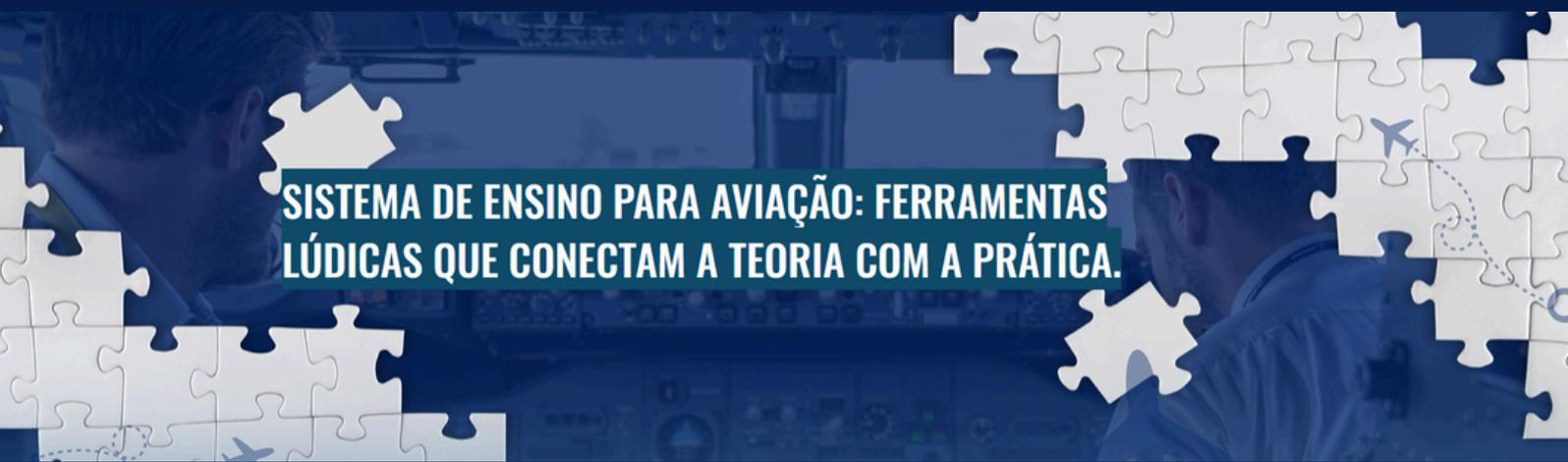




Parabéns! Você acaba de ter acesso a Versão Anotação dos Slides que fazem parte do Sistema de Ensino da Espaço Aéreo, presente nas principais Universidades, CIACs e Escolas de Aviação do Brasil.

Esse conteúdo foi desenvolvido usando metodologias ativas, gamificadas e conceitos de Sala Invertida, tudo para garantir que o aprendizado possibilite você a conectar a teoria com a prática.



## SISTEMA DE ENSINO PARA AVIAÇÃO: FERRAMENTAS LÚDICAS QUE CONECTAM A TEORIA COM A PRÁTICA.

O futuro já chegou na sua aula. Tenho acesso a versão animada dos slides, vídeos de até 20 minutos de todo conteúdo, e-books, mapas mentais, estudos de caso, simulados, resumos, jogos e muito mais.

Verifique com seu professor o link de acesso específico para o material do seu curso ou então conheça todas nossas soluções em:

# [WWW.ESPACOAREO.COM](http://WWW.ESPACOAREO.COM)



GAMIFICAÇÃO



METODOLOGIAS ATIVAS



ESTUDOS DE CASO



SALA INVERTIDA



1

---

---

---

---

---

---

---

---

III - CONTROLES DE VOO

CONHECIMENTOS TÉCNICOS - PP

**OBJETIVO GERAL**

Compreender como atuam os controles de voo da aeronave, a fim de que o aluno/piloto possa ter certeza da ação correspondente da aeronave quando aplicado determinado comando.

