

# Avaliação do ambiente térmico em piscinas cobertas

J. C. Leal<sup>1</sup>, M. A. Rodrigues<sup>1</sup> & M. V. Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigação em Saúde e Ambiente, Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto – IPP, Vila Nova de Gaia, Portugal

<sup>1</sup>joanacfl@msn.com, <sup>1</sup>matilde.rodrigues@eu.ipp.pt, <sup>1</sup>m.silva@eu.ipp.pt

## RESUMO

Este estudo teve como objectivo avaliar as condições do ambiente térmico em piscinas cobertas através de duas abordagens distintas. A abordagem objectiva consistiu na análise da temperatura da água e dos parâmetros de ambiente térmico. A abordagem subjectiva teve por base a aplicação de um questionário. Os resultados dos parâmetros físicos apresentaram-se elevados na maioria das situações avaliadas, nomeadamente no que respeita à temperatura da água e à humidade relativa. A análise subjectiva evidenciou percentagens de insatisfeitos inferiores à obtida na análise objectiva. Verificou-se ainda que os utilizadores das piscinas preferem ambientes considerados ligeiramente quentes ou quentes.

Palavras-chave: ambiente térmico, conforto, percepção, preferência, piscinas.

## ABSTRACT

This study aimed analyzed the thermal environment conditions in covered pools by two different approaches. The objective approach had consisted on the water temperature and thermal environment parameters analysis. The subjective approach was based on a questionnaire application. The results of physical parameters presents high to the most of assessed situations, namely in relation to water temperature and relative humidity. The subjective approach showed percentages of dissatisfied people below the expected by objective approach. It was also found that the users by pools prefer environments considered slightly warm or warm.

Keywords: thermal environment, comfort, perception, preference, pools.

## 1. INTRODUÇÃO

As piscinas cobertas são actualmente um local muito frequentado pela comunidade escolar no âmbito da realização de actividades desportivas. As escolas dispõem de planos que contemplam actividades em piscinas que envolvem alunos de várias classes etárias, os quais, durante o ano lectivo, permanecem períodos de tempo significativos nestes espaços. Assim, e sendo o ambiente térmico um dos aspectos fundamentais que interferem na performance e bem-estar, é necessário manter e proporcionar condições adequadas aquando a sua utilização.

O ser humano necessita de manter a temperatura interna do corpo dentro de certos limites, o que leva a uma procura constante de equilíbrio entre o homem e o meio envolvente. Assim, o corpo humano troca energia com o ambiente e possui ainda a capacidade de se adaptar às condições térmicas através de mecanismos termorreguladores (Budaiwi, 2007). Em geral, os estudos revelam que o ser humano é afectado pelo ambiente térmico, exercendo influência no seu bem-estar físico e psicológico, e conseqüentemente na sua produtividade, pelo que, quando o indivíduo se sente desconfortável, pelo frio ou pelo calor, a sua performance será reduzida (Mohamed e Srinavin, 2005; Budaiw, 2007).

Em piscinas cobertas os utilizadores podem encontrar condições térmicas inadequadas. Estas estão relacionadas possivelmente com o clima exterior, a temperatura da água, o próprio ambiente e estrutura da piscina. Assim, estes ambientes interiores caracterizam-se normalmente pela elevada humidade presente na atmosfera devido à elevada temperatura da água, sendo esta situação por vezes acentuada pela deficiente ventilação e desumidificação do ar, o que poderá causar desconforto térmico. Em Portugal não existem ainda estudos aprofundados sobre esta matéria.

A legislação Portuguesa aplicável a piscinas é a Directiva CNQ n.º 23/93 aprovada pelo Conselho Nacional de Qualidade. No âmbito do ambiente térmico fornece orientações para a temperatura da água e dos balneários, temperatura do bolbo húmido, humidade relativa e velocidade de ar. Note-se no entanto que é importante ir além do cumprimento destas recomendações e conhecer as preferências térmicas dos utilizadores das piscinas de forma a otimizar as características destes ambientes.

Na generalidade os ambientes térmicos podem ser classificados como frios, quentes e neutros. Nas piscinas cobertas podemos estar perante ambientes classificados como quentes ou neutros, situação muito associada às características da temperatura da água e aos sistemas de climatização e desumidificação.

