

# Agrometeorologia



Professor: Antonio Henrique Cordeiro Ramalho



Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA



Instituto de Biodiversidade e Florestas



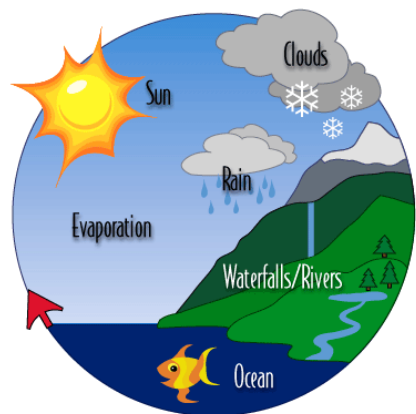
## Capítulo 6

# Umidade do Ar



# Umidade do Ar

Também chamada de **umidade atmosférica**, trata-se da **quantidade de água no estado de vapor contida na atmosfera em um local no momento da medição**



Trata-se de um elemento meteorológico que atua na:

Amplitude  
térmica

Ocorrência de  
chuvas

Diretamente relacionado a fatores

Maritimidade

Massas de ar

Correntes oceânicas

Vegetação

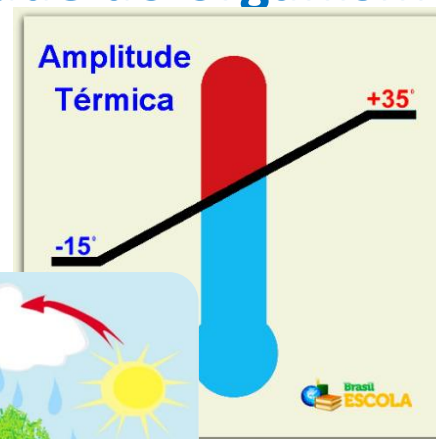
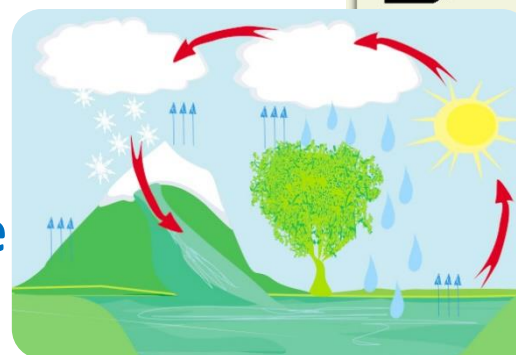


# Umidade do Ar

É importante para a dinâmica dos climas no planeta e para o ciclo hidrológico, auxiliando na manutenção da biodiversidade e na saúde do organismo humano

Áreas com alta umidade do ar apresentam:

- Menor amplitude térmica;
- Maior frequência de chuvas; e
- Maior evapotranspiração





# Umidade do Ar x amplitude térmica

- **Quanto maior a umidade do ar, menor a amplitude térmica** → Em áreas desérticas a variação de temperatura num dia é muito grande pois a umidade do ar é baixa (50 °C durante o dia e 0 °C a noite).
- **Quanto menor a umidade do ar, maior a amplitude térmica** → A Floresta Amazônica apresenta uma quantidade elevada de umidade do ar. A grande quantidade de água presente, colabora para que essa região mantenha a umidade do ar elevada (amplitude térmica é de 5 °C)







# Umidade alta x umidade baixa

- Quando a **umidade do ar está alta**, chegando ao seu limite máximo, dizemos que aquele ar se encontra **saturado**;
- Quando a **umidade do ar está baixa**, dizemos que aquele ar se encontra com **baixa saturação**



Seções

Cidades DF

CLIMA

## DF registra 7% de umidade do ar nesta terça-feira (3/9), a menor da história

Os dados são do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), da estação meteorológica da Ponte Alta, no Gama. Com 133 dias sem chuvas na capital federal, a tendência é que o tempo se mantenha seco até meados de setembro. Recorde era de 8%, em 2019



# Umidade alta x umidade baixa

O teor d'água na atmosfera varia de 0 a 4% do volume de ar. Isso quer dizer que numa dada massa de ar, o máximo de vapor d'água que ela pode reter é 4% de seu volume:

