



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"

LEB306 Meteorologia Agrícola
Prof Fabio R Marin



- 1) Calcule a Umidade Relativa para um dia com temperatura do ar de 31°C e $e_a = 2,01\text{kPa}$
- 2) Calcule o valor de e_a para um dia com temperatura de $32,6^{\circ}\text{C}$ e $\text{UR}=38\%$
- 3) Calcule a Temperatura do Ponto de Orvalho, Umidade absoluta e a Umidade Específica considerando as seguintes condições: temperatura do ar = $29,8^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{atm}} = 95,1\text{kPa}$, $\text{UR}=45\%$.
- 4) Em uma estufa para produção de flores, um produtor instalou um sistema de nebulização para reduzir a temperatura do ar nos horários mais quentes do dia. Com base na literatura, o produtor identificou que a espécie passa a sofrer estresse térmico sempre que a temperatura do ar atinge 37°C . Por isso, o sistema é acionado toda vez que a temperatura do ar atinge esse valor e permanece ligado por 2 minutos. O sistema de nebulização tem vazão de 150 litros por hora e a estufa tem volume 1500 m^3 . Certa vez, o sistema foi acionado e a umidade inicial era de 41%. Sabendo que a temperatura caiu para 27°C após o processo, calcule a umidade relativa assim que a aspersão foi encerrada. Admita densidade do ar de $1,2\text{ kg m}^{-3}$.
- 5) Em uma estufa para produção de flores, um produtor instalou um sistema de nebulização para reduzir a temperatura do ar nos horários mais quentes do dia. Com base na literatura, o produtor identificou que a espécie passa a sofrer estresse térmico sempre que a temperatura do ar atinge 35°C . Por isso, o sistema é acionado toda vez que a temperatura do ar atinge esse valor e permanece ligado por 1,5 minutos. O sistema de nebulização tem vazão de 118 litros por hora e a estufa tem volume 1900 m^3 . Certa vez, o sistema foi acionado e a umidade inicial era de 31%. Sabendo que a temperatura caiu para 28°C após o processo, calcule a umidade relativa assim que a aspersão foi encerrada. Admita densidade do ar de $1,2\text{ kg m}^{-3}$.

OBS.: Questão 4 e 5.

O nebulizar troca a temperatura por vapor d'água $\therefore$ diminui a temperatura

Em condições de estufa:

Se saturar muito a UR e chegar a 100%, as flores darão doenças - fungo isto é, a UR deve ficar abaixo de 100% para que não haja ponto de orvalho nos flores.

→ Resolução da atividade 3 - Meteorologia

02

Questão 1)

→ Dados do exercício: $UR = ?$

$$T_{ar} = 31^{\circ}\text{C} \text{ (Temperatura do ar)}$$

$$e_a = 2,01 \text{ kPa} \text{ (Pressão Parcial de vapor)}$$

1º Passo: calcular a Pressão máxima de vapor: e_s

$$e_s = 0,6108 \cdot 10^{\frac{7,5 \cdot T_{ar}}{237,3 + T_{ar}}}$$

$$e_s = 0,6108 \cdot 10^{\frac{7,5 \cdot 31}{237,3 + 31}} \rightarrow e_s = 0,6108 \cdot 4,35 \rightarrow e_s = 4,50 \text{ kPa}$$

2º Passo: calcular a umidade relativa: UR

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

$$UR = \frac{2,01 \text{ kPa}}{4,50 \text{ kPa}} \rightarrow UR = 0,45 \therefore UR = 44,66\%$$

Questão 02)

→ Dados do exercício: $e_a = ?$

$$T_{ar} = 32,6^{\circ}\text{C}$$

$$UR = 38\%$$

1º Passo: calcular a pressão máxima de vapor: e_s

$$e_s = 0,6108 \cdot 10^{\frac{7,5 \cdot T_{ar}}{237,3 + T_{ar}}}$$

$$e_s = 0,6108 \cdot 10^{\frac{7,5 \cdot 32,6}{237,3 + 32,6}} \rightarrow e_s = 0,6108 \cdot 8,05 \rightarrow e_s = 4,92 \text{ kPa}$$

