

Artigo REF: 11A009

CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO NA FEUP

Ana Rebelo^{1(*)}, João Santos Baptista² e Miguel Tato Diogo³

¹Centro de Investigação em Geoambiente e Recursos, CIGAR, Porto, Portugal

²Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, CIGAR, Portugal

³Univ. Fernando Pessoa, Ctr Inv. em Alter. Globais, Energia, Amb. e Bioeng. CIAGEB, Porto, Portugal

(*)*Email:* atbrebelo@gmail.com

RESUMO

O ambiente térmico em salas de aula é um dos factores que condicionam o processo de aprendizagem em qualquer dos graus de ensino. No presente trabalho são apresentados os resultados de medições efectuadas em salas de aula da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Os dados foram recolhidos durante o Verão de 2007 e, apesar de não terem sido observados valores preocupantes, fica demonstrada a forte influência da exposição solar ao longo do dia nas condições de conforto nas salas de aula. É ainda possível constatar alguns problemas de ventilação existentes e como a sua simples resolução permitiria melhoras as condições de conforto térmico.

Palavras chave: Ambiente térmico, escolas, trabalho.

DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

A sociedade é confrontada diariamente com estatísticas de acidentes de trabalho e de doenças profissionais incapacitantes. Porém, quando os estudantes se dirigem para os estabelecimentos de ensino poucos se questionam se as condições proporcionadas por estes garantem a segurança e higiene necessárias, de modo a favorecer o percurso da aprendizagem e assegurar que os riscos são mínimos ou inexistentes.

Ao nível das escolas existe actualmente uma atitude preventiva crescente relativamente à emergência, em particular ao risco de incêndio, no entanto, o conforto proporcionado pelas salas de aula a nível de ambiente térmico, iluminação e ruído, entre outros, não são tidos em consideração, quer quando se fala de Segurança, Higiene e Saúde, quer quando se fala em estratégias ou acções a desenvolver de modo a favorecer as aprendizagens. É frequente encontrar nas escolas, em Portugal, salas com sistemas de refrigeração/aquecimento inoperacionais por grandes períodos de tempo, lâmpadas cuja substituição aguarda que chegue o final do ano para se concretizar ou aulas onde frequentemente são sentidos os ruídos de actividades circundantes.

Mesmo excluindo escolarização não obrigatória anterior ao 1º ciclo, será pertinente questionar, se 9 anos na vida de um jovem num meio escolar, considerando o ensino obrigatório, e 17 anos, considerando cinco anos de ensino superior, não deverão de ser encarados como uma forma de trabalho. Neste período raramente são dadas as bases formativas que permitam ao indivíduo assumir uma atitude defensiva e preventiva, sujeitando-se os alunos a acidentes e doenças não classificadas como de nível profissional, mas que comprometem o seu desempenho durante este largo período de tempo.

Apenas alargando a reflexão a todos os ocupantes de uma sala de aula somos confrontados com a pessoa do docente que, ocupando neste quadro uma posição laboral, não deixa dúvidas que a sala de aula tem de ser encarada como um local de trabalho. Nesta perspectiva, mas encarando a sala de aula não só como local de trabalho para o docente mas fundamentalmente para os alunos, pretendeu-se, com este estudo, verificar a existência de riscos a nível de conforto térmico nas “salas de aula planas” de ensino teórico-prático da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), no sentido de numa fase posterior se proceder a eventuais correcções.

CONFORTO TÉRMICO

Ao longo da sua história a humanidade foi, gradualmente, conquistando alguma independência em relação às restrições impostas pelas condicionantes naturais do meio envolvente conseguindo aumentar o seu conforto.

Em termos de temperatura ambiente, as inovações tecnológicas permitiram aquecer ou arrefecer os diversos locais ocupados pela actividade humana proporcionando bem-estar em locais e em horas onde outrora era impensável garantir conforto. Nos nossos dias as exigências de conforto são, sem dúvida, diferentes das existentes há um século e ao longo dos tempos, provavelmente, tenderão a alterar-se. Estas variações evidenciam-se quando analisamos ao longo dos tempos os parâmetros ambientais considerados ideais para o Homem. No seu livro “A arte de proyectar en Arquitectura” Neufert [3] refere, mencionando Rubener (1927) [4], como sendo a temperatura mais agradável para o Homem em trabalho a que está compreendida entre os 15° C e os 18° C, dependendo da classe de trabalho. Já na actualidade, Miguel [1] refere que a zona óptima de conforto se situará, para trabalho ligeiro manual e actividades administrativas, entre os 20° C e os 22° C. Com uma perspectiva diferente sobre conforto térmico Chávez del Valle [5] sustenta, entre outros aspectos, ser conveniente a variabilidade do ambiente térmico dentro dos edifícios, tendo como principal referência a oscilação da temperatura exterior do ar. Desse modo seria minimizada a probabilidade de ocorrência de *choque térmico*.

Importa referir que fora de um ambiente térmico de conforto, o organismo, numa constante tentativa de homeotermia, recorre a mecanismos de defesa. Estes mecanismos sobrepõem-se às actividades que o indivíduo realiza, incluindo as respeitantes à actividade laboral e às actividades em sala de aula, diminuindo o desempenho e atenção nas tarefas a realizar. Por este facto, se se pretende otimizar desempenhos e reduzir riscos, torna-se imperativo garantir o conforto térmico.

O CONFORTO TÉRMICO E A ACTIVIDADE HUMANA

O conceito de conforto térmico assume cada vez maior importância na concepção dos diversos locais de actividade humana e nesta perspectiva procura-se que as instalações proporcionem bem-estar aos seus utilizadores.

Já em 1977 Laville [6] constata que durante o trabalho físico no calor, a capacidade muscular se reduz, o rendimento decai e a actividade mental se altera, apresentando perturbação da coordenação sensório-motora. A frequência de erros e acidentes tende a aumentar pois o nível de vigilância diminui, principalmente a partir de 30° C.

No âmbito do desempenho cognitivo, têm sido desenvolvidos vários estudos com intuito de verificar a interferência das condições ambientais a nível do desempenho de crianças nas escolas. Wargocki et al. [8] numa experiência feita em duas classes de crianças com idades de

10 anos demonstrou que melhorar as condições das salas de aula pode aumentar substancialmente o desempenho escolar das crianças. Um outro estudo realizado nos subtrópicos chineses, na Hunan University na China [9], conclui que o conforto térmico também afecta a saúde psíquica e física.

