



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



GAMIFICAÇÃO



METODOLOGIAS ATIVAS



ESTUDOS DE CASO



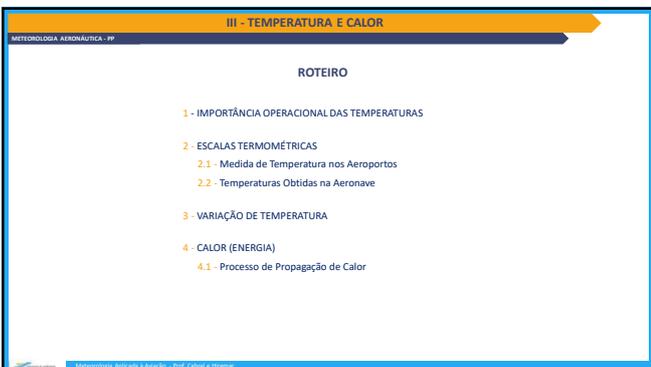
SALA INVERTIDA



1



2



3

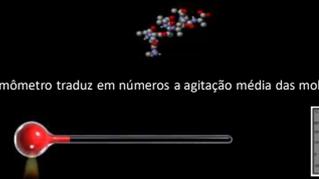
1 - IMPORTÂNCIA OPERACIONAL DAS TEMPERATURAS

TEMPERATURA E CALOR

Cap. III

Qual é o conceito de temperatura?

É a energia cinética média por molécula (ou átomo) de uma substância.



→ O termômetro traduz em números a agitação média das moléculas.

4

1 - IMPORTÂNCIA OPERACIONAL DAS TEMPERATURAS

TEMPERATURA E CALOR

Cap. III

Qual é o conceito de calor?

É a energia em trânsito, buscando equilíbrio



→ A transferência ocorre sempre do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura.

5

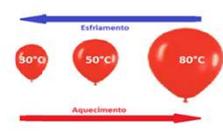
1 - IMPORTÂNCIA OPERACIONAL DAS TEMPERATURAS

TEMPERATURA E CALOR

Cap. III

Existe alguma relação entre temperatura e volume?

O volume é diretamente proporcional à Temperatura.



→ A energia não pode ser criada nem ser destruída, mas sempre conservada.

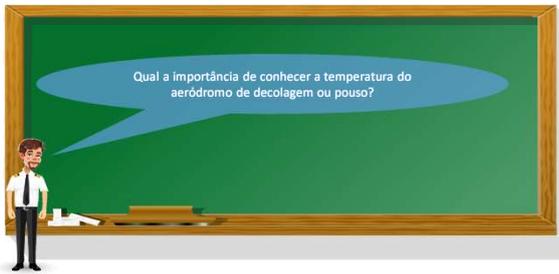
6

1 - IMPORTÂNCIA OPERACIONAL DAS TEMPERATURAS

TEMPERATURA E CALOR

Cap. III

Qual a importância de conhecer a temperatura do aeródromo de decolagem ou pouso?



Universidade Católica de Brasília - Prof. Carlos A. Moreira

7

1 - IMPORTÂNCIA OPERACIONAL DAS TEMPERATURAS

TEMPERATURA E CALOR

Cap. III

→ É fundamental para os cálculos de performance da aeronave, tanto para a decolagem como o pouso.



→ O DOV utiliza para peso/balanceamento, pensando na Altitude de Densidade (Exploraremos este tema no capítulo de altimetria)

Universidade Católica de Brasília - Prof. Carlos A. Moreira

8

1 - IMPORTÂNCIA OPERACIONAL DAS TEMPERATURAS

TEMPERATURA E CALOR

Cap. III

→ No METAR, a diferença da Temperatura de bulbo seco e da temperatura de ponto de orvalho indicam se o ar está com menor umidade (potencial de HZ, SS, DS) ou maior umidade (potencial de BR, DZ, RA ou FG).

SBYS - Academia da Força Aérea

SPECI SBYS 041945Z 33012G28KT 310V110 1000 TSRA FEW006 BKN040 FEW045CB 23/22 Q1009=



Universidade Católica de Brasília - Prof. Carlos A. Moreira

9

1 - IMPORTÂNCIA OPERACIONAL DAS TEMPERATURAS
TEMPERATURA E CALOR Cap. III

Qual outra aplicação da temperatura com a aeronave em voo?

