



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

---

---

---

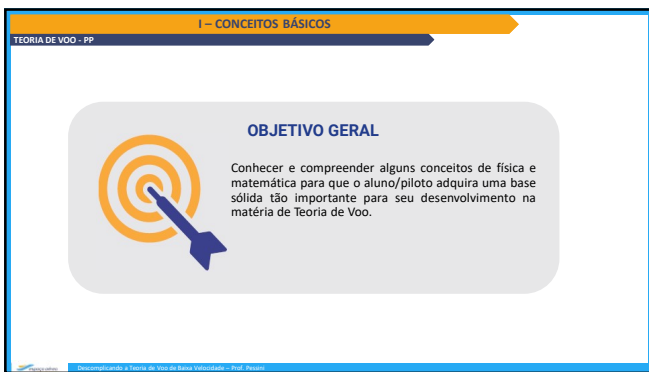
---

---

---

---

---



2

---

---

---

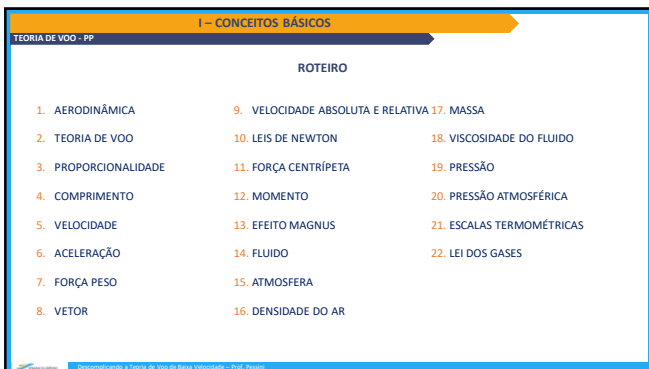
---

---

---

---

---



3

---

---

---

---

---

---

---

---

**1 – AERODINÂMICA**  
CONCEITOS BÁSICOS Cap. 1

O que é aerodinâmica?

Ciência que estuda o **movimento do ar** e a sua **interação com os corpos**.



The slide features a pilot character on the left with a speech bubble asking 'O que é aerodinâmica?'. To the right, a text box defines aerodynamics as the study of air movement and its interaction with objects. Below the text are two images: a car in a wind tunnel with green smoke flow visualization, and a cyclist on a road bike with blue and yellow flow lines around them.

Universidade da Beira Interior - Prof. Renato

4

---

---

---

---

---

---

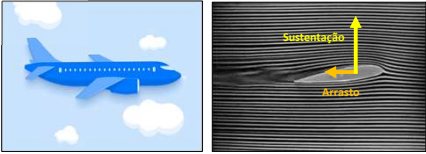
---

---

**2 – TEORIA DE VOO**  
CONCEITOS BÁSICOS Cap. 1

O que é teoria de voo?

Aplicação da aerodinâmica na **operação das aeronaves**.



The slide features a pilot character on the left with a speech bubble asking 'O que é teoria de voo?'. To the right, a text box states it is the application of aerodynamics to aircraft operation. Below the text are two images: a blue airplane flying in the sky, and a diagram of an airfoil with a yellow arrow pointing up labeled 'Sustentação' (Lift) and a yellow arrow pointing back labeled 'Arrasto' (Drag).

Universidade da Beira Interior - Prof. Renato

5

---

---

---

---

---

---

---

---

**2 – TEORIA DE VOO**  
CONCEITOS BÁSICOS Cap. 1

Controlar as aeronaves



The slide features a pilot character on the left with a speech bubble asking 'Controlar as aeronaves'. Below the text are two images: a 3D illustration of a yellow and orange airplane, and a photograph of a person sitting at a control panel in a cockpit.

Universidade da Beira Interior - Prof. Renato

6

---

---

---

---

---

---

---


---

**3 – PROPORCIONALIDADE**  
 CONCEITOS BÁSICOS Cap. 1

Qual a diferença entre diretamente e inversamente proporcional?


**Diretamente proporcional**

↑ Distância × Combustível ↑



**Inversamente proporcional**

↑ velocidade × Tempo ↓



Universidade Católica de Santos - Curso de Engenharia de Sistemas de Energia - Prof. Renato

7

---

---

---

---

---


---

---

---

**3 – PROPORCIONALIDADE**  
 CONCEITOS BÁSICOS Cap. 1


Vamos dar um exemplo de diretamente proporcional!



**DISTÂNCIA × COMBUSTÍVEL**

De SP para PI → ↑ Maior distância = Mais combustível ↑

De SP para PR → ↓ Menor distância = Menos combustível ↓



Universidade Católica de Santos - Curso de Engenharia de Sistemas de Energia - Prof. Renato

8

---

---

---

---

---


---

---

---

**3 – PROPORCIONALIDADE**  
 CONCEITOS BÁSICOS Cap. 1

Agora um exemplo de inversamente proporcional!




**VELOCIDADE × TEMPO**

Avião (500km/h) → ↑ Maior velocidade = menor tempo ↓

Carro (80km/h) → ↓ Menor velocidade = Maior tempo ↑

\* Considerando o trajeto em linha reta



Universidade Católica de Santos - Curso de Engenharia de Sistemas de Energia - Prof. Renato

9

---

---

---

---

---

---

---

---

**4 – COMPRIMENTO**  
 CONCEITOS BÁSICOS

As unidades mais utilizadas para medir o comprimento na aviação!

