

AULA 9

BIOMETEOROLOGIA ARQUITETURAL

A biometeorologia arquitetural refere-se ao estudo dos ambientes artificiais, nos quais os seres humanos (e alguns animais) passam grande parte da sua vida. As diferenças de materiais, disposição dos cômodos, etc., interferem portanto, no nosso conforto térmico, parte integrante e principal da biometeorologia arquitetural.

THERMOHELIODON (para construções de casas e edifícios)

9.1 Efeito da umidade

A umidade relativa em edifícios que são aquecidos artificialmente é usualmente menor que a umidade relativa externa, mas a umidade absoluta (nº de moléculas de água existentes por unidade de volume) é normalmente mais elevada. A UR, nesta situação, é normalmente menor, porque a temperatura dos edifícios é mais elevada, afastando-se do ponto de saturação (onde UR=100%).

As atividades humanas, tais como cozinhar e banhar-se, elevam essa umidade absoluta, causando condensação nas superfícies mais frias, podendo levar a criação de fungos, entre outros problemas, sendo necessário uma ventilação maior.

Contudo, se a UR interna cair muito, torna-se desagradável aos indivíduos pois resseca a pele, a garganta, além de disseminar algumas doenças, como a influenza. O ideal é ao redor de 50%.

9.2 Temperatura de lugares fechados

Se a temperatura externa cair muito, a parede mais exposta ao ambiente externo vai esfriar mais do que o ar interno que está aquecido. Como o ar é um mau trocador de calor e as pessoas podem "perder" calor para esta parede (via onda-longa, por ex.), torna-se bastante desconfortável ficar neste ambiente, especialmente às pessoas com má regulação térmica (reumáticos, asmáticos, etc.). Maiores detalhes no item de índice de conforto térmico (9.5).

9.3 Trocas de ar

Estudos verificaram que velocidades do vento da ordem de 6 a 7m/s trocam o ar de um quarto médio (27m³) em 1 hora. Se a velocidade cair para 2-3m/s só 40% do ar será trocado. O CO₂ pode ser usado como traçador. Esta troca depende de 3 fatores listados a seguir:

- a) diferença de pressão de acordo com a direção do vento.
- b) diferenças de temperatura que criam diferenças de pressão.
- c) difusão de gases e substâncias raras (traços) com diferentes concentrações dentro e fora.

Notar ainda que: quartos pequenos trocam o ar melhor do que os quartos grandes; chão de madeira (ou paredes ou teto de madeira) também permitem uma melhor troca.

Sem o ar condicionado, se o ar externo oscilar entre 17°C e -14°C, um quarto (de dormir) exposto a esta oscilação, varia de 7,6°C a 12,5°C em 75% do tempo, o que é problemático para quem tem má termorregulação.

9.4 Efeito do ar-condicionado

O ar-condicionado controla a umidade relativa e a temperatura (e alguns poluentes, também). É interessante notar que há poucos estudos a respeito, especialmente em relação ao ser humano.

McConell (1932) estudou doenças respiratórias em indivíduos exposto ao ar condicionado e comparou-o com os indivíduos não exposto. Não houveram diferenças significativas. Para os asmáticos a tendência é melhorar, mas a ausência de turbulência do ar não é saudável, além da diminuição da luz solar.

Outros problemas: a diminuição brusca da temperatura pode causar resfriados, asma, etc. A reciclagem do ar concentra bactérias, fungos e outros particulados (tabaco).

9.5 Índices de Conforto

Os índices de conforto têm sido estudados desde do início do século, especialmente quanto às condições termohigrógrafas no rendimento do trabalho, visando o trabalho físico do operariado. Segundo Frota & Schiffer [1995], citando Herrington, para o trabalho físico, o aumento da temperatura de 20°C para 24°C acarreta em uma queda no rendimento do trabalhador em 15%. Já quando a T_a atinge 30°C, com umidade de 80%, o rendimento cai em 28%. Nos trabalhos de minas de carvão, na Inglaterra, mostraram que quando a temperatura *efetiva* sobe de 19°C para 27°C, o rendimento pode cair até **41%**. Notar que a temperatura efetiva é calculada com a ajuda de um normograma, no qual a umidade relativa do ar e a velocidade do vento estão também plotados.

Como o conforto ambiental oscila de indivíduo para indivíduo, os índices de conforto térmico procuram englobar em um só parâmetro, diversas variáveis ambientais. Estes índices podem ser classificados em: **biofísicos**, **fisiológicos** e **subjetivos**. Os primeiros (biofísicos) são os mais famosos e mais comumente encontrados, baseando-se em trocas de calor entre o corpo e o ambiente. Os fisiológicos, por sua vez, se baseiam nas reações metabólicas originadas das variações das condições ambientais. E por último, os subjetivos baseiam-se em sensações térmicas de um grupo de indivíduos em experimentos de campo e laboratórios.