ÍNDICES DE STRESS TÉRMICO - PPD E PMV

Os índices de Stress Térmico são a metodologia mais usada na caracterização de ambientes. Entre estes encontramos os índices PMV (*Predicted Mean Vote*) e PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*) que, tendo em conta variáveis ambientais e factores individuais tentam prever a sensação térmica resultante.

O LOCAL EM ESTUDO

Caracterização Geral - Este trabalho foi efectuado a partir de dados recolhidos nas instalações da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP). Trata-se de um conjunto arquitectónico recente, concebido pelos arquitectos Pedro Ramalho e Luís Ramalho, inauguradas em 2001. Possui edifícios com várias tipologias com diferentes utilizações e exigências técnicas [13] e [14].

A FEUP dispõe de uma área coberta de 90.000 m² divididos entre 9 departamentos, blocos de aulas, auditório e biblioteca (figura 1).

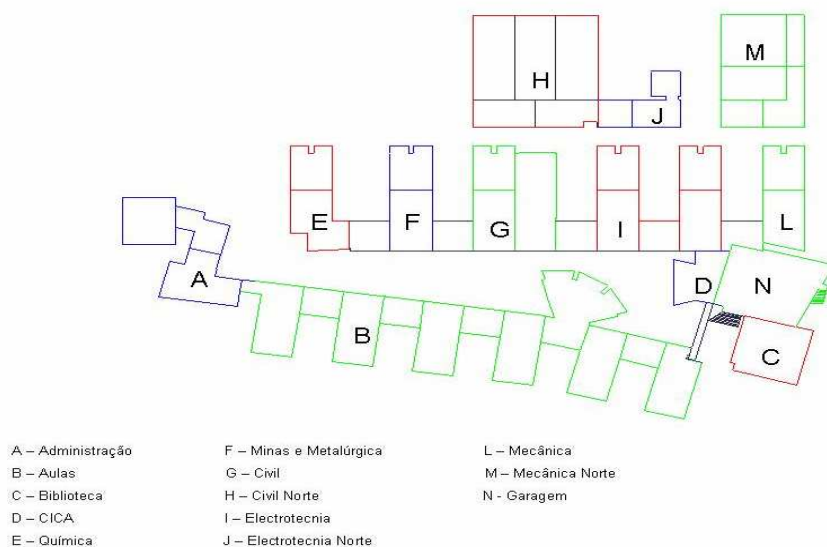


Figura 1 - Planta Geral dos Edifícios da FEUP

Tabela 1 - Localização de salas de aula planas por sub-bloco e por piso

| Sub-Bloco | Nº total de salas | Nº Total de salas planas |
|----------------|-------------------|--------------------------|
| B 1 (piso 0) | 3 | 0 |
| B 2 (piso 0) | 10 | 0 |
| B 2 (piso 1) | 8 | 6 |
| B 2 (piso 2) | 7 | 0 |
| B 2 (piso 3) | 14 | 0 |
| B 3 (piso 0) | 10 | 0 |
| B 3 (piso 1) | 7 | 6 |
| B 3 (piso 2) | 11 | 9 |
| B 3 (piso 3) | 6 | 6 |
| B 4 (piso 0) | 12 | 0 |
| B 4 (piso 1) | 8 | 6 |
| B 4 (piso 2) | 12 | 5 |
| B 4 Piso 3) | 9 | 8 |
| Total de salas | 117 | 46 |

Espaço analisado - Da análise da figura 1 podemos constatar que a FEUP é constituída por vários edifícios agrupados em blocos. Neste trabalho foram objecto de estudo as “salas planas” do bloco B, cuja localização por piso e por sub-bloco de destaca na tabela 1.

O Bloco B é constituído por um conjunto de corpos com desenvolvimento Norte-Sul, unidos por um corpo longitudinal e associados a Norte a um conjunto de 3 anfiteatros.

Nele encontram-se as salas de aulas teórico-práticas, aqui classificadas em salas planas, anfiteatros, salas de Desenho, salas de CAD, salas de informática e salas de exame.

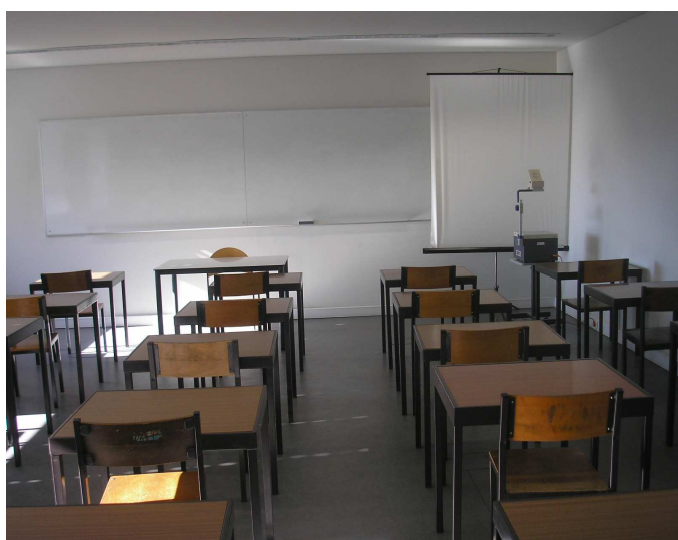


Figura 2 - Sala de aula plana.

As salas aqui classificadas como “salas plana” seguem os padrões das salas de aula “tradicionais”. Nela encontram-se mesas e cadeiras individuais que, normalmente se encontram agrupadas em filas. O espaço de trabalho do professor situa-se ao mesmo nível que o dos alunos.

Utilização das salas para aulas – As salas de aula são de utilização comum a todos os departamentos e, por regra, o período de maior utilização tem início às 8:00 e termina por volta das 22:00, estando o período com maior número de utentes compreendido entre as 8:00 e as 18:00, altura em que se ministram a maior parte dos cursos.

RECOLHA DE DADOS

Escolha de salas - Atendendo ao elevado número de salas, procedeu-se à sua tipificação relativamente a um conjunto de factores capazes de influenciar o comportamento do ambiente térmico no seu interior. Deste modo foram agrupadas as detentoras, em simultâneo, de características idênticas para os seguintes factores:

- Orientação das janelas;
- Número de janelas;
- Número de portas;
- Área da sala;
- Altitude (pisos);
- Existência de edifícios contíguos capazes de provocar sombreamento.