**SISTEMA INTERNACIONAL**  
 Metro (m)

**SISTEMA INGLÊS**  
 Pé (ft)  
 Milha Terrestre (ST)    Milha Náutica (NM)

10

---

---

---

---

---

---

---

---

**4 – COMPRIMENTO**  
 CONCEITOS BÁSICOS

Altura --> Pé

11

---

---

---

---

---

---

---

---

**4 – COMPRIMENTO**  
 CONCEITOS BÁSICOS

Distância -> Milha Náutica (NM)

12

---

---

---

---

---

---

---

---

**4 – COMPRIMENTO**  
CONCEITOS BÁSICOS

Comprimento → Metro

13

---

---

---

---

---

---

---

---

**4 – COMPRIMENTO**  
CONCEITOS BÁSICOS

É preciso saber a **conversão das unidades** para o sistema internacional.

Unidade de medida	Centímetro	Metro	Quilómetro
1 pé (ft ou ')	30,48	<b>0,3048</b>	-
1 milha terrestre (MI)	-	<b>1.609</b>	1,609
1 milha náutica (NM)	-	<b>1.852</b>	1,852

Os valores demarcados em **negrito** são amplamente utilizados.

14

---

---

---

---

---

---

---

---

**4 – COMPRIMENTO**  
CONCEITOS BÁSICOS

4.1 - Transformação de unidades

Unidade de medida	Centímetro	Metro	Quilómetro
1 pé (ft ou ')	30,48	<b>0,3048</b>	-
1 milha terrestre (MI)	-	<b>1.609</b>	1,609
1 milha náutica (NM)	-	<b>1.852</b>	1,852

Como faço para modificar a grandeza das unidades?

- 1,00 km = 1.000,00 m
- 1,609 km = 1.609,00 m

15

---

---

---

---

---

---

---

---

**4 - COMPRIMENTO**  
 CONCEITOS BÁSICOS

4.1 - Transformação de unidades

Unidade de medida	Centímetro	Metro	Quilómetro
1 pé (ft ou ')	30,48	0,3048	-
1 milha terrestre (MI)	-	1,609	1,609
1 milha náutica (NM)	-	1,852	1,852

Como faço para modificar a grandeza das unidades?

$1,0 \text{ m} = 100,0 \text{ cm}$   
 $30,48 \text{ cm} = 0,3048 \text{ m}$

A vírgula avança 2 casas para a direita  $\times 100$   
 A vírgula volta 2 casas pro esquerda  $\div 100$

16

---

---

---

---

---

---

---

---

**5 - VELOCIDADE**  
 CONCEITOS BÁSICOS

Velocidade **linear**  
 $\times$   
 Velocidade **angular**

17

---

---

---

---

---

---

---

---

**5 - VELOCIDADE**  
 CONCEITOS BÁSICOS

Qual é a velocidade Linear?

Distância percorrida no tempo.

Velocidade =  $\frac{\text{Distância}}{\text{Tempo}}$

**10 km/h**

\*Basta lembrar das placas nas rodovias!

18

---

---

---

---

---

---

---

---

**5 - VELOCIDADE**  
 CONCEITOS BÁSICOS

5.1 - Velocidade angular

**VELOCIDADE ANGULAR DIFERENTE**

Velocidade Angular =  $\frac{\Delta\theta}{\Delta\text{Tempo}}$

VELOCIDADE LINEAR DIFERENTE    VELOCIDADE LINEAR IGUAL

19

---

---

---

---

---

---

---

---

**5 - VELOCIDADE**  
 CONCEITOS BÁSICOS

5.1 - Velocidade angular

VELOCIDADE LINEAR MENOR    VELOCIDADE LINEAR MAIOR    VELOCIDADE ANGULAR CONSTANTE

20

---

---

---

---

---

---

---

---

**5 - VELOCIDADE**  
 CONCEITOS BÁSICOS

5.1 - Velocidade angular

Distância maior    Distância menor    Velocidade

21

---

---

---

---

---

---


---

---



**5 - VELOCIDADE**  
CONCEITOS BÁSICOS

Para chegarmos a uma determinada velocidade, precisamos **acelerar!**



$$\text{Aceleração} = \frac{\Delta \text{Velocidade}}{\Delta \text{Tempo}}$$

$$\text{Aceleração} = \frac{\text{Espaço}}{\text{Tempo} \times \text{Tempo}}$$

$$\text{Aceleração} = \frac{\text{Distância}}{\text{Tempo}^2}$$

22

---

---

---

---

---

---

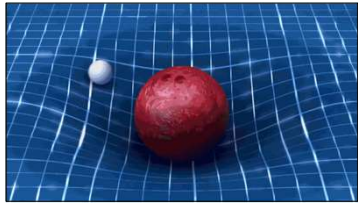
---

---

**6 - ACELERAÇÃO**  
CONCEITOS BÁSICOS

6.1 - Gravidade

Qual é a aceleração mais conhecida no mundo?



