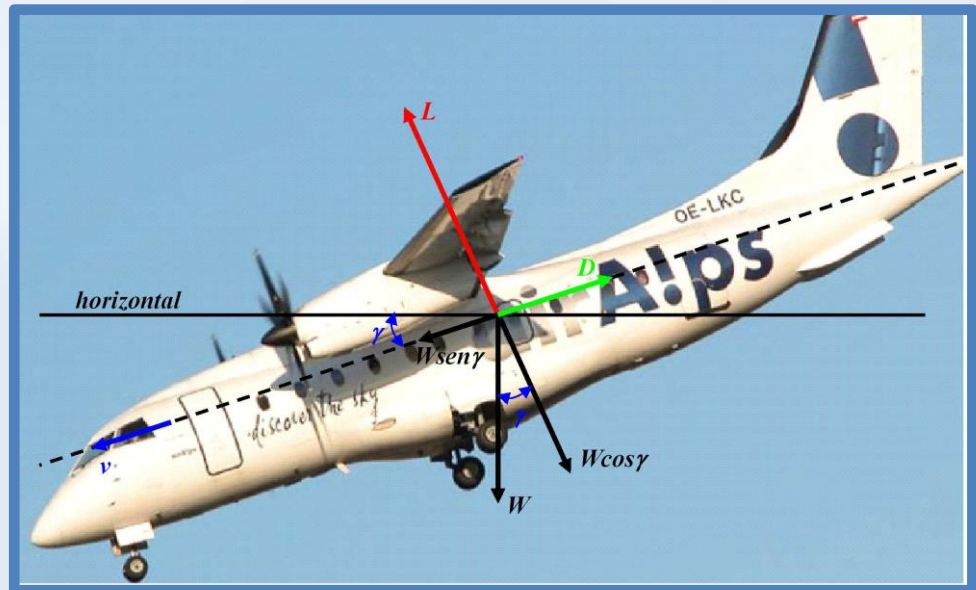
$$\frac{P_d - P_r}{W} = R / C = v \text{sen} \theta$$



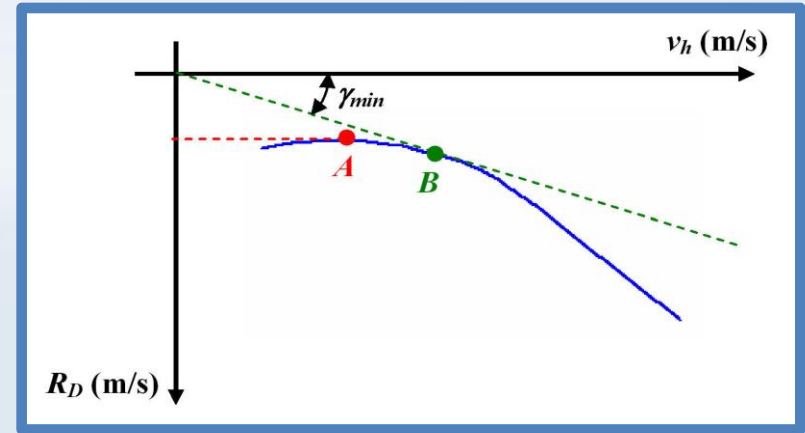
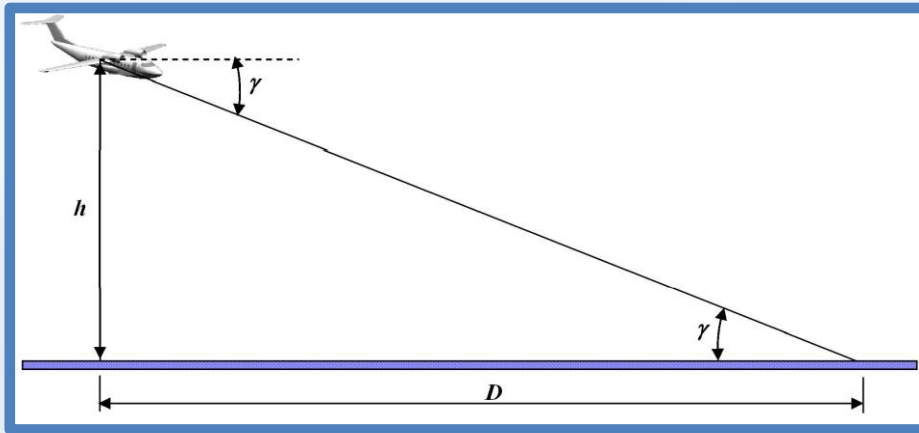
Desempenho de Descida



- Similar ao cálculo do desempenho de subida;
- Razão de descida: representa a velocidade de descida vertical da aeronave.