2º Passo: calcular a Pressão Parcial de vapor: e_a

$$UR = \frac{e_a}{e_s} \rightarrow e_a = UR \cdot e_s \quad UR = 38\% \rightarrow UR = 0,38$$

$$e_a = 0,38 \cdot 4,92 \text{ KPa} \rightarrow e_a = 1,87 \text{ KPa}$$

(Questão 03)

→ Dados do exercício: $T_o?$; $U_A?$; $q?$

$$T_{ar} = 29,8^\circ\text{C}$$

$$P_{atm} = 95,1 \text{ KPa}$$

$$UR = 45\% \rightarrow 0,45$$

I cálculo: Temperatura do ponto de orvalho.

1º Passo: calcular a Pressão máxima de vapor e_s e depois calcular a Pressão Parcial de vapor.

$$e_s = 0,6108 \cdot 10^{\frac{7,5 \cdot T_{ar}}{237,3 + T_{ar}}} \rightarrow e_s = 0,6108 \cdot 10^{\frac{7,5 \cdot 29,8}{237,3 + 29,8}} \rightarrow e_s = 0,6108 \cdot 6,87$$

$$e_s = 4,19 \text{ KPa}$$

$$e_a = UR \cdot e_s \rightarrow e_a = 0,45 \cdot 4,19 \text{ KPa} \rightarrow e_a = 1,88 \text{ KPa}$$

2º Passo: calcular a Temperatura do ponto de orvalho.

$$T_o = \frac{237,3 \cdot \log\left(\frac{e_a}{0,6108}\right)}{7,5 - \log\left(\frac{e_a}{0,6108}\right)} \rightarrow T_o = \frac{237,3 \cdot \log\left(\frac{1,88}{0,6108}\right)}{7,5 - \log\left(\frac{1,88}{0,6108}\right)} \rightarrow T_o = \frac{115,86}{7,01}$$

$$T_o = 16,5^\circ\text{C}$$

II Cálculo: Umidade Absoluta

$$U_A = \frac{2,168 \cdot e_a}{T}$$

$$T = 29,8 + 273,15 \rightarrow T = 302,95K$$

$$U_A = \frac{2,168 \cdot 1,88}{302,95} \rightarrow U_A = 0,0134 \rightarrow U_A = 1,34\%$$

III Cálculo: Umidade Específica.

$$q = 0,622 \frac{e_a}{P_{atm}} \left[\frac{g}{g} \right]$$

$$q = 0,622 \frac{1,88 \text{ kPa}}{95,1 \text{ kPa}} \rightarrow q = 0,0122 \text{ g/g}$$

Dados do exercício.

Características da estufa

Condições antes da nebulização

Condições depois da nebulização.

$$t_N = 2 \text{ min}$$

$$Q = 150 \text{ l/h}$$

$$V_E = 1500 \text{ m}^3$$

$$T_i = 37^\circ\text{C}$$

$$UR_i = 41\% \rightarrow 0,41$$

$$T_f = 27^\circ\text{C}$$

$$UR_f = ?$$

Parte 1: Calcular as condições antes da nebulização para encontrar a massa de vapor de água inicial.

1º Passo: Calcular a Pressão de vapor máxima: e_{si}

$$e_{si} = 0,6108 \cdot 10^{\left[\frac{(7,5 \cdot T_m)}{(237,3 + T_m)} \right]}$$

$$e_{si} = 0,6108 \cdot 10^{\left[\frac{(7,5 \cdot 37)}{(237,3 + 37)} \right]}$$

$$\rightarrow e_{si} = 0,6108 \cdot 10^{2,723} \rightarrow e_{si} = 6,2743 \text{ KPa}$$