Gravidade

$$9,81 \text{ m/s}^2 \approx 10 \text{ m/s}^2$$

23

---

---

---

---

---

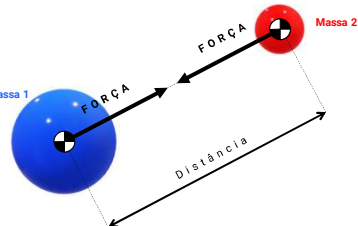
---

---

---

**6 - ACELERAÇÃO**  
CONCEITOS BÁSICOS

6.1 - Gravidade



$$F = \text{massa} \times \text{gravidade}$$

$$F = \text{massa} \times \frac{\text{Constante}}{\text{Distância}^2}$$

24

---

---

---

---

---

---

---

---

**7 - FORÇA PESO**  
CONCEITOS BÁSICOS

Quantidade de matéria no corpo  
 $\text{Peso} = \text{massa} \times \text{gravidade}$   
 Aceleração

Força

Força

Força

25

---

---

---

---

---

---

---

---

**8 - VETOR**  
CONCEITOS BÁSICOS

Como posso representar uma força?

**VETOR**

**MÓDULO**  
(Intensidade, tamanho ou valor)

**SENTIDO**  
(Para onde a seta está apontando)

**DIREÇÃO**  
(Horizontal, vertical ou inclinado)

26

---

---

---

---

---

---

---

---

**8 - VETOR**  
CONCEITOS BÁSICOS

Vamos dar um exemplo ...

150 km/h

- Módulo → 150 km/h
- Direção → Horizontal
- Sentido → Esquerda para direita

Sentido

Direção

Módulo

27

---

---

---

---

---

---

---

---

8 - VETOR  
CONCEITOS BÁSICOS

8.1 - Composição e decomposição de vetores

Decomposição do vetor  
Método da sombra

28

---

---

---

---

---

---

---

---

8 - VETOR  
CONCEITOS BÁSICOS

8.1 - Composição e decomposição de vetores

Decomposição do vetor  
Método da sombra

29

---

---

---

---

---

---

---

---

8 - VETOR  
CONCEITOS BÁSICOS

8.1 - Composição e decomposição de vetores

Decomposição do vetor  
Método da sombra

30

---

---

---

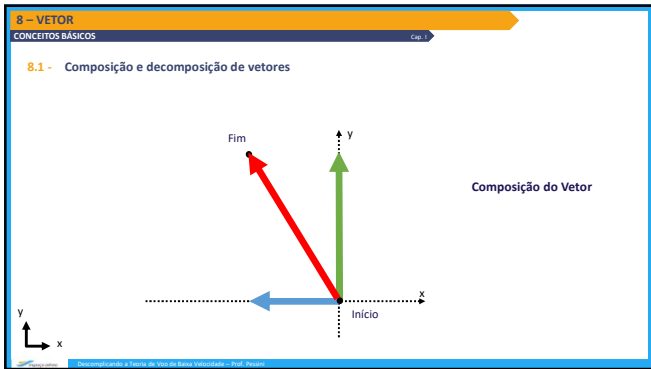
---

---

---

---

---



31

---

---

---

---

---

---

---

---



32

---

---

---

---

---

---

---

---



33

---

---

---

---

---

---

---

---

9 – VELOCIDADE ABSOLUTA E RELATIVA  
CONCEITOS BÁSICOS

Velocidade do avião em relação ao helicóptero →  $200 + 100 = 300$  kt

200 kt

100 kt

Diagram illustrating relative velocity. An airplane is moving to the right at 200 kt, and a helicopter is moving to the left at 100 kt. The text above them states: "Velocidade do avião em relação ao helicóptero →  $200 + 100 = 300$  kt".

34

---

---

---

---

---

---

---

---

9 – VELOCIDADE ABSOLUTA E RELATIVA  
CONCEITOS BÁSICOS

Velocidade do avião em relação ao helicóptero →  $200 - 100 = 100$  kt

200 kt

100 kt

Diagram illustrating relative velocity. An airplane is moving to the right at 200 kt, and a helicopter is also moving to the right at 100 kt. The text above them states: "Velocidade do avião em relação ao helicóptero →  $200 - 100 = 100$  kt".

35

---

---

---

---

---

---

---

---

9 – VELOCIDADE ABSOLUTA E RELATIVA  
CONCEITOS BÁSICOS

9.1 - Vento absoluto e relativo

**VENTO ABSOLUTO**  
Em relação à Terra

9) A velocidade do vento se relaciona com o que?

VENTO

Diagram illustrating absolute wind. A person is standing on the left, and a windsock is on the right. A blue arrow labeled "VENTO" points to the right. A speech bubble contains the question: "9) A velocidade do vento se relaciona com o que?".

36

---

---

---

---

---

---

---

---

**9 – VELOCIDADE ABSOLUTA E RELATIVA**  
 CONCEITOS BÁSICOS

9.1 - Vento absoluto e relativo

**VENTO RELATIVO**  
 Em relação a um corpo qualquer

VELOCIDADE AERODINÂMICA IGUAL

37

---

---

---

---

---

---

---

---

**10 – LEIS DE NEWTON**  
 CONCEITOS BÁSICOS

Lembre-se das contribuições de Sir Isaac Newton!