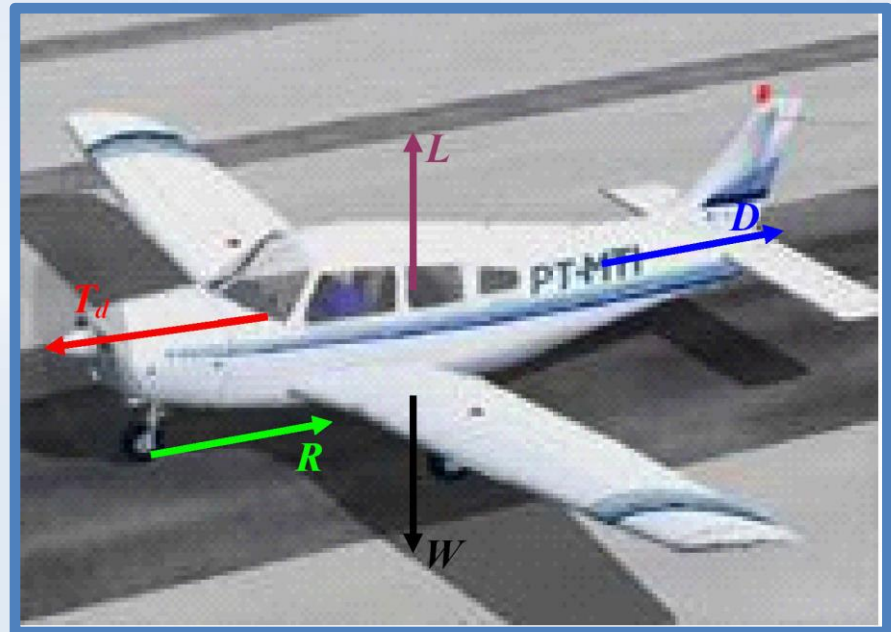
Polar de Velocidades no Planeio



Decolagem

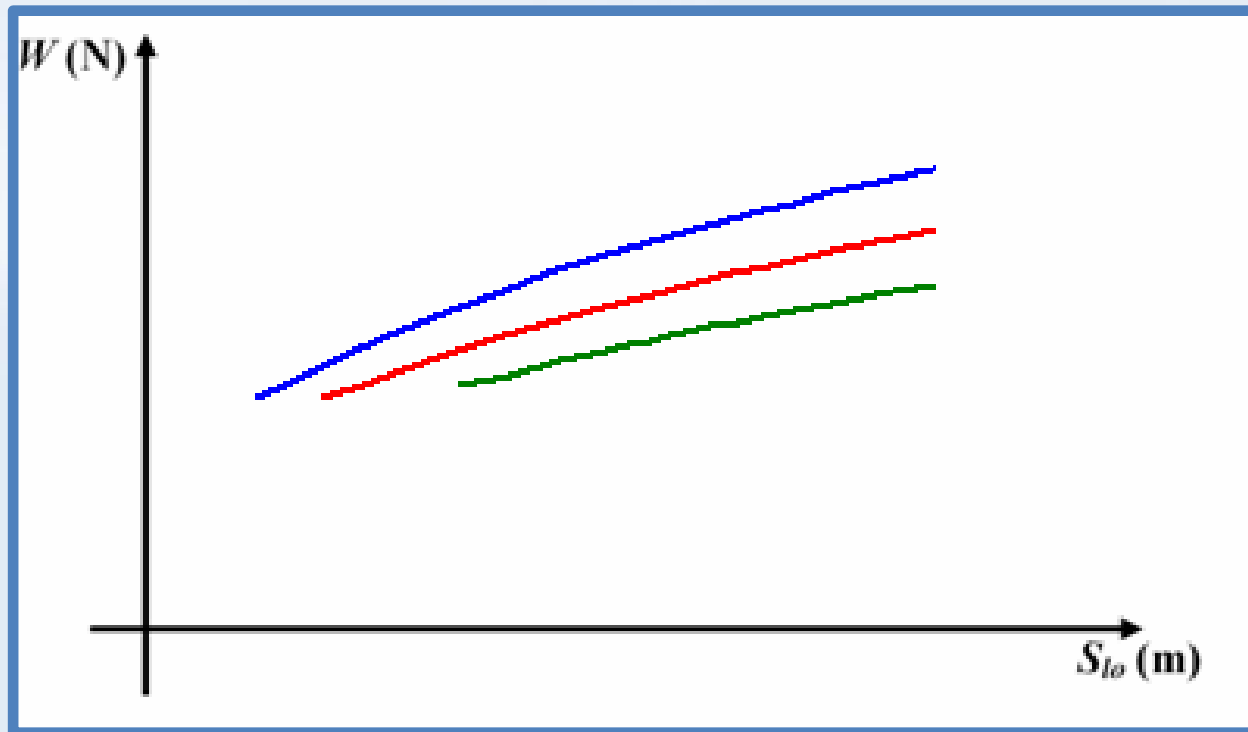


- 2ª Lei de Newton;
- Velocidade de decolagem 20% maior que a velocidade de estol;
- Requisito fundamental (comprimento de pista e peso de decolagem).



$$S_{Lo} = \frac{1,44 \cdot W^2}{g \cdot \rho \cdot S \cdot C_{Lmáx} \cdot \{T - [D + \mu \cdot (W - L)]\}_{0,7v_{lo}}}$$

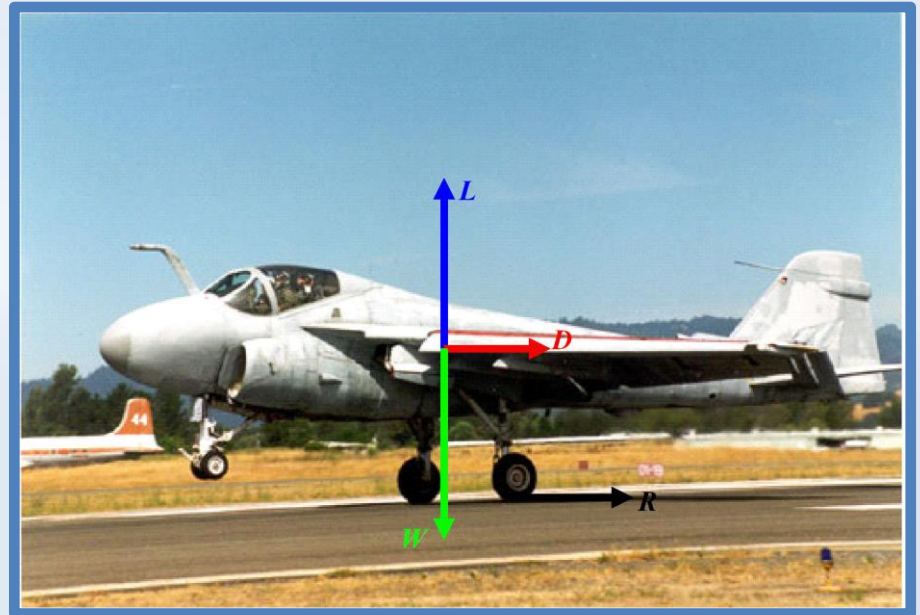
Influência da Altitude na Decolagem



Pouso



- Similar ao cálculo de decolagem;
- Tração nula $T = 0$;
- Velocidade de aproximação 30% maior que a velocidade de estol.



$$S_L = \frac{1,69 \cdot W^2}{g \cdot \rho \cdot S \cdot C_{Lmáx} \cdot [D + \mu \cdot (W - L)]_{0,7v_t}}$$

