



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE BIODISSISTEMAS
LEB 306 – Meteorologia Agrícola
1º Semestre de 2018



Umidade do Ar

Prof. Fábio Marin

Composição da Atmosfera

Gases	% volume
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

Lei de Dalton das Pressões Parciais

Cada constituinte da atmosfera exerce uma pressão sobre a superfície independente da presença dos outros. Desse modo, a pressão total, ou PRESSÃO ATMOSFÉRICA - P_{atm} , é igual a soma das pressões de cada gás ou vapor. Se a pressão de interesse for a pressão de vapor d'água (e_a)

$$P_{atm} = P_{ar} + e_a$$

Pressão de vapor d'água

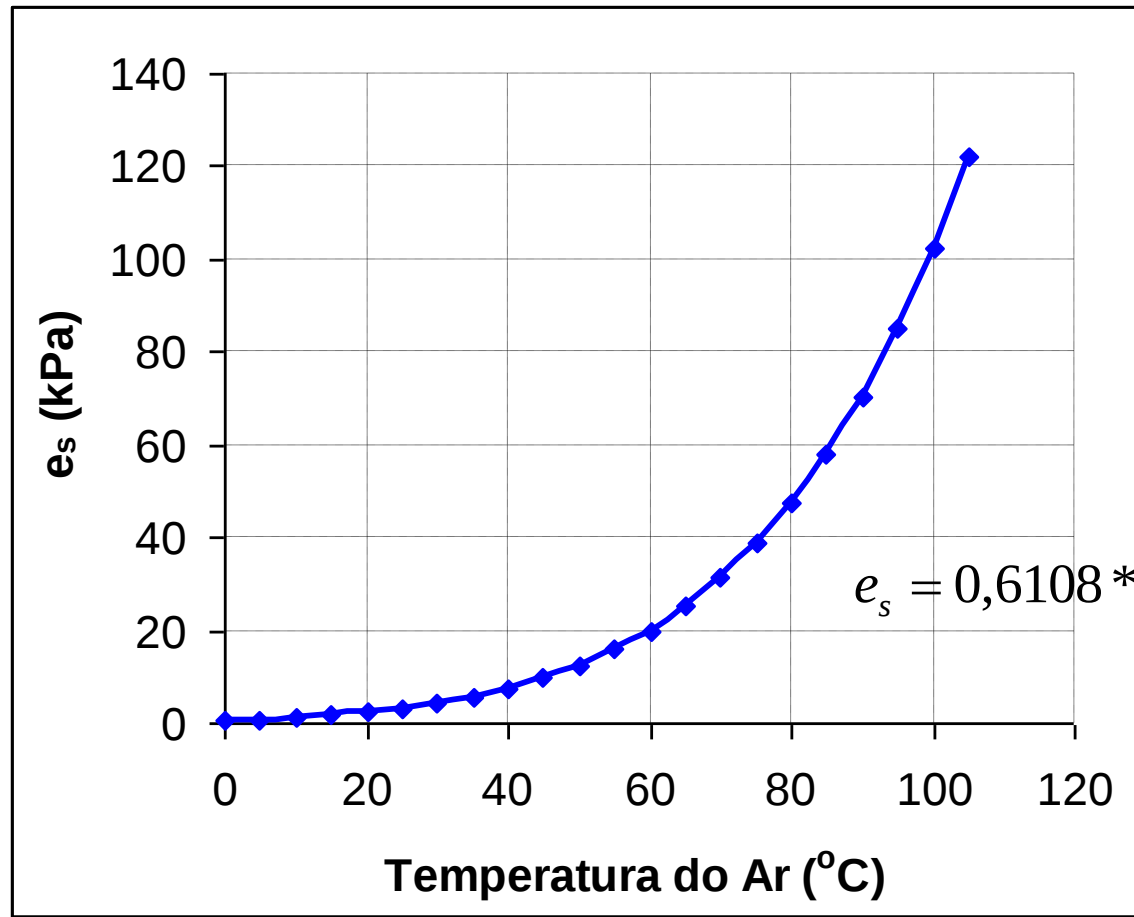
O símbolo e_a representa a pressão exercida pela massa de vapor d'água existente na atmosfera, que pode variar de zero a um valor máximo chamado de ***pressão de saturação de vapor (e_s)***.