- 1686 d.C. o *Principios Matemáticos da Filosofia Natural*;
- Descrevia as Leis da Gravitação Universal, e
- TRÊS LEIS DE NEWTON.**

38

---

---

---

---

---

---

---

---

**10 – LEIS DE NEWTON**  
 CONCEITOS BÁSICOS

- 1ª Lei → Inércia
- 2ª Lei → Princípio Fundamental da Dinâmica
- 3ª Lei → Ação e Reação

39

---

---

---

---

---

---

---

---

10 – LEIS DE NEWTON  
 CONCEITOS BÁSICOS

10.1 - 1ª lei de Newton



A Lei da Inércia

O corpo tende a permanecer em equilíbrio  
 Parado ou em Movimento

40

---

---

---

---

---


---

---

---

10 – LEIS DE NEWTON  
 CONCEITOS BÁSICOS

10.1 - 1ª lei de Newton



A Lei da Inércia

O corpo tende a permanecer em equilíbrio  
 Parado ou em Movimento

Começa a cair devido a 2ª Lei

41

---

---

---

---

---

---

---

---

10 – LEIS DE NEWTON  
 CONCEITOS BÁSICOS

10.2 - 2ª lei de Newton

Força = Massa × Aceleração



BALÃO  
 Força = Massa × Aceleração

BOLA DE BOLICHE  
 Força = Massa × Aceleração

42

---

---

---

---

---

---

---

---

10 – LEIS DE NEWTON  
CONCEITOS BÁSICOS

10.2 - 2ª lei de Newton

Força = Massa × Aceleração

Velocidade de 1 km/h

Velocidade de 1 km/h

Força aplicada

Força aplicada

43

---

---

---

---

---

---

---

---

10 – LEIS DE NEWTON  
CONCEITOS BÁSICOS

10.3 - 3ª lei de Newton

Lei da Ação e Reação

44

---

---

---

---

---

---

---

---

10 – LEIS DE NEWTON  
CONCEITOS BÁSICOS

10.3 - 3ª lei de Newton

AÇÃO

REAÇÃO

Lei da Ação e Reação

45

---

---

---

---

---

---

---

---



**11 - FORÇA CENTRÍPETA**  
CONCEITOS BÁSICOS

Força responsável por realizar curvas!

**2ª Lei de Newton**  
Força Centrípeta = Massa × Aceleração Centrípeta  
Aceleração Centrípeta =  $\frac{\text{Velocidade Linear}^2}{\text{Raio}}$

The diagram shows a red car on a grey curved road. A black arrow labeled 'FORÇA CENTRÍPETA' points from the car towards the center of the curve. A red arrow labeled 'VELOCIDADE LINEAR' points in the direction of the car's motion. A yellow dot marks the 'CENTRO DA CURVA' (center of the curve), and a horizontal line indicates the 'Raio de giro' (radius of the turn). A small circular inset shows a vector diagram with a green arrow pointing tangentially and a red arrow pointing radially inward.

46

---

---

---

---

---

---

---

---

**11 - FORÇA CENTRÍPETA**  
CONCEITOS BÁSICOS

Aceleração Centrípeta =  $\frac{\text{Velocidade Linear}^2}{\text{Raio}}$

The three diagrams show circular paths with a central dot and a blue dot on the circumference. Red arrows represent linear velocity, and green arrows represent centripetal acceleration. The first diagram shows 'VELOCIDADES LINEARES IGUAIS' and 'RAIOS DIFERENTES'. The second shows 'VELOCIDADES LINEARES DIFERENTES' and 'RAIO IGUAL'. The third shows 'VELOCIDADES LINEARES DIFERENTES' and 'RAIOS DIFERENTES'.

47

---

---

---

---

---

---

---

---

**12 - MOMENTO**  
CONCEITOS BÁSICOS

Torque ou conjugado de forças.

Como é possível inclinar uma aeronave?

Momento = Força × Distância

The diagram shows a hand applying a force to a wheel. A yellow arrow labeled 'Módulo' (Magnitude) points from the center of the wheel to the point of application of the force. A yellow arrow labeled 'Distância' (Distance) points from the center of the wheel to the line of action of the force. A speech bubble from a character asks 'Como é possível inclinar uma aeronave?' (How is it possible to tilt an airplane?). A small inset shows a hand turning a door handle.

48

---

---

---

---

---


---

---

---

**12 - MOMENTO**  
 CONCEITOS BÁSICOS Cap. 1

Momento = Força × Distância



→ A força deve estar distante do centro de gravidade (CG).  
 → **Aileron, profundor e leme de direção** estão distantes do CG.

Universidade Federal de Viçosa - UFV - Instituto de Física - Prof. Renato

49

---

---

---

---


---

---


---

---

**13 - EFEITO MAGNUS**  
 CONCEITOS BÁSICOS Cap. 1



Você sabia que o trem de pouso pode gerar força de sustentação para baixo?



Universidade Federal de Viçosa - UFV - Instituto de Física - Prof. Renato

50

---

---

---

---


---

---

---

---

**13 - EFEITO MAGNUS**  
 CONCEITOS BÁSICOS Cap. 1



Força

Escoamento

Vento Relativo

Trajectoria da bola

Universidade Federal de Viçosa - UFV - Instituto de Física - Prof. Renato

51

---

---

---

---

---

---

---

---

**13 – EFEITO MAGNUS**  
 CONCEITOS BÁSICOS




- Após decolagem!
- Frenagem das rodas, para **reduzir vibrações** e a **sustentação negativa**.