De cada agrupamento de salas elegeu-se uma onde posteriormente se iriam realizar as medições. Obteve-se assim o conjunto de salas representativo de todas as salas de aula planas (tabela 2).

Condições de medição - Com o intuito de proceder às medições na altura do ano mais quente, de modo a poder fazer a caracterização das condições mais adversas em termos de ambiente térmico, optou-se por realizar as medições entre 25 de Junho de 2007 e 23 de Agosto de 2007.

Tabela 2 - Localização das salas onde foram efectuadas medições

| Orientação aproximada | Sul | Oeste | Este |
|-----------------------|---------------|--------------------|------------------------------|
| Piso 1 | ---- | 111 | 101, 102, 105, 106, 109, 110 |
| Piso 2 | 219,220 | 216, 217, 218, 230 | 214 |
| Piso 3 | 322, 323, 330 | 319, 327, 337 | 318, 326, 332, 333, 334 |

As medições foram realizadas com as salas vazias de modo a poder uniformizar as condições de medição. Ainda nesta perspectiva e procurando que as condições das salas se aproximassem o mais possível das existentes no momento de aulas estabeleceu-se a posição dos estores fechada e as janelas abertas para todas as salas.

As condições atmosféricas foram variáveis. As temperaturas máximas registadas no exterior, entre as 8:00 e as 20:00, nos dias em que foram efectuados os registos oscilaram entre um valor máximo de 37,7°C e um valor mínimo de 21,1°C. As temperaturas mínimas exteriores para os mesmos registos variaram entre um máximo de 24,6°C e um mínimo de 14°C.

Equipamento usado - No trabalho procedeu-se à medição de vários parâmetros necessários à caracterização do ambiente térmico. Para o efeito foi utilizado equipamento e *software* da marca LSI – *Laboratori di Instrumentazione Industriale s.p.a.* composto por:

- Unidade de base para medições ambientais - marca LSI - modelo BABUC A - BSA10 com, porta série RS 232, 11 entradas e memória para 20.000 medidas.
- Sonda de globo preto opaco - marca LSI - modelo BST 131
- Sonda de fio quente para medição da velocidade do ar - marca LSI - modelo BSV 101
- Sonda psicrométrica para medição da humidade relativa - marca LSI - modelo BSU 102
- Sonda de temperatura ambiente - marca LSI - modelo BST 101
- Sonda de temperatura húmida natural - marca LSI - modelo BSU 121

Software para aquisição e tratamento de dados em ambientes moderados de acordo com as normas internacionais ISO.

Os dados recolhidos permitiram caracterizar a Temperatura Ambiente do Ar, a Humidade Relativa (%), a Temperatura de Globo (°C), a Temperatura Bolbo Húmido (°C) e a Velocidade do ar (m/s), em salas de aula do Bloco B no edifício da FEUP no período decorrente entre Junho e Agosto *inclusive*.

Métodos de avaliação (índices PMV/PPD) - De acordo com a norma ISO 7730 os valores considerados aceitáveis para que o meio seja considerado confortável em termos de ambiente térmico situam o índice PMV no intervalo]-0,5; 0,5[(tabela 3), o que corresponde a um valor de PPD inferior a 10%.

Reforçando o facto de para a determinação destes índices ser necessário ter em conta variáveis associadas ao indivíduo como é o caso do vestuário e do metabolismo, não poderá ser desprezado o facto de os resultados não reflectirem na íntegra o que realmente acontece em ambiente real de aula.

Tabela 3 - Escala de Fanger

| | |
|----|------------------------------------|
| +3 | Muito quente |
| +2 | Calor |
| +1 | Leve sensação de calor |
| 0 | Confortável (neutralidade térmica) |
| -1 | Leve sensação de frio |
| -2 | Frio |
| -3 | Muito frio |

RESULTADOS

Para obtenção dos resultados finais os dados são processados pelo software específico acima indicado, utilizando as medições obtidas por sondas do equipamento e por dados fornecidos pelo utilizador, nomeadamente informação sobre o índice metabólico e sobre a resistência térmica do vestuário utilizado.

O valor considerado para a actividade metabólica foi de 1,2 tendo em conta a actividade sedentária dos alunos os quais, normalmente, permanecem sentados na sala de aula

A resistência térmica do vestuário não foi considerada sempre a mesma uma vez que as temperaturas exteriores apresentaram valores muito diferentes ao longo dos dias. Deste modo, o Iclo considerado, variou conforme a temperatura externa de acordo com a tabela 4.

Tabela 4 - Icl atribuído conforme temperatura externa

| Temperatura Externa (°C) | Iclo |
|--------------------------|------|
| 19 a 25 | 1 |
| 25 a 30 | 0,8 |
| >30 | 0,5 |

Salas orientadas a Sul - No cálculo dos índices PPD/PMV destas salas considerou-se como índice de resistência térmica de vestuário o valor 1 e com índice de taxa metabólica o valor 1.2 met.

As condições meteorológicas registadas descrevem-se na tabela 5.

Tabela 5: Condições meteorológicas nos registos das salas voltadas a Sul

| SUL | Sala | Das 8:00 às 13:00 horas | | Das 14:00 às 19:00 horas | |
|-----|------|---------------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|
| | | Estado do tempo | Temperatura (m e M) | Estado do tempo | Temperatura (M e m) |
| | 219 | Céu muito nublado | 19.8; 20 | Céu muito nublado | 19.2; 20.4 |
| | 220 | Céu muito nublado a Céu limpo | 18.4; 24.6 | Céu limpo | 21.9; 24.3 |
| | 322 | Céu limpo | 21.2; 24.2 | Céu limpo | 20.7; 23 |
| | 323 | Céu muito nublado a céu nublado | 21.5; 23.2 | Céu limpo | 21.5; 24.9 |

Por observação da figura 2 verifica-se que, no período de medições, os registos relativos à percentagem estimada de insatisfeitos indicam que estas salas proporcionam conforto térmico aos seus ocupantes, sendo o traçado das curvas entre si bastante homogéneo. Para a homogeneidade de resultados pode ter contribuído o facto de as salas terem todas a mesma dimensão e das temperaturas exteriores apresentarem valores muito próximos nos dias em que foram feitos os registos.