No que respeita a ambientes térmicos neutros a questão que se coloca é a do conforto. Segundo a ISO 7730:2005 o conforto térmico pode ser definido como um “estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente térmico”. Trata-se de um estado essencial que só pode ser alcançado quando os parâmetros físicos de ambiente térmico se encontrem dentro de uma gama específica designada de “zona de conforto”(Budaiwi, 2007). Trata-se assim de uma sensação subjectiva, pelo que se torna difícil satisfazer todos os ocupantes com uma única condição térmica (Fanger, 2001). Apesar de as sensações térmicas serem particularmente dependentes de parâmetros ambientais, as sensações de frio ou de calor não se relacionam apenas com o próprio ambiente térmico (Olesen, 1995), podendo ser também influenciadas por factores pessoais. Factores como a temperatura e a velocidade do ar, a temperatura média radiante, a humidade relativa, a actividade, o vestuário e a aclimatização podem interferir com o conforto térmico dos indivíduos (Olesen, 1995; Humphreys e Nicol, 2002). A avaliação do conforto térmico em ambientes interiores considerados neutros é realizada geralmente com base na determinação dos índices *Predict Mean Vote* (PMV) e *Predict Percentage Dissatisfied* (PPD). Enquanto que o PMV reflecte a sensação térmica dos indivíduos, o PPD mostra a percentagem de indivíduos insatisfeitos com o ambiente térmico a que se encontram expostos. Estes índices foram propostos por Fanger e adoptados pela Internacional Standard Organization (ISO), dando origem à ISO 7730:1984. A validade deste modelo tem vindo a ser questionada, existindo mesmo vários estudos que mostram a falta de adequabilidade do mesmo (Olesen, 2002; Corgnati *et al.*, 2007; Hwang *et al.*, 2009). Com base também no modelo proposto por Fanger, mas apoiando-se numa abordagem mais subjectiva, a ISO 10551:2001 estabelece uma abordagem distinta para a determinação de conforto térmico apoiando-se nas avaliações expressas pelas pessoas sujeitas a determinados ambientes.

Em piscinas cobertas também existe a possibilidade de se verificar a existência de ambientes térmicos quentes, nomeadamente quando a temperatura da água se apresenta elevada e os sistemas de climatização e desumidificação são inadequados. Estes ambientes são aqueles em que o balanço térmico é positivo (Miguel, 2010). Em termos gerais, os efeitos dos ambientes quentes sobre os indivíduos são psicológicos, psicofisiológicos e patológicos, os quais condicionam a performance (Miguel, 2010). No que respeita à sua avaliação o índice mais utilizado é o *Wet-Bulb Globe Temperature* (WBGT), o qual foi proposto nos anos 50 (Budd, 2008).

Perante a necessidade de caracterizar o ambiente térmico actual em piscinas cobertas, bem como de perceber as necessidades dos seus utilizadores, o presente estudo teve como objectivo principal avaliar as condições do ambiente térmico em piscinas cobertas.

## 2. METODOLOGIA

O presente trabalho consistiu num estudo de campo desenvolvido em duas piscinas de utilização pública. Tendo em consideração o facto das actividades realizadas nestes espaços decorrerem normalmente dentro de água e esta influenciar directamente a sensação térmica pela redução da temperatura corporal, bem como a existência de percepções térmicas distintas pelos utilizadores das piscinas, este estudo teve por base duas abordagens distintas: objectiva e subjectiva.

### 2.1 Caracterização do espaço

Para a caracterização estrutural e funcional de cada uma das piscinas em estudo foi elaborada e aplicada uma *check-list*. A sua constituição teve por base alguns requisitos de instalação e funcionamento propostos pela Directiva CNQ n.º23/93, a qual estabelece as condições de segurança e as disposições técnicas e funcionais das piscinas.

### 2.2 Análise objectiva do ambiente térmico

A análise objectiva do ambiente térmico teve por base a caracterização dos parâmetros térmicos, bem como a posterior determinação dos índices PPD-PMV e WBGT consoante os ambientes se apresentassem como neutros ou quentes, respectivamente.