III - CONTROLES DE VOO

CONHECIMENTOS TÉCNICOS - PP

2

---

---

---

---

---

---

---

---

III - CONTROLES DE VOO

CONHECIMENTOS TÉCNICOS - PP

**ROTEIRO**

- 1- ACIONAMENTO DOS CONTROLES DE VOO
- 2- SUPERFÍCIES DE CONTROLE PRIMÁRIAS
  - 2.1 - Leme de Direção
  - 2.2 - Profundor
  - 2.3 - Aileron
- 3- SUPERFÍCIES DE CONTROLE SECUNDÁRIAS
- 4- SUPERFÍCIES HIPERSUSTENTADORAS
  - 4.1 - Flap
  - 4.2 - Slat
  - 4.3 - Slot
- 5- SUPERFÍCIES DESTRUIDORAS DE SUSTENTAÇÃO
  - 5.1 - Spoiler
  - 5.2 - Speed Brakes

III - CONTROLES DE VOO

CONHECIMENTOS TÉCNICOS - PP

3

---

---

---

---

---

---

---

---

**1 – AÇIONAMENTO DOS CONTROLES DE VOO**  
Controles de Voo Cap. III

O que é chamado de controles de voo?

Superfícies que alteram momentaneamente o equilíbrio da aeronave pelo movimento de superfícies moveis.

Confederação Brasileira de Aviação - Associação Brasileira de Pilotos - Prof. Bernardo Martins

4

---

---

---

---

---

---

---

---

**1 – AÇIONAMENTO DOS CONTROLES DE VOO**  
Controles de Voo Cap. III

Os movimentos de uma aeronave são efetuados em torno de 3 eixos imaginários, que se cruzam em um ponto comum denominado **Centro de Gravidade (C.G.)**.

Confederação Brasileira de Aviação - Associação Brasileira de Pilotos - Prof. Bernardo Martins

5

---

---

---

---

---

---

---

---

**1 – AÇIONAMENTO DOS CONTROLES DE VOO**  
Controles de Voo Cap. III

**EIXO VERTICAL:** linha reta imaginária que corta a aeronave verticalmente.

Confederação Brasileira de Aviação - Associação Brasileira de Pilotos - Prof. Bernardo Martins

6

---

---

---

---

---

---

---

---

**1 – AÇIONAMENTO DOS CONTROLES DE VOO**  
Controles de Voo Cap. III

**EIXO LATERAL/TRANSVERSAL:** linha reta imaginária que cruza de um lado da asa ao outro.

**EIXO LATERAL / TRANSVERSAL**



Confederação Brasileira de Aviação, Associação Brasileira de Pilotos, Prof. Renato Martins

7

---

---

---

---

---

---

---

---

**1 – AÇIONAMENTO DOS CONTROLES DE VOO**  
Controles de Voo Cap. III

**EIXO LONGITUDINAL:** linha reta imaginária que une o nariz à cauda do avião.



**EIXO LONGITUDINAL**

Confederação Brasileira de Aviação, Associação Brasileira de Pilotos, Prof. Renato Martins

8

---

---

---

---

---

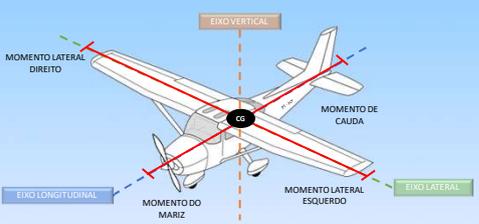
---

---

---

**1 – AÇIONAMENTO DOS CONTROLES DE VOO**  
Controles de Voo Cap. III

Um avião, voando reto e nivelado, mantém-se nessa posição a partir de um equilíbrio em seus momentos de força (momento = força x distância), verticais, laterais (direito = esquerdo) e longitudinais (nariz = cauda).