Verifica-se, no entanto, que a sala 322 apresenta alguns picos nas medições entre as 9:15 e as 09:43 e, neste intervalo, a percentagem estimada de insatisfeitos ultrapassa pontualmente os 10% indicando, assim, ausência de conforto térmico neste período. Este fenómeno, que ocorreu nesta e em outras salas foi investigado e concluiu-se que o mesmo teria como origem

a abertura da porta da sala, factor que provoca um aumento da velocidade do ar e, conseqüentemente, variação das condições de conforto térmico.

A observação dos resultados da velocidade do ar (figura 4) evidencia uma correlação entre este parâmetro e os picos registados nos índices de PPD/PMV, no entanto esta correlação só se verifica quando a velocidade do ar atinge valores iguais ou superiores a 0,15m/s.

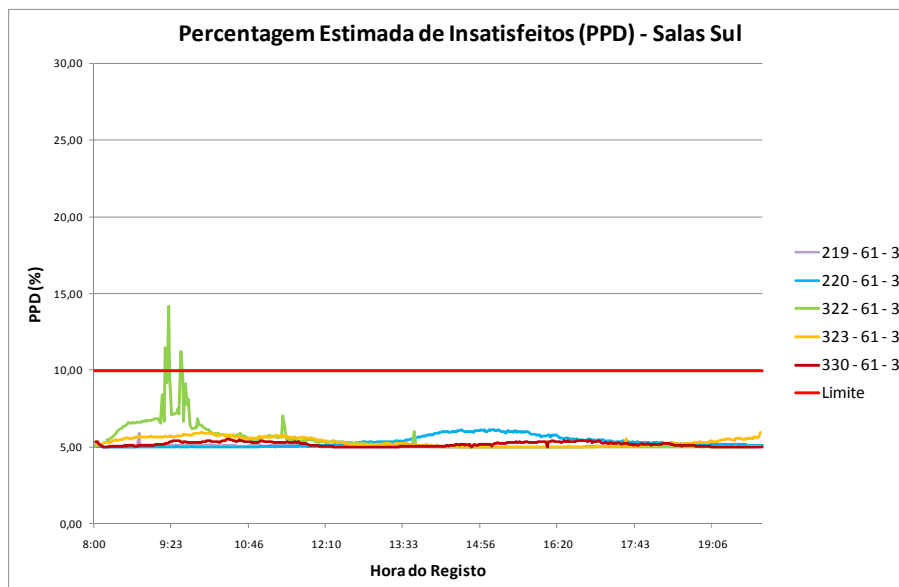


Figura 2 – Variação instantânea do índice PPD ao longo do dia nas salas da ala Sul¹.

Embora o índice PPD permita estimar o número de pessoas insatisfeitas, só o índice PMV permite ter uma noção da sensação térmica sentida pelos ocupantes dos espaços em análise (figura 3).

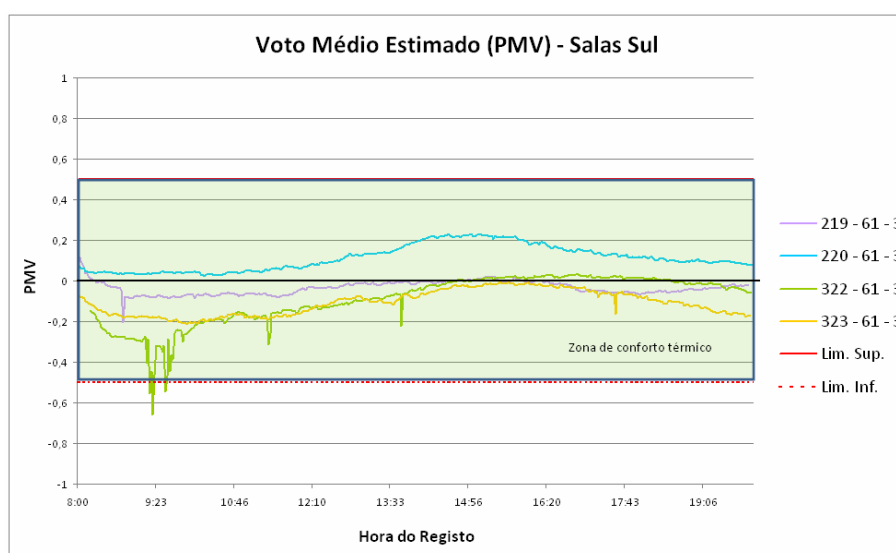


Figura 3 – Variação instantânea do índice PMV ao longo do dia nas salas da ala Sul.

O índice PMV, ilustrado na figura 3, está em concordância com o índice PPD (figura 2) e evidencia resultados que indicam a existência de conforto térmico na quase totalidade das medições. No entanto, este índice permite constatar que, embora as salas apresentem conforto

¹ Na legenda de todas as figuras, o primeiro número corresponde à sala, o segundo à área em m² e o terceiro ao número de janelas.

térmico, numa salas os resultados aproximam-se do zero por valores positivos (sala 220) e noutras aproximam-se do zero por valores negativos (restantes salas).

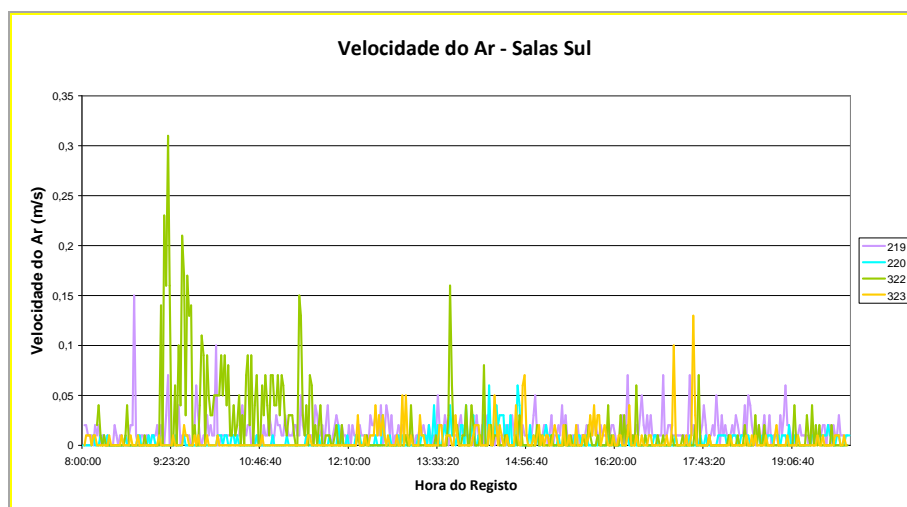


Figura 4: Velocidade do ar registada nas salas voltadas a Sul

Pode-se dizer que, nas condições indicadas, estas salas são capazes de proporcionar conforto térmico aos seus ocupantes, não podendo deixar se de salientar que as condições atmosféricas eram muito amenas, não caracterizando os períodos mais quentes que se sentem habitualmente na época de verão.