No que respeita à medição dos parâmetros físicos de ambiente térmico, foram seleccionados em cada piscina dois pontos distintos para realizar as amostragens durante a realização de cada aula, sendo avaliadas no total duas aulas por piscina. Posteriormente, realizaram-se medições de temperatura do ar ( $t_{ar}$ ) e velocidade do ar ( $v_{ar}$ ), temperatura húmida ( $t_h$ ), humidade relativa (HR) e temperatura de globo ( $t_g$ ) em cada um dos pontos. A temperatura e a velocidade do ar foram medidas com o termoanemómetro Velocicalc Modelo 8345 (TSI) a 3 alturas, conforme o especificado na norma ISO 7726:1998. No que concerne à temperatura de globo, humidade relativa e temperatura húmida realizaram-se medições apenas ao nível central, sendo utilizado para a sua determinação o Área Heat Stress Monitor Modelo hs -32 (TSI). Durante cada conjunto de medições dos parâmetros de ambiente térmico, foram caracterizadas as condições meteorológicas, o vestuário dos utilizadores e o desempenho físico associado às actividades desenvolvidas. Foram ainda realizadas medições da temperatura exterior e humidade relativa antes e após cada série de medições recorrendo ao IAQ - CALC Modelo 8760 (TSI), bem como o registo da temperatura da água ( $t_{ag}$ ).

Posteriormente foram determinados os índices térmicos. O WBGT foi determinado consoante o especificado na ISO 7243:1989 e o PPD-PMV de acordo com a ISO 7730:2005.

### 2.3 Análise subjectiva do ambiente térmico

Para determinar a percepção térmica dos utilizadores das piscinas, foi elaborado e aplicado um questionário com base na ISO 10551:2001. O questionário encontrava-se dividido em duas partes distintas, onde a primeira se referia a dados pessoais como género, idade, tipo de utilização da piscina e actividade realizada e a segunda era composta por sete questões relacionadas com o ambiente térmico. As primeiras cinco questões encontravam-se relacionadas com a sensação, preferência, conforto, aceitabilidade e tolerabilidade térmica. As restantes duas questões encontravam-se associadas à temperatura da água, nomeadamente no que respeita à sensação e preferência térmica da mesma, sendo as escalas utilizadas uma adaptação da ISO 10551:2001.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Caracterização das variáveis físicas do ambiente térmico e da temperatura da água

Foram realizadas monitorizações ao longo de quatro aulas, 3 de hidroginástica e uma de natação, sendo o questionário aplicado a 30 utentes das piscinas e dois professores. A aula de natação e de hidroginástica 1 são referentes à piscina 1 e as aulas de hidroginástica 2 e 3 são referentes à piscina 2.

Para cada aula monitorizada foi realizada a média dos valores obtidos para cada parâmetro. Na Tabela 1 encontram-se os resultados das medições efectuadas nas quatro aulas, bem como a indicação das recomendações da Directiva CNQ N.º 23/93.

**Tabela 1.** Resultados dos parâmetros ambientais das quatro aulas avaliadas nas duas piscinas.

Aula	$t_{ag}$ (°C)	$t_{ar}$ (°C)	$t_h$ (°C)	$t_g$ (°C)	$v_{ar}$ (m/s)	HR (%)
Aula de natação	31	30,3	24,3	30,6	0,18	61
Aula de hidroginástica 1	30	29,3	24,9	29,3	0,21	70
Aula de hidroginástica 2	29,4	30,8	28,2	31,0	0,12	82
Aula de hidroginástica 3	30,1	30,3	28,1	30,4	0,13	85
<b>CNQ n.º 23/93</b>	<b>26-28</b>	<b>&gt;24</b>	<b>&gt;23</b>	<b>-</b>	<b>&lt;2</b>	<b>55-75</b>