**EIXO VERTICAL**  
**EIXO LONGITUDINAL**  
**EIXO LATERAL**

**MOMENTO LATERAL DIREITO**  
**MOMENTO LATERAL ESQUERDO**  
**MOMENTO DO NAZ**  
**MOMENTO DE CAUDA**

Confederação Brasileira de Aviação, Associação Brasileira de Pilotos, Prof. Renato Martins

9

---

---

---

---

---

---

---

---

**1 – AÇIONAMENTO DOS CONTROLES DE VOO**  
Cap. III

Controles de Voo

Esse equilíbrio pode ser momentaneamente quebrado pelo movimento de superfícies móveis, que quando atuadas causam uma perturbação no fluxo de ar, criando uma força que dá origem às denominadas **manobras de voo**.



Controle de Voo, Teoria, Mecânica e Simulação - Prof. Alexandre Martins

10

---

---

---

---

---

---

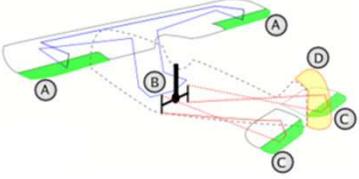
---

---

**1 – AÇIONAMENTO DOS CONTROLES DE VOO**  
Cap. III

Controles de Voo

As superfícies de controle de voo podem ser acionadas **mecanicamente** por tubos ou cabos de aço, **hidráulica**, **eletricamente** ou de forma **combinada**.



Controle de Voo, Teoria, Mecânica e Simulação - Prof. Alexandre Martins

11

---

---

---

---

---

---

---

---

**1 – AÇIONAMENTO DOS CONTROLES DE VOO**  
Cap. III

Controles de Voo

**AÇIONAMENTO MECÂNICO:** É feito por um conjunto de polias, alavancas, batentes e cabos de aço especiais, de espessuras variadas.



Controle de Voo, Teoria, Mecânica e Simulação - Prof. Alexandre Martins

12

---

---

---

---

---

---

---

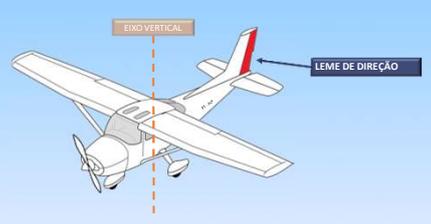
---



**2 - SUPERFÍCIES DE CONTROLE PRIMÁRIAS**  
Controles de Voo Cap. III

2.1 - Leme de Direção

**EIXO VERTICAL:** O movimento em torno desse eixo chama-se **GUINADA** é feito através do **LEME DE DIREÇÃO**.



The diagram shows a white airplane from a top-down perspective. A vertical dashed orange line passes through the center of the fuselage, labeled 'EIXO VERTICAL'. An arrow points to the vertical stabilizer (tail fin), which is labeled 'LEME DE DIREÇÃO'.

Confederação Brasileira de Aviação - Associação Brasileira de Pilotos - Prof. Bernardo Mattos

16

---

---

---

---

---

---

---

---

**2 - SUPERFÍCIES DE CONTROLE PRIMÁRIAS**  
Controles de Voo Cap. III

2.1 - Leme de Direção

O que é o leme de direção?

**LEME DE DIREÇÃO:** Instalado no estabilizador vertical, é acionado com o movimento dos pedais.



The slide features a cartoon pilot on the left with a speech bubble asking 'O que é o leme de direção?'. To the right, a small icon of a pilot is next to the text definition. Below the text is a top-down view of a white airplane with the rudder highlighted.

Confederação Brasileira de Aviação - Associação Brasileira de Pilotos - Prof. Bernardo Mattos

17

---

---

---

---

---

---

---

---

**2 - SUPERFÍCIES DE CONTROLE PRIMÁRIAS**  
Controles de Voo Cap. III

2.1 - Leme de Direção

**MOVIMENTO EIXO VERTICAL**

**GUINADA A E GUINADA A DIREITA**



The slide shows a cockpit instrument panel on the left with red circles around the rudder pedals. On the right, a top-down view of a white airplane shows the rudder deflected to the right, with red boxes around the rudder and the tail section.

