

Artigo REF: 11A008

## CONFORTO TÉRMICO E PRODUTIVIDADE - APLICAÇÃO DE MODELOS PREVISIONAIS NO SECTOR DA CONSTRUÇÃO

Ricardo França Lopes<sup>1</sup>, João Santos Baptista<sup>1(\*)</sup> e Miguel Tato Diogo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Engenharia da Univ. do Porto, Centro de Inv. em Geoambiente e Recursos, Porto, Portugal;

<sup>2</sup>U. Fernando Pessoa - Ctr Inv. em Alter. Globais, Energ., Amb. e Bioeng. (CIAGEB), Porto, mtatod@ufp.pt ;

(\*)Email: jcb@fe.up.pt

### RESUMO

*No presente artigo faz-se uma análise de alguns modelos de determinação da produtividade para o sector da construção civil através da sua aplicação a dados recolhidos em condições reais de trabalho. Analisa-se as condições da sua aplicabilidade e fragilidades, nomeadamente no que concerne à estabilidade dos seu resultados e às limitações do âmbito da sua aplicação.*

**Palavras-chave:** ambiente térmico; modelos; construção civil.

### Introdução

O Ambiente Térmico pode ser caracterizado por um conjunto de parâmetros que influenciam o organismo humano. Em termos ocupacionais, é um factor que intervém, de forma directa ou indirecta, na saúde e bem-estar dos trabalhadores e, conseqüentemente, na realização das tarefas que lhes estão atribuídas.

A influência do ambiente térmico é um assunto que tem sido alvo de diversos estudos. Verifica-se no entanto, que desses, poucos são aqueles que incidem sobre o sector da construção enquanto ambiente de trabalho não controlado. Sendo esta indústria caracterizada pela realização de actividades ao ar livre, sob a acção directa dos elementos, os seus trabalhadores estão sujeitos a fenómenos como ondas de frio e de calor, pluviosidade e insolação. Considerou-se, por isso, que se tornava premente a realização de um estudo que analisasse a influência do ambiente térmico neste sector, em particular nas fases em que não é possível haver controlo sobre as condições térmicas em que se desenrola o trabalho. Isto é, enquanto a “obra não está fechada”.

A Construção Civil é frequentemente referida como crítica no que toca às questões relativas à Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho. No entanto, se por um lado aspectos relativos à segurança, como quedas em altura, soterramentos, esmagamentos, têm sido alvo de muita análise e reflexão, por outro lado, as temáticas com maior influência sobre a saúde dos trabalhadores e o rendimento do trabalho têm sido menos abordadas. É nelas que se insere este nosso trabalho. A premência de estudos neste sentido é grande, não só em países quentes de África, América ou Ásia, mas também no Sul da Europa em que as temperaturas sobem frequentemente, no verão, a valores superiores a 25°C. Com estas temperaturas e quando a humidade é elevada, a possibilidade de ocorrência de situações de risco para a saúde como golpes de calor, queimaduras ou fadiga térmica cresce e, conseqüentemente, baixa o rendimento do trabalho.

O ambiente e o conforto térmico são definidos internacionalmente por um conjunto de normas, nomeadamente as ISO 7243, ISO 7933 e ISO 7730. Estas normas definem, respectivamente, os parâmetros WBGT (*Wet Bulb Globe Temperature*), SWreq (*required sweat rate*), PMV (*Predicted Mean Vote*), PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*), não estão, no entanto, desenhadas para a análise de ambientes exteriores em que a variação das condições de conforto ao longo do tempo é de difícil controlo.

### Exposição do caso em estudo

Em face do que foi dito, pretendemos efectuar uma primeira análise comparativa das condições de variação do ambiente térmico em duas situações distintas a que, por questões de simplicidade de exposição chamaremos obra aberta, i.e., durante os trabalhos de execução da estrutura do edifício, antes da colocação de alvenaria (figura 1) e obra fechada, i.e., após a conclusão da colocação da alvenaria interior e exterior (figura 2). Os dados para o estudo foram recolhidos para ambas as situações



Figura 1 – Obra aberta



Figura 2 – Obra fechada

A obra localizava-se na freguesia de Canidelo, em Vila Nova de Gaia – Portugal, a algumas centenas de metros da costa atlântica.

### Recolha de dados

A recolha de dados processou-se entre Março e Setembro de 2006, sob diversas condições atmosféricas, e foi feita num piso por dia, durante o dia completo de trabalho, tendencialmente das 9H00 às 17H00. O intervalo de registo de dados adoptado foi de 1m40s.