Influência da Altitude no Pouso

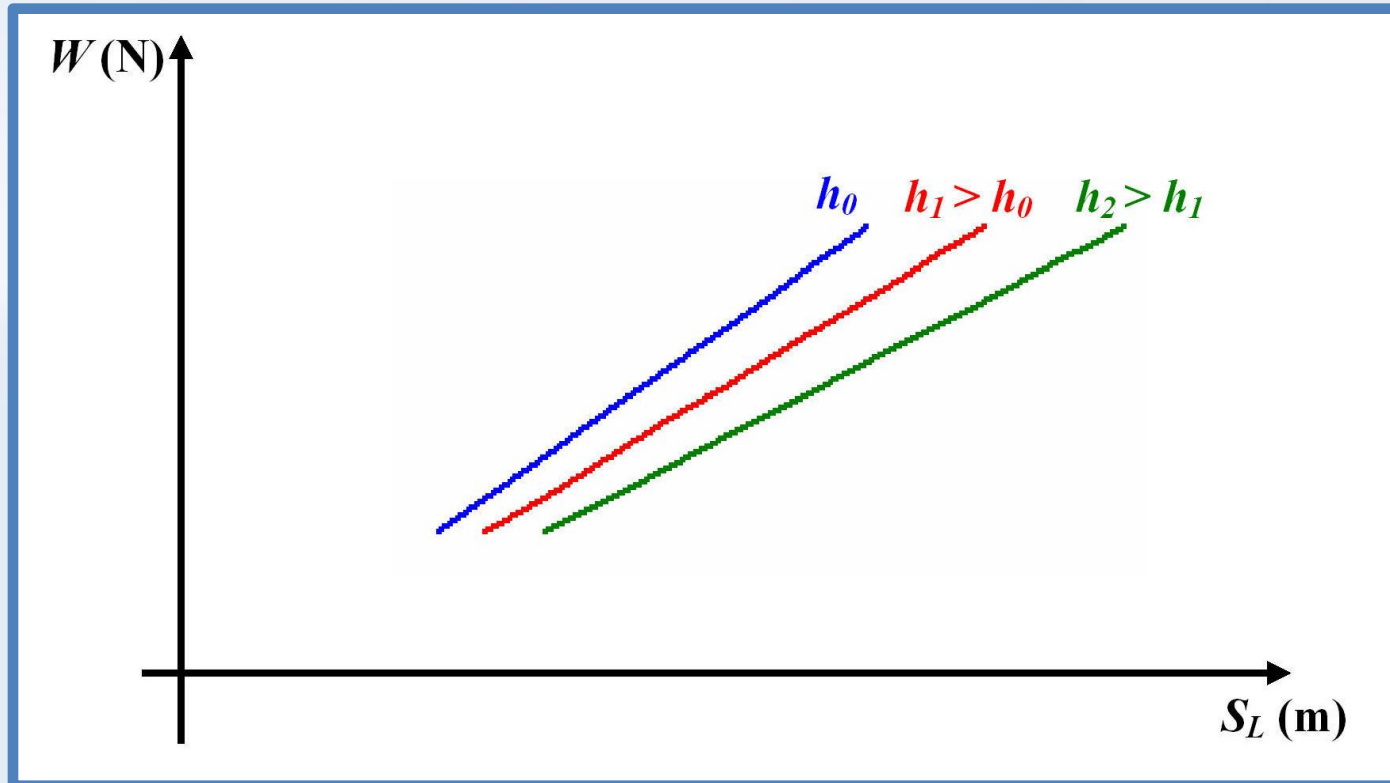
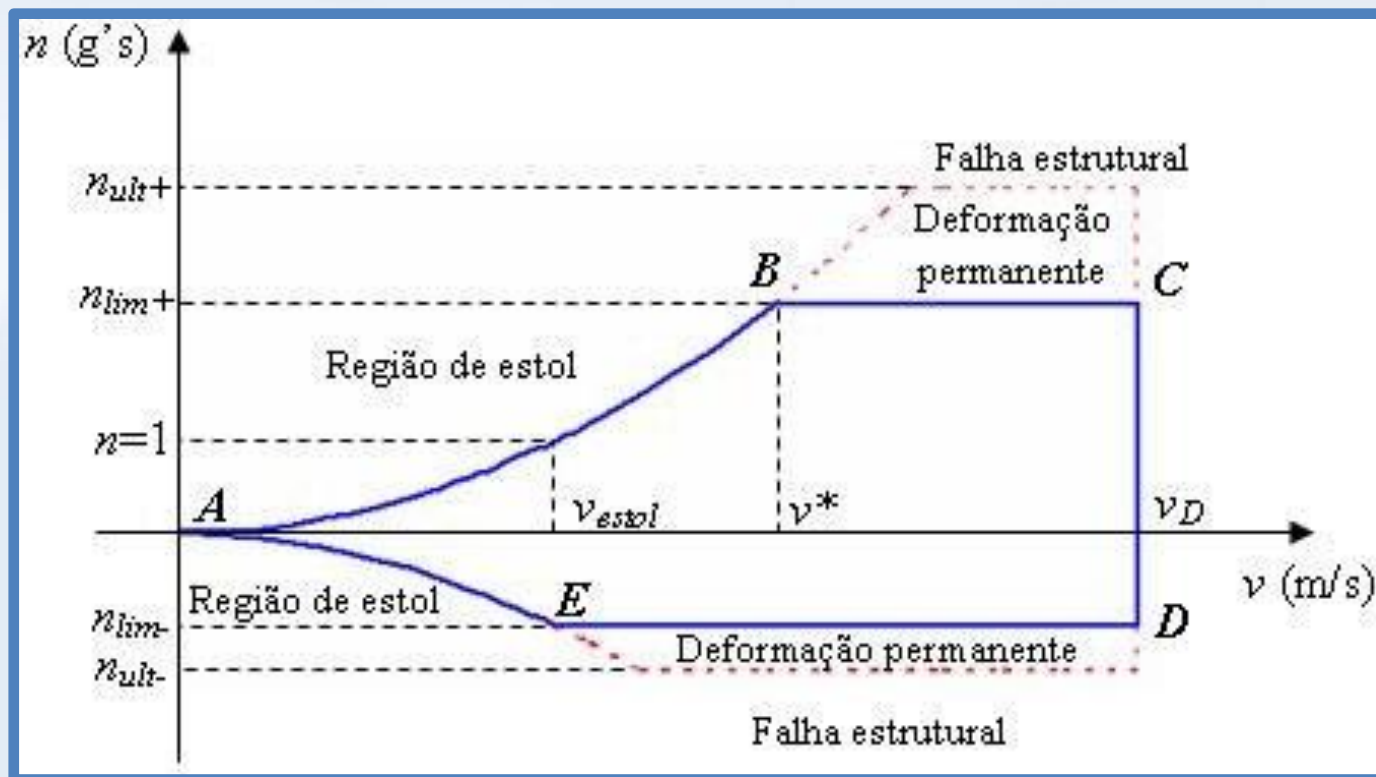


