

Estabilidade e Controle de Aeronaves

AB-722

Flávio Luiz Cardoso Ribeiro

<http://flavioluiz.github.io>

flaviocr@ita.br

Departamento de Mecânica do Voo
Divisão de Engenharia Aeronáutica e Aeroespacial
Instituto Tecnológico de Aeronáutica



2018

Introdução

Sistemas de Controle de Vôo:

- Consistem nas superfícies de controle, comandos de cockpit, acoplamentos mecânicos e demais mecanismos necessários para controlar a direção e velocidade de vôo da aeronave.

Para controlar as superfícies de controle, são utilizadas as entradas de comando do piloto a partir de controles no cockpit.

Entradas adicionais:

- Piloto automático;
- Sinais eletrônicos do Fly-By-Wire.

Introdução

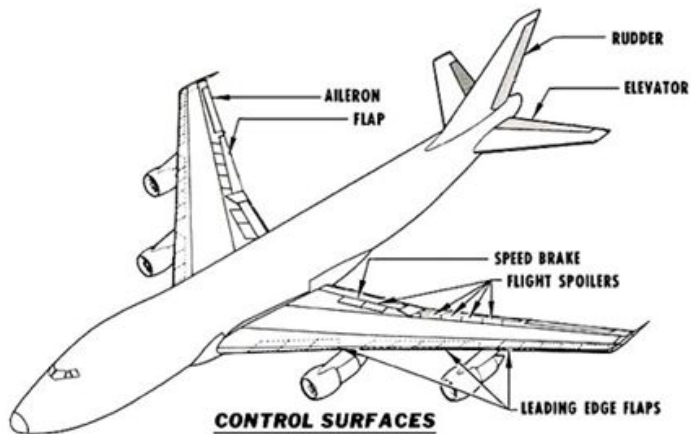
Os comandos do piloto podem ser transmitidos para as superfícies de controle através de:

- Cabos, polias e barras (aeronaves convencionais);
- Cablagens elétricas (aeronaves Fly-by-wire);
- Fibra óptica, wireless (aeronaves-conceito).

As superfícies de controle são usualmente classificadas como:

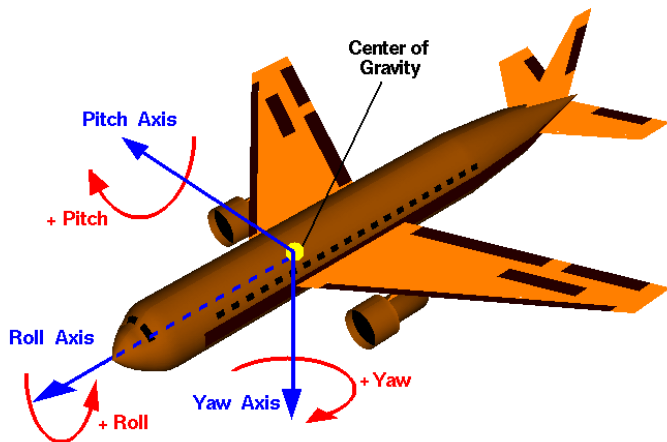
- Primárias;
- Secundárias;
- Auxiliares;

Superfícies



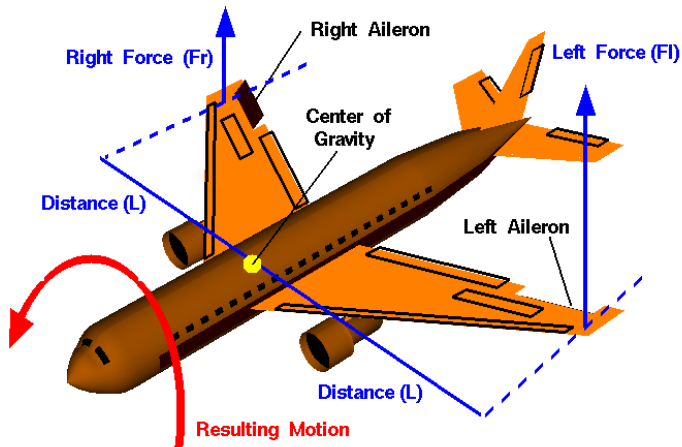
Superfícies de Controle Primárias

Permitem o controle de rolamento, arfagem e guinada da aeronave.