Salas orientadas a Este - No cálculo dos índices PPD/PMV destas salas considerou-se como índice de resistência térmica de vestuário os valores constantes na tabela 6, variáveis consoante a temperatura exterior assinalada nessa tabela registaram-se também as condições meteorológicas. Como índice de taxa metabólica considerou-se o mesmo valor para todas as salas (1.2 met.) atendendo à actividade esperada por parte dos alunos.

Tabela 6: Condições meteorológicas nos registos das salas voltadas a Este

| ESTE | Sala | Iclo | Das 8:00 às 13:00 horas | | Das 14:00 às 19:00 horas | |
|------|------|------|--------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|
| | | | Estado do Tempo | Temperatura (m e M) | Estado do Tempo | Temperatura (m e M) |
| | 101 | 1.0 | Céu mt nublado a nublado | 17.7, 21.5 | Céu nublado a céu limpo | 21.7, 23.6 |
| | 102 | 0.8 | Céu limpo | 25.7, 29.4 | Céu limpo | 25.0, 30.1 |
| | 105 | 1.0 | Céu limpo | 17.3, 25.3 | Céu limpo | 20.9, 25.4 |
| | 106 | 1.0 | Céu limpo | 15.4, 24.0 | Céu limpo | 19.5, 25.1 |
| | 109 | 1.0 | Céu limpo a céu nublado | 16.8, 21.5 | Céu nublado | 21.3, 23.3 |
| | 110 | 1.0 | Céu nublado | 19.4, 21.2 | Céu nublado | 20.3, 21.5 * |
| | 214 | 1.0 | Céu limpo | 18.7, 23.5 | Céu limpo | 20.5, 23.1 |
| | 318 | 1.0 | Céu limpo a céu nublado | 19.9, 23.0 | Céu pouco nublado | 20.5, 22.6 |
| | 326 | 1.0 | Céu pouco nublado | 16.7, 24.5 | Céu pouco nublado | 20.5, 22.8 |
| | 332 | 1.0 | --- | 18.9, 25.4 | ---- | 22.5 * |
| | 333 | 1.0 | Céu limpo | 21.0, 27.7 | Céu limpo | 26.0, 28.6 |
| | 334 | 0.8 | --- | 23.8, 31.1 | --- | 29.5, 30.7* |

*Dados insuficientes

Ao contrário das salas com orientação Sul, as que se encontram orientadas a Este apresentam uma forte heterogeneidade nos valores de conforto ao longo do dia. Os resultados mostraram haver um agrupamento de acordo com o piso em que se encontram. As salas do 3º Piso apresentam, de uma forma geral, valores mais elevados que as restantes nos índices PPD e PMV, conforme se pode observar nas figuras 5 e 6. Estas salas apresentam melhores condições

de conforto no início da manhã e no final da tarde. A sensação de desconforto foi causada pelas temperaturas demasiado elevadas.

Também aqui se notam desvios repentinos nos registos dos índices de PMV/PPD. Mais uma vez este facto poderá ser explicado pelo aumento da velocidade do ar.

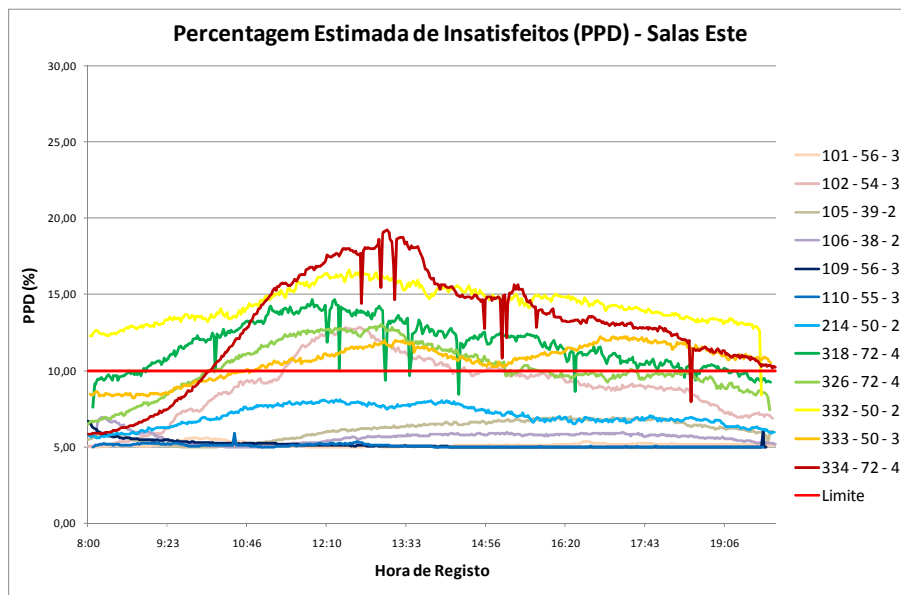


Figura 5 – Variação instantânea do índice PPD ao longo do dia nas salas da ala Este.