Introdução à Teoria de Voo de Baixa Velocidade – Prof. Renato

52

---

---

---

---



---

---

---

---

**13 – EFEITO MAGNUS**  
 CONCEITOS BÁSICOS

Introdução à Teoria de Voo de Baixa Velocidade – Prof. Renato

53

---

---

---

---

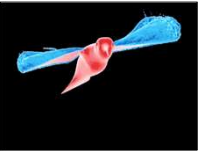
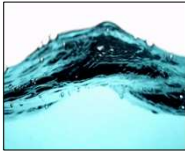

---

---

---

---

**14 – FLUIDO**  
 CONCEITOS BÁSICOS

“Um fluido é uma **substância que se deforma continuamente** sob a aplicação de uma **tensão de cisalhamento**, não importando o quão **pequeno** seja esse valor.” (FOX, 2012)

Introdução à Teoria de Voo de Baixa Velocidade – Prof. Renato

54

---

---

---

---

---

---

---

---

**14 – FLUIDO**  
CONCEITOS BÁSICOS

Força

SUPERFÍCIE

FLUIDO

SUPERFÍCIE

Tensão de cisalhamento

55

---

---

---

---

---

---

---

---

**15 – ATMOSFERA**  
CONCEITOS BÁSICOS

! 78% de Nitrogênio  
21% de Oxigênio  
1% de outros gases

NOME QUÍMICO	FÓRMULA QUÍMICA	MASSA MOLECULAR (kg/kmol)	VOLUME FRACIONAL
Nitrogênio	N <sub>2</sub>	28,0134	78,08%
Oxigênio	O <sub>2</sub>	31,9988	20,94%
Argônio	Ar	39,948	0,93%
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	44,00995	0,031%
Metano	CH <sub>4</sub>	16,04303	0,0002%
Hidrogênio	H <sub>2</sub>	2,01594	0,00005%
Vapor de água	H <sub>2</sub> O	Variável	Variável
Ozônio	O <sub>3</sub>	Variável	Variável
Monóxido de carbono	CO	Variável	Variável

56

---

---

---

---

---

---

---

---

**15 – ATMOSFERA**  
CONCEITOS BÁSICOS

ISA – International Standard Atmosphere (Atmosfera Padrão Internacional)

! 15°C  
1 atm (1013,25hPa)  
MSL

78% de Nitrogênio  
21% de Oxigênio  
1% de outros gases

- A proporção se mantém constante nas altitudes dentro da homosfera.
- A densidade diminui com o aumento da altitude.

57

---

---

---

---

---

---

---

---

16 – DENSIDADE DO AR

CONCEITOS BÁSICOS

BAIXA DENSIDADE

ALTITUDE

Moléculas

MÓDULO

ALTA DENSIDADE

Atmosfera

78% de Nitrogênio  
21% de Oxigênio  
1% de outros gases

O que é densidade?

Densidade =  $\frac{\text{Massa (kg)}}{\text{Volume (m}^3\text{)}}$

58

---

---

---

---

---

---

---

---

16 – DENSIDADE DO AR

CONCEITOS BÁSICOS

VOLUMES IGUAIS

ALTA DENSIDADE

BAIXA DENSIDADE

Densidade =  $\frac{\text{Massa (kg)}}{\text{Volume (m}^3\text{)}}$

59

---

---

---

---

---

---

---

---

16 – DENSIDADE DO AR

CONCEITOS BÁSICOS

Densidade =  $\frac{\text{Massa (kg)}}{\text{Volume (m}^3\text{)}}$

MENOR densidade sobe

MAIOR densidade desce

60

---

---

---

---

---

---

---

---

**16 – DENSIDADE DO AR**  
 CONCEITOS BÁSICOS

A densidade também é padronizada.

ATMOSFERA ISA  
 → 15°C  
 → 1 atm (1013,25 hPa)

Densidade ISA =  $\frac{\text{Massa [kg]}}{\text{Volume [m}^3\text{]}} = 1,225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

1 x 1 x 1 metro

61

---

---

---

---

---

---

---

---

**16 – DENSIDADE DO AR**  
 CONCEITOS BÁSICOS

A densidade interfere nas forças da aeronave.  
 Sustentação, arrasto e tração.

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

L – Sustentação  
 ρ – Densidade do ar  
 V<sub>A</sub> – Velocidade aerodinâmica (True Air Speed - TAS)  
 S – Área da asa  
 C<sub>L</sub> – Coeficiente de sustentação

62

---

---

---

---

---

---

---

---

**17 – MASSA**  
 CONCEITOS BÁSICOS

A densidade **NÃO** é massa!

MASSA IGUAL = Volume × Densidade  
 Exemplo = 1kg

63

---

---

---

---

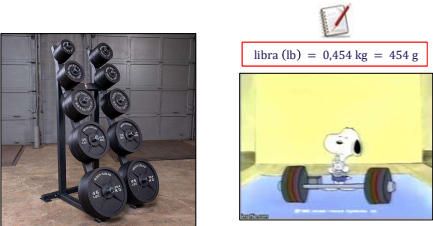
---

---

---

---

**17 – MASSA**  
CONCEITOS BÁSICOS



libra (lb) = 0,454 kg = 454 g

A massa pode ser em quilograma ou em libra

100 kg = 220 lb    O limite é de 100 lb

**FIQUE ATENTO NAS UNIDADES UTILIZADAS!**

64

---

---

---

---


---

---

---

---

**18 – VISCOSIDADE DO FLUIDO**  
CONCEITOS BÁSICOS



BAIXA VISCOSIDADE      ALTA VISCOSIDADE

Resistência para "deslizar"

Viscosidade **NÃO É SINÔNIMO** de densidade, viu?!