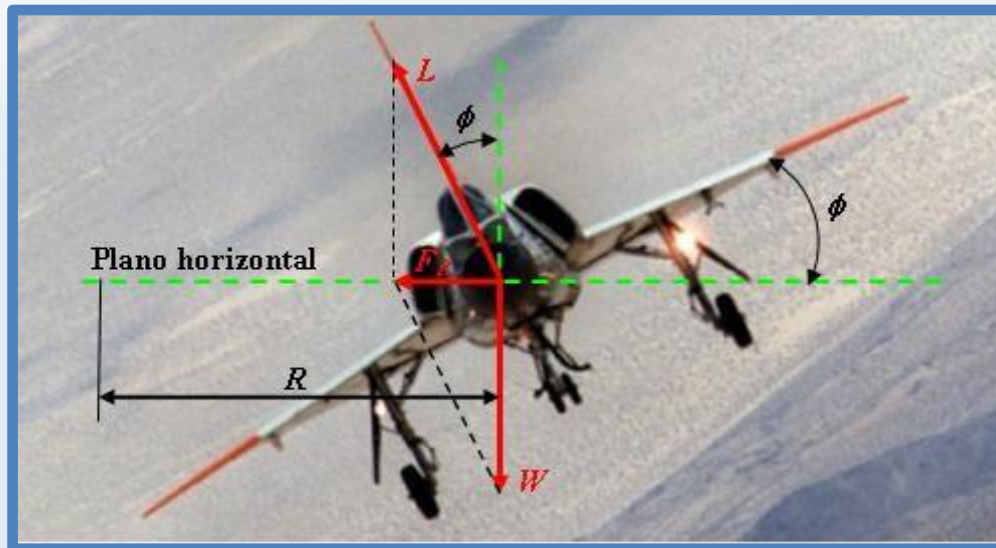
Diagrama v - n de Manobras



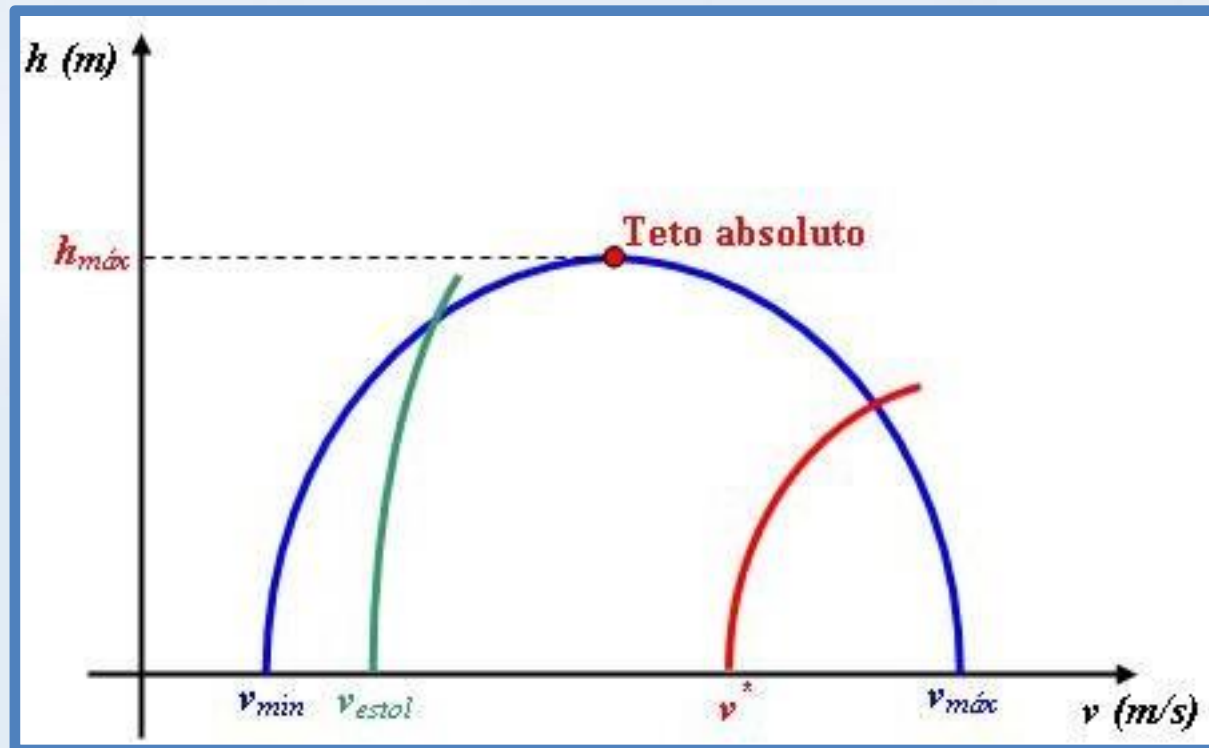
Voo em Curvas



- Raio de curvatura mínimo
