

# O VAPOR DE ÁGUA COMO CONDICIONANTE DO BEM-ESTAR HUMANO

Talaia, Mário<sup>(1)</sup> e Silva, Marta<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento Física, Universidade de Aveiro, mart@ua.pt

## 1. Introdução

O conforto térmico de uma pessoa, num determinado ambiente é definido como a sensação de bem-estar, como resultado de uma combinação satisfatória, nesse ambiente, da temperatura radiante média, humidade relativa, temperatura e velocidade relativa do ar com a actividade desenvolvida (metabolismo) e o isolamento térmico da vestimenta [ISO 7726 (1996) e ISO 7730 (1994)].

O balanço térmico deve considerar a transferência de energia sob a forma de calor por convecção  $C$ , condução  $K$ , radiação  $R$  e evaporação  $E$ . Contudo, para efeitos de cálculo, normalmente o fluxo de calor por condução não é considerado (o contacto das superfícies de contacto com algum elemento sólido é reduzido, em face da superfície total exterior do corpo humano). Assim, a equação de equilíbrio entre a produção interna do calor devida ao metabolismo  $M$  e a perda de energia sob a forma de calor para o meio ambiente é dada por

$$M = \pm C \pm R \pm E \quad (1)$$

É importante saber que o conforto térmico varia de pessoa para pessoa e que depende das características dos materiais usados na vestimenta e na construção do edifício.

Actualmente o ser humano procura criar ambientes com certo grau de conforto preocupando-se com o mobiliário, local do posto de trabalho, ambiente térmico, adequação da iluminação e grau de ruído. Na prática o ser humano procura bem-estar e qualidade de vida.

O IPCC (Painel Intergovernamental de Trocas Climáticas) tem fornecido muita informação relacionada com os impactos das alterações climáticas que, actualmente, estão a condicionar o bem-estar da população em todas as regiões do mundo. Há inúmeros cenários divulgados pela comunidade científica.

De acordo com o IPCC (2001), as alterações climáticas poderão produzir um impacto muito prejudicial no ambiente e causar importantes problemas económicos e sociais. A temperatura média à superfície da Terra poderá aumentar entre 1.4 °C a 5.8 °C até ao fim do século, se nada se fizer para o impedir.

O futuro obrigará à adaptação dos ecossistemas, é necessário que as pessoas se adaptem cada vez mais às alterações climáticas. Para determinadas regiões o ciclo da água está “modificado”. O ar húmido foi alterado pela alteração do conteúdo de vapor de água e pela temperatura. Esta situação provocou alteração no bem-estar ou diferentes confortos térmicos aos seres vivos.

É do conhecimento geral que o bem-estar e o ambiente estão intimamente relacionados. Começam a ser publicados diversos artigos acerca do bem-estar, quando se altera o ambiente que o ser humano está climatizado. É uma temática que está, também, direccionada para o turismo.

Os turistas hoje em dia são mais exigentes e dão cada vez mais importância à localização e implantação de hotéis. Os turistas procuram locais de bem-estar com características paradisíacas. Também, um ambiente interior é afectado, em termos de índice de bem-estar, pelas condições ambientais exteriores. Os materiais de construção usados condicionam as trocas de energia sob a forma de calor (interior “versus” exterior).

Para tentar reequilibrar o balanço térmico regido pelas leis da física e influenciado por mecanismos de adaptação, o organismo reage essencialmente através de sobrecargas fisiológicas (termostática, circulatória e sudorese).

Algumas das reacções do organismo ao frio são de tipo térmico (por exemplo, as funções cutâneas diminuem para reduzir a diferença entre a temperatura da pele e do ambiente), tipo circulatório (por exemplo, regista-se uma diminuição da frequência cardíaca do fluxo sanguíneo) e do tipo metabólico (por exemplo, o organismo aumenta o metabolismo para compensar as perdas de energia em forma de calor).