- **Umidade de 0% do volume de ar → AR SECO**
- **Umidade entre 0% e 4% do volume de ar → AR ÚMIDO**
- **Umidade de 4% do volume de ar → AR SATURADO**

<i>Gases</i>	<i>% volume</i>
Nitrogênio ( $N_2$ )	78,08
Oxigênio ( $O_2$ )	20,94
Argônio (Ar)	0,93
Dióxido de Carbono ( $CO_2$ )	0,003 (var.)
$O_3, H_2, Cr, Xe, Me$	traços
<u>Vapor d'água</u>	0 - 4

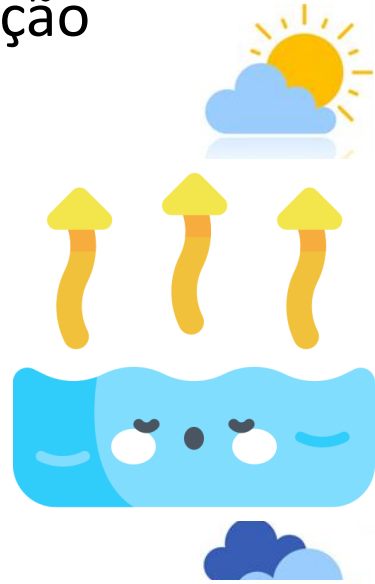


# Fatores que influenciam a umidade do ar

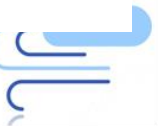


Os fatores que influenciam a umidade são aqueles responsáveis pela evaporação e transpiração.

**Evaporação:** Água no estado líquido presente na superfície dos solos e corpos d'água se transforma em vapor d'água, conferindo umidade à atmosfera



**Transpiração:** Perda de água na forma de vapor pelas plantas. Ocorrem em qualquer parte da planta acima do solo, porém em maior quantidade nas folhas.







# Fatores que influenciam a umidade do ar

A quantidade de vapor da atmosfera **interfere fortemente na transpiração das plantas e evaporação da água de lagos, rios e da superfície do solo.**

Nos ambientes mais secos, a demanda hídrica da atmosfera é maior e as taxas de evapotranspiração também são elevadas





# Fatores que influenciam a umidade do ar

Tanto a evaporação quanto a transpiração dependem diretamente:

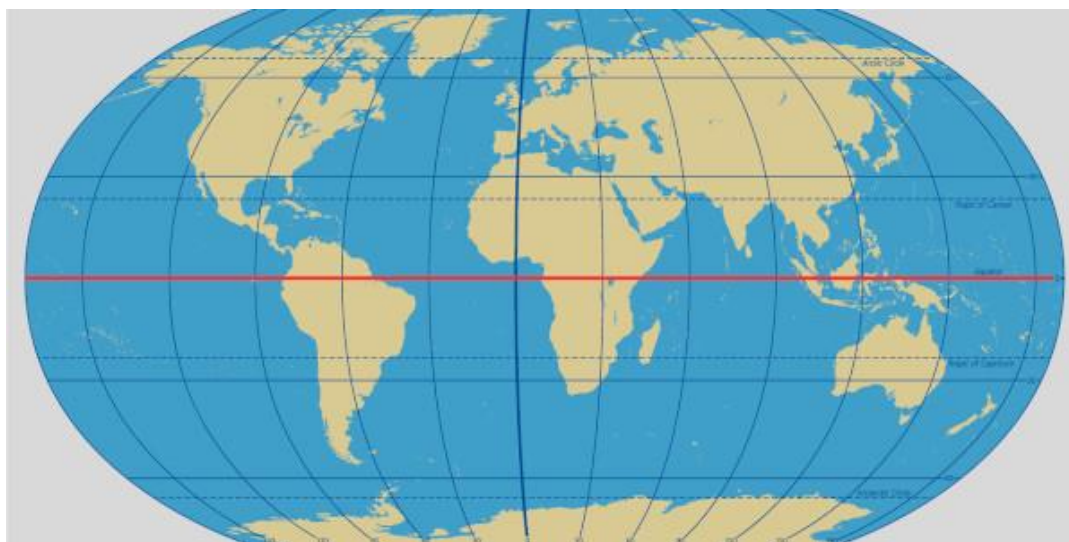
- **Radiação solar:** Fornecimento da energia que a muda o estado físico da água;
- **Ventos:** Deslocamento do vapor d'água de onde se formam para outras regiões da atmosfera; e
- **Umidade já presente no ar:** Denota tanto a capacidade do ar de reter umidade quanto a pressão de vapor sobre a área





