

**Corso di**

---

**IMPIANTI TECNICI per l'EDILIZIA**

**Esercitazione**

**Dimensionamento di un  
impianto di climatizzazione ad aria**



Prof. Paolo ZAZZINI  
Dipartimento INGEO  
Università "G. D'Annunzio" Pescara  
[www.lft.unich.it](http://www.lft.unich.it)

Calcolare portata e condizioni di introduzione dell'impianto di climatizzazione a tutt'aria di un edificio destinato ad ufficio che operi nelle seguenti condizioni:

Regime estivo

$$t_e = 35 \text{ °C}; \phi_e = 80\%$$

$$t_i = 26 \text{ °C}; \phi_i = 50\%$$

Regime invernale

$$t_e = 2 \text{ °C}; \phi_e = 80\%$$

$$t_i = 20 \text{ °C}; \phi_i = 50\%$$

Siano noti:

Carico termico sensibile estivo:  $\dot{Q}_s = 8 \text{ kW}$

(dovuto a irraggiamento attraverso le superfici vetrate, trasmissione attraverso le superfici opache, infiltrazioni d'aria e carichi interni)

Carico termico sensibile invernale:  $\dot{Q}_s = -6 \text{ kW} \Rightarrow |\dot{Q}_s| = 6 \text{ kW}$

N. Di occupanti:  $n = 30$  – Attività sedentaria da 1,2 MET - Sup. corporea media  $S = 1,8 \text{ m}^2$

Carico latente dovuto solo alla presenza delle persone. Produzione di vapore  $\dot{M}_{v,p} = 60 \frac{\text{g}}{\text{hp}}$

Carico termico totale prodotto da una persona:

$$\dot{q}_{p,tot} = 1,2 \cdot 58,4 \cdot 1,8 = 126 \text{ W} \left[ MET \cdot \frac{W}{m^2 \cdot MET} \cdot m^2 \right]$$

Carico termico latente prodotto da una persona:

$$\dot{q}_{p,lat} = 60 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{3600} \cdot 2416 \cdot 10^3 = 40,3 \text{ W} \left[ \frac{g}{h \cdot p} \cdot \frac{kg}{g} \cdot \frac{h}{s} \cdot \frac{J}{g} \cdot \frac{g}{kg} \right]$$

Essendo  $r$  il calore latente di vaporizzazione/condensazione dell'acqua pari a:

$$r = 2416 \frac{J}{g} = 2416 \cdot 10^3 \frac{J}{kg}$$

Carico termico sensibile prodotto da una persona:  $\dot{q}_{p,s} = 126 - 40,3 = 85,7 \text{ W}$

Nota il numero di occupanti ( $n = 30$ ), si possono calcolare il carico sensibile, latente e totale dovuto alle persone:

$$\dot{Q}_{p,tot} = 126 \cdot 30 = 3780 = 3,78 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{p,lat} = 40,3 \cdot 30 = 1209 = 1,209 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{p,s} = 85,7 \cdot 30 = 2571 = 2,571 \text{ kW}$$

In definitiva avremo in regime estivo:

$$\dot{Q}_{s,tot} = 8 + 2,571 = 10,571 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{lat,tot} = 1,209 \text{ kW}$$

Calcoliamo portata e condizioni di introduzione in regime estivo poiché solitamente è quello che richiede la portata maggiore. Successivamente con il valore di portata calcolato in regime estivo si determinano le condizioni di introduzione in regime invernale

$$\dot{Q}_{s,tot} = 10,571 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{lat,tot} = 1,209 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{tot} = 10,571 + 1,209 = 11,78 \text{ kW}$$

Dal rapporto tra il carico termico sensibile e quello totale determiniamo la pendenza della retta di carico:

$$\frac{\Delta h_s}{\Delta h_t} = \frac{10,571}{11,78} = 0,9$$

Con tale valore entriamo nel diagramma psicrometrico, disegnando la retta di carico prima sul rapportatore e poi sul diagramma