Confederação Brasileira de Aviação - Associação Brasileira de Pilotos - Prof. Bernardo Mattos

18

---

---

---

---

---

---

---

---

**2 - SUPERFÍCIES DE CONTROLE PRIMÁRIAS**  
Controles de Voo Cap. III

2.1 - Leme de Direção

Quando o leme se desloca para a esquerda o avião efetua uma guinada para esquerda.



Confederação Brasileira de Aviação - Associação Brasileira de Pilotos - Prof. Alexandre Martins

19

---

---

---

---

---

---

---

---

**2 - SUPERFÍCIES DE CONTROLE PRIMÁRIAS**  
Controles de Voo Cap. III

2.1 - Leme de Direção

Quando o leme se desloca para a direita o avião efetua uma guinada para direita.



Confederação Brasileira de Aviação - Associação Brasileira de Pilotos - Prof. Alexandre Martins

20

---

---

---

---

---

---

---

---

**2 - SUPERFÍCIES DE CONTROLE PRIMÁRIAS**  
Controles de Voo Cap. III

2.2 - Profundor

**EIXO TRANSVERSAL OU LATERAL:** o movimento em torno desse eixo chama-se **ARFAGEM** ou **TANGAGEM** e é feito através do **PROFUNDOR**.



**EIXO LATERAL / TRANSVERSAL**

Confederação Brasileira de Aviação - Associação Brasileira de Pilotos - Prof. Alexandre Martins

21

---

---

---

---

---

---

---

---

**2 - SUPERFÍCIES DE CONTROLE PRIMÁRIAS**  
Controles de Voo Cap. III

2.2 - Profundor

O que é o profundor?

**PROFUNDOR:** Instalado nos estabilizadores horizontais, é acionado pelo movimento do manche para frente e para trás.



22

---

---

---

---

---

---

---

---

**2 - SUPERFÍCIES DE CONTROLE PRIMÁRIAS**  
Controles de Voo Cap. III

2.2 - Profundor

Quando o profundor sobe a cauda do avião abaixa, efetuando assim o movimento de **CABRAR**.



23

---

---

---

---

---

---

---

---

**2 - SUPERFÍCIES DE CONTROLE PRIMÁRIAS**  
Controles de Voo Cap. III

2.2 - Profundor

Quando o profundor desce a cauda do avião sobe, efetuando assim o movimento de **PICAR**.



24

---

---

---

---

---

---

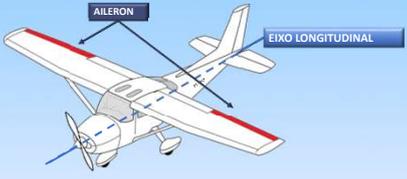
---

---

**2 - SUPERFÍCIES DE CONTROLE PRIMÁRIAS**  
Controles de Voo Cap. III

2.3 - Aileron

**EIXO LONGITUDINAL:** o movimento em torno desse eixo chama-se **ROLAMENTO, BANCAGEM** ou **INCLINAÇÃO LATERAL** e é feito através do **AILERON**.



The diagram shows a white airplane with red stripes on the wings. A blue arrow labeled 'EIXO LONGITUDINAL' points from the nose to the tail. Two black arrows labeled 'AILERON' point to the leading edges of the wings.

25

---

---

---

---

---

---

---

---

**2 - SUPERFÍCIES DE CONTROLE PRIMÁRIAS**  
Controles de Voo Cap. III

2.3 - Aileron

O que é aileron?

**AILERONS:** Instalados nos bordos de fuga, próximo as pontas das asas, são acionados a partir do deslocamento do manche no sentido lateral.



The image shows a pilot's hand on a control stick with a blue speech bubble above it. To the right is a top-down view of an airplane with ailerons highlighted in black on the wingtips.