O valor de e_s é dependente da temperatura na forma

$$e_s = 0,6108 * 10^{[7,5*tar/(237,3 + tar)]}$$

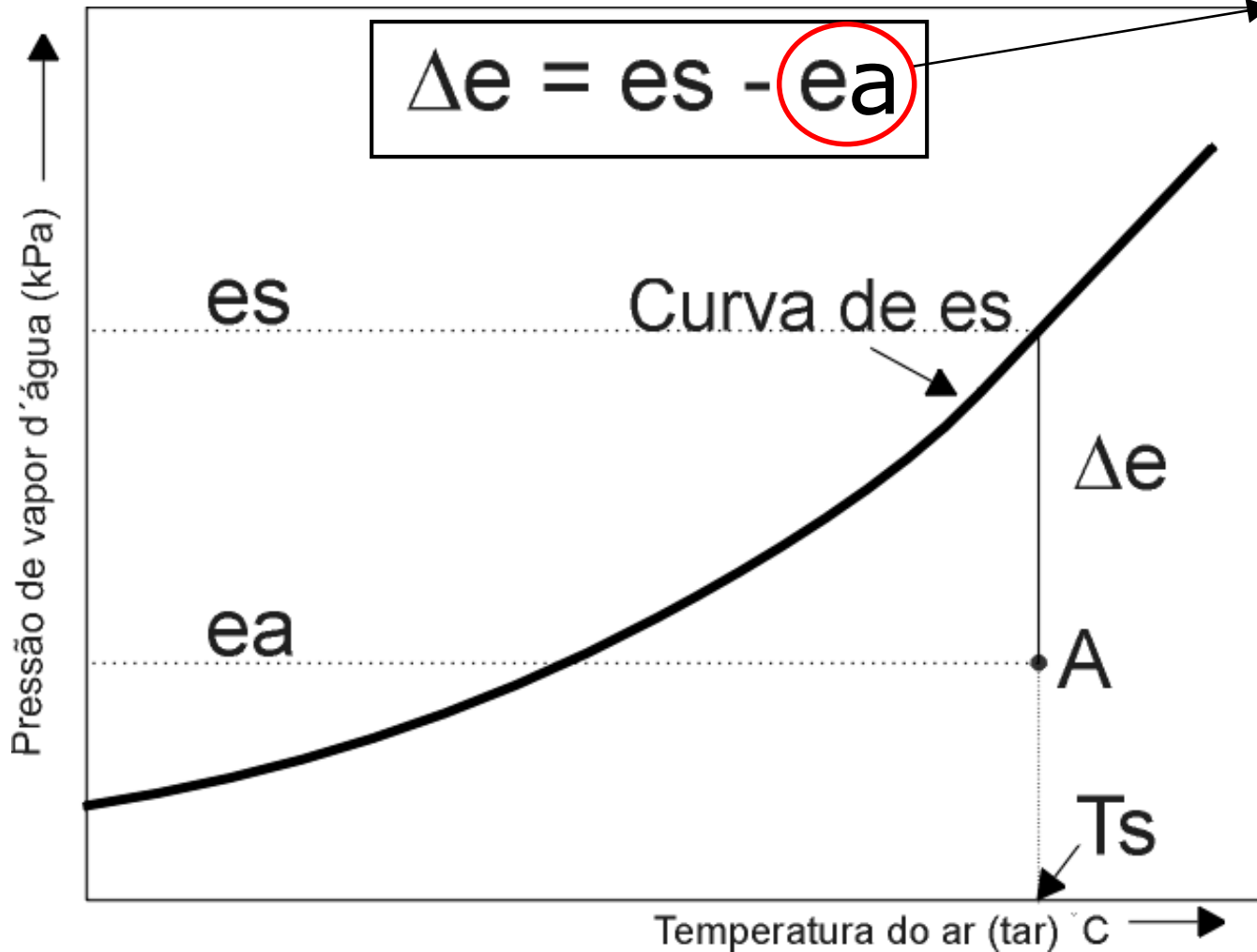
conhecida com Equação de Tetens

Equação de Tetens – Gráfico Psicrométrico



$$e_s = 0,6108 * 10^{\left[\frac{7,5 * T_{ar}}{(237,3 + T_{ar})} \right]}$$

Déficit de Pressão de Vapor (Δe ou DPV) *Pressão Atual de Vapor*



Definições

Pressão Atual de Vapor (ea) – Pressão exercida pelo vapor d'água na condição de ar não saturado.

