



# ***Introdução ao Controle Automático de Aeronaves***

Leonardo Tôrres

`torres@cpdee.ufmg.br`

Escola de Engenharia – Universidade Federal de Minas Gerais/EEUFMG

# *Visão Geral da Disciplina*

- ⑥ Apresentação
- ⑥ Motivação
- ⑥ Objetivos
- ⑥ Métodos de Avaliação

# Visão Geral da Disciplina

- ⑥ Apresentação
- ⑥ Motivação
- ⑥ Objetivos
- ⑥ Métodos de Avaliação

## Livro recomendados:

AIRCRAFT CONTROL AND SIMULATION —  
Brian L. Stevens & Frank Lewis

John Wiley & Sons, Inc.

AUTOMATIC FLIGHT CONTROL SYSTEMS —  
Donald McLean

Prentice-Hall

## O Presente na Aviação



Sistemas Fly-by-Wire – Airbus A319

O último caça a ser construído?



Joint Strike Fighter – F-35 – Lockheed-Martin

Um possível futuro para a Aviação:



Unmanned Aerial Vehicle – UAV – Aerosonde

Um possível futuro para a Aviação:



X-45C UCAV – Boeing

# Nomenclatura Básica

- *Horizontal Stabilizer*

Estabilizador (empenagem) horizontal

- *Vertical Stabilizer*