- Máximo ângulo de inclinação das asas



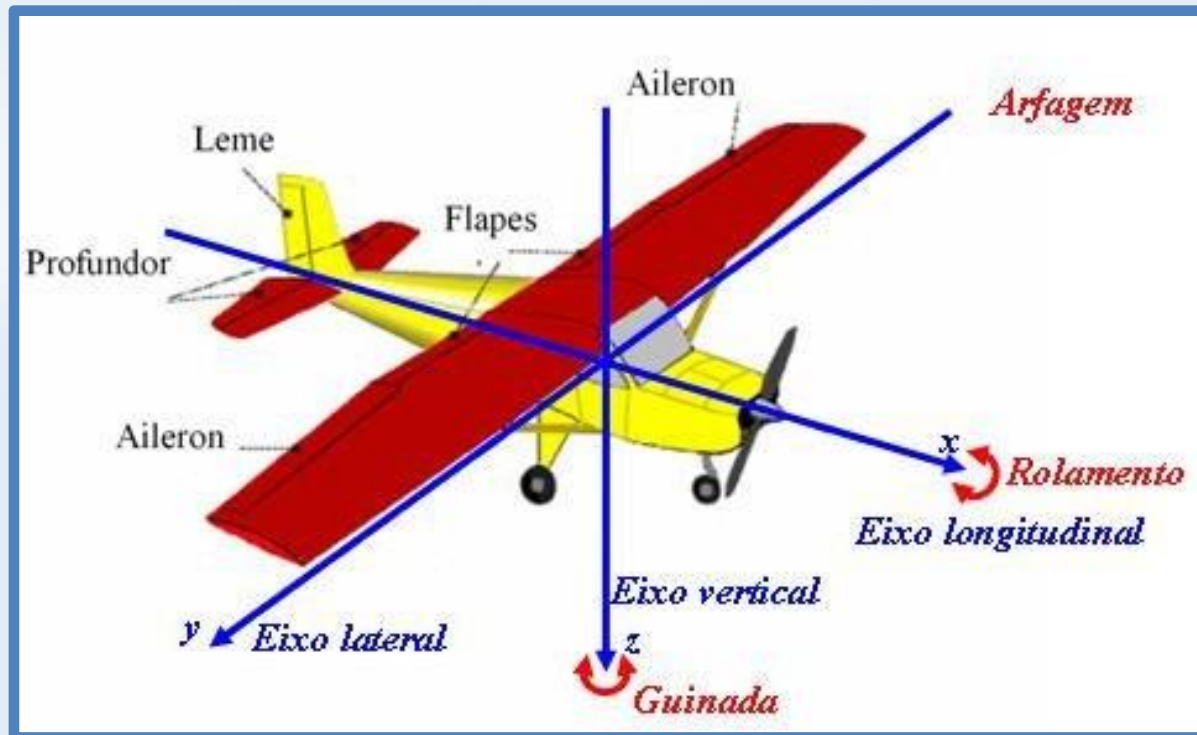
Teto Absoluto



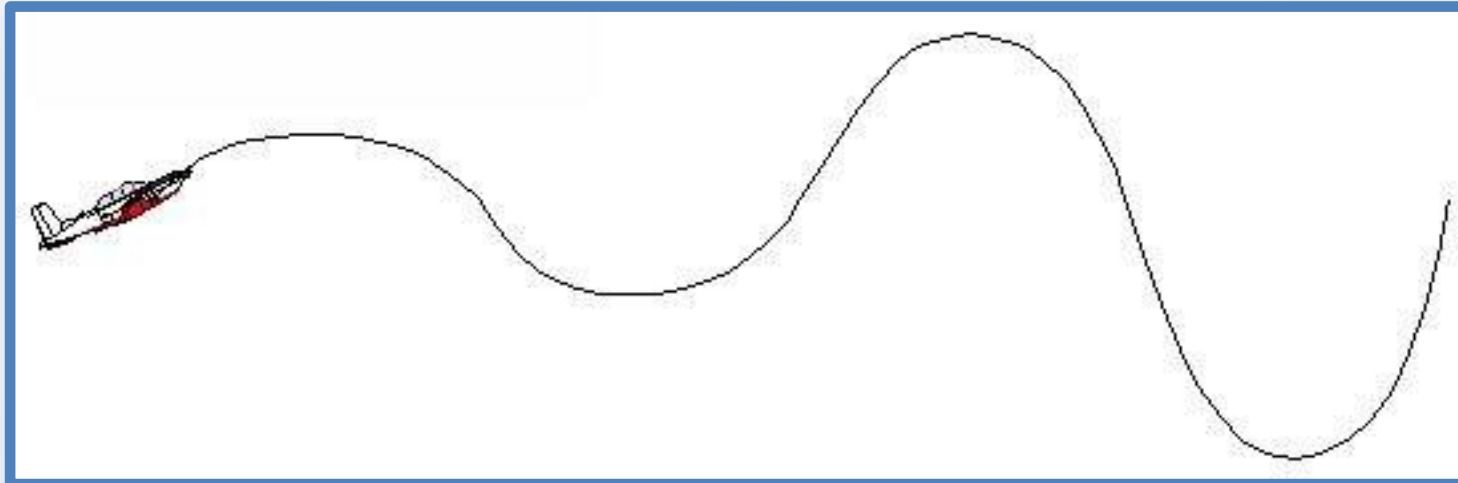
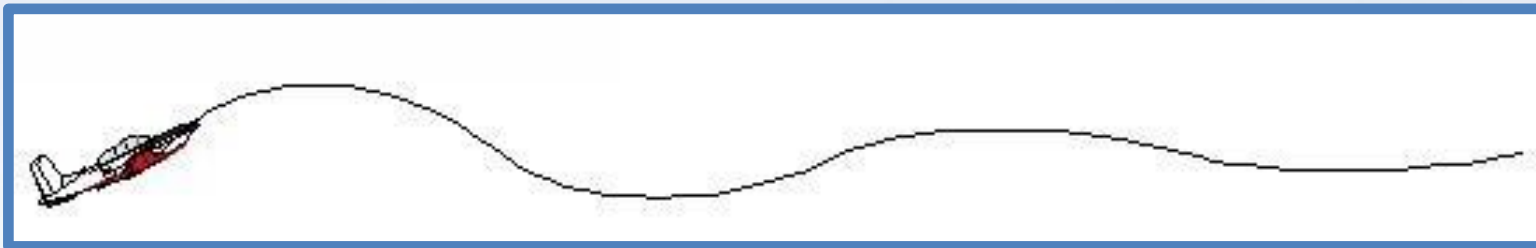