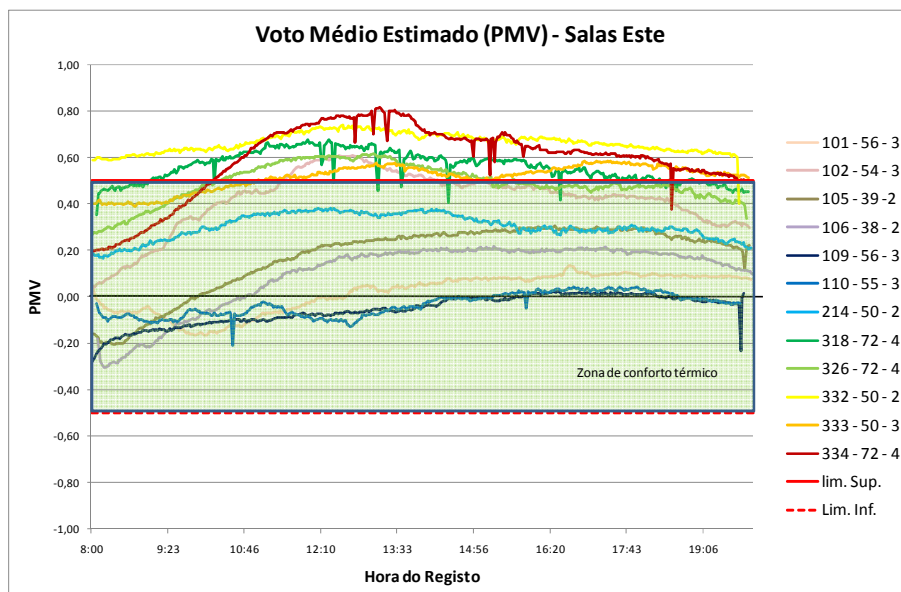


Figura 6 – Variação instantânea do índice PMV ao longo do dia nas salas da ala Este.

É de notar que as salas do terceiro piso apresentam curvas de evolução dos índices PPD e PMV muito semelhantes. Este facto deve-se à variação da exposição à luz solar directa ao longo do dia. A exposição inicia-se logo ao início da manhã, mantendo-se até cerca das 13H00. Nestas condições a temperatura sobe rapidamente no interior das salas, afectando o valor dos índices. No período da tarde, ainda que sem exposição directa à luz solar, a temperatura mantém-se em valores elevados, descendo muito lentamente.

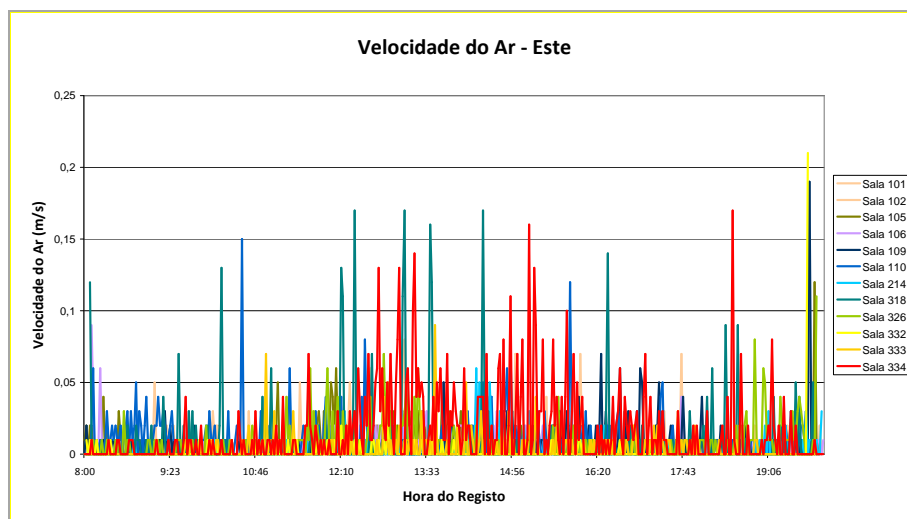


Figura 7 – Velocidade instantânea do ar ao longo do dia nas salas da ala Este.

Em todas as salas do piso 3 são excedidos os níveis ideais de conforto durante os períodos de tempo de maior utilização das salas. Observando as condições meteorológicas existentes nos vários dias em análise, facilmente se observa que as condições meteorológicas não explicam por si os resultados obtidos no terceiro piso. Este facto dever-se-á a um efeito conjunto de uma maior exposição destas salas à luz solar e ao acumular do ar mais quente nos níveis superiores do edifício.

As salas do primeiro e segundo pisos (com excepção da sala 102 que apresentou um resultado diferente pelo facto de as medições terem sido efectuadas num dia mais quente) apresentaram resultados indicadores da existência de conforto térmico ao longo de todo o dia.

O conforto térmico poderá ser garantido por medidas individuais de ajuste do vestuário usado, nas condições ambientais semelhantes àquelas em que se fez a análise do ambiente térmico.

Salas viradas a Oeste - No cálculo dos índices PPD/PMV destas salas considerou-se como índice de resistência térmica de vestuário, os valores constantes na tabela 8 variáveis consoante a temperatura exterior registada. Como índice de taxa metabólica foi considerado o valor de 1.2 met., atendendo à actividade dos alunos em sala de aula. As condições meteorológicas registadas foram as constantes na tabela 7.

Tabela 7: Condições meteorológicas nos registos das salas voltadas a Oeste

| OESTE | | | Das 8:00 às 13:00 horas | | Das 14:00 às 19:00 horas | |
|-------|------|------|-----------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|
| | Sala | IClo | Estado do Tempo | Temperatura °C (m e M) | Estado do Tempo | Temperatura °C (m e M) |
| | 111 | 0.8 | Céu limpo | 22.5, 27.9 | Céu limpo | 24.9, 28.9 |
| | 216 | 1 | Céu mt. nublado a nublado | 18.0, 19.3 | Céu pouco nublado | 19.5, 22.5 |
| | 217 | 1 | Céu limpo | 18.0, 23.7 | Céu limpo | 24.1, 21.9 |
| | 218 | 1 | Céu ligeir. nublado a limpo | 17.6, 26.7 | Céu limpo | 24.2, 27.5 |
| | 229 | 1 | Céu limpo- nublado- limpo | 15-* | Céu limpo | * |
| | 230 | 1 | Céu mt. nublado a pc. nubl. | 19.6, 25.0 | Céu pc. nublado a limpo | 24.3, 25.8 |
| | 319 | 0.8 | Céu limpo | 22.0, 26.6 | Céu limpo | 24.4, 27.2 |
| | 327 | 0.8 | * | * | * | * |
| | 337 | 0.8 | Céu pouco nublado | 21.7, 28.0 | Céu pouco nublado | * |

*Dados insuficientes

O conjunto das salas viradas a Oeste apresenta resultados com uma evolução muito semelhante entre as salas. A curva delineada pelo índice PMV demonstra que ao longo do dia o ambiente térmico das salas vai aquecendo, atingindo o máximo por volta das 18:30. Esta curva delineada pelas salas viradas a oeste denuncia uma grande influência do período de insolação na definição do ambiente térmico destas salas.