9.5.1 Índices Biofísicos

Um dos mais utilizados índices biofísicos é da Carta Bioclimática, relacionando o clima e o conforto térmico de grupos de habitantes. Esta carta foi construída considerando que na abscissa do gráfico está a umidade relativa do ar e na ordenada está a temperatura de bulbo seco. A figura 9.1 mostra esta carta para habitantes de clima quente, vestindo com 1 “clo” (vestimenta leve equivalente a 0,15°Cm²/W).

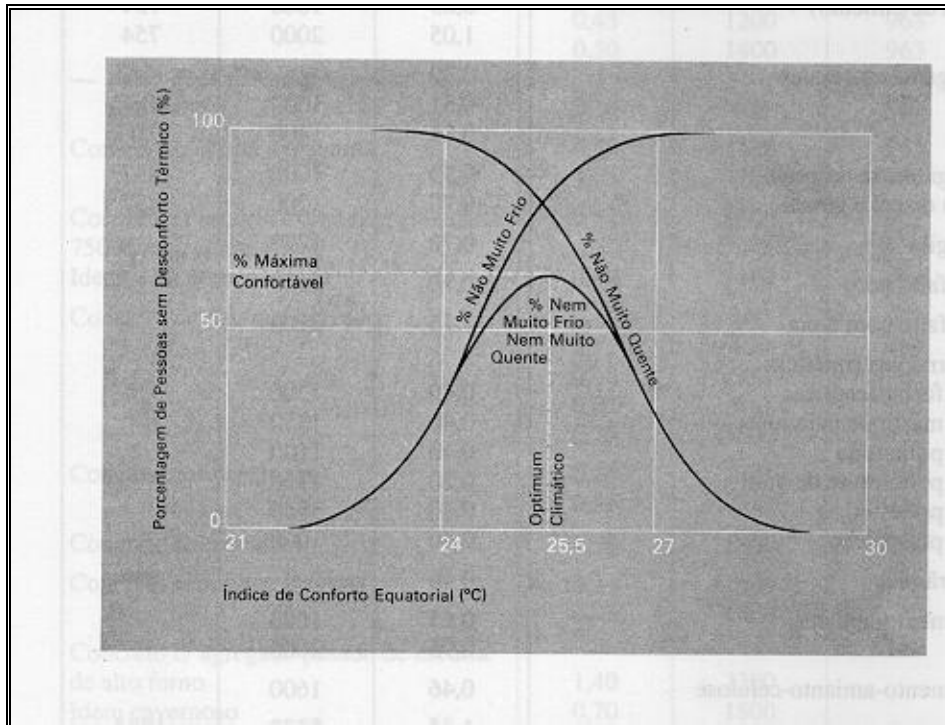


Figura 9.1 Gráfico de conforto para indivíduos residentes em Cingapura.

Outros índices biofísicos seguem-se também:

a) ÍNDICE DE "WINDCHILL" DE SIPLE (pele seca, nua e na sombra).

$$H = \Delta t \times (9,0 + 10,9 \sqrt{V - V_0}) \quad (9.1)$$

onde H = resfriamento em kcal/m².h

Δt = diferença de temperatura entre o corpo e o ar (°C)

V = velocidade do vento (m/s)

b) ÍNDICE DE STEADMAN

A figura 9.2 ilustra o normograma elaborado por Steadman, sendo esta relação dependente de diversos fatores tais como T_b , vestimenta da pessoa e se está caminhando (com atividade metabólica) ou não. A figura está na página extra.

c) "WINDCHILL" PARA ÁREAS POLARES (WILSON).

$$H = (\sqrt{100V + 10,45 - V}) \times (33 - t) \quad (9.2)$$

se H = 50 significa calor excessivo e H = 2500 significa enorme perda de calor.

d) ÍNDICE DE 'STRESS' POR CALOR EXCESSIVO

Este índice foi criado por Thom e Bosen em 1957 para climas tropicais úmidos, sendo utilizado pelo governo norte-americano em situações de desconforto ambiental, dado, entre outras equações, por:

$$THI = T_a - (0,55 - 0,55 \times UR) \times (T_a - 58) \quad (9.3)$$

onde T_a é a temperatura do ar (do bulbo seco em graus Fahrenheit) e UR é a umidade relativa em %.

9.5.2. Índice fisiológicos

Como exemplo de índice fisiológico, baseado no metabolismo e na umidade relativa, há o desenvolvido por Campbell, para condições médias com: $T_b = 36,5^\circ\text{C}$, $r_{Hb} = 40\text{s/m}$, dentro de casa com $r_{Ha} = 200\text{s/m}$, $r_r = 200\text{s/m}$ e $r_e = 100\text{s/m}$. Utilizando-se as equações 7.5 e 7.6 para uma $T_s = 34^\circ\text{C}$ (ar expirado), temos:

$$\lambda E = (2,3 \cdot 10^{-3} \times M + 0,31) \times (36,5 - \rho_{va}) \quad (9.4)$$

onde M é o metabolismo (W/m^2) e ρ_{va} é a densidade de vapor atmosférico.