26

---

---

---

---

---

---

---

---

**2 - SUPERFÍCIES DE CONTROLE PRIMÁRIAS**  
Controles de Voo Cap. III

2.3 - Aileron

**MOVIMENTO EIXO LONGITUDINAL**



The image shows a side view of an airplane with a blue arrow labeled 'EIXO LONGITUDINAL' pointing forward. Below it is a cockpit view showing the control yoke and pedals labeled 'L' and 'R'.

27

---

---

---

---

---

---

---

---

**2 - SUPERFÍCIES DE CONTROLE PRIMÁRIAS**  
 Controles de Voo Cap. III

2.3 - Aileron

Quando o aileron da esquerda desce e o aileron da direita sobe causando um rolamento para direita.



Confederação Brasileira de Aviação - Associação Brasileira de Pilotos - Prof. Alexandre Martins

28

---

---

---

---

---

---

---

---

**2 - SUPERFÍCIES DE CONTROLE PRIMÁRIAS**  
 Controles de Voo Cap. III

2.3 - Aileron

Quando o aileron da direita desce e o aileron da esquerda sobe causando um rolamento para esquerda.



Confederação Brasileira de Aviação - Associação Brasileira de Pilotos - Prof. Alexandre Martins

29

---

---

---

---

---

---

---

---

**2 - SUPERFÍCIES DE CONTROLE PRIMÁRIAS**  
 Controles de Voo Cap. III

**RESUMO DA ATUAÇÃO DOS CONTROLES DE VOO**

CONTROLE DE VOO	SUPERFÍCIE DE COMANDO	MOVIMENTO	EIXO
MANCHE (PARA FRENTE E PARA TRÁS)	PROFUNDÓR	ARFAGEM, TANGAGEM E CAMBAGEM	LATERAL / TRANSVERSAL
PEDAIS	LEMÉ DE DIREÇÃO	GUINADA	VERTICAL
MANCHE (PARA ESQUERDA E PARA A DIREITA)	AILERON	ROLAGEM, INCLINAÇÃO LATERAL, BANCAGEM	LONGITUDINAL

Confederação Brasileira de Aviação - Associação Brasileira de Pilotos - Prof. Alexandre Martins

30

---

---

---

---

---

---

---

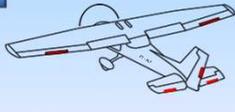
---

**3 - SUPERFÍCIES DE CONTROLE SECUNDÁRIAS**  
Controles de Voo Cap. III

O que são superfícies de comando secundárias (compensadores)?

**SUPERFÍCIES DE CONTROLE SECUNDÁRIAS (COMPENSADORES):** São superfícies móveis instaladas nos bordos de fuga das superfícies primárias.

COMPENSADOR DO PROFUNDOR



31

---

---

---

---

---

---

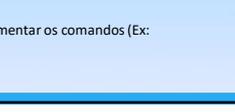
---

---

**3 - SUPERFÍCIES DE CONTROLE SECUNDÁRIAS**  
Controles de Voo Cap. III

Qual o objetivo dos compensadores?

- Tirar tendências indesejáveis de voo (Ex: vento de través).
- Compensar o avião em diferentes altitudes de voo (Ex: subida longa).
- Reduzir a força necessária para movimentar os comandos (Ex: compensador automático).



32

---

---

---

---

---

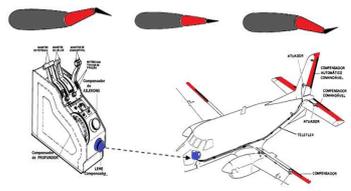
---

---

---

**3 - SUPERFÍCIES DE CONTROLE SECUNDÁRIAS**  
Controles de Voo Cap. III

Sua atuação é independente do comando primário, e seu movimento é contrário ao da superfície de controle.