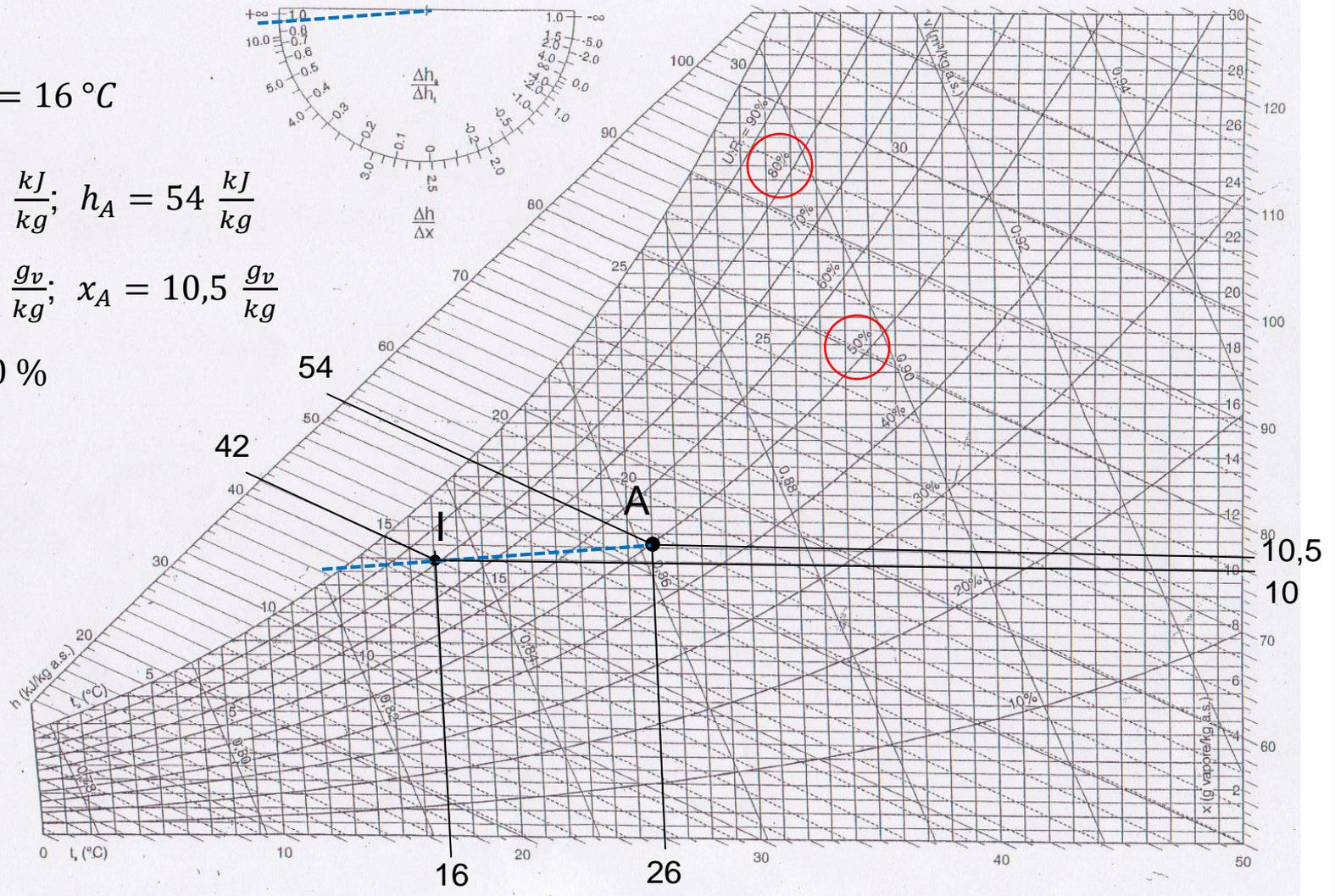
DIAGRAMMA PSICROMETRICO  
(P = 101,325 kPa)

$H_p: t_I = 16^\circ\text{C}$

$h_I = 42 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}; h_A = 54 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$x_I = 10 \frac{\text{g}_v}{\text{kg}}; x_A = 10,5 \frac{\text{g}_v}{\text{kg}}$

$\phi_I = 80\%$



Le condizioni di introduzione in regime estivo sono le seguenti:

$$t_i = 16 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\phi_i = 80\%$$

$$x_i = 10 \frac{g_v}{kg_a}$$

$$h_i = 42 \frac{kJ}{kg_a}$$

Con i dati reperibili dal diagramma possiamo determinare la portata dell'aria  $\dot{M}_a$

$$\dot{M}_a = \frac{\dot{Q}_{tot}}{h_A - h_I} = \frac{11,78}{54 - 42} = \frac{11,78}{12} = 0,98 \left[ \frac{kJ}{s} \cdot \frac{kg}{kJ} = \frac{kg}{s} \right]$$