Estabilizador (empenagem) vertical

- *Main gear/Nose Gear*

Trens de pouso principal e de nariz

- *Elevator*

Profundor

- *Trim tab*

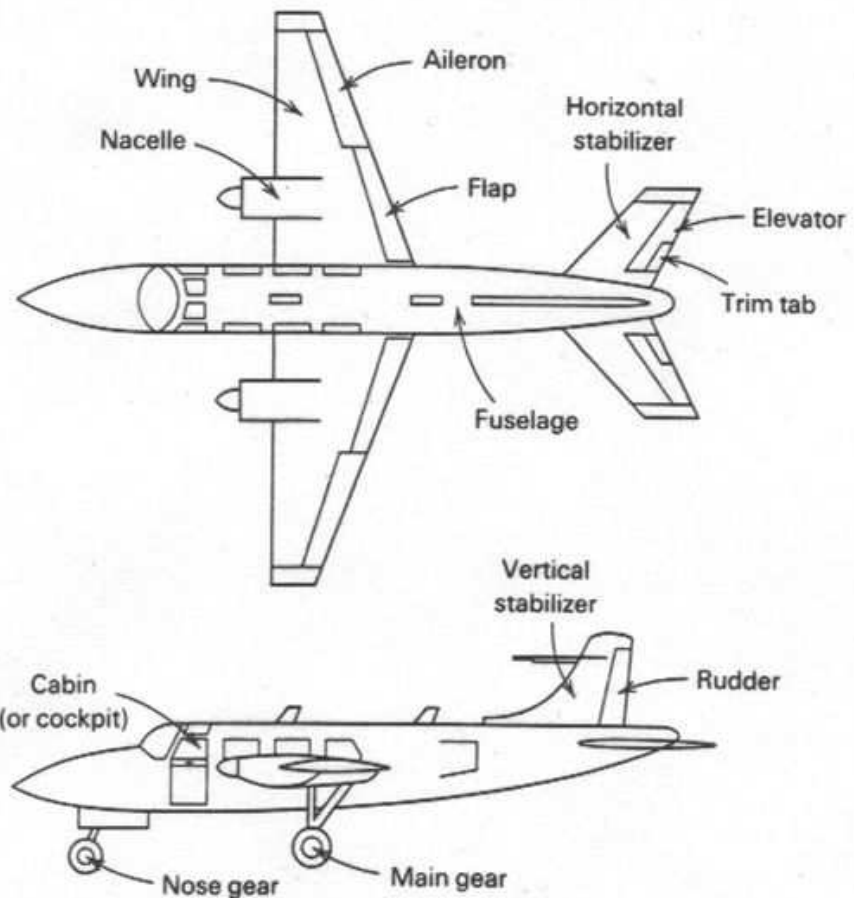
Compensador de profundor

- *Rudder*

Leme

- *Wingspan*

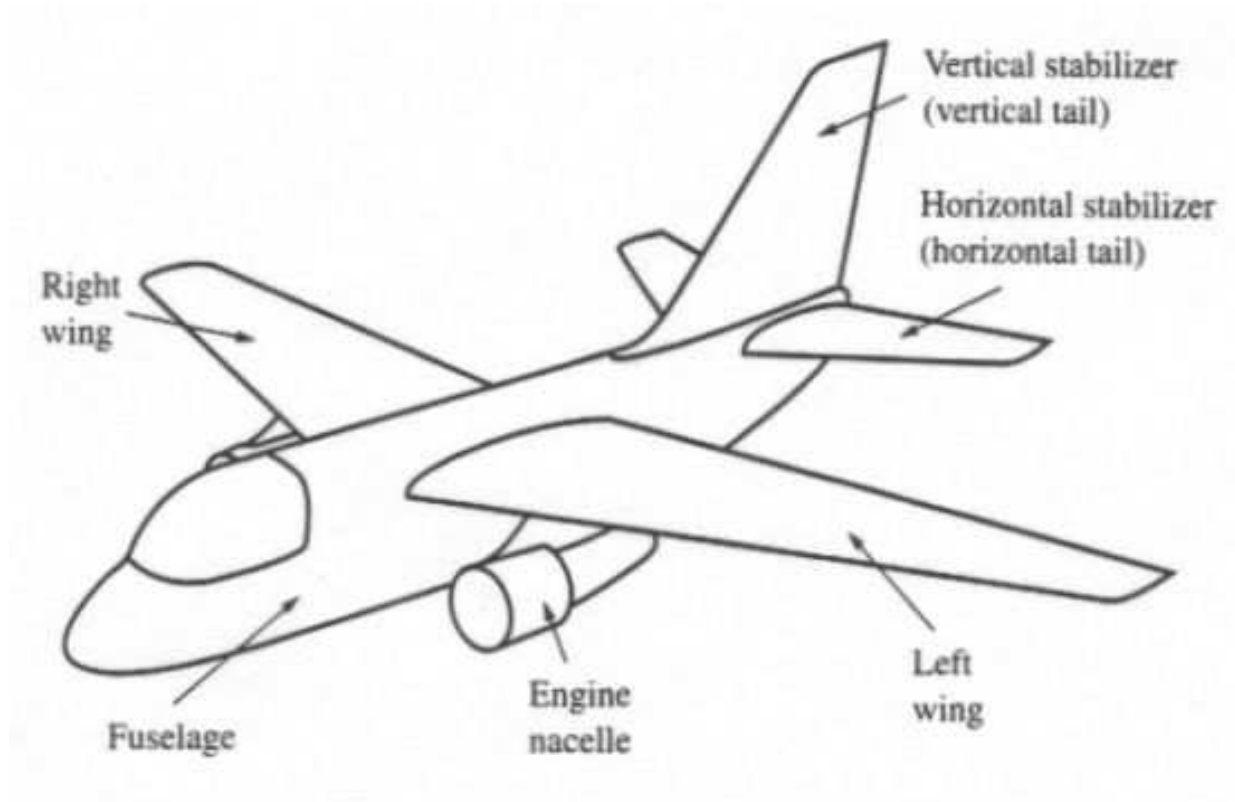
Envergadura da asa





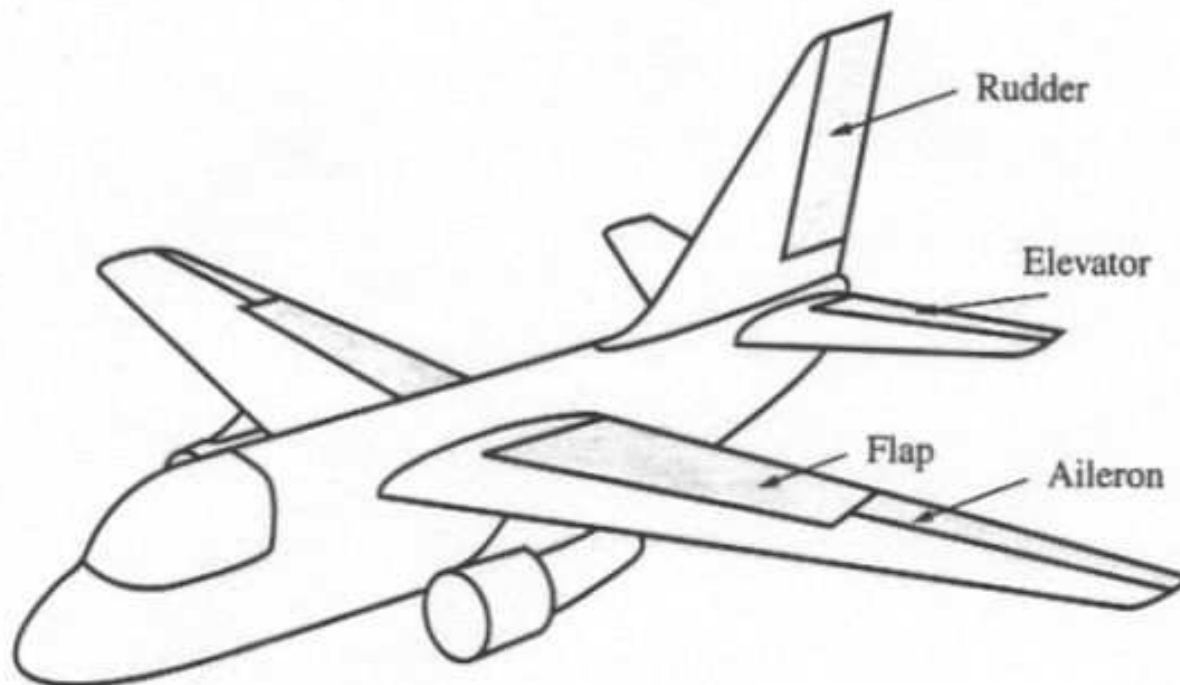
# Nomenclatura Básica

Partes de uma Aeronave:



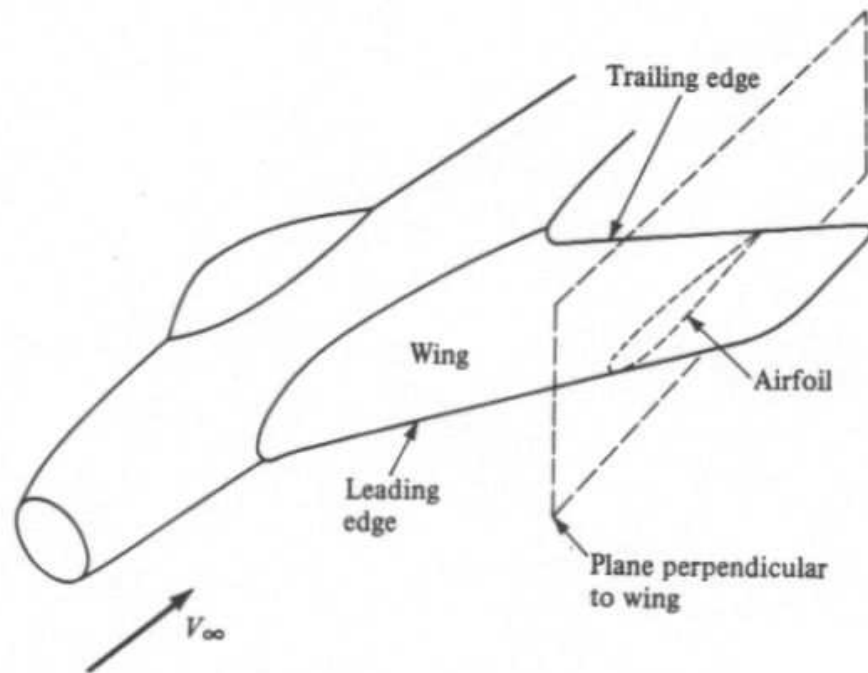
# Nomenclatura Básica

Superfícies de Controle:



# Nomenclatura Básica

Detalhes da asa:



*Leading Edge* = bordo de ataque;

*Trailing Edge* = bordo de fuga;

# Nomenclatura Básica

## Detalhes do perfil do aerofólio (*airfoil section*):

- *Camber*

Arqueamento

- *Thickness*

Espessura

- *Camberline*

Linha de arqueamento  
(linha média entre o extradorso superior e o intradorso inferior)

- *Chordline*

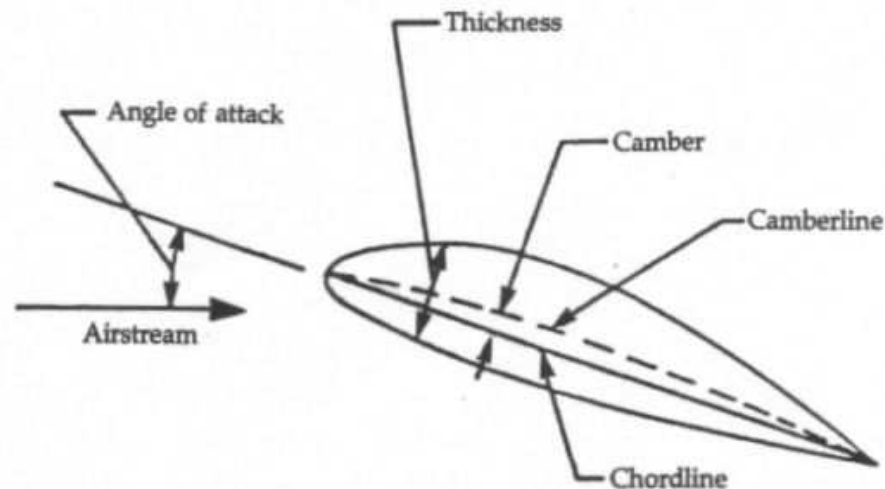
Linha da corda

- *Angle of Attack (AOA)*

Ângulo de ataque =  $\alpha$

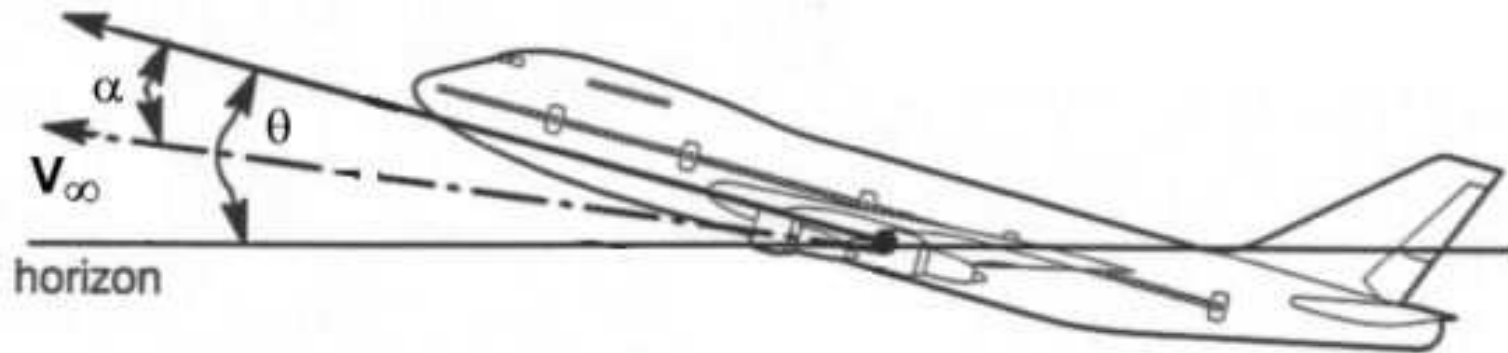
- *Airstream*

Escoamento não perturbado



# Nomenclatura Básica

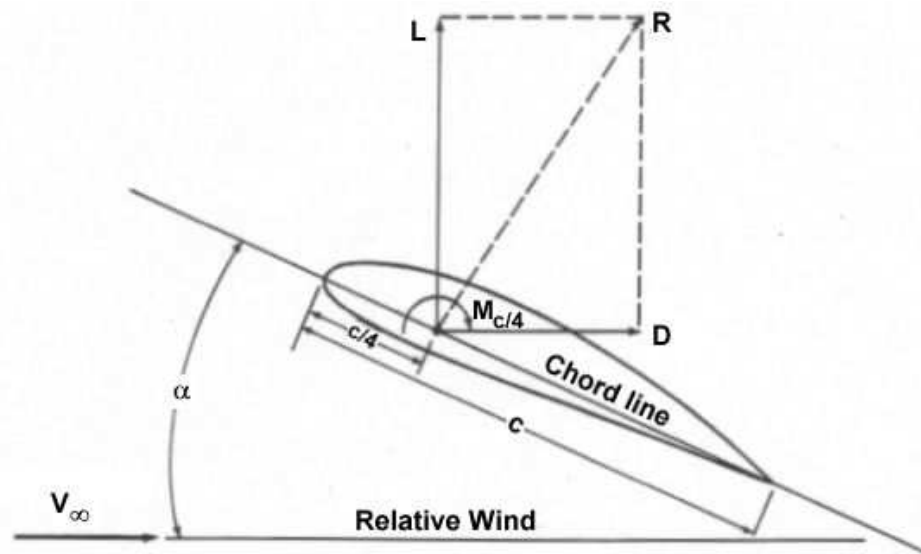
Diferença entre ângulo de ataque  $\alpha$  e ângulo de arfagem  $\theta$ :



- ⑥  $\alpha \Rightarrow$  ângulo em relação ao escoamento não perturbado;
- ⑥  $\theta \Rightarrow$  ângulo em relação ao solo;
- ⑥  $\gamma \Rightarrow$  ângulo de trajetória (*flight path angle*). No caso mostrado na figura:  $\gamma = \theta - \alpha$ .