# Fatores que influenciam a umidade do ar

**Próximo da linha do Equador**, a radiação solar possui mesma intensidade durante todo o ano, fazendo com que a maior disponibilidade de água e incidência de radiação solar, proporcionem taxa de evapotranspiração elevada e, consequentemente, **maior aporte de umidade para a atmosfera**.

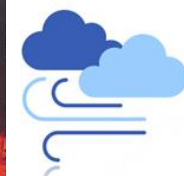
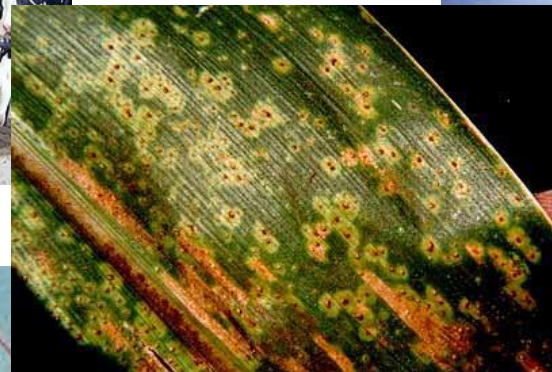




# Importância da umidade do ar

A umidade do ar afeta vários aspectos relacionados à agricultura, silvicultura, pecuária e conservação de alimentos:

- Conforto animal
- Consumo hídrico das plantas
- **Relação plantas-doenças/pragas**
- Armazenamento de produtos
- Incêndios florestais







# Efeitos da umidade do Ar

**Baixa umidade do ar** → As plantas perdem muita água pela evapotranspiração, levando-as a murchar e a sofrer danos decorrentes disso



**Alta umidade** → Favorece o aparecimento de pragas, principalmente fungos, que acabam com uma lavoura inteira (plantas mofadas, fedorentas e inaproveitáveis)







# Tipos de Umidade do ar

A umidade do ar é classificada de duas maneiras:

## Umidade absoluta do ar (UA)

**Total de vapor d'água presente em suspensão na atmosfera em uma determinada localidade.** Sua medida é expressa em gramas por metro cúbico ( $\text{g}/\text{m}^3$ ).

## Umidade relativa do ar (UR)

Relação entre a UA e a quantidade máxima de vapor que aquela parcela da atmosfera consegue reter até atingir o ponto de orvalho e condensar. Responsável pela sensação térmica e o conforto térmico. É expressa em porcentagem (%)



# Umidade do ar no Brasil

O maior aporte de umidade fica no Norte, variando de 60% a 70% sem estações secas, o que significa chuvas abundantes e frequentes.

Em contrapartida, a região Nordeste tem o clima com menor umidade, marcadas por longos períodos de estiagem, que perduram por vários meses (média anual de 500 mm e UR% 50%).





# Umidade do ar no Brasil

Parte da grande umidade amazônica é carregada pela ação dos ventos para outras regiões do Brasil, caracterizando o fenômeno conhecido como **RIOS VOADORES**

