

Medição de Umidade: Conceitos Básicos

Conceito

Umidade Relativa

Unidade: %

Definimos como umidade relativa o cociente de vapor de água realmente presente no ar e a máxima massa possível de vapor de água no ar. A umidade relativa se expressa geralmente como porcentagem (%), podendo ser expressa na forma:

$$f = \frac{f_{abs}}{f_{max}} \cdot 100\%$$

Nota: f_{max} já que a umidade máxima é dependente da temperatura, a umidade relativa muda com a temperatura, mesmo quando a umidade absoluta permanece constante.

Umidade Absoluta

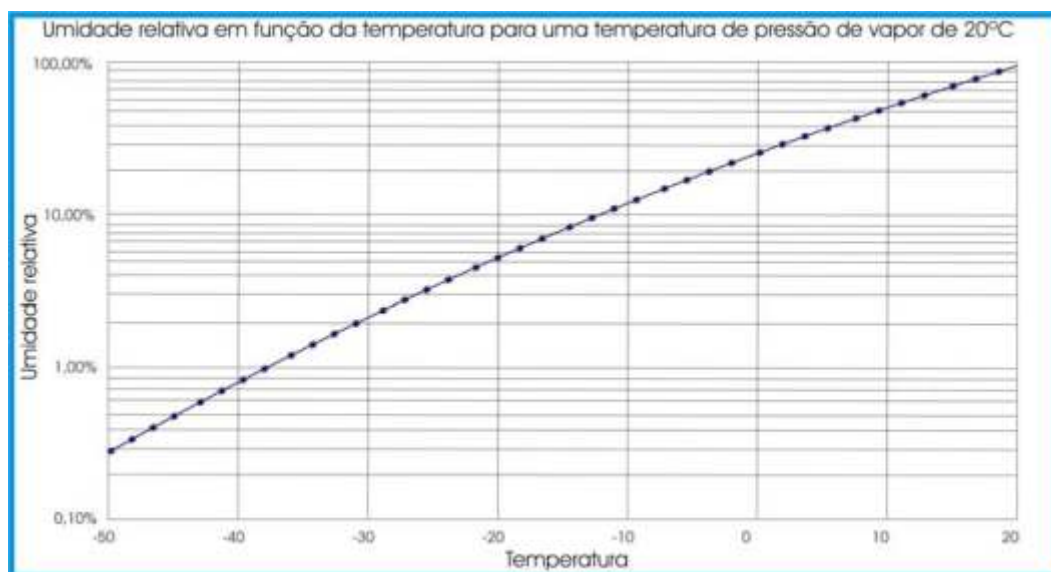
Unidade:

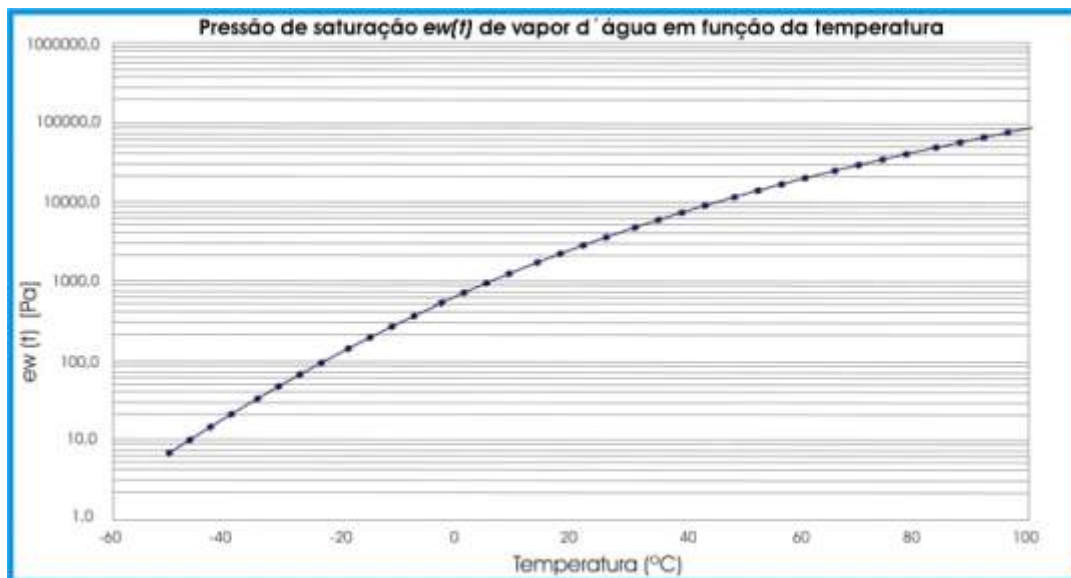
Definimos $\frac{g}{m^3}$ como umidade absoluta (f_{abs}) o volume de vapor realmente presente em uma quantidade específica de ar. A umidade absoluta é o cociente do peso da água contida no ar e o volume deste ar úmido.