Estabilidade e Controle

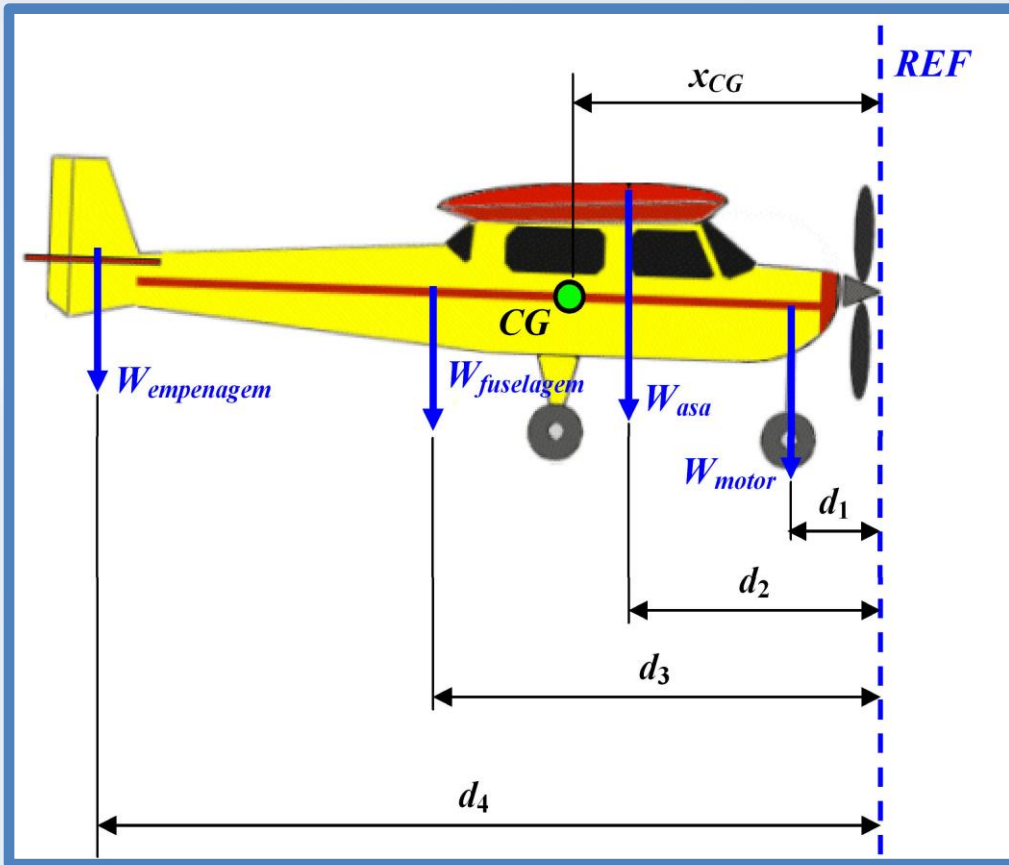
Eixos de Referência



Estabilidade Longitudinal

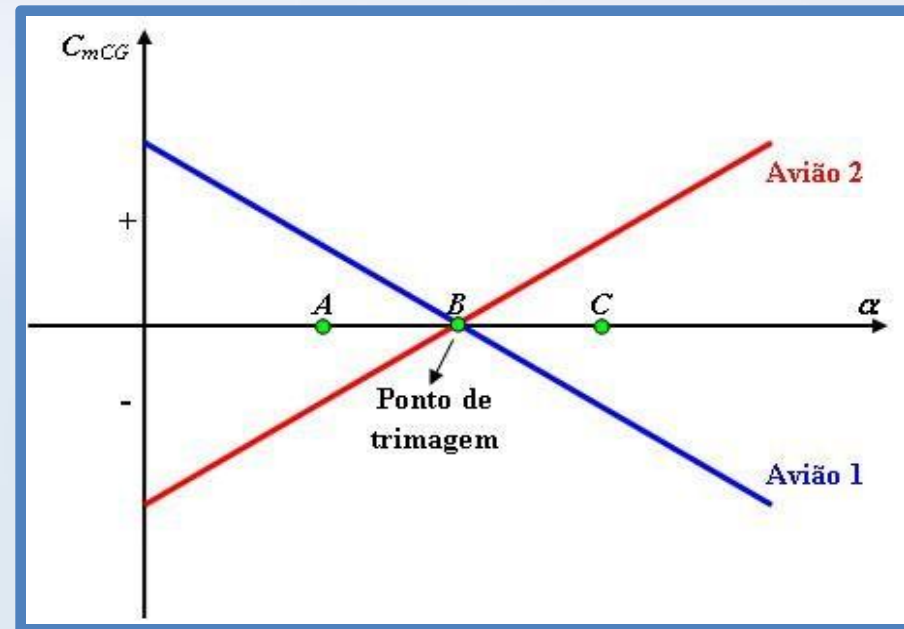
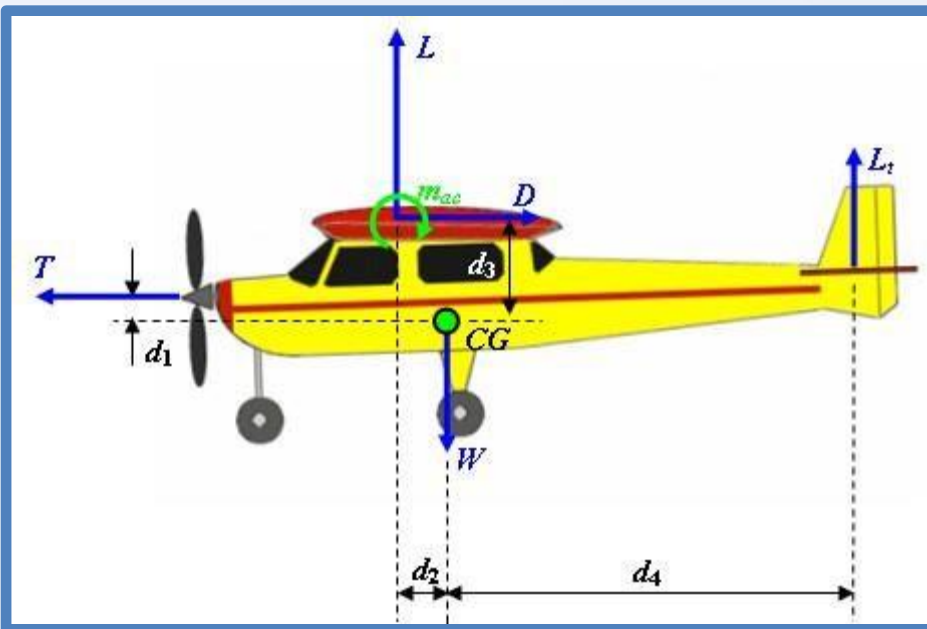