33

---

---

---

---

---

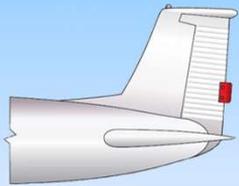
---

---

---

**3 - SUPERFÍCIES DE CONTROLE SECUNDÁRIAS**  
 Controles de Voo Cap. III

COMPENSADORES FIXOS: Não possuem mobilidade, são instalados pelo fabricante para compensar tendências naturais do avião (torque do motor).



Confederação Brasileira de Aviação - Associação Brasileira de Pilotos - Prof. Alexandre Martins

34

---

---

---

---

---

---

---

---

**3 - SUPERFÍCIES DE CONTROLE SECUNDÁRIAS**  
 Controles de Voo Cap. III

**COMPENSADORES MOVEIS:**

- AJUSTÁVEIS: São regulados na oficina para balancear e equilibrar superfícies.
- COMANDADOS: São utilizados pelo piloto para compensar tendências de voo.



COMPENSADORES AJUSTÁVEIS



COMPENSADORES COMANDADOS

Confederação Brasileira de Aviação - Associação Brasileira de Pilotos - Prof. Alexandre Martins

35

---

---

---

---

---

---

---

---

**4 - SUPERFÍCIES HIPERSUSTENTADORAS**  
 Controles de Voo Cap. III

**Analisando a Fórmula da Sustentação**

$$L = C_L \cdot \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot V^2$$

L= Sustentação;  
 CL= Coeficiente de Sustentação;  
 ρ= Densidade do Ar;  
 S= Área da ASA;  
 V= Velocidade.

Ao observar a fórmula da Sustentação (L) quando a velocidade cai, por exemplo, nas aproximações a sustentação cai...

Em fases críticas como pouso e decolagem, em que invariavelmente teremos velocidades baixas, precisamos lançar mão dos dispositivos **hipersustentadores** para compensar tais perdas de sustentação

$$L = C_L \cdot \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot V^2$$

Confederação Brasileira de Aviação - Associação Brasileira de Pilotos - Prof. Alexandre Martins

36

---

---

---

---

---

---

---

---

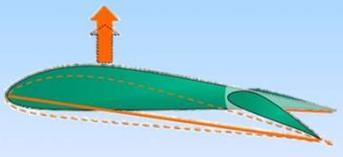
4 - SUPERFÍCIES HIPERSUSTENTADORAS

Controles de Voo Cap. III

4.1 - Flap

O que são os flaps de uma aeronave?

Superfície móvel que, quando atuados, aumentam a curvatura do perfil da asa (CL) ou quando distendidos aumentam a área da asa.



Confederação Brasileira de Engenharia, Associação Brasileira de Engenharia de Aeronaves e Espaço - Prof. Benedito Martins

37

---

---

---

---

---

---

---

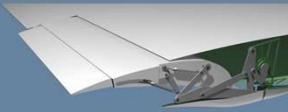
---

4 - SUPERFÍCIES HIPERSUSTENTADORAS

Controles de Voo Cap. III

4.1 - Flap

O flap além de gerar sustentação, também aumenta a resistência ao avanço, agindo como freio aerodinâmico.



Confederação Brasileira de Engenharia, Associação Brasileira de Engenharia de Aeronaves e Espaço - Prof. Benedito Martins

38

---

---

---

---

---

---

---

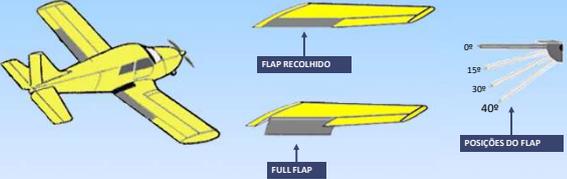
---

4 - SUPERFÍCIES HIPERSUSTENTADORAS

Controles de Voo Cap. III

4.1 - Flap

Toda vez que um flap for atuado, deveremos compensar tal arrasto com aumento de tração.