Esta temática pode ser introduzida no ensino formal, em Portugal, através de uma abordagem holística das Ciências tendo por base o movimento CTS-A onde se defende o Ensino das Ciências em contextos de vida real, onde emergem ligações à tecnologia com implicações *da e para* a sociedade, discutindo-se aspectos éticos da Ciência, princípios e valores do conhecimento científico, a relação Ciência-Cultura, a natureza da Ciência, as controvérsias científicas e as implicações sociais do Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

## 2. Colecção de dados

É analisado o bem-estar de dois ambientes distintos (um na região do Porto e outro na região de Aveiro em que a distância entre deles é de cerca de 60 km). Foram construídos dois psicrómetros constituídos, cada um deles, por um termómetro de bolbo seco e um termómetro de bolbo húmido.

Durante as observações consideradas foram registadas informações acerca do bem-estar e das estratégias adoptadas para a melhoria do ambiente atmosférico, como por exemplo aquecimento ou ventilação. Alguns dados foram registados de duas em duas horas.

## 3. Resultados e análise

A partir do registo de parâmetros meteorológicos avaliou-se o bem-estar usando para o efeito o índice *ITH* e o diagrama da WMO (1987).

O índice *ITH* (Índice de Temperatura Humidade, tradução do inglês Temperature-Humidity Index) foi inicialmente desenvolvido por Thom (1959) e combinava a temperatura do termómetro de bolbo molhado ou húmido  $T_{wm}$  (°C) com a temperatura do ar  $T$  (°C).

Nieuwolt (1977) modificou o índice *ITH* estabelecido por Thom (1959) usando a temperatura do ar  $T$  (°C) e a humidade relativa  $HR$  (%).

Esta alteração tinha como objectivo facilitar a sua aplicação e avaliação visto que os valores da humidade relativa do ar  $HR$  estão mais frequentemente disponíveis que os valores da temperatura do termómetro de bolbo húmido.

O índice *ITH* é calculado a partir da expressão

$$ITH = 0,8T + T \frac{HR}{500} \quad (2)$$

A Figura 1 mostra a evolução do índice Bioclimático *ITH* para o período do Inverno e para a região do Porto.

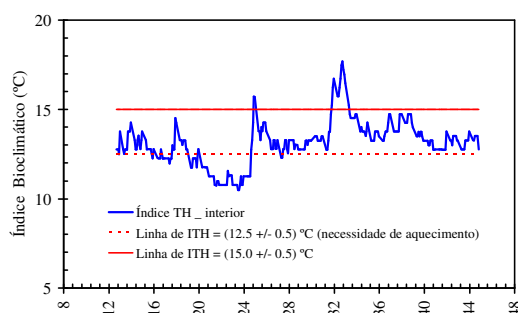


Fig. 1. – Índice Bioclimático durante o período de Inverno

A observação da figura suscita situações de algum desconforto que são minimizadas por estratégias de aquecimento.

Através de testes empíricos, Nieuwolt (1977) estabeleceu valores de referência que delimitam

situações de conforto e stress térmico para seres humanos, como indica a Tabela 1.

| <i>ITH</i>  |                                     |
|---|-------------------------------------|
| $21^{\circ}\text{C} \leq ITH \leq 24^{\circ}\text{C}$ | 100% - Termicamente confortáveis    |
| $24^{\circ}\text{C} < ITH \leq 26^{\circ}\text{C}$    | 50% - Termicamente confortáveis     |
| $ITH > 26^{\circ}\text{C}$                            | 100% - Termicamente desconfortáveis |

Tabela 1. – Índice *ITH* [adaptado de Emmanuel (2004)]

Os valores indicados na Tabela 1 são aceites para indivíduos que residam nas latitudes médias.

Conforme já referido, os resultados obtidos permitiram conhecer as sensações de conforto e desconforto ao longo do período de análise para as duas regiões. São discutidas algumas estratégias para melhorar o ambiente circundante das pessoas.

A Figura 2 mostra a dinâmica temporal entre a relação da humidade relativa e a temperatura do ar no interior da mesma sala de estudo na região do Porto e para dois períodos diferentes (mês de Inverno e mês de Verão) e para uma sala de estudo na região de Aveiro. A observação visual indica, como era esperado, que durante os meses considerados mais quentes, pontos ocios a “laranja” e a “vermelho”, a humidade relativa diminui quando a temperatura do ar aumenta.