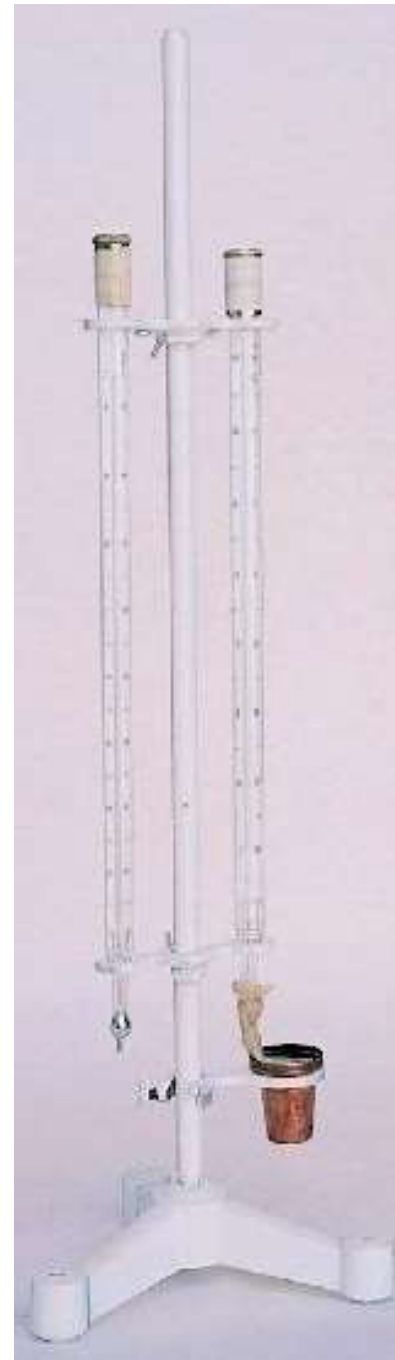
É determinada através da **equação psicrométrica**:

$$e_a = e_{s(Tu)} - A * P * (Ts - Tu)$$

$e_{s(Tu)}$ é a e_s na temperatura **Tu**; **A** é o coeficiente Psicrométrico ($0,00067 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ p/ ventilados e $0,00080 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ para não ventilados). **P** é a Pressão Atmosférica (kPa). Ao produto $A*P$ denomina-se constante psicrométrica (γ). Considerando $P=93\text{kPa}$, tem-se $\gamma = \mathbf{0,062 \text{ Kpa } ^\circ\text{C}^{-1}}$ ou $\gamma = 0,074 \text{ Kpa } ^\circ\text{C}^{-1}$

Psicrômetros

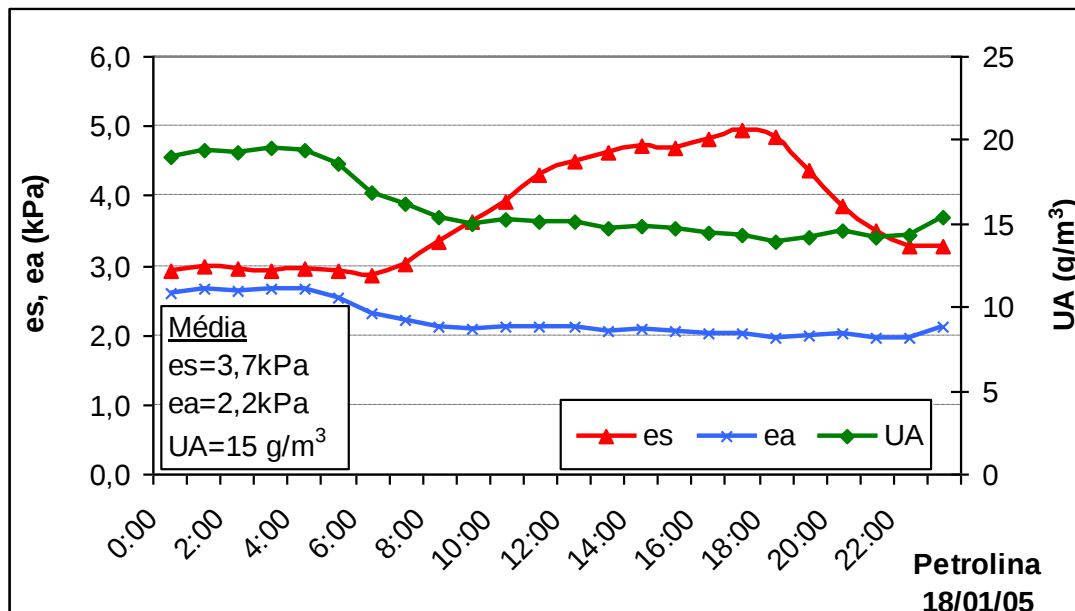
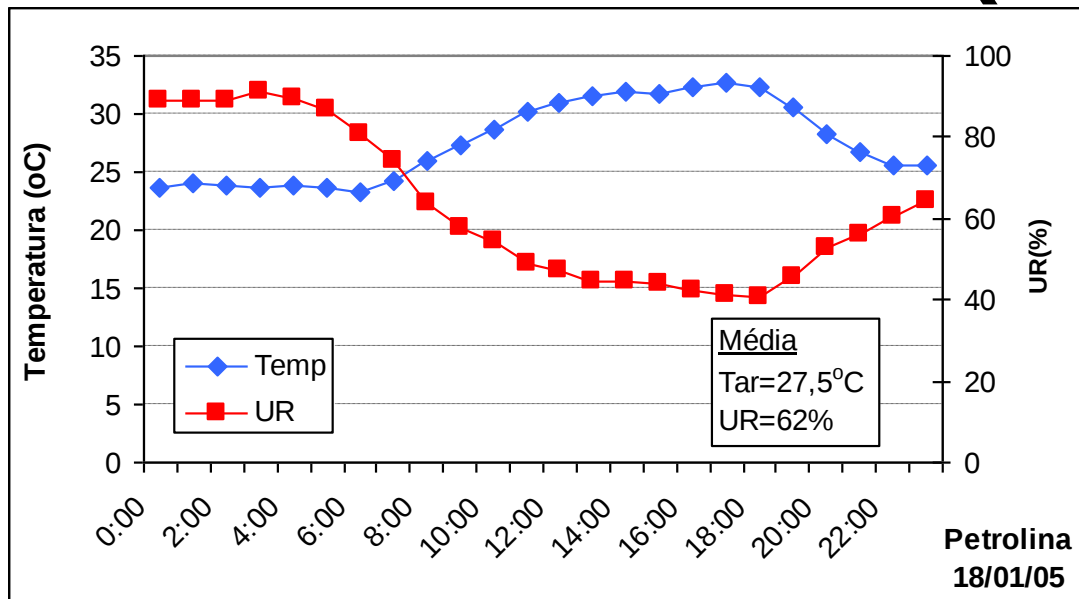
Dois termômetros - um com bulbo úmido e outro seco, permitindo a estimativa da pressão parcial de vapor