Confederação Brasileira de Engenharia, Associação Brasileira de Engenharia de Aeronaves e Espaço - Prof. Benedito Martins

39

---

---

---

---

---

---

---

---

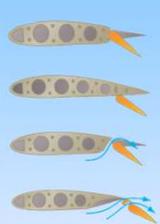
4 - SUPERFÍCIES HIPERSUSTENTADORAS

Controles de Voo Cap. III

4.1 - Flap

Temos 4 tipos de flaps!

- FLAP SIMPLES
- FLAP VENTRAL
- FLAP COM FENDA
- FLAP FOWLER



40

---

---

---

---

---

---

---

---

4 - SUPERFÍCIES HIPERSUSTENTADORAS

Controles de Voo Cap. III

4.1 - Flap

FLAP SIMPLES



FLAP RETRAIDO



FULL FLAP

41

---

---

---

---

---

---

---

---

4 - SUPERFÍCIES HIPERSUSTENTADORAS

Controles de Voo Cap. III

4.1 - Flap

FLAP VENTRAL



42

---

---

---

---

---

---

---

---



43

---

---

---

---

---

---

---

---



44

---

---

---

---

---

---

---

---



45

---

---

---

---

---

---

---

---

4 - SUPERFÍCIES HIPERSUSTENTADORAS

Controles de Voo Cap. III

4.2 - Slat

O que são os slats de uma aeronave?

SLAT: São fendas que aparecem com o deslocamento dos painéis de "flaps de bordo de ataque", cuja finalidade é reduzir o arrasto aerodinâmico com ângulos de ataque elevados.



SEM SLAT COM SLAT

Confederação Brasileira de Engenharia, Associação Brasileira de Engenharia de Aeronaves e Espaço - Prof. Alexandre Martins

46

---

---

---

---

---

---

---

---

4 - SUPERFÍCIES HIPERSUSTENTADORAS

Controles de Voo Cap. III

4.3 - Slot

O que são os slots de uma aeronave?

SLOT: São fendas fixas ou móveis, acionadas por molas, instaladas nas asas próximo aos bordos de ataque, cuja finalidade é diminuir o arrasto da asa em ângulos de ataque elevados.



Confederação Brasileira de Engenharia, Associação Brasileira de Engenharia de Aeronaves e Espaço - Prof. Alexandre Martins

47

---

---

---

---

---

---

---

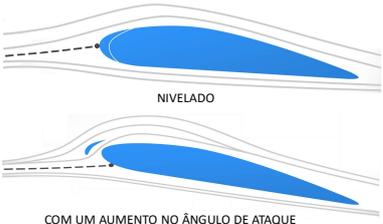
---

4 - SUPERFÍCIES HIPERSUSTENTADORAS

Controles de Voo Cap. III

4.3 - Slot

SLOT



NIVELADO

COM UM AUMENTO NO ÂNGULO DE ATAQUE

Confederação Brasileira de Engenharia, Associação Brasileira de Engenharia de Aeronaves e Espaço - Prof. Alexandre Martins

48

---

---

---

---

---

---

---

---



49

---

---

---

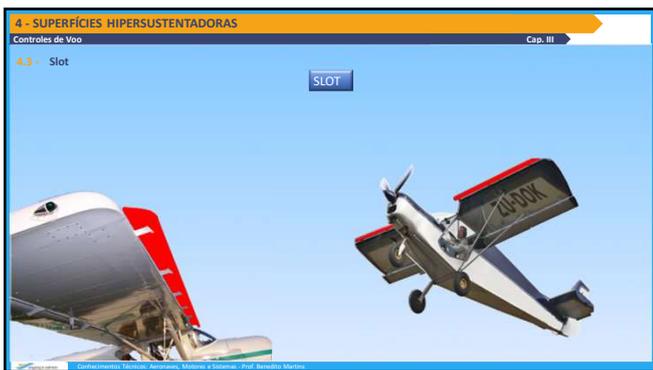
---

---

---

---

---



50

---

---

---

---

---

---

---

---



51

---

---

---

---

---

---

---

---

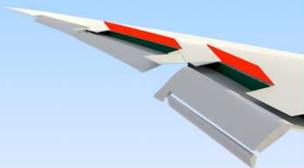
**5 - SUPERFÍCIES DESTRUIDORAS DE SUSTENTAÇÃO**  
Controles de Voo Cap. III

5.1 - Spoiler

O que são superfícies destruidoras de sustentação chamadas spoiler?