Quando substituímos em 7.15 obtemos $T_e =$ temperatura confortável. Se $T_a = T_e$ para $M = 90\text{W/m}^2$, com $\rho_{va} = 5\text{g/m}^3$, $T_e = 22^\circ\text{C}$ e $\rho_{va} = 25\text{g/m}^3$ (maior que umidade absoluta), $T_e = 19^\circ\text{C}$.

A figura 9.3 mostra estes dois valores de densidade de vapor e diferentes taxas metabólicas produzindo diferentes temperaturas de conforto.

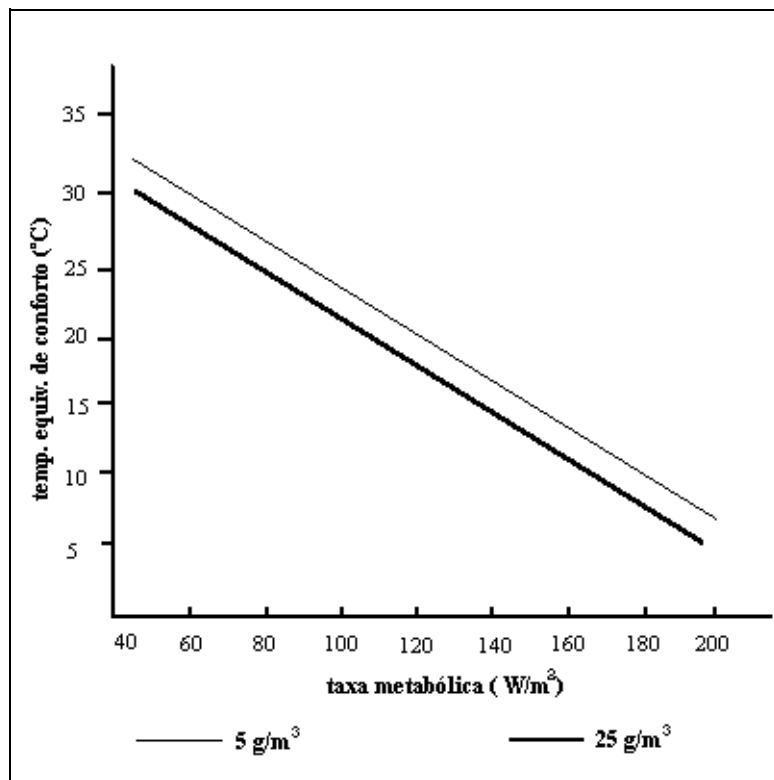


Figura 9.3. Densidades de vapor atmosférico versus a temperatura equivalente de conforto.

A temperatura equivalente de corpo-negro depende tanto de T_a como da temperatura das paredes circundantes. Se $T_a = 22^\circ\text{C}$ e a temperatura da parede (T_p) for de 15°C , então T_e pela equação 7.17 será de $18,7^\circ\text{C}$ para um $r_e = 100\text{s/m}$, considerada desconfortável para muitos.

Os índices T_a , UR , T_p , u , R_{abs} , entre outros são considerados como índices de conforto empiricamente e/ou fisicamente por diferentes autores. Aqui fornecemos alguns índices:

9.5.3. Índices subjetivos

Como exemplo de índices subjetivos há os seguintes:

a) ÍNDICES CLIMÁTICOS DE RIVOLIER

- Mensal
$$I = \frac{S+T-5D}{5} \quad (9.5)$$

onde $S = \text{n}^\circ$ de horas de insolação.

$T = \text{média mensal}$

$D = \text{n}^\circ$ de horas de chuva.

- Semanal
$$I = \frac{30S + 7T - 150D}{35} \quad (9.6)$$

onde as letras S , T , e D são as mesmas da equação anterior.

- de Agressividade biometeorológica

Este com intuito de subsidiar padrões de conforto para estâncias climáticas, no qual quanto mais elevado for o índice, para determinados períodos, menos atraentes serão estas estâncias.

$$ABI = K_1 + \Delta T + V + K_2 - 2I + K_3 \quad (9.7)$$

onde $ABI = \text{índice de agressividade biometeorológica}$

$K_1 = \text{coeficiente de umidade} = \text{umidade relativa acima de } 50\% + \text{mm de chuva} + \text{duração da chuva em horas dividido por } 5.$

$\Delta T = \text{número de } ^\circ\text{C} \text{ acima de } 25^\circ\text{C} \text{ e abaixo de } 12^\circ\text{C}.$

$K_2 = \text{cada mudança rápida na pressão barométrica é contada como } 5.$

$V = \text{velocidade do vento em m/s}.$

$K_3 = \text{cada fenômeno anormal meteorológico (tempestade, nevoeiro, etc.) é contado como } 5.$

$I = \text{número de horas de insolação diária}.$