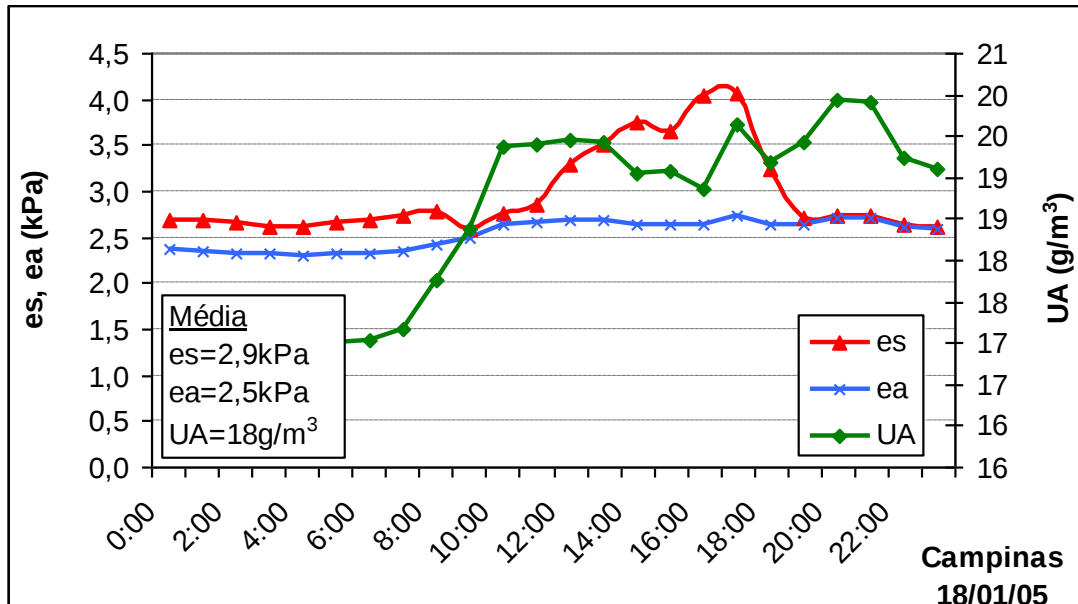
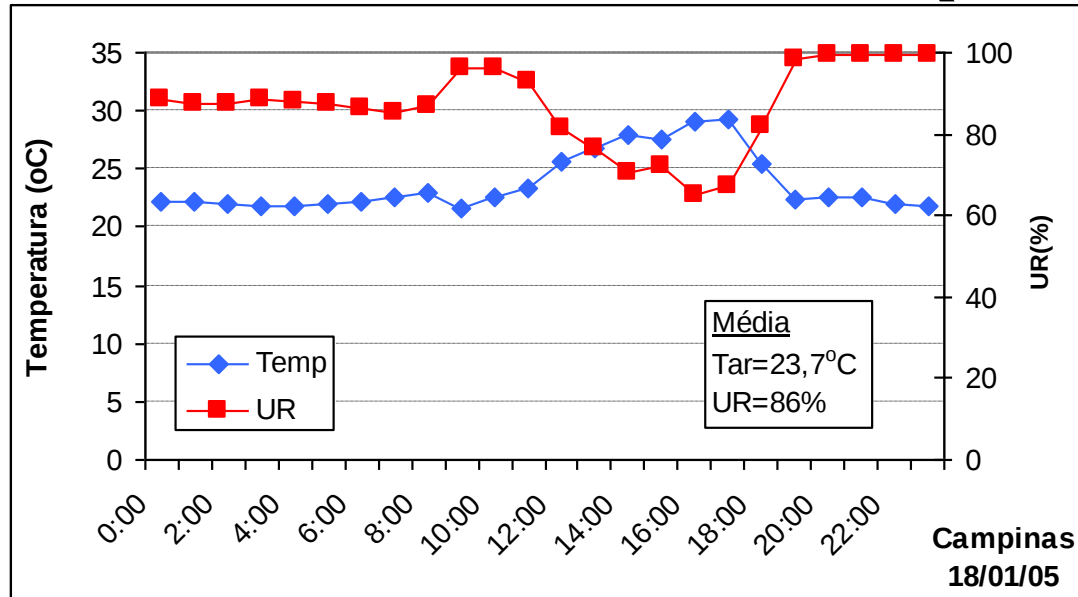
Umidade Relativa do ar (UR) – Relação entre a quantidade de vapor existente no ar e que existiria se o mesmo estivesse saturado na mesma temperatura.