2º Passo: Calcular a Pressão de vapor Poneal/Atual: e_{ai}

$$UR = \frac{e_a}{e_s} \rightarrow e_a = UR \cdot e_s$$

$$e_a = 0,41 \cdot 6,2743 \rightarrow e_a = 2,5725 \text{ KPa}$$

3º Passo: Calcular o valor da Umidade Absoluta. O ponto principal do trabalho. Se eu sei a quantidade de vapor de água, posso extrapolar para o volume total da estufa

$$UA = \frac{2,168 \cdot e_a}{T(K)}$$

$$UA = \frac{2,168 \cdot 2,5725}{(37 + 273)} \rightarrow UA = 0,0179 \text{ Kg/m}^3$$

4º Passo: Calcular a massa de vapor d'água para a estufa

$$\begin{array}{l} 1\text{m}^3 \text{ — } 0,0179 \text{ Kg/m}^3 \text{ VPA} \\ 1500\text{m}^3 \text{ — } x \end{array} \rightarrow x = 26,85 \text{ Kg de vapor de água na estufa.}$$

~ ocorreu a nebulização ~

Parte 2: Calcular a quantidade de água adicionada com a nebulização.

$$\begin{array}{l} 1500 \text{ l/h — } 60 \text{ min} \\ x \text{ — } 2 \text{ min} \end{array} \rightarrow x = 5 \text{ l ou } 5 \text{ Kg de vapor de água injetada na estufa.}$$

Parte 3: Calcular as condições após a nebulização para podermos encontrar a Umidade Relativa → Fazer o caminho inverso.

1º Passo: Calcular a massa de vapor d'água após a nebulização.

$$m_{(\text{Após N})} = m_{(\text{antes N})} + m_{(\text{injetada})}$$

$$m_{(\text{após N})} = 26,85 \text{ Kg} + 5 \text{ Kg} \rightarrow m_{(\text{após N})} = 31,85 \text{ Kg}$$

2º Passo: Calcular a umidade Absoluta por meio da massa de vapor e o volume da estufa → Calcular a UA para descobrir o e_a

$$UA = \frac{\text{massa de vapor}}{\text{volume de estufa}}$$

$$UA = \frac{31,85 \text{ Kg}}{1500 \text{ m}^3} \rightarrow UA = 0,0212 \text{ Kg/m}^3$$

3º Passo: Calcular a Pressão de vapor parcial → utilizar a fórmula de UA.

$$UA = \frac{2,168 \cdot e_a}{T(K)} \rightarrow e_a = \frac{UA \cdot T(K)}{2,168}$$

$$e_a = \frac{0,0212 \cdot (27 + 243)}{2,168} \rightarrow e_a = \frac{6,36}{2,168} \rightarrow e_a = 2,9335 \text{ kPa}$$

4º Passo: calcular a Pressão de vapor máxima: e_s

$$e_s = 0,6108 \cdot 10^{\frac{[7,5 \cdot T_a]}{(237,3 + T_a)}}$$

$$e_{s_t} = 0,6108 \cdot 10^{\frac{[7,5 \cdot 24]}{(237,3 + 24)}} \rightarrow e_s = 0,6108 \cdot 5,8368$$

$$e_{s_t} = 3,565 \text{ kPa}$$

5º Passo: calcular a umidade relativa: UR

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

$$UR = \frac{2,9335 \text{ kPa}}{3,565 \text{ kPa}} \rightarrow UR = 0,8228 \rightarrow UR = 82,28\%$$

→ Dados do exercício

Características da estufa

Condições antes da Nebulização

Condições depois da Nebulização

$$L_n = 1,5 \text{ mm}$$

$$Q = 118 \text{ l/hora}$$

$$V_E = 1900 \text{ m}^3$$

$$T = 35^\circ\text{C}$$

$$UR = 31\% \rightarrow 0,31$$

$$T = 28^\circ\text{C}$$

$$UR = ?$$

Parte 1: calcular as condições antes da nebulização para encontrar a massa de vapor de água inicial.