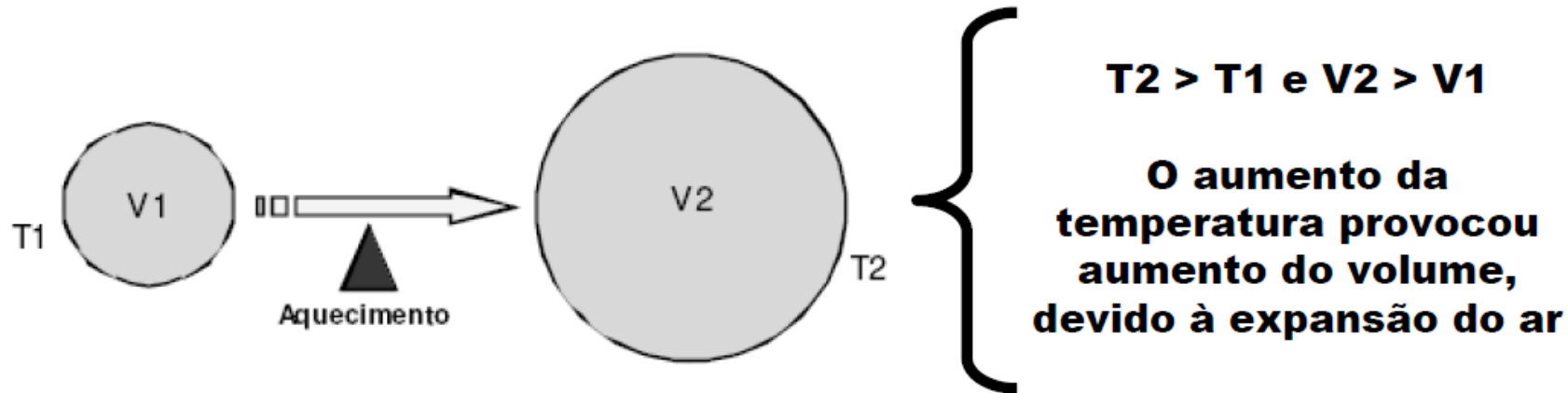




# Definições e Conceitos

De acordo com a **Lei dos Gases Ideais**, o ar atmosférico **tem a capacidade de se contrair e expandir com a variação de sua temperatura**

**Assim, a capacidade do ar em reter vapor d'água**, em termos absolutos, irá **aumentar com a temperatura**:

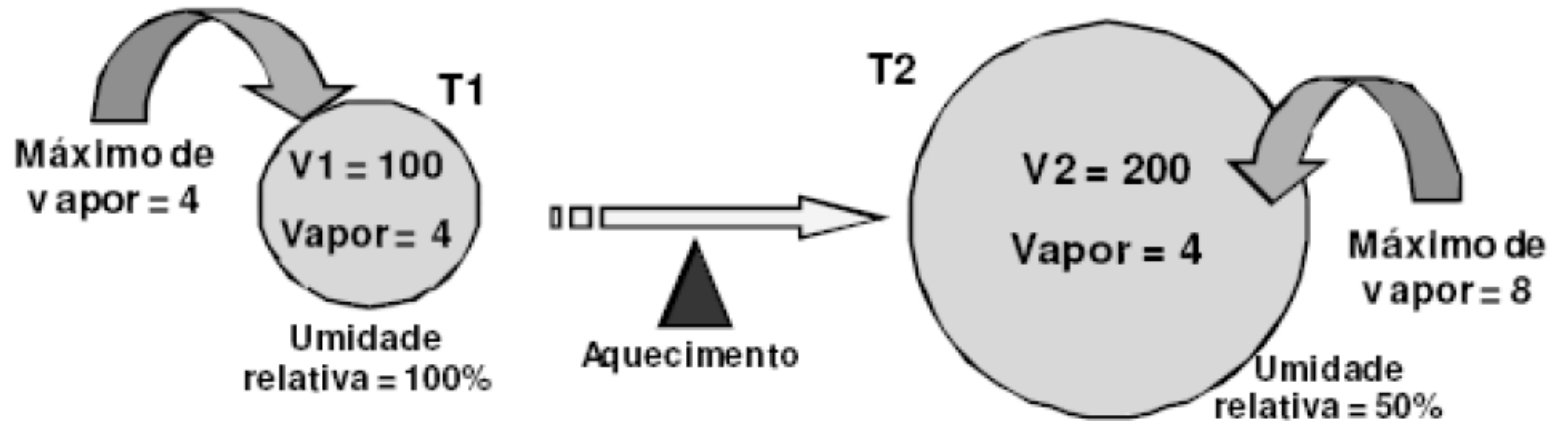


**Com o aumento da temperatura, o ar tem maior capacidade absoluta de reter vapor** (sempre 4% do volume) e **com o resfriamento essa capacidade diminui**



# Definições e Conceitos

Se  $V1 = 100$ , o máximo de vapor d'água que ele poderá reter é 4 (4% de seu volume). Se de fato houver 4 de vapor d'água em  $V1$ , o valor de umidade relativa será 100%.