$$UR = \frac{e_a}{e_s} \quad \text{ou} \quad UR = \frac{UA}{US}$$

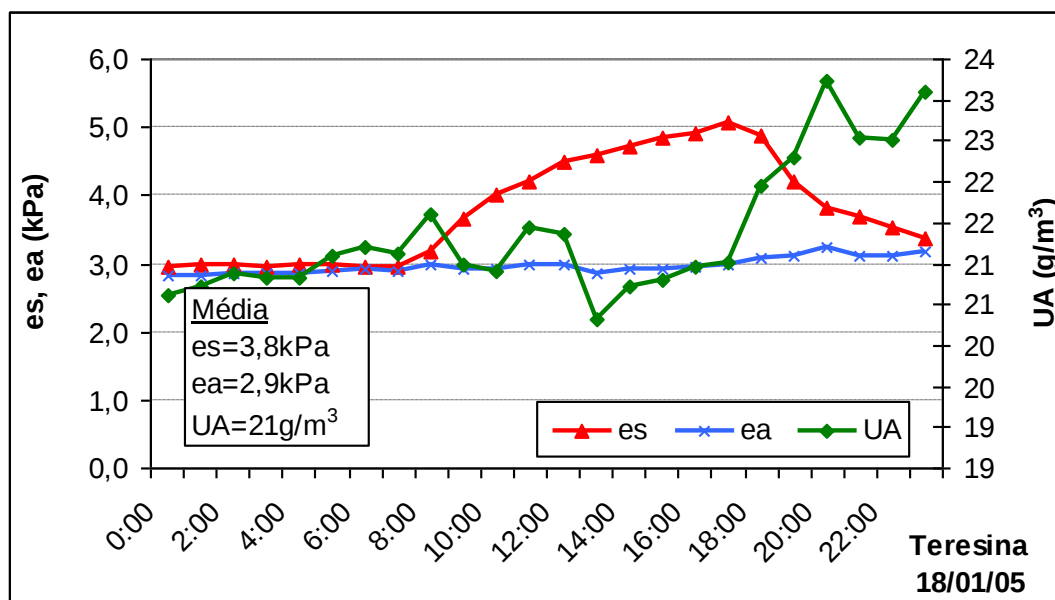
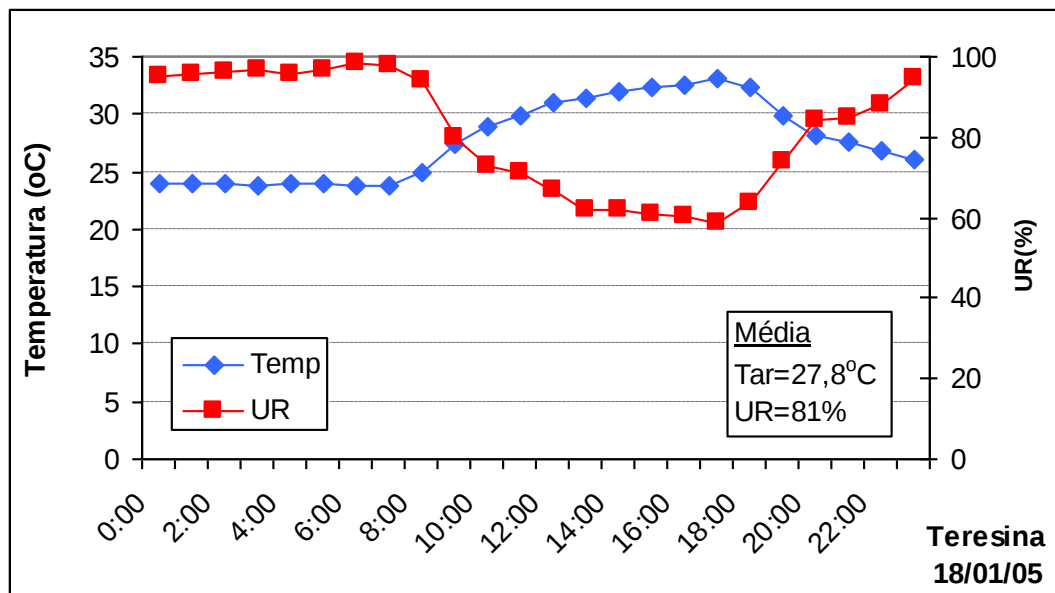
Umidade Relativa do ar (UR)