A questo punto determiniamo le condizioni di introduzione in regime invernale, usando come valore della portata quello calcolato in regime estivo

$$|\dot{Q}_s| = \dot{M}_a \cdot c_p \cdot (t_I - t_A) \Rightarrow t_I - t_A = \frac{|\dot{Q}_s|}{\dot{M}_a \cdot c_p} \Rightarrow t_I = 20 + \frac{6}{0,98 \cdot 1} = 20 + 6,1 = 26,1 \cong 26 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Nell'ipotesi di considerare lo stesso carico latente e sensibile prodotto dalle persone in regime estivo ed invernale, avremo:

$$\dot{Q}_{p,lat} = 40,3 \cdot 30 = 1209 = 1,209 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{p,s} = 85,7 \cdot 30 = 2571 = 2,571 \text{ kW}$$

In definitiva avremo:

$$\dot{Q}_{s,tot} = -6 + 2,571 = -3,429 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{lat,tot} = 1,209 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{tot} = -3,429 + 1,209 = -2,22 \text{ kW}$$

Dal rapporto tra il carico termico sensibile e quello totale determiniamo la pendenza della retta di carico:

$$\frac{\Delta h_s}{\Delta h_t} = - \frac{-3,429}{-2,22} = 1,54 \cong 1,5$$

Nota la pendenza della retta di carico e la temperatura di introduzione, dal diagramma psicrometrico si possono determinare le altre caratteristiche del punto di introduzione:

$$t_i = 26 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\phi_i = 30\%$$

$$x_i = 6,5 \frac{g_v}{kg_a}$$

$$h_i = 43 \frac{kJ}{kg_a}$$

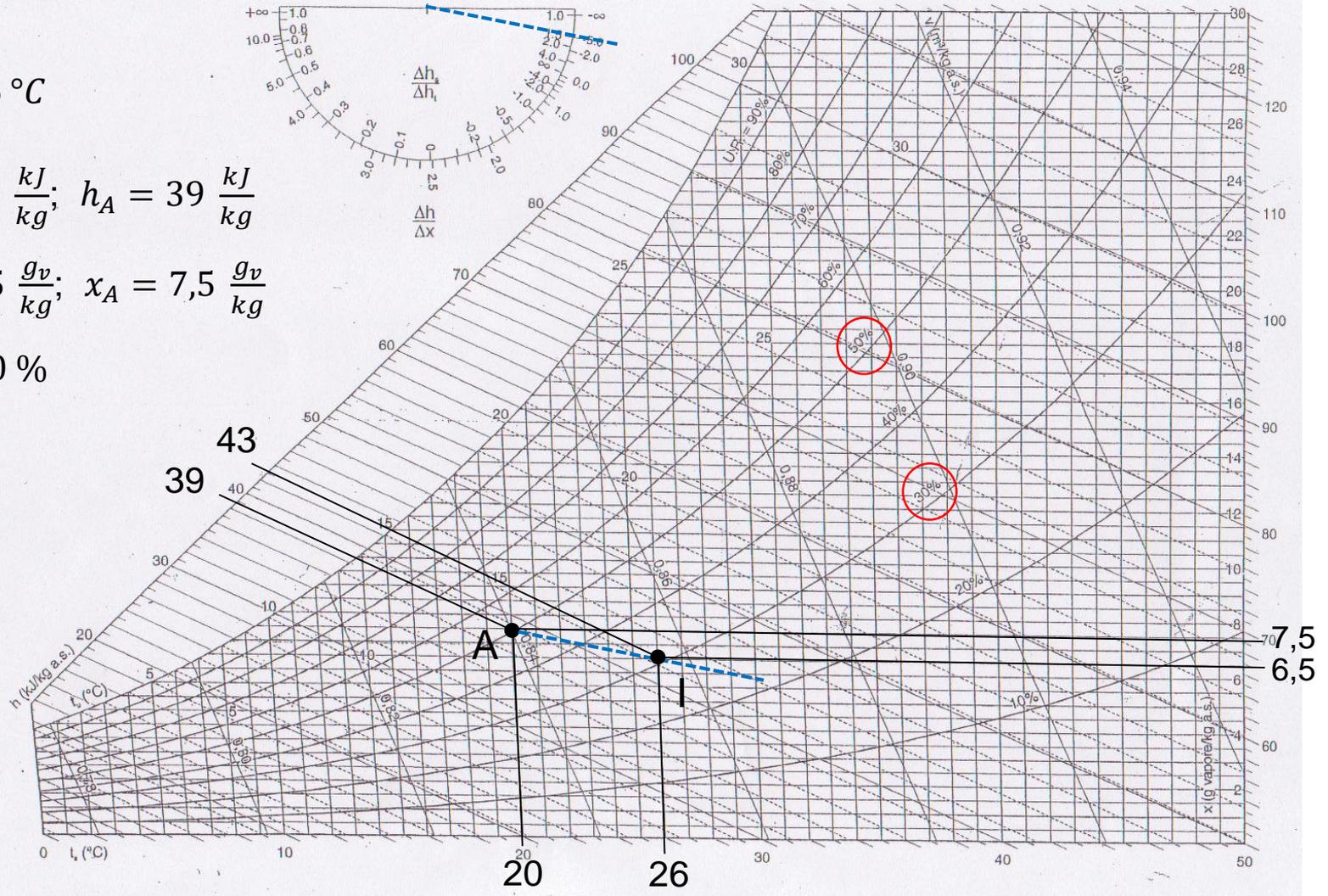
DIAGRAMMA PSICROMETRICO  
(P = 101,325 kPa)