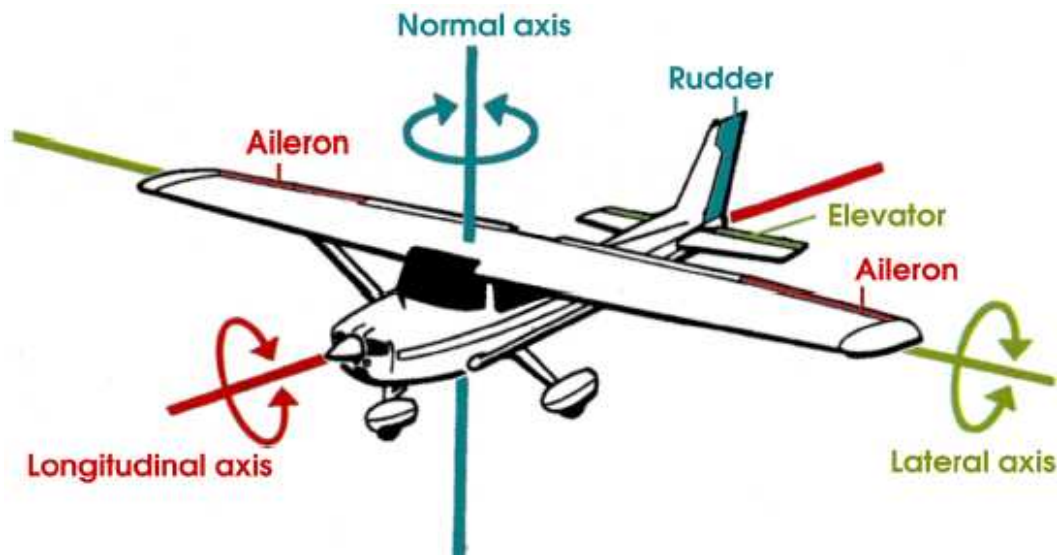
# Nomenclatura Básica

As forças e momentos aerodinâmicos são medidos em relação a um Centro Aerodinâmico de Referência (*Aerodynamic Reference Point*). Geralmente este centro está no plano de simetria