Posição do Centro de Gravidade

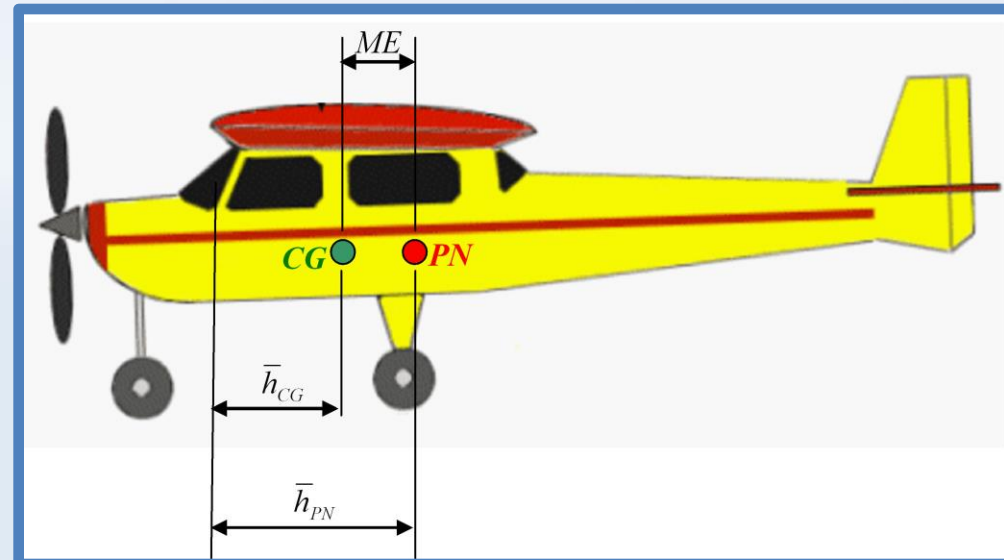
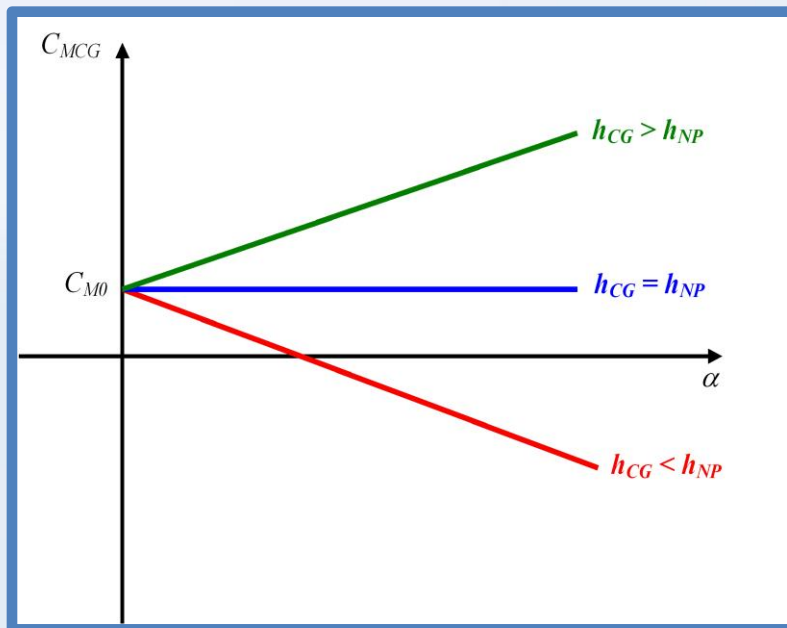