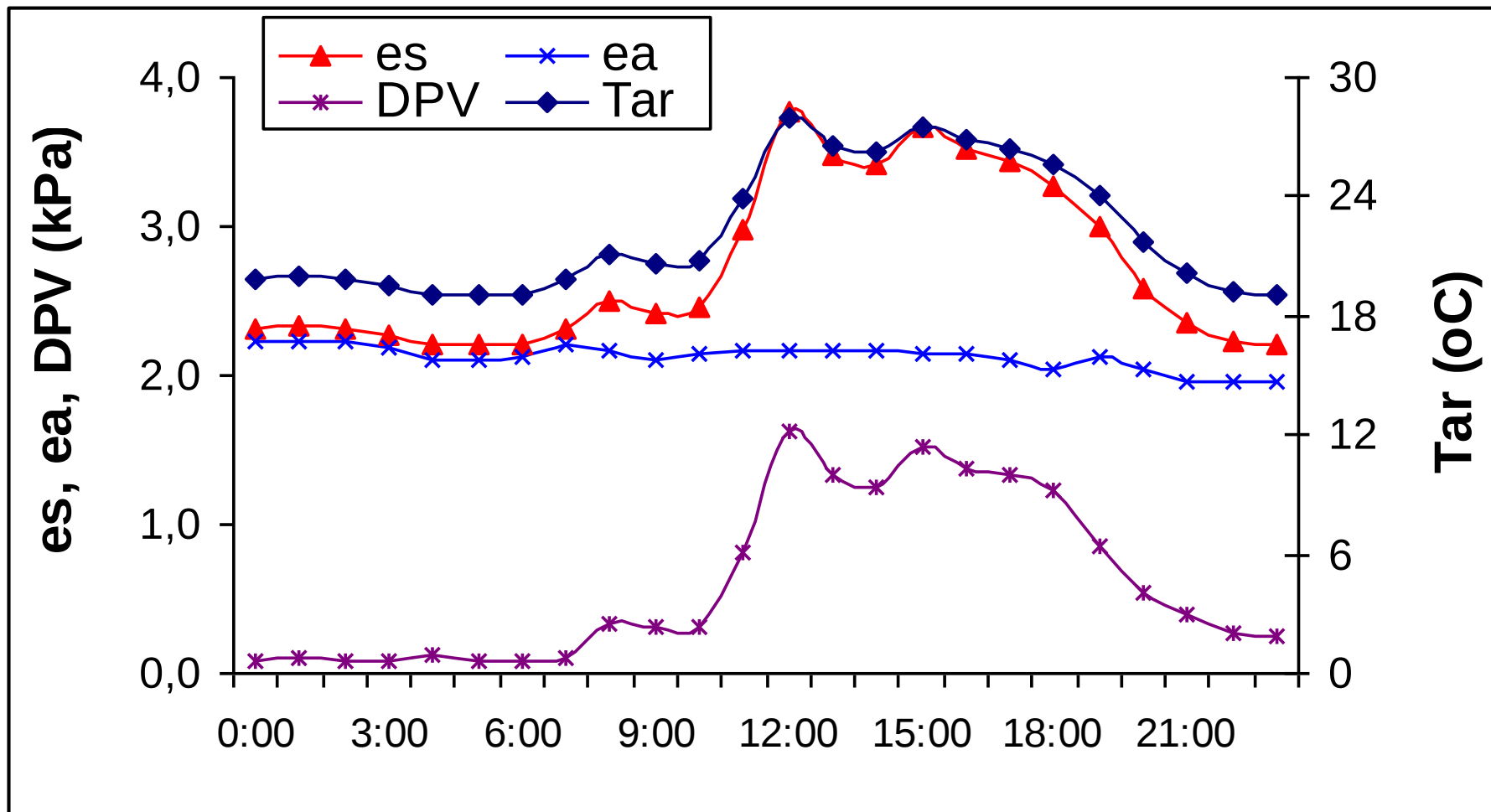
Umidade Relativa do ar (UR)