Existe um potencial de congelamento (*ICE Formation*) dependendo da velocidade da aeronave.



Termodinâmica Aplicada à Aviação - Prof. Carlos A. Henning

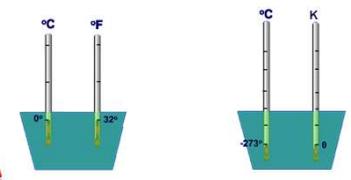
10

2 - ESCALAS TERMOMÉTRICAS
TEMPERATURA E CALOR Cap. III

Quais são as escalas de temperatura?

Celsius - Fahrenheit

Celsius - Kelvin



→ É sabido que o termômetro é um instrumento que mede a temperatura.

Termodinâmica Aplicada à Aviação - Prof. Carlos A. Henning

11

2 - ESCALAS TERMOMÉTRICAS
TEMPERATURA E CALOR Cap. III

→ ESCALA CELSIUS: é a mais comum entre todas, foi criada por Anders Celsius. Ele estabeleceu pontos fixos na escala como sendo os pontos de fusão do gelo e ebulição da água.



0°C para o ponto de fusão de gelo
100°C para o ponto de ebulição da água

Termodinâmica Aplicada à Aviação - Prof. Carlos A. Henning

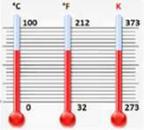
12

2 - ESCALAS TERMOMÉTRICAS
TEMPERATURA E CALOR Cap. III

→ ESCALA FAHRENHEIT: foi criada pelo inventor do termômetro de mercúrio Daniel Gabriel Fahrenheit.



32°F para o ponto de fusão de gelo
212°F para o ponto de ebulição da água



Termodinâmica Aplicada à Engenharia - Prof. Carlos A. Henning

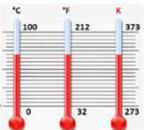
13

2 - ESCALAS TERMOMÉTRICAS
TEMPERATURA E CALOR Cap. III

→ ESCALA RANKINE: foi criada pelo engenheiro e físico William John Rankine. Usada em países de língua inglesa.



492°R para o ponto de fusão de gelo
672°R para o ponto de ebulição da água



Termodinâmica Aplicada à Engenharia - Prof. Carlos A. Henning

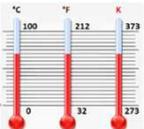
14

2 - ESCALAS TERMOMÉTRICAS
TEMPERATURA E CALOR Cap. III

→ ESCALA KELVIN: foi criada por William Thompson, também conhecido por Lorde Kelvin. Essa escala é conhecida como tendo o zero absoluto, que é o menor estado de agitação da molécula.



0k = -273°C. Por convenção não se usa "grau" para esta escala.



Termodinâmica Aplicada à Engenharia - Prof. Carlos A. Henning

15

2 - ESCALAS TERMOMÉTRICAS

TEMPERATURA E CALOR

Cap. III

CONVERSÕES

	°C	°F	K	°R
TEMPERATURA DE EBULIÇÃO DA ÁGUA	100	212	373	672
TEMPERATURA DE CONGELAMENTO DA ÁGUA	0	32	273	492



16

2 - ESCALAS TERMOMÉTRICAS

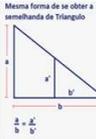
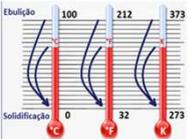
TEMPERATURA E CALOR

Cap. III

Como se faz a equivalência entre as unidades de temperatura?

Demonstração como se obter a equação da relação entre as escalas termométricas.

Mesma forma de se obter a semelhança de Triângulo

$$\frac{^{\circ}\text{C}}{5} = \frac{^{\circ}\text{F}-32}{9} = \frac{\text{K}-273}{5}$$

17

2 - ESCALAS TERMOMÉTRICAS

TEMPERATURA E CALOR

Cap. III

É possível fazer transformação de unidades no computador de voo?