Pressão Parcial do Vapor de Água
Pressão de Saturação do Vapor

Unidade: hPa

Por pressão de saturação do vapor [$eS(t)$], definimos a máxima pressão possível de vapor de água em uma certa temperatura. A dependência a pressão de saturação do vapor de água em função da temperatura está representada na tabela abaixo. A pressão parcial do vapor de água [$e(t)$] varia entre 0 (ar seco) e 30hPa. A pressão de saturação do vapor determina o limite superior.





A Medição da Umidade

Umidade de Saturação

Umidade Máxima

Grau de Saturação

Unidade: $\frac{g}{m^3}$

Por umidade máxima (f_{max}), nos referimos a máxima quantidade possível de vapor de água em um metro cúbico de ar a uma dada temperatura. A capacidade de absorção de umidade pelo ar aumenta com o aumento da temperatura. Ao exceder-se a umidade máxima, o excesso de vapor de água se condensa (em geral, sob a forma de gotículas).

Ponto de Orvalho

Unidade: °C; °F; K

Por temperatura de ponto de orvalho (t_{tp}) definimos a temperatura na qual o resfriamento de ar úmido conduz a formação de água de condensação. Isto significa que, quando o ar úmido se resfria até o ponto de condensação, a umidade relativa sobe a 100%.

Ponto de Congelamento

Unidade: °C; °F; K

Em alguns casos, quando a temperatura do ponto de orvalho está abaixo de 0°C, referimo-nos a temperatura do ponto de entalpia. Outras descrições são também temperatura do ponto de orvalho sobre gelo ou ponto de congelamento.

Entalpia Específica

Unidade: $\frac{kJ}{kg}$

Por entalpia específica *E_{spez}* definimos a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de um gás (ou de uma mistura de gasosa) de uma dada temperatura para outra à pressão constante.

ou

Por entalpia específica, definimos a quantidade de calor que está disponível em uma dada massa de ar sob certas condições. A entalpia de ar não saturado, é a soma da entalpia necessária para vaporizar o conteúdo de água presente, mais a entalpia para aquecer a mistura de vapor de água a temperatura correspondente.

Relação de Mistura

Unidade: $\frac{g}{kg}$

Por relação de mistura *m* definimos a relação da massa do vapor de água e a massa de ar seco.

Temperatura de Bulbo Úmido

Unidade: °C; °F; K

Por temperatura de bulbo úmido *t_f* na medida psicrométrica entende-se a temperatura indicada por um termômetro envolto em um tecido úmido. Devido ao calor latente de evaporação, esta temperatura dependendo da umidade relativa permanece abaixo da temperatura do ar.

A Medição Mecânica de Umidade

O procedimento mecânico se baseia na dilatação e na contração de vários elementos de medição (sobre tudo orgânicos). Tais elementos de medição são por exemplo: cabelo; tripa; etc.

Os elementos de medição mais utilizados são o cabelo ou uma fibra artificial sensível à umidade conhecida como *Durotherm*.

A variação no comprimento do elemento de medição é transferido ao indicador através de um mecanismo.

Os higrômetros de cabelo requerem manutenção regular. Para evitar o ressecamento e a quebra dos fios, os higrômetros de cabelo devem ter seus elementos de medição tratados regularmente. Este tratamento deve ser feito envolvendo a mecha de cabelo em um pano umedecido com água destilada ou borrifado com água destilada, de modo que ocorra a saturação. Após aproximadamente uma hora, se obtém o valor de medida de 98% h.r. aproximadamente. Na maioria dos instrumentos, pode-se fazer o ajuste de um ponto, através de um pequeno parafuso no mecanismo do instrumento.

A Medição Psicrométrica de Umidade

Os psicrômetros funcionam com dois termômetros idênticos, muito precisos, ao longo dos quais o ar que se mede é conduzido a uma velocidade definida ou acima da velocidade na qual o ar circula.