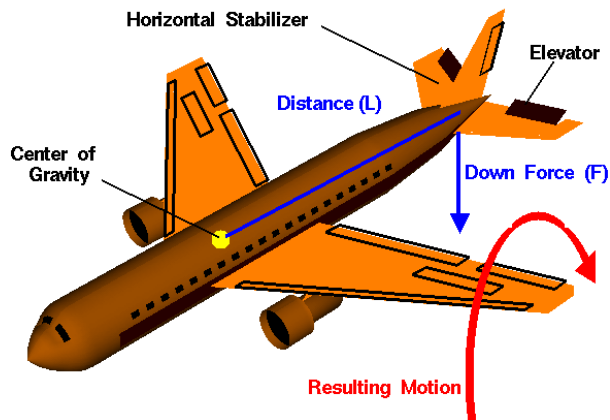
Fonte: The Beginner's Guide to Aeronautics - NASA GSC

Superfícies de Controle Primárias - Aileron



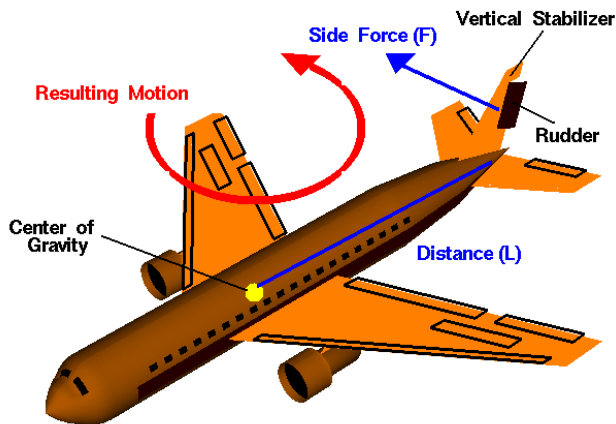
Fonte: The Beginner's Guide to Aeronautics - NASA GSC

Superfícies de Controle Primárias - Profundor



Fonte: The Beginner's Guide to Aeronautics - NASA GSC

Superfícies de Controle Primárias - Leme



Fonte: The Beginner's Guide to Aeronautics - NASA GSC

Superfícies de Controle Secundárias

- Auxiliam o controle das superfícies primárias - alívio de esforço;
- Compensadores (ou trim tabs)

Beechcraft Super 18 (1937)



Superfícies de Controle Secundárias - Tabs



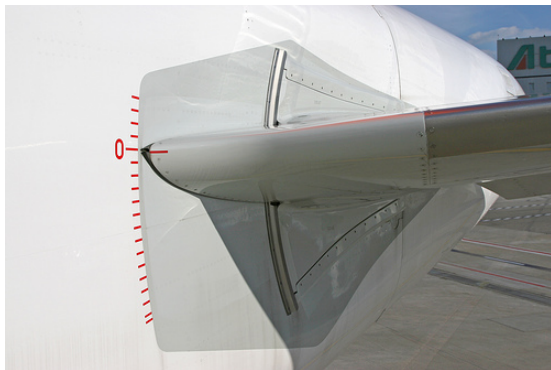
Superfícies de Controle Secundárias



Superfícies de Controle Secundárias

Para aeronaves de transporte de grande porte, utiliza-se:

- Pitch trim = Estabilizador horizontal inteiro se move (THS - Trimmable Horizontal Surface).



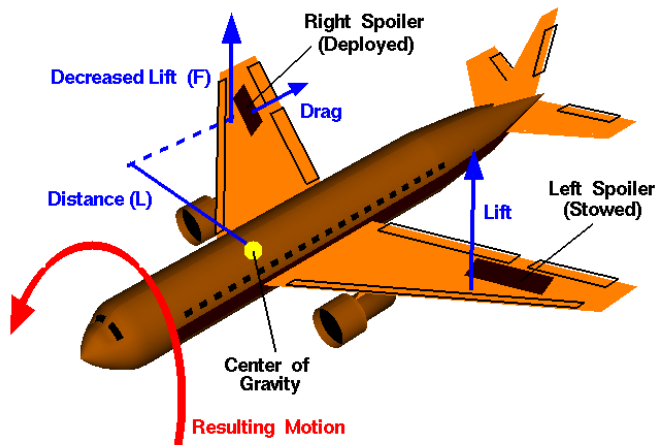
Fonte: <http://www.flickr.com/photos/francoisroche/3287602678/>

Superfícies de Controle Auxiliares

- Diminuem distâncias de pouso, promovem redução de velocidade e aumento de sustentação;
- Flaps, Slats, Spoilers.