FÓRMULAS DE CONVERSÃO

$$^{\circ}\text{C} = 5 \times \frac{(^{\circ}\text{F} - 32)}{9}$$

$$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273$$

$$^{\circ}\text{F} = 9 \times \frac{^{\circ}\text{C} + 32}{5}$$

$$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$$


← Transformação direta de (°C) em (°F)

18

2 - ESCALAS TERMOMÉTRICAS

TEMPERATURA E CALOR

Cap. III

2.1 - Medida de Temperatura nos Aeroportos

O termógrafo é o instrumento que registra a temperatura.



Universidade Estadual Paulista - Prof. Celso A. Moreira

19

2 - ESCALAS TERMOMÉTRICAS

TEMPERATURA E CALOR

Cap. III

2.1 - Medida de Temperatura nos Aeroportos



SENSOR DE TEMPERATURA DO AR (ABRIGO) E AMBIENTAL DA PISTA (ABAIXO DE PLACA METÁLICA)

→ Localizado entre 1.20 e 2 metros do solo em abrigos meteorológicos.

Universidade Estadual Paulista - Prof. Celso A. Moreira

20

2 - ESCALAS TERMOMÉTRICAS

TEMPERATURA E CALOR

Cap. III

2.1 - Medida de Temperatura nos Aeroportos

→ Localizado no interior do abrigo meteorológico. Fornece a temperatura do ar ambiente e a do ponto de orvalho.



PSICRÔMETRO

Universidade Estadual Paulista - Prof. Celso A. Moreira

21

2 - ESCALAS TERMOMÉTRICAS

TEMPERATURA E CALOR

Cap. III

2.1 - Medida de Temperatura nos Aeroportos



TELEPSICRÓMETRO

→ Termômetro de resistência elétrica instalado próximo a cabeceira da pista, fornecendo sua temperatura.

Universidade Federal do Rio de Janeiro - Prof. Carlos A. Heineke

22

2 - ESCALAS TERMOMÉTRICAS

TEMPERATURA E CALOR

Cap. III

2.1 - Medida de Temperatura nos Aeroportos

BALÃO DE RADIOSSONDAGEM



TEMPERATURA DO AR EM ALTITUDE

→ O balão de sondagem é lançado do solo usando hidrogênio, transportando equipamentos eletrônicos sensíveis à temperatura, pressão e umidade.

Universidade Federal do Rio de Janeiro - Prof. Carlos A. Heineke

23

2 - ESCALAS TERMOMÉTRICAS

TEMPERATURA E CALOR

Cap. III

2.2 - Temperaturas Obtidas na Aeronave

Os termômetros colocados a bordo das aeronaves sofrem pequenos erros durante os voos, devido:



- Radiação solar direta
- Compressão e atrito do ar

Universidade Federal do Rio de Janeiro - Prof. Carlos A. Heineke

24

2 - ESCALAS TERMOMÉTRICAS
TEMPERATURA E CALOR

2.2 - Temperaturas Obtidas na Aeronave

Existem os seguintes tipos de leituras de temperaturas:

- IAT (*Indicated Air Temperature*): temperatura indicada no termômetro de bordo.
- CAT (*Calibrated Air Temperature*): temperatura indicada mais a correção instrumental.
- TAT (*True Air Temperature*): temperatura do ar verdadeira; é a temperatura calibrada mais a correção do erro provocada pelo atrito do ar com a aeronave.
- OAT (*Out Air Temperature*): temperatura do ar externo.



25

2 - ESCALAS TERMOMÉTRICAS
TEMPERATURA E CALOR

2.2 - Temperaturas Obtidas na Aeronave

- SAT (*Static Air Temperature*) - É a temperatura do ar estático para velocidade acima de 200kt



26

3 - VARIAÇÃO DE TEMPERATURA
TEMPERATURA E CALOR

DIÁRIA
Como ocorre a variação da ra no planeta?

LATITUDINAL

SAZONAL

AMPLITUDE TÉRMICA

GRADIENTE TÉRMICO VERTICAL

INVERSÃO TÉRMICA



27

3 - VARIAÇÃO DE TEMPERATURA

TEMPERATURA E CALOR

Cap. III

DIÁRIA: devido ao movimento de **rotação da terra**, existe uma variação diurna e noturna da temperatura.