65

---

---

---

---

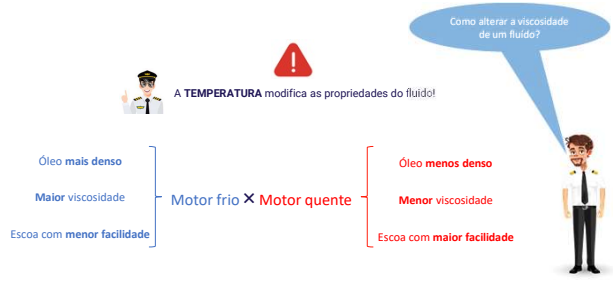
---

---

---

---

**18 – VISCOSIDADE DO FLUIDO**  
CONCEITOS BÁSICOS



Como alterar a viscosidade de um fluido?

A **TEMPERATURA** modifica as propriedades do fluido!

Óleo mais denso  
Maior viscosidade  
Escoa com menor facilidade

Motor frio × Motor quente

Óleo menos denso  
Menor viscosidade  
Escoa com maior facilidade

66

---

---

---

---

---

---

---

---

18 – VISCOSIDADE DO FLUIDO  
CONCEITOS BÁSICOS

Que é igual a -40°C

Conventional SW-30 Synthetic SW-30

Fundamentos e Teoria de Voo de Baixa Velocidade - Prof. Renato

67

---

---

---

---

---

---

---

---

18 – VISCOSIDADE DO FLUIDO  
CONCEITOS BÁSICOS

18.1 - Camada limite

Perfil de velocidade

Velocidade de entrada

Camada limite

Dentro da camada limite, a velocidade do escoamento é menor!

VELOCIDADE = 0

SUPERFÍCIE DA AERONAVE

→ Próximo à superfície, a velocidade de escoamento é menor, devido ao atrito viscoso.

→ Em contato com a superfície, a velocidade é zero. (condição de não deslizamento)

Fundamentos e Teoria de Voo de Baixa Velocidade - Prof. Renato

68

---

---

---

---

---

---

---

---

18 – VISCOSIDADE DO FLUIDO  
CONCEITOS BÁSICOS

18.1 - Camada limite

Slow Motion (50%)

Laminar BL

Turbulent BL

Separated flow

Laminar to Turbulent BL Transition point

Point separation point

Regimes de escoamento: laminar e turbulento.

A aeronave perde sustentação quando a camada limite descola (separação do escoamento)

Fundamentos e Teoria de Voo de Baixa Velocidade - Prof. Renato

69

---

---

---

---

---

---

---

---



18 – VISCOSIDADE DO FLUIDO  
 CONCEITOS BÁSICOS

18.1 - Camada limite

70

---

---

---

---

---

---

---

---

18 – VISCOSIDADE DO FLUIDO  
 CONCEITOS BÁSICOS

18.1 - Camada limite

O escoamento do ar modifica o **CAMPO DE PRESSÃO** no aerofólio.

71

---

---

---

---

---

---

---

---

19 – PRESSÃO  
 CONCEITOS BÁSICOS

$Pressão = \frac{Força}{Área}$

72

---

---

---

---

---

---

---

---

19 – PRESSÃO  
CONCEITOS BÁSICOS



STEVE SPANG SCIENCE.COM  
ONNEWS HD

$$\text{PRESSÃO} = \frac{\text{FORÇA}}{\text{ÁREA}}$$

73

---

---

---

---

---

---

---

---

19 – PRESSÃO  
CONCEITOS BÁSICOS



STEVE SPANG SCIENCE.COM  
ONNEWS HD

$$\text{PRESSÃO} = \frac{\text{FORÇA}}{\text{ÁREA}}$$

74

---

---

---

---

---

---

---

---

20 – PRESSÃO ATMOSFÉRICA  
CONCEITOS BÁSICOS



ALTITUDE

PESO

Então a pressão atmosférica é devido ao peso da atmosfera

75

---

---

---

---

---

---

---

---

**20 – PRESSÃO ATMOSFÉRICA**  
 CONCEITOS BÁSICOS

The diagram shows a barometer on the left with a vertical tube containing mercury. The top of the tube is labeled 'Vácuo' (vacuum) and the height of the mercury column is '29,92 polegadas'. The bottom of the tube is labeled 'Pressão Atmosférica'. The tube is submerged in a reservoir of mercury, with the surface level labeled 'Pressão Externa no Nível Médio do Mar'. To the right, a globe of Earth is shown with 'ALTITUDE' indicated by an upward arrow and 'PESO' (weight) indicated by a downward arrow pointing to the atmosphere above the globe.

A pressão atmosférica (ISA) é igual a pressão de uma coluna de 29,92 polegadas de mercúrio.

76

---

---

---

---

---

---

---

---

**20 – PRESSÃO ATMOSFÉRICA**  
 CONCEITOS BÁSICOS

The diagram includes a barometer on the left, a warning sign (exclamation mark in a triangle) in the center, and a conversion table on the right. The table is titled 'Condições ISA: MSL e a temperatura de 15°C'. Below the table is a small illustration of a cockpit.

Unidade	hPa	kPa	Pa	polHg	mmHg
Pressão	1013,25	101,325	101325	29,92	760

77

---

---

---

---

---

---

---

---

**21 – ESCALAS TERMOMÉTRICAS**  
 CONCEITOS BÁSICOS

→ Temperatura

Grau de agitação das moléculas.