1º Passo: calcular a Pressão de vapor máxima: e_{si}

$$e_{si} = 0,6108 \cdot 10^{\frac{[7,5 \cdot T_a]}{(237,3 + T_a)}}$$

$$e_{si} = 0,6108 \cdot 10^{\frac{[7,5 \cdot 35]}{(237,3 + 35)}} \rightarrow e_{si} = 0,6108 \cdot 9,20414 \rightarrow e_{si} = 5,622 \text{ kPa}$$

2º Passo: calcular a Pressão de vapor parcial/atual: e_a

$$UR = \frac{e_a}{e_s} \rightarrow UR \cdot e_s = e_a$$

$$e_a = 0,31 \cdot 5,622 \text{ kPa} \rightarrow e_a = 1,7429 \text{ kPa}$$

3º Passo: calcular o valor da Umidade Absoluta **o ponto principal da atividade**. Se eu sei a quantidade de vapor de água eu posso extrair para o volume da estufa.

$$UA = \frac{3,168 \cdot e_a}{T_{(K)}}$$

$$UA = \frac{3,168 \cdot 1,7429}{(35 + 273)} \rightarrow UA = 0,0123 \text{ Kg/m}^3$$

4º Passo: calcular a massa de vapor para a estufa

$$\begin{array}{l} 1 \text{ m}^3 \text{ ————— } 0,0123 \text{ Kg/m}^3 \\ 1900 \text{ m}^3 \text{ ————— } x \end{array} \quad x = 23,309 \text{ Kg de vapor de água antes da nebulização.}$$

~ ocorreu a nebulização ~

Parte 2: calcular a quantidade de água adicionada com a nebulização

$$\begin{array}{lcl} 118 \text{ L/h} & \text{---} & 60 \text{ min} \\ x & \text{---} & 1,5 \text{ min} \end{array} \quad x = 2,95 \text{ Kg de vapor de água} \\ \text{foi adicionado para reduzir a temperatura.}$$

Parte 3: calcular as condições após a nebulização para podermos encontrar a Umidade Relativa. $\rightarrow$ Fazer o caminho inverso.

1º Passo: calcular a massa de vapor d'água após a nebulização.

$$m_{(\text{após N})} = m_{(\text{antes N})} + m_{(\text{injetada})}$$

$$m_{(\text{AP})} = 23,309 \text{ Kg} + 2,95 \text{ Kg} \rightarrow m_{(\text{AP})} = 26,259 \text{ Kg}$$

2º Passo: calcular a Umidade Absoluta por meio da massa de vapor e o volume da estufa. $\rightarrow$ calcular a UA para descobrir o e_a

$$UA = \frac{\text{massa de vapor}}{\text{volume de estufa}}$$

$$UA = \frac{26,259 \text{ Kg}}{1900 \text{ m}^3} \rightarrow UA = 0,01382 \text{ Kg/m}^3$$

3º Passo: calcular a Pressão de vapor parcial $\rightarrow$ utilizando a fórmula de UA

$$UA = \frac{2,168 \cdot e_a}{T_{(K)}} \rightarrow e_a = \frac{UA \cdot T_{(K)}}{2,168}$$

$$e_a = \frac{0,0138 \cdot (28 + 273)}{2,168} \rightarrow e_a = \frac{4,159917}{2,168} \rightarrow e_a = 1,919 \text{ KPa}$$

4º Passo: calcular a Pressão de vapor máxima:

$$e_s = 0,6108 \cdot 10^{\frac{[7,5 \cdot T_a]}{(237,3 + T_a)}}$$

$$e_s = 0,6108 \cdot 10^{\frac{[7,5 \cdot 28]}{(237,3 + 28)}} \rightarrow e_s = 0,6108 \cdot 6,1881$$

$$e_s = 3,78 \text{ KPa}$$

5º Passo: calcular a Umidade Relativa.

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

$$UR = \frac{1,919 \text{ KPa}}{3,78 \text{ KPa}} \rightarrow UR = 0,5076 \rightarrow \underline{UR = 50,76\%}$$