O valor máximo de **aquecimento** ocorre por volta das 16h



O valor mínimo de **resfriamento** ocorre próximo ao nascer do sol

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

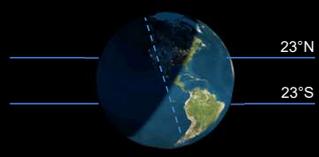
28

3 - VARIAÇÃO DE TEMPERATURA

TEMPERATURA E CALOR

Cap. III

LATITUDINAL: de acordo com a **curvatura** e **inclinação** da Terra, a região que mais recebe energia solar, durante o ano, é a localizada entre as latitudes de 23°N e 23°S (região tropical).



Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

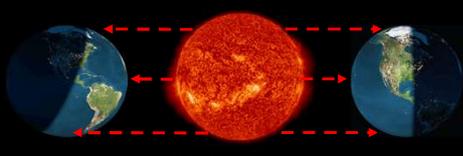
29

3 - VARIAÇÃO DE TEMPERATURA

TEMPERATURA E CALOR

Cap. III

SAZONAL: em razão das diferentes **estações do ano**, motivada pela inclinação do eixo norte-sul da Terra, conjuntamente com o movimento de translação.

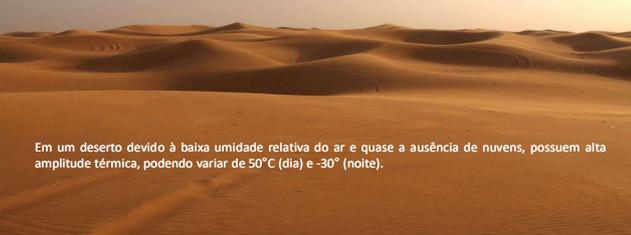


Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

30

3 - VARIAÇÃO DE TEMPERATURA
TEMPERATURA E CALOR Cap. III

AMPLITUDE TÉRMICA é a diferença entre as temperaturas máximas e mínimas de um local.



Em um deserto devido à baixa umidade relativa do ar e quase a ausência de nuvens, possuem alta amplitude térmica, podendo variar de 50°C (dia) e -30° (noite).

Metereologia Aplicada à Saúde - Prof. Celso A. Moreira

31

3 - VARIAÇÃO DE TEMPERATURA
TEMPERATURA E CALOR Cap. III

AMPLITUDE TÉRMICA: é a diferença entre as temperaturas máximas e mínimas de um local.



As regiões litorâneas, tendo em vista a existência de maior umidade no ar (regulador térmico) podem apresentar, extremos de temperatura de 30°C (dia) e 20°C (noite).

Metereologia Aplicada à Saúde - Prof. Celso A. Moreira

32

3 - VARIAÇÃO DE TEMPERATURA
TEMPERATURA E CALOR Cap. III

GRADIENTE TÉRMICO VERTICAL: é a variação da temperatura com a altitude. O gradiente térmico vertical padrão na troposfera é da ordem 0,65°C/100m ou 2°C/1000pés (ft).



5000 ft	10°C
4000 ft	12°C
3000 ft	14°C
2000 ft	16°C
1000 ft	18°C
MSL	20°C

Metereologia Aplicada à Saúde - Prof. Celso A. Moreira

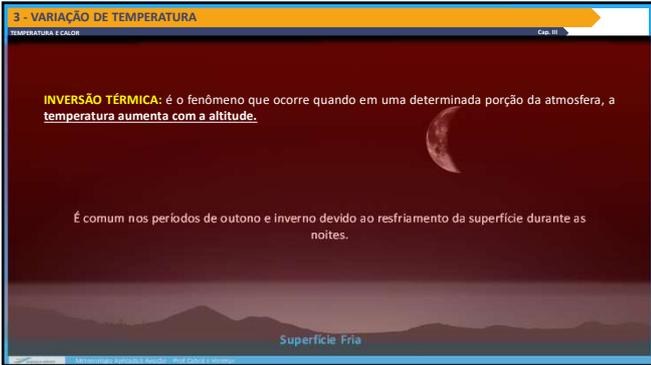
33

3 - VARIACÃO DE TEMPERATURA
TEMPERATURA E CALOR Cap. III

INVERSÃO TÉRMICA: é o fenómeno que ocorre quando em uma determinada porção da atmosfera, a temperatura aumenta com a altitude.

É comum nos períodos de outono e inverno devido ao resfriamento da superfície durante as noites.