Superfícies de Controle Auxiliares

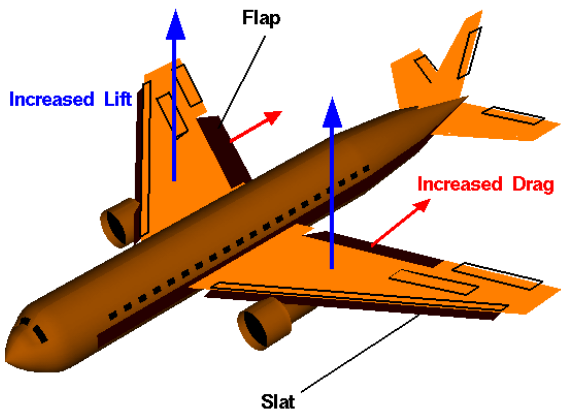
Spoilers



Fonte: The Beginner's Guide to Aeronautics - NASA GSC

Superfícies de Controle Auxiliares

Flaps/Slats



Fonte: The Beginner's Guide to Aeronautics - NASA GSC

Superfícies de Controle - Outros casos

Como vimos no caso do spoiler, nem sempre essa divisão entre superfícies primárias, secundárias e auxiliares é possível: em algumas situações uma superfície auxiliar pode ter papel de superfície principal.

Além disso, outras superfícies de controle foram criadas conforme a necessidade. No B2, por exemplo, o 'drag rudder' pode atuar como leme (superfície primária) ou freio aerodinâmico (superfície auxiliar).

Superfícies de Controle - Outros casos

Drag rudder



Superfícies de Controle - Outros casos

Drag rudder - vídeo:

- <http://www.youtube.com/watch?v=43DadJTHPzc>

Comandos do piloto

- Manche: comanda profundor e aileron (controla movimentos de arfagem e rolamento);
- Pedais: comanda leme (controla movimento de guinada).
- Manche para a direita: rolamento positivo;
- Manche para trás: arfagem positiva (cabrar);
- Pedal à direita: guinada positiva.

Comandos do piloto

Cockpit do Aeroboero



Comandos do piloto

Cockpit do Boeing 737



Comandos do piloto

Cockpit do A320



Comandos do piloto

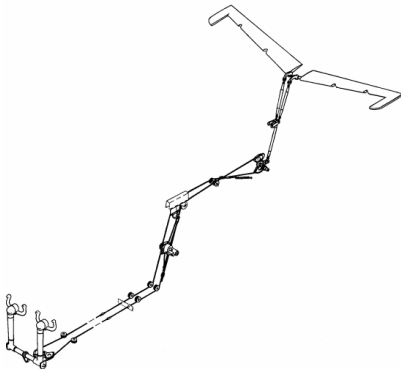
Comando de trimagem do Beechcraft Super 18



Sistemas de comandos de vôo manuais

- Comando é transmitido do manche ao piloto por cabos, polias e barras;
- A força é feita pelo piloto;
- Adequado apenas para aeronaves de pequeno porte;
- Comando é dito reversível: forças são transmitidas de volta ao piloto.

Sistemas de comandos de vôo manuais

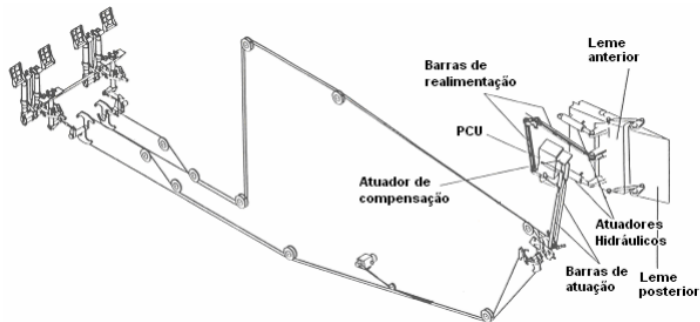


Fonte: Roskam, J. Airplane Design Part IV

Sistemas de comandos de vôo potenciados

- Uma fonte auxiliar de potência gera força para movimentação dos atuadores;
- Utilização de atuadores eletro-hidráulicos;
- Comando do piloto movimenta servo-válvula hidráulica que por sua vez aciona atuador na superfície;
- Comando irreversível (atuadores convencionais) - inclusão de sistema de sensibilidade artificial.

Sistemas de comandos de vôo potenciados



Fonte: Grijo, L. F. - Arquiteturas de Sistemas de Comando de Vôo e Piloto Automático para Aeronaves civis - Tese de Mestrado - ITA

Sistemas de comandos de vôo Fly-by-wire

- Transmissão dos comandos do piloto é feito através de fios elétricos;
- Computadores (analógicos ou digitais) recebem o sinal analógico do comando do piloto, e determinam qual será o movimento da superfície de controle, enviando sinal de controle ao atuador.
- Permitem inclusão de software no sistema de comando de voo: máximo ângulo de ataque, gain scheduling, aumento de estabilidade artificial, etc.
- Redução significativa de peso (tanto pelos componentes do sistema serem mais leves em relação aos convencionais, quanto por permitir relaxar o cumprimento de requisitos de estabilidade natural).

Sistemas de comandos de vôo Fly-by-wire