Com o aquecimento, haverá a expansão do ar, atingindo  $V2 = 200$

Como o máximo de vapor que  $V2$  pode reter agora é 8 (4% do volume), o valor de umidade relativa será 50%.





# Pressão de vapor d'água

Em termos de pressão de vapor, um aumento da temperatura faz com que o vapor d'água exerça mais pressão, porque há mais energia cinética nas moléculas de água no ar.

Isso também está relacionado à capacidade do ar de reter mais vapor, pois, com o aumento da temperatura, a pressão de vapor de saturação (ponto em que o ar não pode mais reter vapor adicional) aumenta



# Gráfico Psicométrico

O gráfico psicrométrico, expressa a relação positiva entre a temperatura do ar e a pressão de vapor, mostrando quanto de vapor o ar pode reter para temperatura



## Equação de Tetens

$$es = 0,6108 \times 10^{\left(\frac{7,5 \times Tar}{237,3 + Tar}\right)} \quad (kPa)$$

O exemplo mostra a variação de es ao longo do dia, (9h e 15h):

$$9h \Rightarrow Tar = 16^{\circ}C \Rightarrow es = 0,6108 \times 10^{\left(\frac{7,5 \times 16}{237,3 + 16}\right)} = 1,82 \text{ kPa}$$

$$15h \Rightarrow Tar = 28^{\circ}C \Rightarrow es = 0,6108 \times 10^{\left(\frac{7,5 \times 28}{237,3 + 28}\right)} = 3,78 \text{ kPa}$$



# Quantificação da Umidade do Ar

Por se tratar de um vapor que compõe a atmosfera e que apresenta variação espaço-temporal na sua concentração, uma boa forma de estudar a umidade do ar é utilizando o conceito proposto por **Dalton**, conhecido como:



## Lei das Pressões Parciais de Dalton

Cada constituinte da atmosfera exerce uma pressão sobre a superfície, **INDEPENDENTEMENTE** da presença dos outros. Assim, a  $P_{atm}$  pode ser decomposta nas pressões parciais de cada gás, permitindo **estudar o vapor d'água individualmente**





# Lei das Pressões Parciais de Dalton

De acordo com a lei de Dalton, a pressão atmosférica ( $P_{atm}$ ) é igual à **soma das pressões parciais exercidas por todos os constituintes atmosféricos**. Isso pode ser representado por:

$$P_{atm} = P_{N_2} + P_{O_2} + P_{Ar} + P_{CO_2} + \dots + P_{H_2O_v}$$

$P_{atm}$  = Pressão atmosférica (kPa);

$P_{N_2}$  = Pressão parcial do nitrogênio (kPa);

$P_{O_2}$  = Pressão parcial do oxigênio (kPa);

$P_{Ar}$  = Pressão parcial do argônio (kPa);

$P_{CO_2}$  = Pressão parcial do dióxido de carbono; e

$H_2O_v$  = pressão parcial de vapor d'água (kPa).



# Lei das Pressões Parciais de Dalton

Resumindo:

$$P_{atm} = P_{ar\ seco} + P_{H_2O_v}$$

A pressão parcial exercida pelo vapor d'água ( $P_{H_2O_v}$ ) é simbolizada pela letra “e”.

Para o ar saturado → “es”

Para condição real de vapor d'água no ar → “ea”

“ea” e “es” são expressos em unidade de pressão (atm, mmHg, mb, hPa ou kPa)

$$1\ atm \rightarrow 760\ mmHg \rightarrow 1013,3\ mb \rightarrow 1013,3\ hPa \rightarrow 101,33\ kPa$$





# Pressão real de vapor ( $e_a$ )

A determinação da pressão real de vapor pode se dar de duas formas:

1) Conhecendo a umidade relativa e a temperatura do ar. Com a temperatura calcula-se  $e_s$  e assim chega-se a:

$$e_a = \frac{UR \times e_s}{100}$$

$$e_s \text{ (mb)} = 0,6108 \times 10^{\left(\frac{7,5 \times T}{237,3 + T}\right)}$$