Superfície Fria



34

4 - CALOR (ENERGIA)
TEMPERATURA E CALOR Cap. III

4.1 - Processo de Propagação de Calor

A transferência de calor pode mudar o estado físico da matéria.



Diagram illustrating phase changes and energy flow:

- Top: Energia Térmica Retirada do Ambiente (Energy removed from the environment)
- Bottom: Energia Térmica Liberada para o Ambiente (Energy released to the environment)
- Left: Gelo (Ice) / Sólido (Solid)
- Right: Vapor (Vapor)
- Center: Líquido (Liquid)
- Transitions: Fusão (Melting), Solidificação (Freezing), Evaporação (Vaporization), Condensação (Condensation), Sublimação (Sublimation), Deposição na Sublimação (Deposition).

35

4 - CALOR (ENERGIA)
TEMPERATURA E CALOR Cap. III

4.1 - Processo de Propagação de Calor

A propagação de calor na atmosfera é feita por intermédio de 4 processos:

- RADIAÇÃO** (Radiation): Sun icon
- CONDUÇÃO** (Conduction): Heat exchanger icon
- CONVECÇÃO** (Convection): Water tank icon
- ADVECÇÃO** (Advection): Wind icon

36

4 - CALOR (ENERGIA)
TEMPERATURA E CALOR
4.1 - Processo de Propagação de Calor

RADIAÇÃO

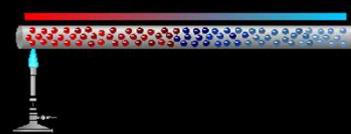


Processo de transferência de calor a distância, sem contato entre corpos, através de ondas curtas (radiação eletromagnética)

37

4 - CALOR (ENERGIA)
TEMPERATURA E CALOR
4.1 - Processo de Propagação de Calor

CONDUÇÃO



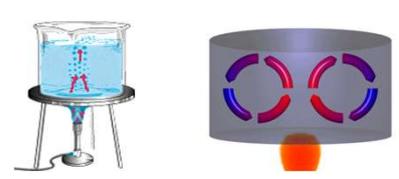
É o processo de transferência de calor molécula a molécula

38

4 - CALOR (ENERGIA)
TEMPERATURA E CALOR
4.1 - Processo de Propagação de Calor

CONVECÇÃO

É o processo de transferência de calor por meio de movimentos verticais, com a formação de correntes ascendentes e descendentes.



39

4 - CALOR (ENERGIA)

TEMPERATURA E CALOR Cap. III

4.1 - Processo de Propagação de Calor

ADVECCÃO

É o processo de transferência de calor por intermédio de **movimentos horizontais** do ar (ventos). Um exemplo é o das brisas marítimas, mostrada na figura abaixo.

Metodologia Aplicada à Aviação - Prof. Celso A. Moreira

40

III - TEMPERATURA E CALOR

Metodologia Aplicada à Aviação

Mapa Mental

espaço aéreo

Metodologia Aplicada à Aviação - Prof. Celso A. Moreira

41

III - TEMPERATURA E CALOR

METEOROLOGIA AERONÁUTICA - IV

Temperatura e Calor

- Temperatura
 - Energia Cinética, energia por movimento
 - Escalas Termométricas: °C, °F, K
 - Equivalência de equivalência: $C = \frac{F-32}{9} \times 5$, $K = \frac{F-32}{9} + 273$
 - Variação de Temperatura no Planeta:
 - Altitude (estação terrestre)
 - Latitude (ex: 23°27')
 - Sazonal (translação ao redor do sol + inclinação)
 - Amplitude térmica (diferença de amplitude e latitude)
 - Equador térmico vertical
 - Inversão térmica (fator raro)
- Calor
 - Transferência de Energia
 - Calor e mudança fase de matéria
 - Perda de Calor: Sublimação, Condensação
 - Ganho de Calor: Fusão, Evaporação
 - Solidificação
 - Nubificação
 - Energia Térmica Absorvida do Ambiente
 - Energia Térmica Liberada para o Ambiente
 - Calor Sensível/Calor Latente
 - Radiação (sem irradiação)
 - Convecção
 - Advecção
 - Condensação
- Propagação de Calor

espaço aéreo

Metodologia Aplicada à Aviação - Prof. Celso A. Moreira

42