$$t_I = 26 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$h_I = 43 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}; \quad h_A = 39 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$x_I = 6,5 \frac{\text{g}_v}{\text{kg}}; \quad x_A = 7,5 \frac{\text{g}_v}{\text{kg}}$$

$$\phi_I = 30 \%$$



Se si ritiene opportuno di aumentare la temperatura dell'aria in regime invernale e portarla ad esempio a 30 °C, si può procedere nel modo seguente

$$|\dot{Q}_s| = \dot{M}_a \cdot c_p \cdot (t_I - t_A) \Rightarrow \dot{M}_a = \frac{|\dot{Q}_s|}{c_p \cdot (t_I - t_A)}$$
$$t_I = 30 \text{ °C} \Rightarrow \dot{M}_a = \frac{6}{1 \cdot (30 - 20)} = \frac{6}{10} = 0,6 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

A questo punto si ricalcola la temperatura di introduzione in regime estivo

$$\dot{Q}_s = \dot{M}_a \cdot c_p \cdot (t_A - t_I) \Rightarrow (t_A - t_I) = \frac{\dot{Q}_s}{\dot{M}_a \cdot c_p}$$
$$t_I = t_A - \frac{\dot{Q}_s}{\dot{M}_a \cdot c_p} = 26 - \frac{8}{0,6 \cdot 1} = 26 - 13,3 = 12,7 \text{ °C}$$

Questa temperatura può risultare eccessivamente bassa e potenzialmente in grado di creare condizioni di discomfort localizzato nelle posizioni vicine alle bocchette

Ipotizziamo una soluzione di compromesso, adottando una temperatura invernale di 28 °C

$$|\dot{Q}_s| = \dot{M}_a \cdot c_p \cdot (t_I - t_A) \Rightarrow \dot{M}_a = \frac{|\dot{Q}_s|}{c_p \cdot (t_I - t_A)}$$

$$t_I = 28 \text{ °C} \Rightarrow \dot{M}_a = \frac{6}{1 \cdot (28 - 20)} = \frac{6}{8} = 0,75 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

A questo punto si ricalcola la temperatura di introduzione in regime estivo

$$\dot{Q}_s = \dot{M}_a \cdot c_p \cdot (t_A - t_I) \Rightarrow (t_A - t_I) = \frac{\dot{Q}_s}{\dot{M}_a \cdot c_p}$$

$$t_I = t_A - \frac{\dot{Q}_s}{\dot{M}_a \cdot c_p} = 26 - \frac{8}{0,75 \cdot 1} = 26 - 10,7 = 15,3 \cong 15,5 \text{ °C}$$

Questa potrebbe essere la soluzione da adottare perché rientra nei valori di solito ritenuti accettabili.