De acordo com o estipulado pela Directiva CNQ n.º 23/93, a temperatura da água encontra-se muito elevada em todas as aulas avaliadas (29,4 – 31°C). Em relação à temperatura do ar, a mesma Directiva determina que esta deve ser igual ou superior à do tanque de água com temperatura mais baixa e não inferior a 24°C, contudo, em duas das situações analisadas, nomeadamente na aula de natação e na aula de hidroginástica 1, a temperatura do ar é inferior à temperatura da água. Porém, é de salientar que os valores obtidos para a temperatura do ar são elevados, situação que se deve à inadequada temperatura da água e que por sua vez poderá potenciar o desconforto térmico por parte dos utilizadores das piscinas. Através de uma

análise informal com os responsáveis das piscinas, foi possível verificar que esta elevada temperatura da água se deve às preferências dos utentes. Note-se que esta situação pode colocar em causa a qualidade microbiológica da água. No que respeita à humidade relativa é possível analisar que em duas das aulas monitorizadas, nomeadamente nas aulas de hidroginástica 2 e 3, esta excedeu os limites estabelecidos pela Directiva CNQ n.º 23/93 (82-85%). Esta situação, além de interferir no conforto térmico, pode colocar em causa a qualidade microbiológica do ar interior, principalmente quando associada às elevadas temperaturas do ar monitorizadas. No que respeita aos restantes parâmetros, todos respeitam o estabelecido pela directiva.

### 3.2 *Análise dos índices térmicos*

Para verificar se os utilizadores estavam expostos a uma possível situação de stress térmico procedeu-se ao cálculo do índice WBGT para cada uma das aulas avaliadas, estando os respectivos resultados apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** *Índice WBGT para cada aula avaliada nas duas piscinas e respectivos valores limite.*

	WBGT	WBGT limite (ISO 7243)
Aula de natação	26,5	26,8
Aula n.º1 de hidroginástica	26,4	28,8
Aula n.º2 de hidroginástica	29,2	28,8
Aula n.º 3 de hidroginástica	28,9	28,8

Pela análise da Tabela 2 pode-se verificar que os valores de WBGT determinados para as duas últimas aulas se apresentam superiores aos valores limites, situação que poderia indicar a possibilidade de stress térmico. Note-se no entanto que os valores obtidos se encontram muito próximos do limite e ainda que o tempo de permanência dos utilizadores nestes espaços geralmente não se apresenta superior a duas horas, situação que reduz a possibilidade de ocorrência de stress térmico.

Perante a situação anteriormente analisada e considerando que não seja previsível uma situação de stress térmico, procedeu-se à determinação dos índices PMV e PPD para cada aula avaliada, encontrando-se os resultados apresentados na Tabela 3.

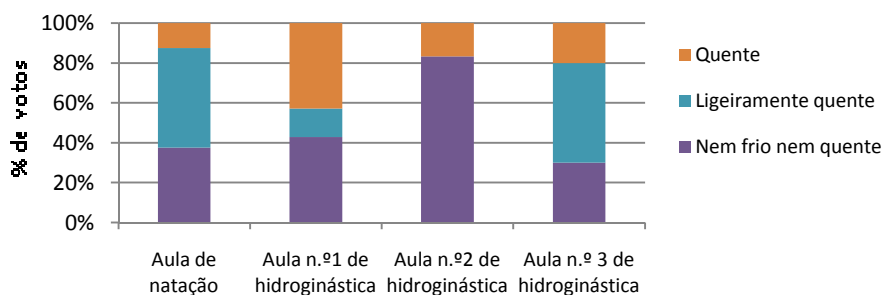
**Tabela 3.** *Índices PMV e PPD para cada aula avaliada nas duas piscinas.*

	PMV	(%) PPD
Aula de natação	4,26	100
Aula n.º1 de hidroginástica	2,65	96
Aula n.º 3 de hidroginástica	3,21	100
Aula n.º 4 de hidroginástica	3,11	99

Segundo a ISO 7730:1984, para que o espaço seja considerado confortável o valor de PPD não deve ser superior a 10%, o que corresponde a valores de PMV entre -0,5 e +0,5. No entanto, através da análise da Tabela 3 pode-se verificar que os valores obtidos para o PMV e PPD em todas as aulas avaliadas se apresentam muito superiores ao recomendado, ou seja, determinaram-se percentagens de possíveis insatisfeitos que rondam os 100% e valores de PMV que, segundo a escala de Fanger, indicam sensações térmicas muito quentes, revelando desconforto pelo calor.