$$\bar{x}_{CG} = \frac{\sum W \cdot d}{\sum W}$$

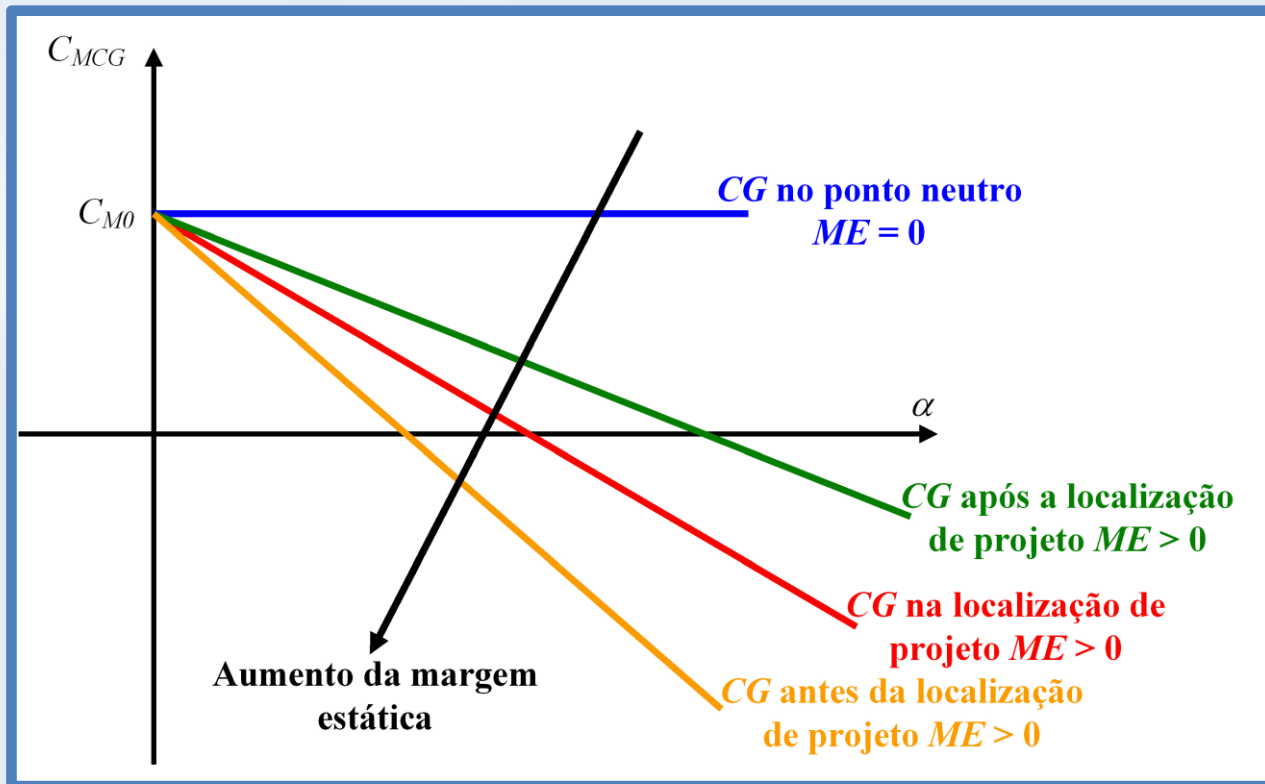
Momentos em uma Aeronave



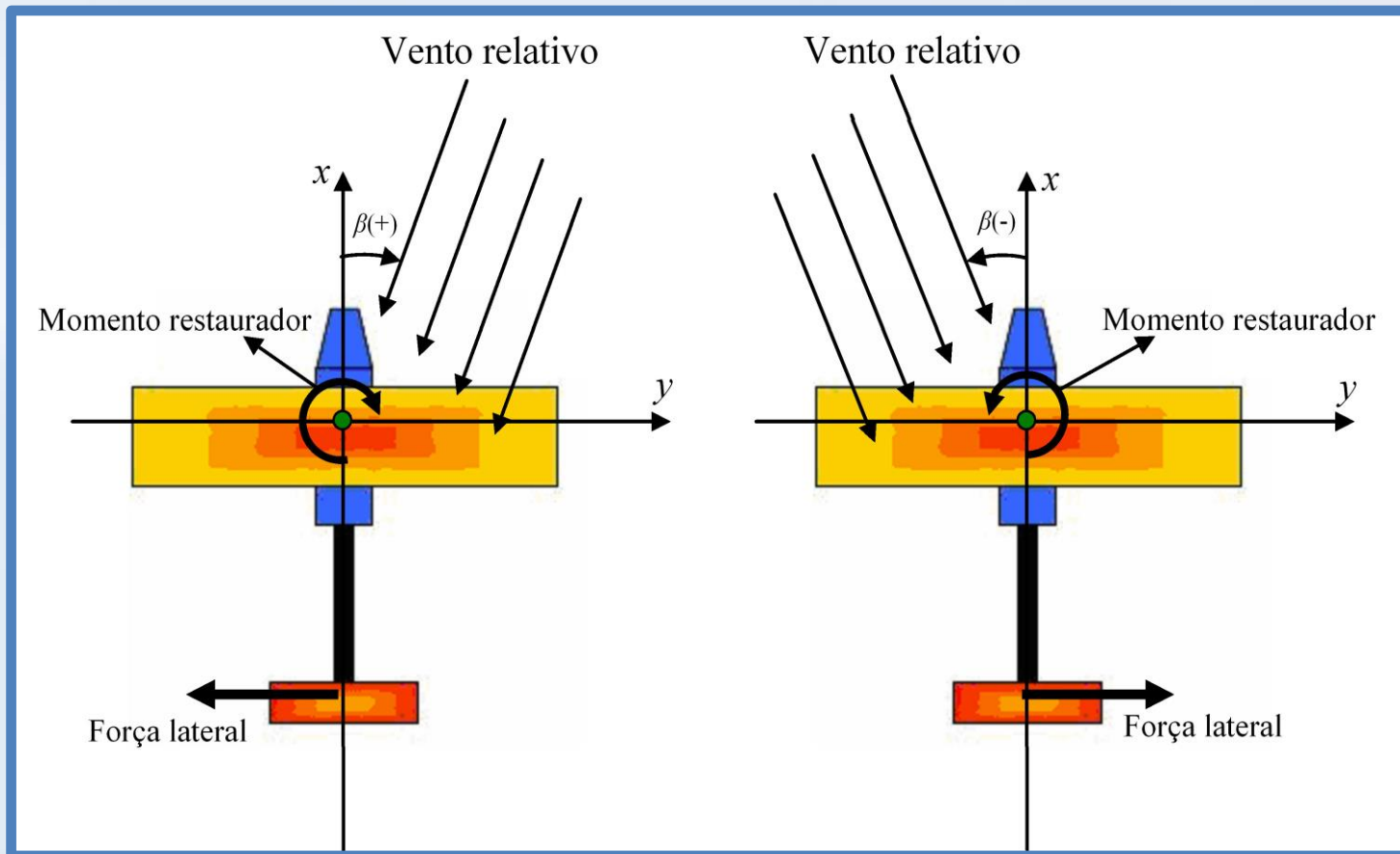
Ponto Neutro e Margem Estática



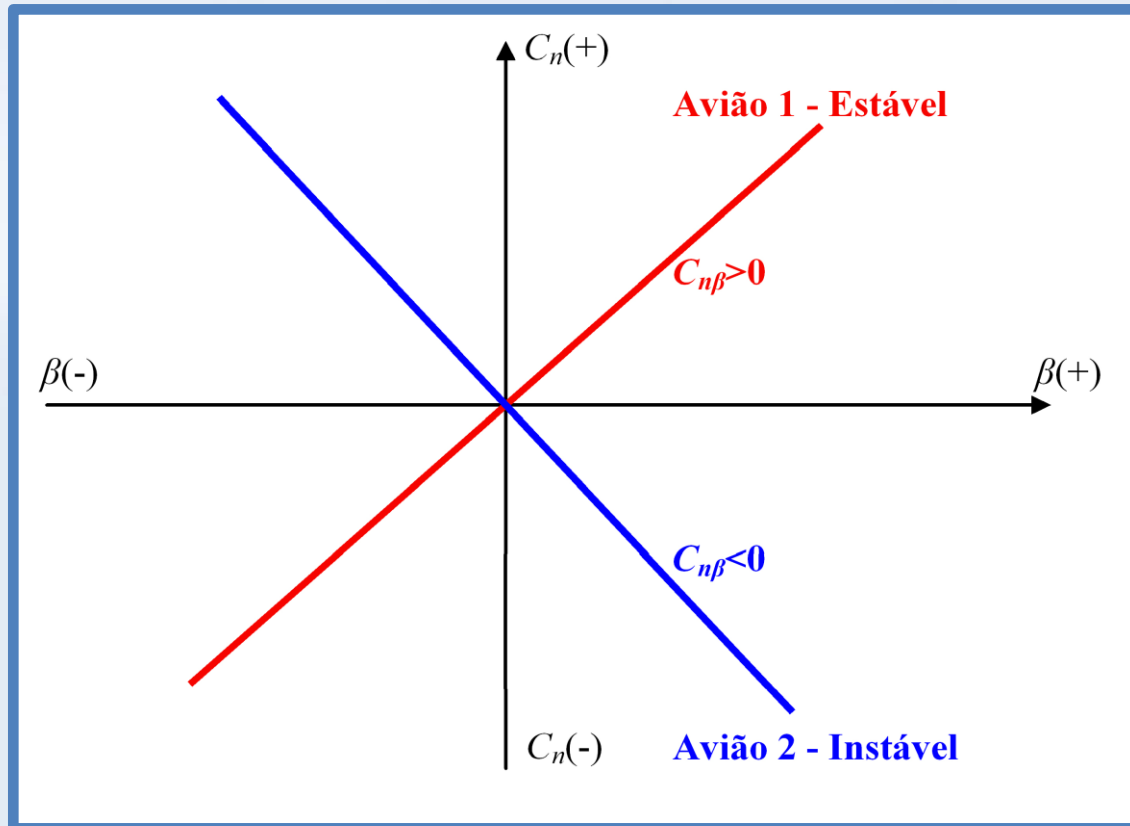
Passeio do CG



Estabilidade Direcional



Estabilidade Direcional



Estabilidade Lateral