Le nuove temperature adottate consentono di determinare i punti di introduzione invernale ed estivo mantenendo le stesse rette di carico già determinate, che non cambiano dovendo mantenere costanti i rapporti tra i carichi

DIAGRAMMA PSICROMETRICO  
(P = 101,325 kPa)

Regime estivo

$$t_i = 15,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\phi_i = 82/83 \%$$

$$x_i = 10 \frac{g_v}{kg_a}$$

$$h_i = 41 \frac{kJ}{kg_a}$$

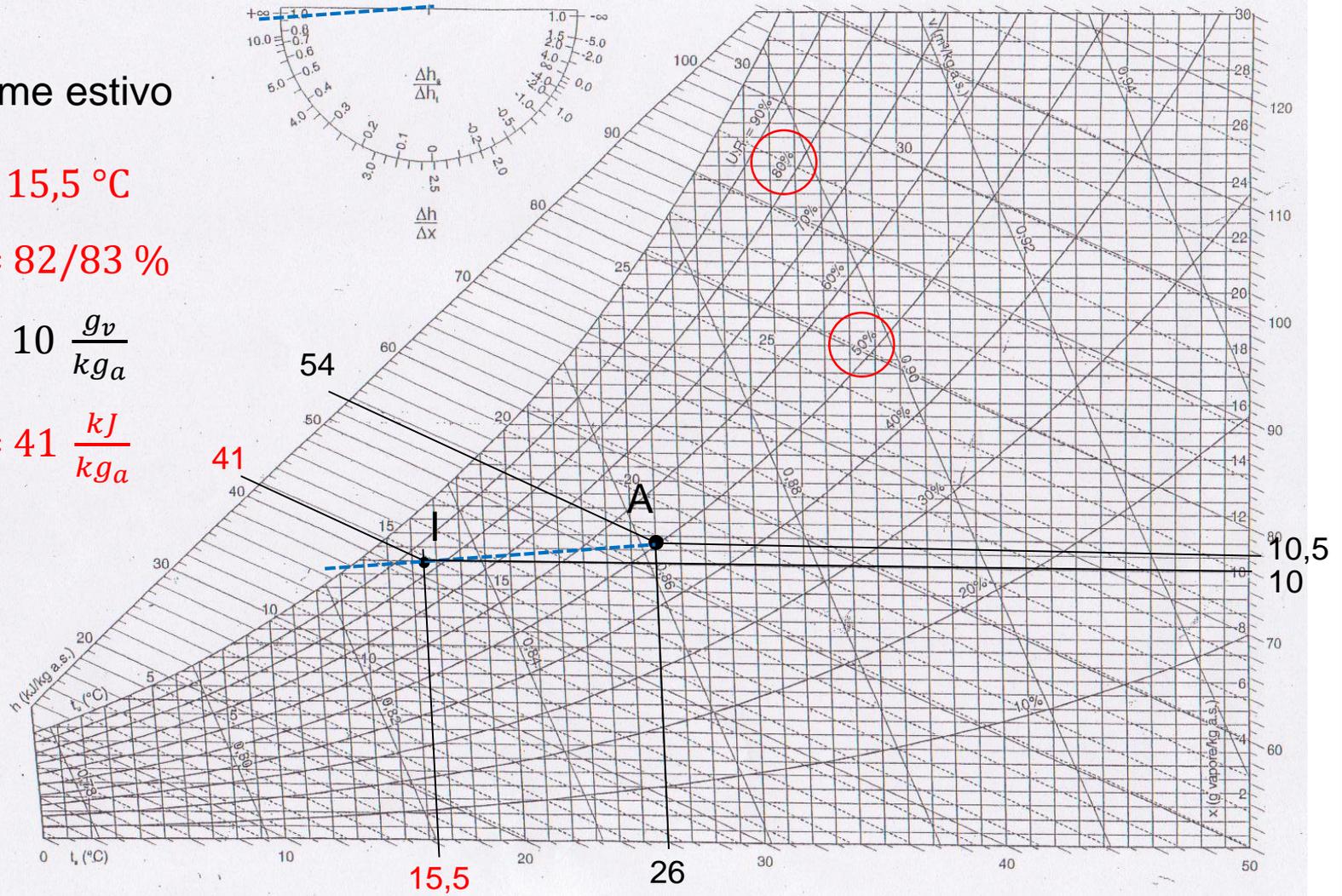


DIAGRAMMA PSICROMETRICO  
(P = 101,325 kPa)

Regime invernale

$$t_i = 15,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\phi_i = 20/30 \%$$

$$x_i = 6 \frac{\text{g}_v}{\text{kg}_a}$$

$$h_i = 44 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}_a}$$