## Exemplo 1

Calcule a pressão de saturação do vapor d'água para a temperatura de 18,0°C

$$e_s = 0,6108 \times 10^{\left(\frac{7,5 \times T}{237,3 + T}\right)} \rightarrow \left(\frac{(7,5 \times 18)}{(237,3 + 18)}\right) \rightarrow \left(\frac{135}{255,3}\right) \rightarrow 0,529$$
$$10^{(0,529)} \rightarrow 3,381$$
$$e_s = 0,6108 * 3,381 \rightarrow e_s = 2,065 \text{ mb}$$



# Exercício 1

Seguindo o exemplo do cálculo de pressão de saturação do vapor d'água para a temperatura de 18,0°C abaixo, **calcule a pressão de saturação do vapor d'água para a temperatura de 22,0°C**



$$e_s = 2,644 \text{ mb}$$





# Pressão real de vapor ( $e_a$ )

A determinação da pressão real de vapor pode se dar de duas formas:

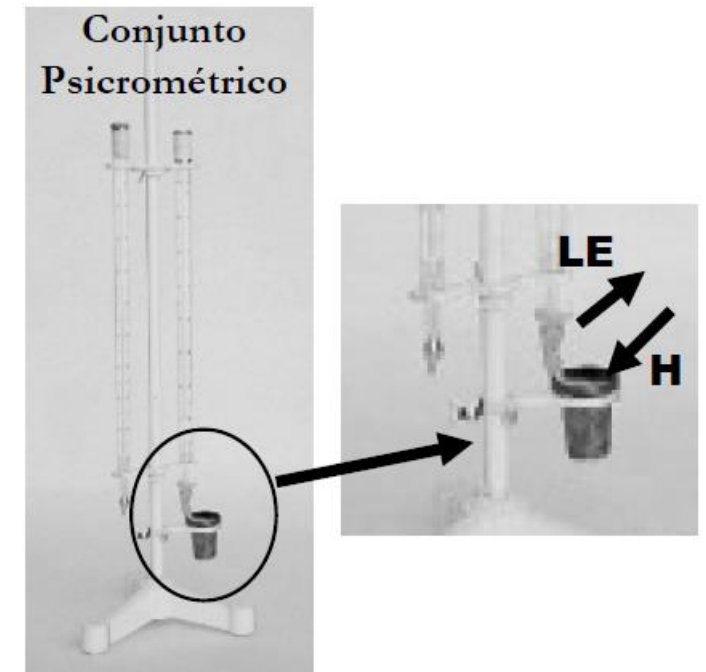
2) A outra forma é por meio da equação psicrométrica, conhecendo-se as temperaturas do bulbo seco ( $T_s$ ) e do bulbo úmido ( $T_u$ ), obtidas do conjunto psicrométrico:

$$e_a = e_{s_{T_U}} - \gamma(T_S - T_U)$$

$\gamma$  = constante psicrométrica

$\gamma = 0,67.^{\circ}\text{C}^{-1}$  para psicrômetros ventilados e

$\gamma = 0,81.^{\circ}\text{C}^{-1}$  para psicrômetros não ventilados





# Propriedades do gráfico psicométrico

Temperatura de bulbo seco

Temperatura de bulbo úmido



Quanto maior a diferença entre a  $T_{BS}$  e a  $T_{BU}$ , menor a UR%

Sempre menor ou igual à temperatura de bulbo seco

Algodão umedecido

Recipiente com água





## Exemplo 2

Calcule a pressão parcial do vapor d'água, registradas a partir de um psicrômetro ventilado para as condições:  $T_s = 22,0^\circ\text{C}$ ;  $T_u = 20,2^\circ\text{C}$

$$e_{s_{T_U}} = 0,6108 \times 10^{\left(\frac{7,5 \times 20,2}{237,3 + 20,2}\right)} \Rightarrow e_{s_{T_U}} = 2,367 \text{ mb}$$
$$e_a = e_{s_{T_U}} - \gamma(T_S - T_U) \Rightarrow (22 - 20,2) \Rightarrow T_S - T_U = 1,8$$
$$0,67 * 1,8 \Rightarrow \gamma(T_S - T_U) = 1,206$$
$$e_a = 2,644 - 1,206 \Rightarrow e_a = 1,161 \text{ mb}$$