### 3.3 *Análise das percepções térmicas dos utilizadores*

As percepções térmicas do ambiente e da água da piscina foram levantadas a partir da aplicação de um questionário aos seus utilizadores. A Figura 1 apresenta as distribuições dos votos de sensação térmica em relação à temperatura do ar. Note-se que a escala aplicada disponha de 7 graus, contudo, apenas foram indicadas pelos inquiridos sensações térmicas “Quente”, “Ligeiramente quente” e “Nem frio nem quente”. É possível analisar que na aula de hidroginástica 2 a maioria dos inquiridos revela sentir-se “Nem frio nem quente”. No entanto, nas aulas de natação e de hidroginástica 1 e 3 os inquiridos mostraram-se mais sensíveis ao calor, uma vez que nestas aulas se verificou que uma parte considerável dos indivíduos se sentia “Ligeiramente quente” ou “Quente”. Note-se porém que estes valores se encontram abaixo do que era previsto, visto a análise objectiva ter revelado sensações térmicas previsíveis muito quentes.

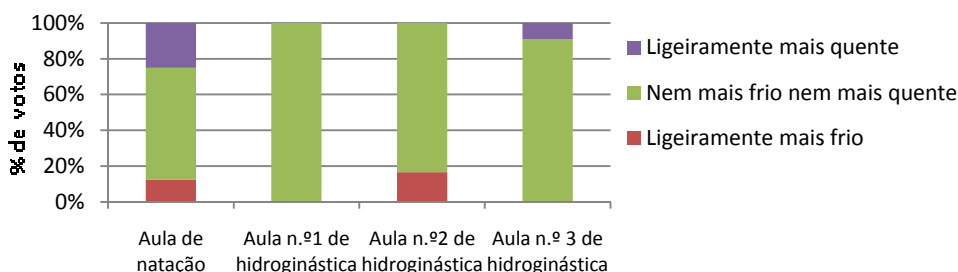


**Figura 1.** Votos de sensação térmica da temperatura do ar por aula avaliada nas duas piscinas.

Foi analisada a interferência do género na percepção térmica, contudo não foram verificadas diferenças estatísticas significativas nas distribuições entre os grupos (Teste Mann-Whitney;  $\alpha = 0,05$ ). Estes resultados vão de encontro às investigações de Budaiw (2007), onde o autor verificou que o género não parece interferir nas sensações térmicas. Contudo, verifica-se que os investigadores continuam em desacordo quanto à interferência dos géneros nas sensações térmicas (Charles, 2003).

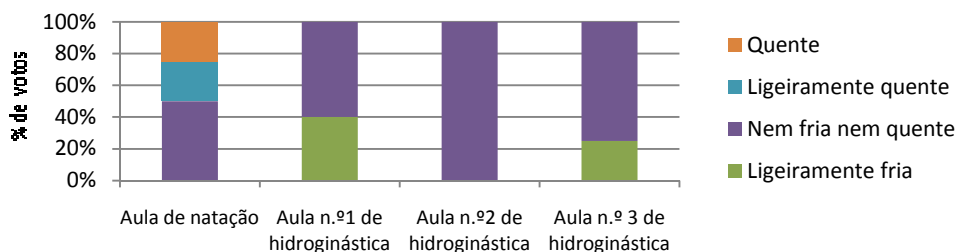
Foi também averiguada a possibilidade da temperatura exterior exercer influência nos votos de sensação térmica, no entanto, não se verificaram evidências estatísticas significativas para afirmar que a temperatura exterior e as sensações dos ocupantes das piscinas estejam correlacionadas (Coeficiente de Spearman;  $\alpha = 0,05$ ). Estes resultados contrariaram estudos de Dear *et al.* (2008), onde os autores defendem que a temperatura exterior pode influenciar as sensações térmicas. Esta situação pode estar associada à pequena amostra utilizada, devendo esta situação ser melhor estudada em estudos posteriores.

No que respeita à preferência térmica, pode-se verificar através da análise da Figura 2 que a grande maioria dos inquiridos preferia uma sensação térmica “Nem mais frio, nem mais quente”. Contudo, verificam-se algumas situações em que os inquiridos preferiam-se sentir “Ligeiramente mais frio” ou “Ligeiramente mais quente”. Esta situação, considerando os resultados anteriormente obtidos na sensação térmica (Figura 1), leva-nos a considerar que nestes locais são preferíveis pelos utilizadores ambientes térmicos mais quentes.