Os pontos ocios a “azul” representam o período de tempo considerado de “frio” e inerentes a parte de Dezembro e Janeiro.

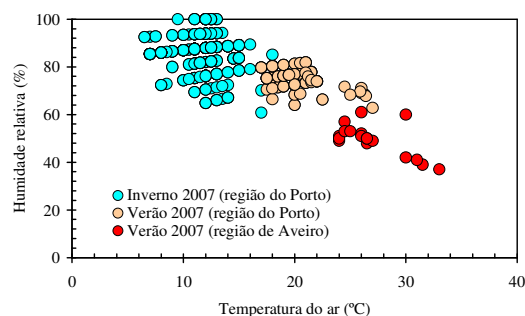


Fig. 2. – Humidade relativa “versus” temperatura do ar

Na prática, significa que quando se aumenta a temperatura do ar a pressão parcial de saturação do ar húmido aumenta, o que favorece uma diminuição da humidade relativa do ar.

É sabido que um ambiente atmosférico é alterado pelas variáveis de tempo.

Na prática, o bem-estar de uma pessoa num ambiente exterior e/ou interior é condicionado pela relação entre três variáveis, nomeadamente a temperatura, a humidade relativa do ar e a velocidade do vento. Nas salas de estudo, os valores registados para a velocidade do vento (sempre inferiores a 0,2 m/s) foram considerados desprezáveis.

É verdade que um ambiente pode ser confortável para uma pessoa e desconfortável para outra pessoa. No entanto, pode haver mudança de opinião quando pessoas se deslocam para zonas diferentes, ou seja quando alguém se desloca de uma região para uma outra região (caso de férias – envolvendo a questão de turismo).

A Figura 3 identifica cada situação em termos de conforto quando se usa o diagrama da WMO (1987).

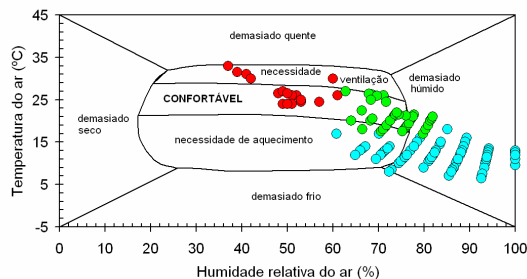


Fig. 3. – Bem-estar [adaptado de WMO (1987)]

A observação visual da figura mostra que os dados registados no Inverno estão em concordância com as conclusões obtidas a partir da utilização do índice *ITH*. Grande número dos registos indiciam um ar demasiado húmido e alguns registos indiciam a necessidade de aquecimento. O desconforto é notório e requer decisões apropriadas. Os dados registados no Verão estão, também, em concordância com as conclusões obtidas a partir do índice *ITH*. Agora, apenas um pequeno número de registos, normalmente nas primeiras horas de leitura – 7 horas da manhã, se localiza num ar demasiado húmido. Uma grande maioria de registos indiciam um ambiente confortável e apenas alguns registos, normalmente nas leituras após o meio-dia, indiciam desconforto e necessidade de ventilação.

Para a região de Aveiro, existem situações que necessitam de ventilação. Foram identificados casos em que o bem-estar das pessoas foi alterado. As condições atmosféricas suscitaram transpiração que era bem visível no rosto através da formação de “gotas de água”. De notar que o valor mais elevado para o índice *ITH* foi de 25,1 °C que, como indica a Tabela 1, apenas 50% dos residentes estão termicamente confortáveis – aqueles que possuem boa robustez física.

A partir da informação obtida podem-se definir estratégias de prevenção.

Deve-se salientar a importância do gráfico indicado na Figura 3 pois sendo apenas de duas entradas (temperatura do ar e humidade relativa do ar) permite obter uma excelente informação acerca do bem-estar e informação adequada de estratégia de prevenção a adoptar.