São painéis móveis instalados no extradorso das asas, destinados a alterar o perfil aerodinâmico do aerofólio, reduzindo drasticamente a sustentação.

- Flight Spoiler: em voo
- Ground Spoiler: em solo



52

---

---

---

---

---

---

---

---

**5 - SUPERFÍCIES DESTRUIDORAS DE SUSTENTAÇÃO**  
Controles de Voo Cap. III

5.1 - Spoiler

**FLIGHT SPOILER:** Usados em voo para diminuir rapidamente a altitude, mantendo a atitude de voo. É usado normalmente em uma descida. É conhecido como freio aerodinâmico.



53

---

---

---

---

---

---

---

---

**5 - SUPERFÍCIES DESTRUIDORAS DE SUSTENTAÇÃO**  
Controles de Voo Cap. III

5.1 - Spoiler

Os spoilers são utilizados para auxílio do controle lateral. Eles funcionam em conjuntos com ailerons.



54

---

---

---

---

---

---

---

---

**5 - SUPERFÍCIES DESTRUIDORAS DE SUSTENTAÇÃO**  
Controles de Voo Cap. III

5.1 - Spoiler

**GROUND SPOILER:** Usados após a aeronave tocar o solo para diminuir rapidamente a sustentação do extradorso da asa.



Confabreiros, Tardito, Reaves, Moore e Sisson - Prof. Renato Martins

55

---

---

---

---

---

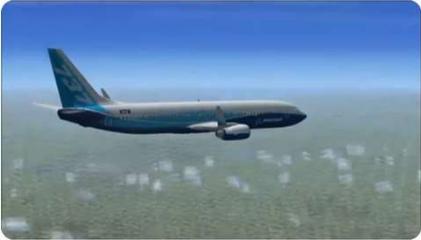
---

---

---

**5 - SUPERFÍCIES DESTRUIDORAS DE SUSTENTAÇÃO**  
Controles de Voo Cap. III

5.1 - Spoiler



Confabreiros, Tardito, Reaves, Moore e Sisson - Prof. Renato Martins

56

---

---

---

---

---

---

---

---

**5 - SUPERFÍCIES DESTRUIDORAS DE SUSTENTAÇÃO**  
Controles de Voo Cap. III

5.1 - Spoiler



Confabreiros, Tardito, Reaves, Moore e Sisson - Prof. Renato Martins

57

---

---

---

---

---

---

---

---

**5- SUPERFÍCIES DESTRUIDORAS DE SUSTENTAÇÃO**  
 Controles de Voo Cap. III

5.2 - Speed Brakes

O que são os speed brakes?

São utilizados para controlar e diminuir a velocidade em mergulhos e pousos.

Speed brake

Confederação Brasileira de Pilotos Aviadores - Associação Brasileira de Pilotos de Guerra - Prof. Renato Duarte

58

---

---

---

---

---

---

---

---

**Mapa Mental**

espaço aéreo

59

---

---

---

---

---

---

---

---

**CONTROLES DE VOO**

Primários

Secundários

Compensadores

- Fixos
- Ajustáveis (Abas)
- Comandáveis

Superfície/Componente	Movimento	Eixo	Estabilidade
Profundor (Travessia)	Arlagem (Cabeçagem)	Transversal	Longitudinal
Alerão	Rolagem (Bancagem)	Longitudinal	Lateral
Leme	Guinada	Vertical	Direcional

Dispositivos

Hipersustentadores

Destruidores de Sustentação

espaço aéreo

60

---

---

---

---

---

---

---

---