**Figura 2.** Votos de preferência da temperatura do ar por aula avaliada nas duas piscinas.

Foi também analisada a sensação térmica em relação à temperatura da água, encontrando-se os resultados apresentados na Figura 3.

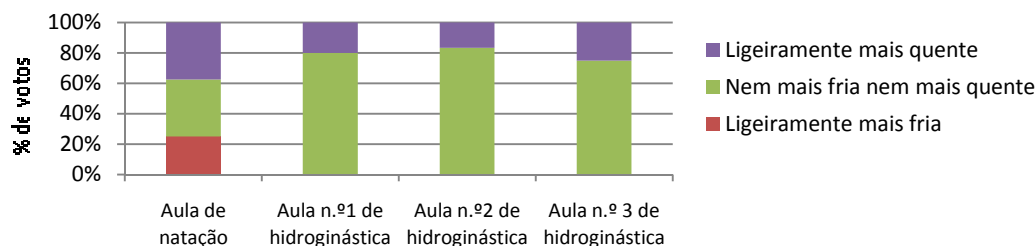


**Figura 3:** Votos de sensação térmica da água por aula avaliada nas duas piscinas.

Através da análise da Figura 3 é possível verificar que a temperatura da água é considerada “Nem fria, nem quente” pela maioria dos utentes, no entanto, na aula de natação algumas pessoas mostraram-se mais

sensíveis, considerando a água “Ligeiramente quente” ou “Quente”. Já nas aulas de hidroginástica algumas pessoas consideraram a água “Ligeiramente fria”. Note-se que a aula de natação era a que disponha de temperatura da água mais elevada (31°C) e que a aula que disponha de temperatura da água mais baixa foi a de hidroginástica 2 (29,4°C), na qual a totalidade dos inquiridos referiram preferir a temperatura da água “Nem fria, nem quente”.

Também foi analisada a preferência térmica em relação à temperatura da água, encontrando-se os resultados apresentados na Figura 4. É possível verificar que na generalidade das situações a maioria dos inquiridos prefere a temperatura da água “Nem mais fria, nem mais quente”, no entanto, pode-se verificar que em todas as aulas existe quem preferisse a água “Ligeiramente mais quente” ao passo que na aula de natação algumas inquiridos referiram preferir a água “Ligeiramente mais fria”. Esta situação leva-nos a considerar que temperaturas elevadas de água são preferidas pelos utilizadores.



**Figura 4:** Votos de preferência térmica da água por aula avaliada nas duas piscinas.

De forma a permitir uma melhor comparação entre os resultados objectivos e subjectivos, foram determinados os índices PMV-PPD subjectivos com base nos questionários e de acordo com o estipulado na ISO 10551:2001, encontrando-se a sua comparação com os obtidos objectivos apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4:** Comparação de valores PMV/PPD obtidos através da análise objectiva e subjectiva.

	QUESTIONÁRIOS		MEDIÇÕES	
	PMV <sub>subjectivo</sub>	(%) PPD* <sub>subjectivo</sub>	PMV	(%) PPD
Aula de natação	0,75	0	4,26	100
Aula n.º1 de hidroginástica	1,00	14,3	2,65	96
Aula n.º2 de hidroginástica	0,33	0	3,21	100
Aula n.º 3 de hidroginástica	0,78	9,1	3,11	99

Em termos da percentagem de insatisfeitos verifica-se que os valores de PPD calculados com base nos votos de conforto dos ocupantes são muito inferiores aos valores de PPD calculados analiticamente, revelando percentagens de insatisfeitos muito baixas. Os valores obtidos PMV pela avaliação subjectiva, indicaram ser inferiores, quando comparado aos resultados obtidos pela avaliação objectiva. Esta situação indica-nos que o modelo PPD-PMV determinado analiticamente leva a sobrestimar a sensação térmica e a percentagem de insatisfeitos nestes ambientes, não se demonstrando adequado a este tipo de ambientes, sugerindo uma reformulação do mesmo. Também em estudos anteriores, realizados noutro tipo de ambientes, se tem verificado uma discrepância entre a análise objectiva e subjectiva (Charles, 2003; Rodrigues *et al.*, 2010). As discrepâncias observadas no presente estudo e considerando a tipicidade do ambiente estudado, evidenciaram ser mais acentuadas. Esta situação estará certamente associada à influência da água na sensação térmica dos indivíduos, assim como às suas expectativas para com o ambiente térmico nestes espaços.