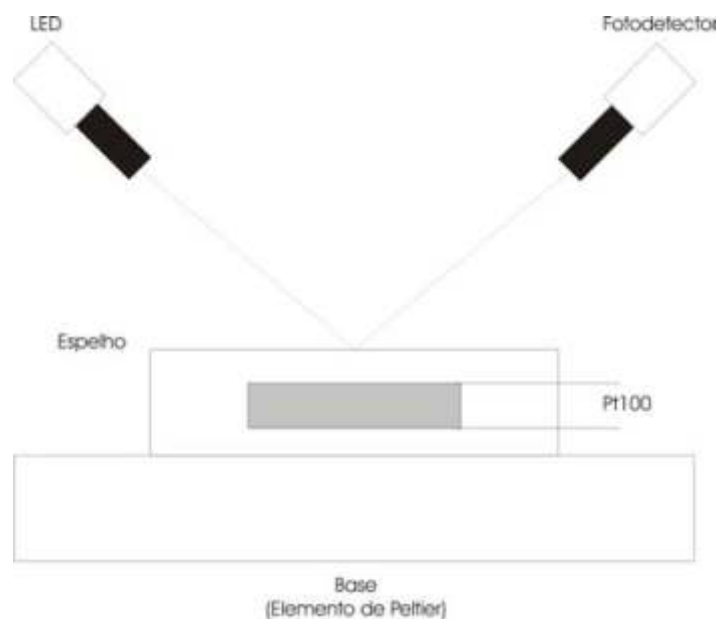
O primeiro termômetro mede o ar ambiente e o segundo a chamada temperatura de bulbo úmido. Para este propósito, o ponto de medida do termômetro é coberto por uma malha (mecha) de algodão e umedecido com água destilada. Ambos os termômetros são colocados em uma circulação de ar ou em meio de ar circulante, protegidos de calor radiante. Devido ao calor de evaporação latente, a temperatura do termômetro de bulbo úmido baixa, e baixa mais a medida que o ar estiver mais seco. Depois de um curto tempo (1 ou 2 minutos) a temperatura do termômetro de bulbo úmido permanece constante e os valores de medição dos dois termômetros (bulbo úmido e bulbo seco) podem ser lidos.

A medição de Umidade

O condensador sensível à umidade consiste em dois eletrodos planos, entre os quais, está situado um encapsulado higroscópico sintético, eletricamente isolado (dielétrico). Este dielétrico pode absorver a água presente no ar. Com o aumento da umidade do ar, a capacidade do condensador sensível à umidade também aumenta.

Higrômetro de Espelho de Ponto de Orvalho (dew-point)

O espelho de ponto de orvalho é um procedimento muito preciso de medição para ler a umidade relativa, onde se avalia a condensação do vapor de água quando sua temperatura abaixa além do ponto de orvalho. A temperatura de uma superfície refletida (espelho) se esfria até o ponto onde começa a condensação. A temperatura medida neste momento por uma termoresistência PT-100, corresponde a temperatura do ponto de orvalho, da qual se pode calcular a umidade relativa, por meio do cruzamento de informação com a medição da pressão de saturação e temperatura do ar. Um elemento Peltier é instalado para esfriar e se avalia a superfície refletida, usando um procedimento opticoeletrônico (veja o esboço).



Comparação das Diferentes Técnicas de Medição		
Técnica	Vantagens	Desvantagens
Medição Mecânica da umidade	<ul style="list-style-type: none"> • Operação simples • Baixo custo 	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo de resposta alto • Alto custo de manutenção (papel, regeneração, etc.) • Faixa de medição limitada • Inércia
Psicrômetro (bulbo seco /bulbo úmido)	<ul style="list-style-type: none"> • Grande precisão • Estabilidade • Confiabilidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção contínua do sistema (umidecimento do bulbo) • Erros de leitura
Sensor Capacitivo	<ul style="list-style-type: none"> • Grande precisão • Simplicidade • Livre de manutenção • Resposta rápida • Boa relação custo/benefício 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessária compensação de temperatura
Higrômetro de Espelho de Ponto de Orvalho	<ul style="list-style-type: none"> • Altíssima precisão • Confiabilidade • Estabilidade • Tempo de resposta rápido 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto custo de aquisição • Custos de manutenção (limpeza do espelho)