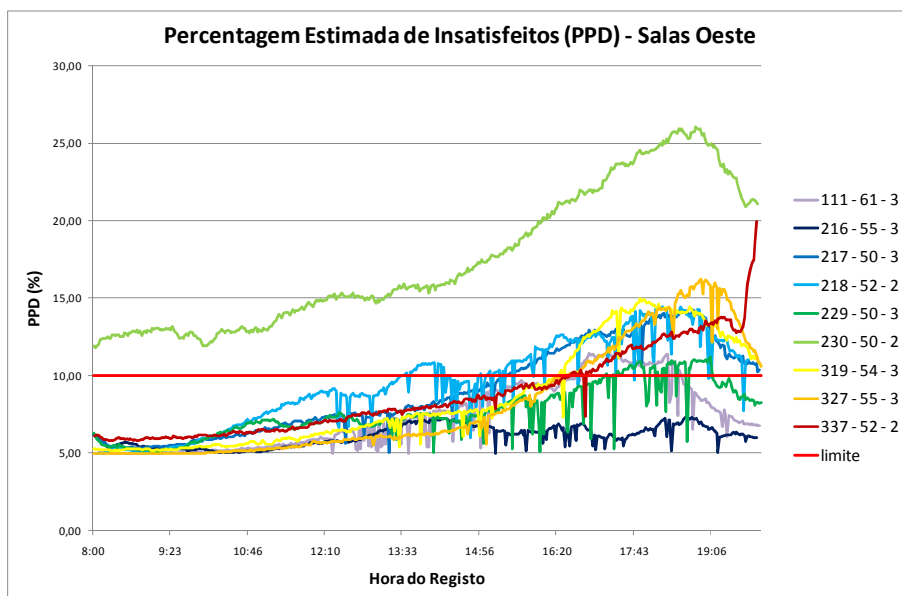


Figura 8 – Variação instantânea do índice PPD ao longo do dia nas salas da ala Oeste.

Observando os registos da percentagem estimada de insatisfeitos (figura 8) verifica-se que, nas condições de medição, as salas são confortáveis no período matinal passando a apresentar desconforto no período da tarde, o que se prende com a maior exposição à luz solar nesse período. Exceptua-se a sala 230 que se apresenta um ambiente desconfortável ao longo de todo o dia. Esse facto deve-se, no entanto, às medições terem sido efectuadas num dia particularmente quente.

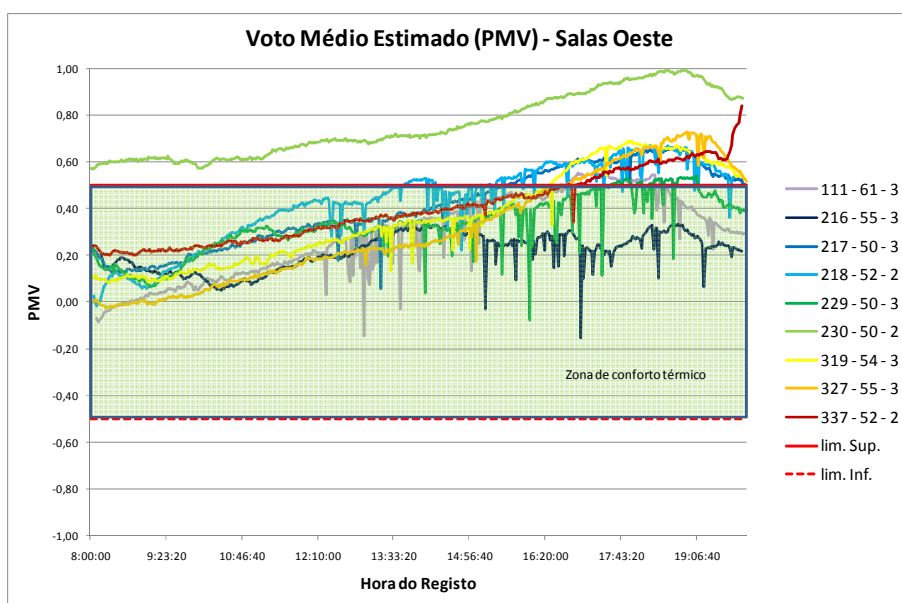


Figura 9 – Variação instantânea do índice PMV ao longo do dia nas salas da ala Oeste.

Verifica-se ainda que a partir das 16H30 em todas as salas se registaram valores fora do intervalo de conforto, com excepção da sala 216, na qual as medições foram efectuadas num dia com temperatura abaixo da média.

A figura 9 evidencia que a situação de desconforto, atrás evidenciada por uma percentagem estimada de insatisfeitos superior a 10%, se verifica por uma sensação ligeira de calor.

Mais uma vez os desvios verificados nas curvas PPD/PMV são devidos a aumentos pontuais da velocidade do ar (figura 10).

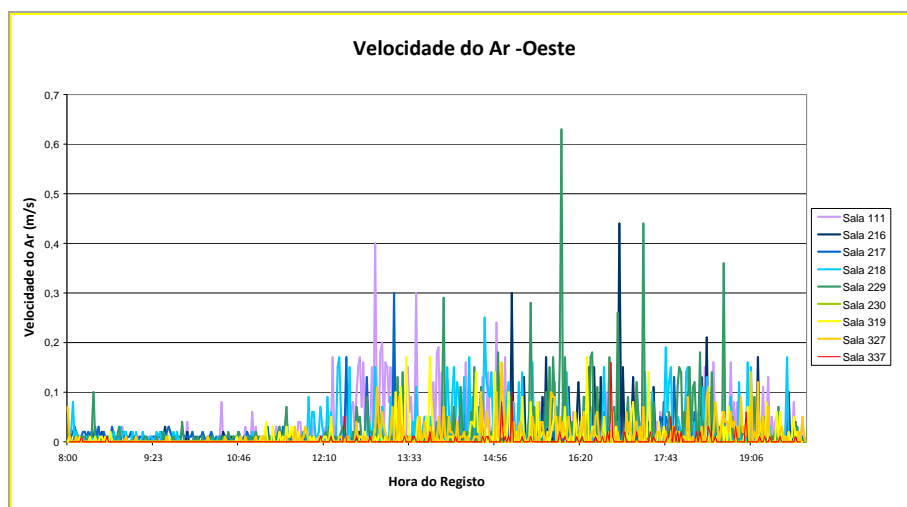


Figura 10 – Variação instantânea da velocidade do ar ao longo do dia nas salas da ala Oeste.