#### 4. CONCLUSÕES

O presente estudo demonstrou a falta de adequabilidade dos parâmetros físicos analisados em relação às actuais recomendações, nomeadamente no que respeita à temperatura da água e humidade relativa.

A análise subjectiva revelou-se distinta da objectiva, sendo que a última tende a acentuar situações de desconforto. Assim, e considerando as elevadas discrepâncias identificadas entre as duas abordagens, o estudo demonstrou a falta de adequabilidade dos índices analíticos utilizados a este tipo de ambiente. Verificou-se ainda que apesar dos ambientes serem considerados ligeiramente quentes ou quentes pelos utilizadores das piscinas, estes ambientes são preferidos.

Os resultados obtidos sugerem que em ambientes interiores de piscinas as expectativas dos seus utilizadores, bem como a influência da água podem interferir nas percepções e preferências térmicas. É no entanto importante considerar, que apesar do ambiente térmico ser considerado adequado pelos utilizadores, este pode ter implicações, quer na performance dos alunos, quer na qualidade microbiológica do ar interior, sendo essencial estabelecer um ponto de equilíbrio entre estas situações. Neste sentido, é interessante proceder a informação sobre a importância do ambiente térmico nestes espaços desportivos e outros, como por exemplo os ginásios.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- Budaiwi, I. (2007). An approach to investigate and remedy thermal-comfort problems in buildings. *Building and Environment*, 42, 2124-2131.
- Budd, G. (2008). Wet-bulb globe temperature (WBGT) - its history and its limitations. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 11, 20-32.
- Charles, K. (2003). Fanger's thermal comfort and draught models. National Research Council of Canada. Acedido em: 6, de Setembro, 2007, em:  
<http://www.nascoinc.com/standards/breathable/PO%20Fanger%20Thermal%20Comfort.pdf>
- Corgnati, S.P., Filippi, M. e Viazzo, S. (2007). Perception of the thermal environment in high school and university classrooms: Subjective preferences and thermal comfort. *Building and Environment*. 42: 951–959
- Dear, R., D'haeseleer, W., Hensen, J., Peeters, L. (2009). Thermal comfort in residential buildings: Comfort values and scales for building energy simulation. *Applied Energy*, 86,772-780.
- Directiva CNQ N.º 23/93. Conselho Nacional da Qualidade. Lisboa.
- Hwang, R., Cheng, M., Lin, T. e Ho, M. (2009). Thermal perceptions, general adaptation methods and occupant's idea about the trade-off between thermal comfort and energy saving in hot-humid regions. *Building and Environment*. 44:1128–1134.
- Fanger, P. (2001). Human requirements in future air-conditioned environments. *International Journal of Refrigeratio*, 24,148-153.
- Humphreys, M., Nicol, F. (2002). The validity of ISO-PMV for predicting comfort votes in every-day thermal environments. *Energy and Buildings*, 34, 667-684.
- ISO 10551:2001 *Ergonomics of the thermal environment - Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales*. International Organization for Standard.
- ISO 7726:1998. *Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities*. International Organization for Standard.
- ISO 7730:1984. *Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort*. International Organization for Standardization
- ISO 7730:2005. *Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*. International Organization for Standard.
- ISO 7243:1989. *Hot environments – Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature)*. International Organization for Standardization.
- Miguel, A. S. (2010). *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho*. 11ª Edição. Porto: Porto Editora
- Mohamed, S., Srinavin, K. (2005). Forecasting labor productivity changes in construction using the PMV index. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35, 345-351.
- Olesen, B. (1995). International standards and the ergonomics of the thermal environment. *Applied Ergonomics*, 2, 293-302.
- Rodrigues, M., Leão, C.P., Barroso, M.P. (2010). Avaliação e percepção do conforto térmico em bibliotecas do ensino superior. Em: *Occupational Safety and Hygiene - SHO 2010*. Universidade do Minho, Guimarães 11 e 12 de Fevereiro, SPOSHO. 457-461.