Umidade Relativa do ar (UR)



Umidade Relativa do ar (UR)



Temperatura do Ponto de Orvalho

- Temperatura abaixo da qual há saturação do ambiente.

$$T_o = \frac{237,3 \cdot \log\left(\frac{e_a}{0,6108}\right)}{7,5 - \log\left(\frac{e_a}{0,6108}\right)}$$

Umidade absoluta

- Massa de vapor d'água por metro cúbico de ar

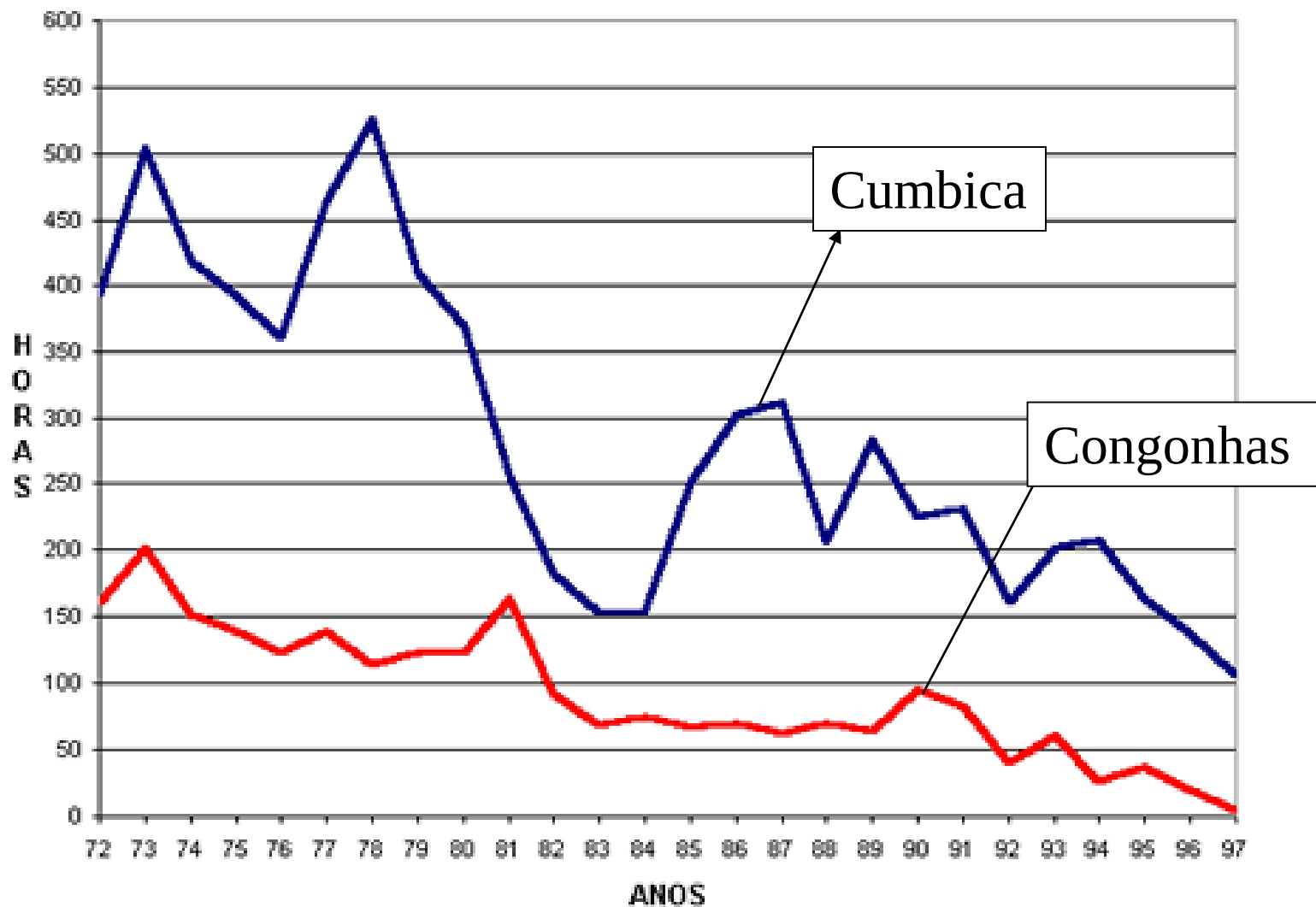
$$UA = \frac{2,168 \ e_a}{T(kelvin)} (g \ m^{-3})$$