## Exercício 2

Seguindo o exemplo do cálculo de pressão parcial do vapor d'água anterior,  
**calcule para as condições:  $T_s = 18,0^\circ\text{C}$ ;  $T_u = 16,2^\circ\text{C}$**

$$e_a = e_{s_{T_U}} - \gamma(T_S - T_U)$$

$$e_{s_{T_U}} = 0,6108 \times 10^{\left(\frac{7,5 \times 16,2}{237,3 + 16,2}\right)} \rightarrow e_{s_{T_U}} = 1,842 \text{ mb}$$

$$e_a = e_{s_{T_U}} - \gamma(T_S - T_U) \rightarrow e_a = 1,841 - 0,67(18 - 16,2) \rightarrow e_a = 0,636 \text{ mb}$$



## Exercício 3

Calcule a pressão parcial do vapor d'água na sala de aula a partir dos dados do psicrômetro não-ventilado:  $T_s = 19^\circ\text{C}$ ;  $T_u = 17,5^\circ\text{C}$ .

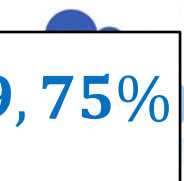
$\gamma = 0,81.^\circ\text{C}^{-1}$  para psicrômetros não ventilados

$$ea = es_{TU} - \gamma(TS - TU)$$

$$es_{TU} = 0,6108 \times 10^{\left(\frac{7,5 \times Tu}{237,3 + Tu}\right)}$$

$$ea = 0,785 \text{ mb}$$





## Exemplo 3

Qual a umidade relativa dentro da sala de aula no momento da medida, com um psicrômetro ventilado:  $T_s = 19,0^\circ\text{C}$ ;  $T_u = 17,5^\circ\text{C}$ ?

$$ea = \frac{UR \times es}{100} \rightarrow \frac{ea}{1} = \frac{UR \times es}{100} \rightarrow UR \times es = ea \times 100 \rightarrow UR = \frac{0,995 \times 100}{2} \rightarrow 49,75\%$$

$$ea = es_{TU} - y(TS - TU) \rightarrow ea = 2 - 0,67(19 - 17,5) \rightarrow ea = 0,995$$

$$es_{TU} = 0,6108 \times 10^{\left(\frac{7,5 \times Tu}{237,3 + Tu}\right)} \rightarrow es_{TU} = 0,6108 \times 10^{\left(\frac{7,5 \times 17,5}{237,3 + 17,5}\right)} \rightarrow es_{TU} = 2,000$$



## Exercício 4

Qual a umidade relativa dentro da sala de aula no momento da medida, com um psicrômetro ventilado:  $T_s = 26^\circ\text{C}$ ;  $T_u = 24^\circ\text{C}$ ?

$$ea = \frac{UR \times es}{100} \rightarrow \frac{ea}{1} = \frac{UR \times es}{100} \rightarrow UR \times es = ea \times 100 \rightarrow UR = \frac{1,644 \times 100}{2,984} \rightarrow 55,09\%$$

$$es_{TU} = 0,6108 \times 10^{\left(\frac{7,5 \times Tu}{237,3 + Tu}\right)} \rightarrow es_{TU} = 0,6108 \times 10^{\left(\frac{7,5 \times 24}{237,3 + 24}\right)} \rightarrow es_{TU} = 2,984$$

$$ea = es_{TU} - \gamma(TS - TU) \rightarrow ea = 2,984 - 0,67(26 - 24) \rightarrow ea = 1,644$$







# Muito obrigado pela atenção!

**“O esforço sem talento  
vence o talento sem  
esforço. Porém, o talento  
com esforço vence tudo”**

Professor: Antonio Henrique Cordeiro Ramalho



E-mail principal: [antonio.ramalho@ufopa.edu.br](mailto:antonio.ramalho@ufopa.edu.br)



E-mail secundário: [henriqueramalho@gmail.com](mailto:henriqueramalho@gmail.com)



Telefone/Whatsapp: (94) 9167-1066