The diagram shows three thermometers labeled 'Fahrenheit', 'Celsius', and 'Kelvin'. The Fahrenheit scale has markings at -45°F, 32°F, 77°F, and 212°F. The Celsius scale has markings at -273°C, 0°C, 25°C, and 100°C. The Kelvin scale has markings at 0K, 273K, 298K, and 373K. To the right, a diagram shows three beakers with thermometers, illustrating the 'Grau de agitação das moléculas' (degree of molecular agitation) with blue dots representing molecules. The text 'Zero absoluto' is also present.

78

---

---

---

---

---

---

---

---

**21 – ESCALAS TERMOMÉTRICAS**  
 CONCEITOS BÁSICOS cap. 1

→ Mudando as escalas termométricas (Fahrenheit para Celsius)  
 → Regra de três ou computador de voo

$$\frac{TF - 32}{212 - 32} = \frac{TC - 0}{100 - 0} \rightarrow \frac{TF - 32}{9} = \frac{TC}{5}$$

79

---

---

---

---

---

---

---

---

**21 – ESCALAS TERMOMÉTRICAS**  
 CONCEITOS BÁSICOS cap. 1

→ Mudando as escalas termométricas (Celsius para Kelvin)  
 → Regra de três

$$\frac{TC - 0}{100 - 0} = \frac{TK - 273}{373 - 273} \rightarrow TK = TC + 273$$

Por ser uma **escala absoluta**, os cálculos são realizados com a escala kelvin.

80

---

---

---

---

---

---

---

---

**22 – LEI DOS GASES**  
 CONCEITOS BÁSICOS cap. 1

Os gases são afetados pelos parâmetros de **TEMPERATURA, PRESSÃO e VOLUME**

**Boyle - Mariotte** → Temperatura constante

**Gay - Lussac** → Volume constante

**Charles** → Pressão constante

81

---

---

---

---

---

---

---

---

22 – LEI DOS GASES  
CONCEITOS BÁSICOS

Equação de Clapeyron

15) Qual lei rege os gases ideais?

$$Press\tilde{a}o \times Volume = \frac{Massa}{Massa\ Molar} \times Constante\ Universal\ dos\ Gases \times Temperatura$$