Umidade Específica

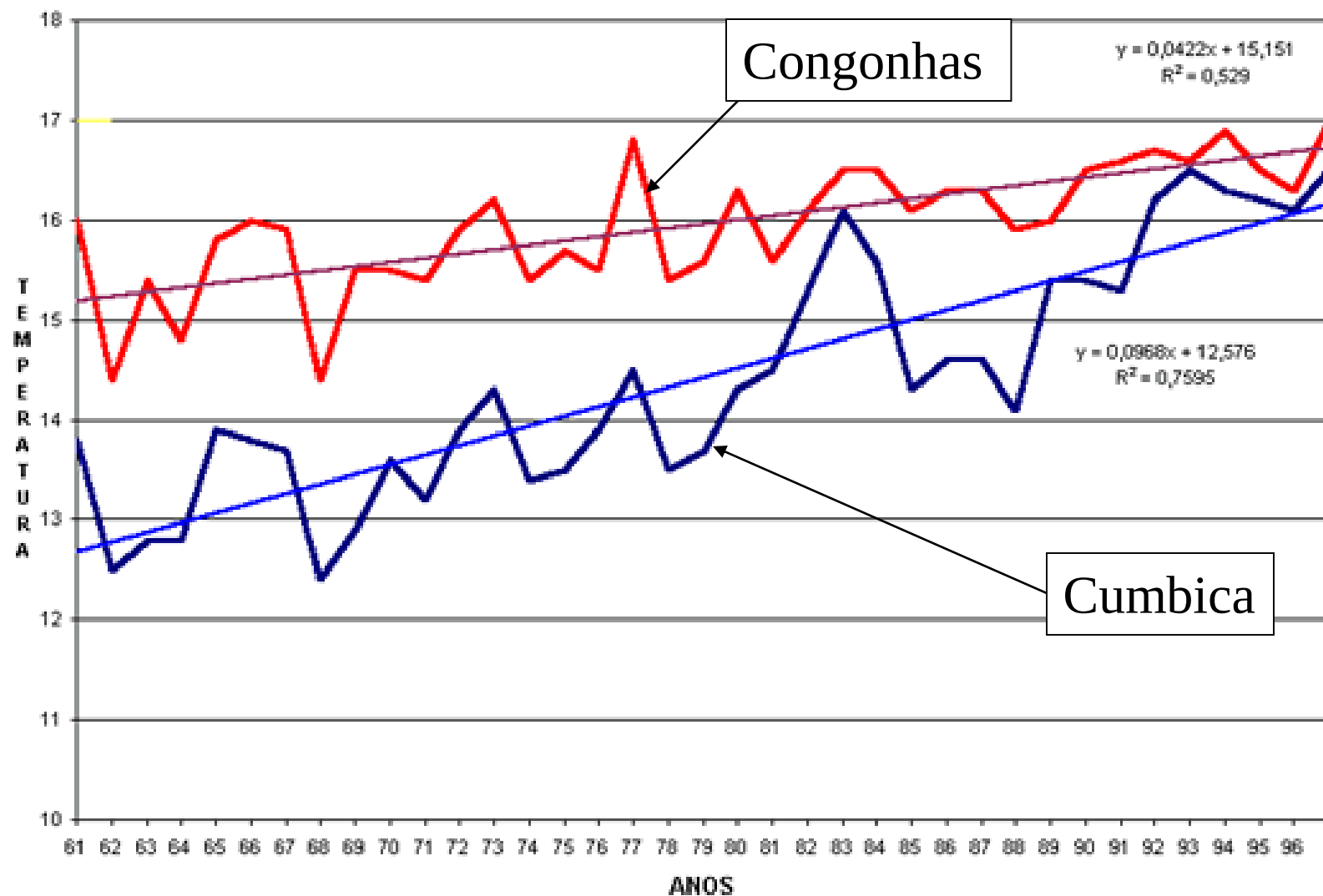
- Massa de vapor d'água por unidade de massa de ar

$$q = 0,622 \frac{e_a}{P_{atm}} (g / g)$$

Umidade do ar, Nevoeiros e Neblina



Umidade do ar, Nevoeiros e Neblina



Exercício 1

- 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 m³. 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 kg m³.

Exercício 2

Observe a figura abaixo e calcule a temperatura no ponto D. Admita que todo vapor foi dissipado na forma de precipitação durante a ascensão da massa de ar. No ponto A, a parcela de ar em ascensão tinha temperatura de $23,5^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de 72%.