Conclusões

Dos resultados aqui apresentados podem ser retiradas algumas conclusões imediatas, apontando para a necessidade de soluções, tanto ao nível de controlo ambiental como de alocação das próprias salas. Assim, podemos dizer que:

- O grau de calor apresentado pelas salas aparenta ser influenciado pela insolação a que as estas estão expostas. Por observação dos valores de PMV verificamos que estes apresentam nas salas orientadas a Sul uma homogeneidade ao longo do dia; nas salas orientadas a Este (nascente) apresentam valores mais elevados a partir do meio da manhã, mantendo-se no período da tarde; as salas orientadas a Oeste (poente) apresentam valores mais elevados a partir do meio da tarde;
- Os pisos superiores apresentam, de forma particularmente diferenciada nas salas viradas a Este, valores absolutos dos parâmetros mais elevados que os dos pisos inferiores, o que significa piores condições de conforto;
- Melhorando, ainda que ligeiramente, as condições de ventilação das salas, as condições de conforto melhoram significativamente; a este facto se deve a razão pela qual, naturalmente, os alunos abrem as janelas e baixam os estores nos períodos de maior calor;
- A ser possível, uma alocação das salas atendendo às condicionantes apresentadas melhoraria significativamente as condições de conforto em que as aulas decorrem;
- Para as condições ambientais registadas no período de medições, e uma vez que os índices de PPD/PMV indicam na pior das situações uma ligeira sensação de calor, o conforto térmico pode ser garantido através do uso de vestuário adequado, uma vez que a alteração do Iclo se traduz em alterações dos índices de conforto térmico PPD/PMV.

Apesar de tudo e numa análise global, podemos concluir que as salas-de-aula planas da FEUP não registam condições preocupantes de utilização. Apesar de as medições apresentadas terem

sido feitas num ano em que temperaturas no período de verão foram inferiores à média, não foram, em qualquer caso, registados valores críticos.

REFERÊNCIAS

- [1] Miguel, Alberto Sérgio S.R., *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho 6ª edição*. Porto Editora, 2002
- [2] Guyton, Arthur C., *Tratado de Fisiologia Médica 8ª edição*. Editora Guanabara Koogan S.A., 1992
- [3] Neufert, Prof. Ernst, *Arte de Projectar em Arquitectura 10ª edición* (version de la 21ª Edición Alemana por M. Company, Ing). Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1964
- [4] Rubener, M, *Hundbuch der Hygiene* Leipzig 1927
- [5] Chávez del Valle, Francisco Javier. *Zona variable de confort térmico. ... (localidade).. Dissertação de Doutoramento, UPC, 2002*
- [6] <http://www.eps.ufsc.br/ergon/disciplinas/EPS5225/aula6.htm> (10/04/2008)
- [7] Silva, Emerson Malvino da; Mateus Deusmar . *O CONFORTO TÉRMICO NA CIDADE DE UBERLÂNDIA –MG.* “<http://www.ig.ufu.br/2srg/3/3-54B.pdf> (02/02/2008)
- [8] Wargoocki P, Wyon DP, Matysiak B, Irgens S, *The effects of classroom air temperature and outdoor air supply rate on the performance of school work by children*
- [9] Indoor air 2005: Proceedings of the 10th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Vols1-5: 368 – 372, 2005. Tsinghua University Press, Tsinghua University Haidianqu, Beijing 100084, Peoples R China
- [10] <http://portal.isiknowledge.com> (16/08/2007)
- [11] Guoqiang Zhang , Cong Zheng , Wei Yang , Quan Zhang , Demetrios J. Moschandreas, *Thermal Comfort Investigation of Naturally Ventilated Classrooms in a Subtropical Region*
- [12] <http://ibe.sagepub.com/cgi/content/abstract/16/2/148> (17/08/2007)
- [13] http://pt.wikipedia.org/wiki/Faculdade_de_Engenharia_da_Universidade_do_Porto (05/03/2007)
- [14] http://www.oasrn.org/obra_proxima.php?id=2 (05/03/2007)
- [15] NELSON, T. M.; NILSSON, T. H.; HOKINS, G. W. Thermal comfort: advantages and deviations. ASHRAE transaction, v 93, p 1039-1054, 1987.
- [16] Hamdi, M.; Lachiver, G.; Michaud, F. *A New Predictive Thermal Sensation Index of Human Response*. Energy and Buildings, Vol. 29, 1999, p. 167-178.
- [17] Trebien, Rodrigo; Mendes, Nathan; Oliveira, Gustavo H. C. Sensibilidade do Índice PMV e regiões de Conforto visando o aperfeiçoamento de Climatizadores Ambiente Construído, Porto Alegre, v.7, n.2, p. 71-87, jul/set 2007. ISSN 1678-8621 – 2007, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído <http://www.antac.org.br/ambienteconstruido/pdf/revista/artigos/Doc144192.pdf> (20/10/2007)

- [18] Do people like to feel 'neutral'? *Humphreys, Michael; Hancock, Mary*, Energy and Buildings 39 (2007) 867-874
- [19] Humphreys, Michael, *Field studies of thermal confort compared and applied*, Department of the environment: Building Research Establishment, Watford, UK Current Paper CP76/75, 1975
- [20] M.A Humphreys, J.F. Nicol, Do People like to feel "neutral"? Response to the ASHRAE scale of subjective warmth in relation to thermal preference, indoor and outdoor temperature, ASHRAE Transactions 110 (2) (2004) 569-577
- [21] Mehnert, P.; Malchaire, J.; Kampmann, B; Piette, A.; Griefahn, B.; Gebhardt, H. *Prediction of the Average Skin Temperature in Warm and Hot Environments. Eur J Appl Physiol, Vol 82, 2000, p.52-60.*
- [22] Serres, L.; Trombe, A.; Miriel, J. *Flux Solaires Absorbés par l'occupant d'un Local Vitré. Int J Therm Sci, Vol. 40, 2001, p. 478-488*