Na Tabela 2 indicam-se alguns valores registados e calculados durante o dia 28 de Julho de 2007, na região do Porto. As leituras foram realizadas de duas em duas horas, iniciando às 7 horas e terminando às 23 horas.

| Horas    | 13   | 15   | 17   | 19   | 21   |
|----------|------|------|------|------|------|
| T (°C)   | 22,0 | 26,0 | 26,3 | 26,0 | 26,0 |
| HR (%)   | 74,0 | 69,0 | 68,5 | 67,8 | 71,2 |
| ITH (°C) | 17,9 | 19,7 | 19,8 | 19,9 | 19,7 |

Tabela 2. – Alguns valores do dia 28 de Julho de 2007

Conforme indica a Tabela 2 os valores registados às 17 e 19 horas são de maior desconforto. Esta situação é justificada pela dinâmica da temperatura do ar durante o dia, na prática a temperatura máxima regista-se depois do meio-dia. A transferência de energia sob a forma de calor por condução (paredes da sala), por convecção (correntes ascendentes e descendentes de ar) e por radiação (a partir e entre os materiais) é importante na dinâmica da temperatura interior da sala.

Finalmente pode-se afirmar que os métodos apresentados neste estudo apresentam uma excelência concordância e são adequados para investigar a sensação de bem-estar de um ambiente interior / exterior.

Finalmente pode-se afirmar que os métodos apresentados neste estudo apresentam uma excelência concordância e que são adequados para investigar a sensação térmica de um ambiente interior / exterior. De notar, que o diagrama da World Meteorological Organization parece ser o mais simples de utilização e com indicações objectivas acerca da melhoria do ambiente.

#### 4. Considerações finais

O bem-estar e o ambiente estão intimamente relacionados, sendo uma temática que está, também, direccionada para o turismo. Os turistas procuram locais de bem-estar com características paradisíacas. Com este estudo pretende-se mostrar que é possível avaliar a performance de um ambiente, através da avaliação de um índice Bioclimático *ITH* ou através de um diagrama de dupla entrada (temperatura e humidade relativa do ar).

O estudo ainda mostra que professores de Física e Química podem introduzir esta temática na unidade temática “Mudança Global”.

A IPCC (2001) mostrou que, para cenários futuros, diferentes modelos sugerem aumentos da concentração do CO<sub>2</sub> e consequentes aumentos da temperatura do ar. A temperatura média à superfície da Terra poderá aumentar entre 1.4 °C a 5.8 °C até ao fim do século, se nada se fizer para o impedir. Nesta perspectiva, os impactos serão imprevisíveis e os seres vivos terão de se adaptar a novas condições ambientais.

Na região de estudo a tendência da temperatura mínima é de 1,9 °C/década, da temperatura máxima de 0,9 °C/década e da temperatura média de 1,4 °C/década (é verdade que a tendência pode ser alterada de acordo com a série usada).

O futuro obrigará à adaptação dos ecossistemas, é necessário que as pessoas se adaptem cada vez mais às alterações climáticas.

Estão a surgir abordagens do tipo sócio-económico dos ecossistemas com eventuais consequências na área do turismo.

Resta a questão problema: até que nível se deslocará o patamar de tolerância?

### **Referências**

- EMMANUEL, R., 2005. Thermal comfort implications of urbanization in warm-humid city: the Colombo Metropolitan Region (CMR), en *Building and Environment*, 40, 1591-1601
- IPCC, 2001. *Intergovernmental Panel on climate change. Technical Summary. A Report Accepted by Working Group I*, wgI\_ts.pdf., <http://www.ipcc.ch/pub/wg1TARtechsum.pdf>
- ISO 7726, 1996. *Thermal Environments – Instruments and Methods for measuring physical Quantities*. International Organization for Standardization
- ISO 7730, 1994. *Moderate Thermal Environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort*. International Organization for Standardization
- NIEUWOLT, S., 1977. *Tropical climatology*, Wiley, London: Wiley
- THOM, E.C., 1959, “The discomfort index”, en *Weatherwise*, 12 (1), 57-60
- W.M.O., 1987. *World Climate Programme Applications, Climate and Human Health*. World Meteorological Organization