da aeronave, com coordenadas sobre a corda média (a qual tem comprimento  $\bar{c}$ ), e a uma distância de  $\bar{c}/4$  do bordo de ataque.



# Nomenclatura Básica

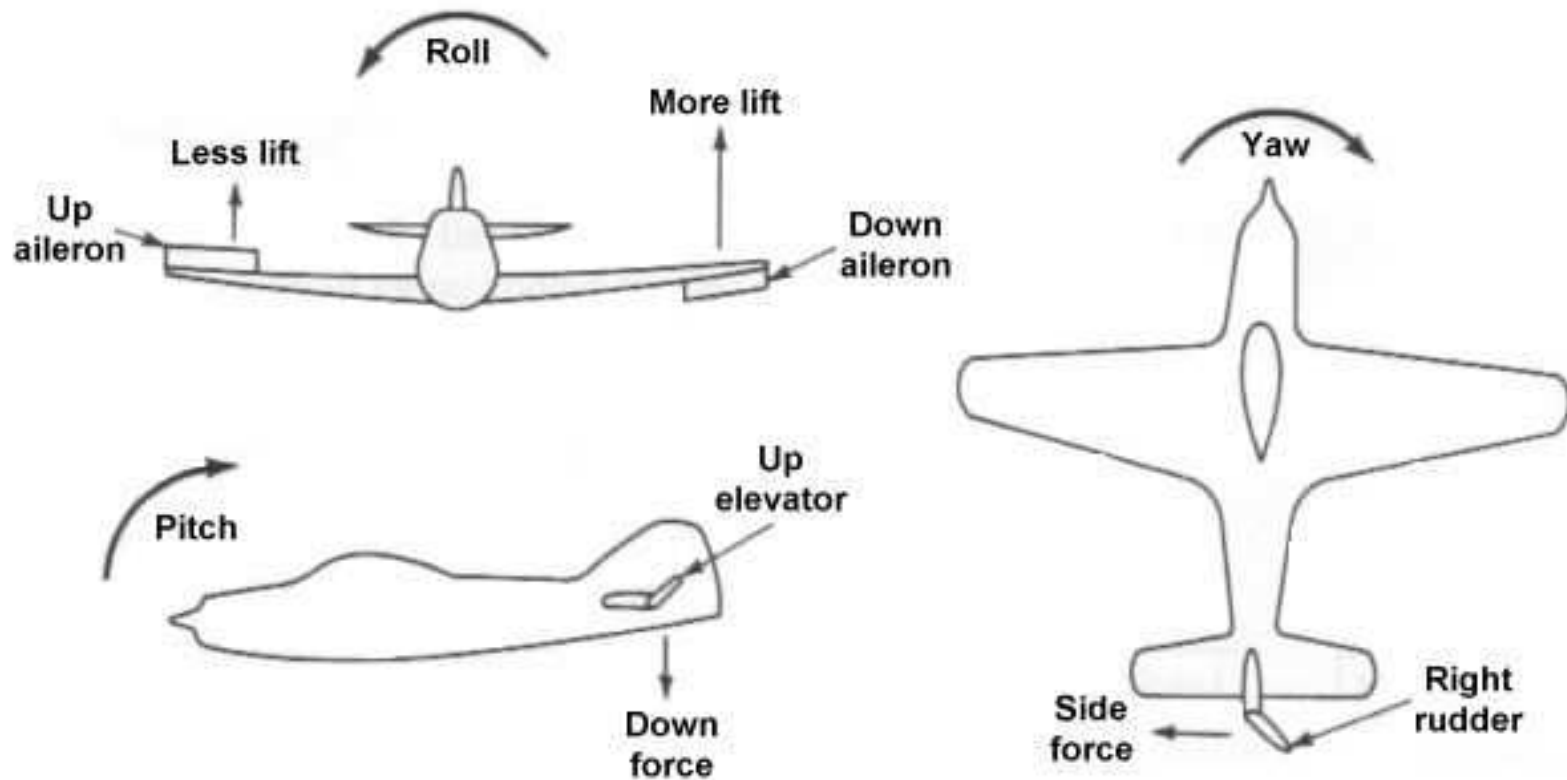
Eixos de Movimentação:



- ⑥ *Roll*: rolamento (em torno do eixo longitudinal).
- ⑥ *Pitch*: arfagem (em torno do eixo lateral).
- ⑥ *Yaw*: guinada (em torno do eixo normal).

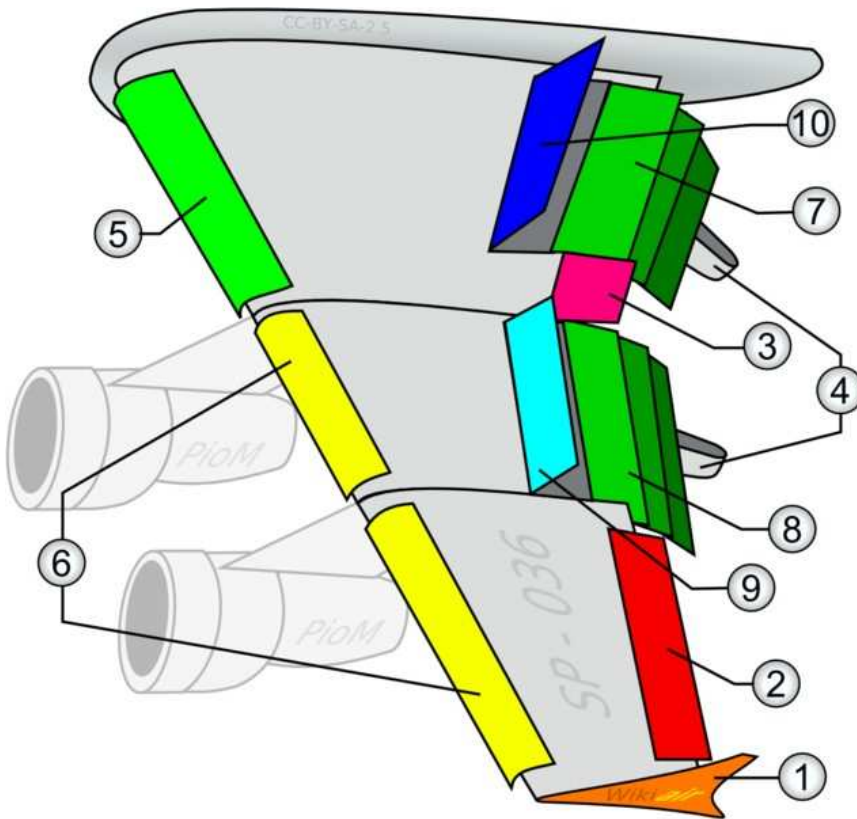
# Nomenclatura Básica

Eixos de Movimentação e superfícies de controle:





# Superfícies de Controle Auxiliares



1. Winglet
2. Aileron (em baixas velocidades)
3. Aileron (em altas velocidades)
4. Trilho carenado dos Flaps
5. Flaps Krüger
6. Slats
7. Flaps internos de 3 slots
8. Flaps externos de 3 slots
9. Spoiler
10. Spoiler-Speed brake

# *Superfícies de Controle Auxiliares*