$$Press\tilde{a}o \times Volume = Temperatura \times Constante$$

Relaciona os parâmetros: **pressão, temperatura e volume**

82

---

---

---

---

---

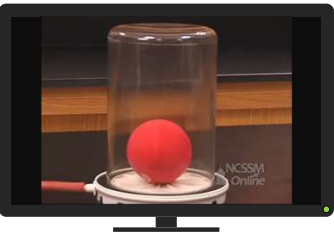
---

---

---

22 – LEI DOS GASES  
CONCEITOS BÁSICOS

22.1 - Lei de Boyle-Mariotte



Descreve **processos isotérmicos** – Temperatura constante

$$Press\tilde{a}o \times Volume = Temperatura$$

$$press\tilde{a}o = \frac{Temperatura\ Constante}{Volume}$$

83

---

---

---

---

---

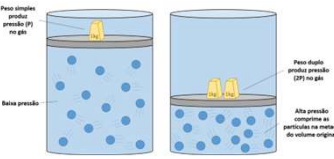
---

---

---

22 – LEI DOS GASES  
CONCEITOS BÁSICOS

22.1 - Lei de Boyle-Mariotte



Descreve **processos isotérmicos** – Temperatura constante

$$Press\tilde{a}o \times Volume = Temperatura$$

$$press\tilde{a}o = \frac{Temperatura\ Constante}{Volume}$$

84

---

---

---

---

---

---

---

---

22 - LEI DOS GASES  
CONCEITOS BÁSICOS

22.1 - Lei de Boyle-Mariotte



Descreve **processos isotérmicos** - Temperatura constante

Pressão × Volume = Temperatura

↑ pressão =  $\frac{\text{Temperatura Constante}}{\text{Volume}}$  ↓

85

---

---

---

---

---

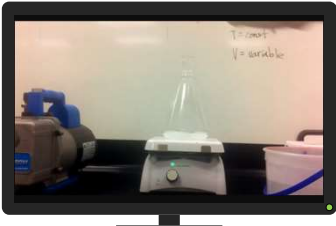
---

---

---

22 - LEI DOS GASES  
CONCEITOS BÁSICOS

22.2 - Lei de Charles



Descreve **processos isobáricos** - Pressão constante

Pressão × Volume = Temperatura

Pressão constante =  $\frac{\text{Temperatura}}{\text{Volume}}$  ↑

86

---

---

---

---

---

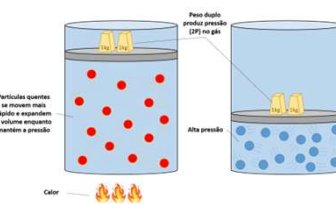
---

---

---

22 - LEI DOS GASES  
CONCEITOS BÁSICOS

22.2 - Lei de Charles



Descreve **processos isobáricos** - Pressão constante

Pressão × Volume = Temperatura

Pressão constante =  $\frac{\text{Temperatura}}{\text{Volume}}$  ↑

87

---

---

---

---

---


---

---

---

22 - LEI DOS GASES  
CONCEITOS BÁSICOS

22.2 - Lei de Charles



Descreve **processos isobáricos** - Pressão constante

$Press\tilde{a}o \times Volume = Temperatura$

$Press\tilde{a}o\ constante = \frac{Temperatura}{Volume}$

88

---

---

---

---

---


---

---

---

22 - LEI DOS GASES  
CONCEITOS BÁSICOS

22.2 - Lei de Gay-Lussac



Descreve **processo isocórico** - Volume constante

$Press\tilde{a}o \times Volume = Temperatura$

$Press\tilde{a}o = \frac{Temperatura}{Volume\ Constante}$

89

---

---

---

---

---

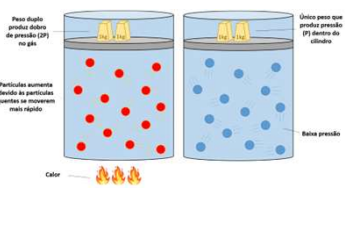
---

---

---

22 - LEI DOS GASES  
CONCEITOS BÁSICOS

22.2 - Lei de Gay-Lussac



Descreve **processo isocórico** - Volume constante

$Press\tilde{a}o \times Volume = Temperatura$

$Press\tilde{a}o = \frac{Temperatura}{Volume\ Constante}$

90

---

---

---

---

---

---

---

---

22 - LEI DOS GASES  
CONCEITOS BÁSICOS

22.2 - Lei de Gay-Lussac



Descreve **processo isocórico** - Volume constante

Pressão × Volume = Temperatura

↓ Pressão =  $\frac{\text{Temperatura}}{\text{Volume Constante}}$  ↓

91

---

---

---

---

---

---

---

---

I - CONCEITOS BÁSICOS

TEORIA DE VOO - PP



# Mapa Mental

espaço aéreo

92

---

---

---

---

---

---

---

---

I - CONCEITOS BÁSICOS

TEORIA DE VOO - PP

### Conceitos Básicos - 1/3

**Acetramento e Inversamente**  
Quanto mais varia a velocidade em um determinado tempo

**Unidades de medida**  
Direção: Norte, Sul, Leste, Oeste  
Velocidade: m/s, km/h, Mach

**Conversões**  
1 m/s = 3,6 km/h  
1 km/h = 0,278 m/s

**Acetramento**  
 $ac = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

**A Gravidade é um exemplo de acetramento**  
Peso = massa × gravidade = massa × constante

**Gravidade**  
Direção: Vertical (para cima ou para baixo)  
Sentido: Para cima ou para baixo

**Relacionado à Terra**  
**Relacionado a um corpo qualquer**

**Velocidade Absoluta e Relativa**  
Soma  
Subtração

**Leis de Newton**  
1ª Lei - Inércia - O corpo tende a permanecer em repouso ou em MRU.  
2ª Lei - Princípio Fundamental da Dinâmica - F = m × a  
3ª Lei - Ação e Reação

**Força e acetramento Centrípeto**  
Força Centrípeta = Massa × acetramento Centrípeto  
acetramento Centrípeto =  $\frac{v^2}{r}$

**Momento, Força e Distância**  
Capacidade de girar um objeto  
Momento = Força × Distância

**Estilo Wings**  
Uma forma aerodinâmica adaptada em um corpo cilíndrico que cria grande inércia a um vento relativo

93

---

---

---

---

---

---

---

---



**I - CONCEITOS BÁSICOS**

TEORIA DE VOO - PP

**Conceitos Básicos - 2/3**

**Fluido**

"Um fluido é uma substância que se deforma continuamente sob a aplicação de uma tensão de cisalhamento, não importante a quão pequena seja essa tensão." (Fox, 2012)

**Massa**

**Densidade não é Massa!**

Sistema Inglês: 1 lb = 0,454 kg = 454 g  
Sistema Internacional: Quilogramas (kg)

**Viscosidade**

Capacidade do óleo em escorregar

Viscosidade é diferente de densidade!

Óleo mais grosso: Maior viscosidade  
Óleo mais fino: Menor viscosidade

Motor 500cc X Motor 400cc  
Tubo com maior facilidade X Tubo com menor facilidade

A camada limite acontece devido ao atrito viscoso. Escorreamento laminar e turbulento

Próximo à parede, a viscosidade de escorramento tende a ser zero!

**Atmosfera e Densidade**

21% N<sub>2</sub>, 78% O<sub>2</sub>, 1% outros gases

Densidade =  $\frac{\text{Massa}}{\text{Volume}}$  [kg/m<sup>3</sup>]  
Densidade ISA = 1,225 kg/m<sup>3</sup>

espaço aéreo

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

94

**I - CONCEITOS BÁSICOS**

TEORIA DE VOO - PP

**Conceitos Básicos - 3/3**

**Pressão**

Força que é aplicada em uma determinada área

$\text{Pressão} = \frac{\text{Força}}{\text{Área}}$

**Lei dos Gases**

Boyle-Mariotte → Temperatura Constante  
Gay-Lussac → Volume Constante  
Charles → Pressão Constante

Pressão x Volume = Temperatura x Constante

**Temperatura**

Grau de agitação molecular

212°F = 100°C = 373K (Ebulição da Água)  
32°F = 0°C = 273K (Congelamento da Água)  
-459°F = -273°C = 0K (Zero absoluto)

$T(°F) - 32 = T(°C) \times \frac{9}{5}$   
 $T(°C) - 273 = T(K)$

**Pressão Atmosférica**

A pressão atmosférica é a força Peso da atmosfera aplicada em uma unidade de área. Quanto maior a altitude, menor o peso da atmosfera e menor a pressão atmosférica.

Pressão ISA: 1013,25 hPa, 760 mmHg, 29,92 polHg, 1 atm

espaço aéreo

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

95