### Meios utilizados na medição e no tratamento dos resultados

O equipamento utilizado compreendia uma unidade de base para medições ambientais da marca LSI - modelo BABUC A – BSA10 com, porta série RS 232, com 11 entradas e memória para 20.000 medidas com as seguintes sondas:

- Sonda de globo preto opaco, modelo BST 131;
- Sonda de fio quente para medição da velocidade do ar, modelo BSV 101
- Sonda psicométrica para medição da humidade relativa, modelo BSU 102
- Sonda de temperatura ambiente, modelo BST 101
- Sonda de temperatura húmida natural, modelo BSU 121

Foi ainda utilizado o programa INFOGAP Vers. 2.20 Cod. MW 6501 da LSI para aquisição e tratamento de dados de acordo com as normas internacionais ISO. Tivemos disponíveis os módulos específicos para ambientes moderados e quentes.

### Valores medidos e calculados

Foram medidos a temperatura ambiente do ar ( $t_a$ ), a temperatura de bolbo húmido ( $t_w$ ), a temperatura de globo ( $t_g$ ), a velocidade do ar ( $v_a$ ) e a temperatura de bolbo húmido natural ventilado ( $t_{nw}$ ) com o intervalo de registo acima indicado. A partir destes valores foram calculados vários índices de conforto, dos quais importa sublinhar o Voto Médio Previsível ( $PMV$ ), a Percentagem Previsível de Insatisfeitos ( $PPD$ ), Humidade relativa ( $RH$ ), WBGT

Exterior (*WBGT Ext*) e *WBGT Interior (WBGT In)*. Os resultados abaixo apresentados centram-se apenas em três desses valores, *ta*, *RH* e *PMV*.

Nos gráficos seguintes estão representados os valores registados em alguns dos dias em que foram efectuadas medições, bem como valores calculados do *PMV*. É de referir ainda que alguns destes últimos valores calculados, para o caso da obra aberta, o foram a partir da média dos anteriores, uma vez que a velocidade do ar ultrapassava  $1 \text{ m.s}^{-1}$ .

Como resulta facilmente de uma observação simples das figuras 3 a 8, quer para o caso da “obra aberta” quer para o de “obra fechada”, dificilmente se encontram padrões que nos permitam prever, de forma simples, qual a evolução dos diferentes parâmetros ao longo do dia. Verificamos também que o parâmetro *humidade relativa* apresenta maiores flutuações do que a temperatura. Também se observa, a partir do *PMV*, que para “obra aberta”, todos os trabalhos se realizam fora do intervalo de conforto térmico.

Em todos os gráficos, em abcissas estão representadas as horas em que foram registados os respectivos valores.

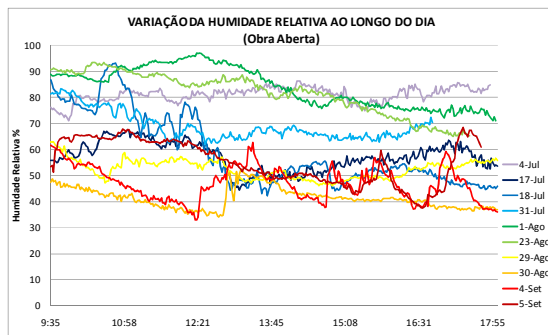


Figura 3 – Obra aberta – humidade relativa

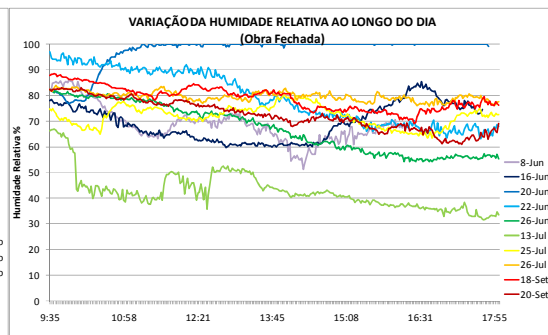


Figura 4 – Obra fechada – humidade relativa

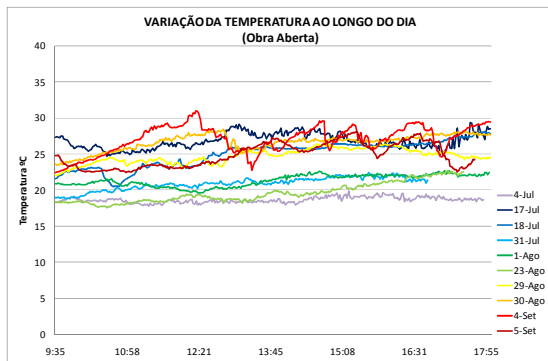


Figura 5 – Obra aberta – temperatura

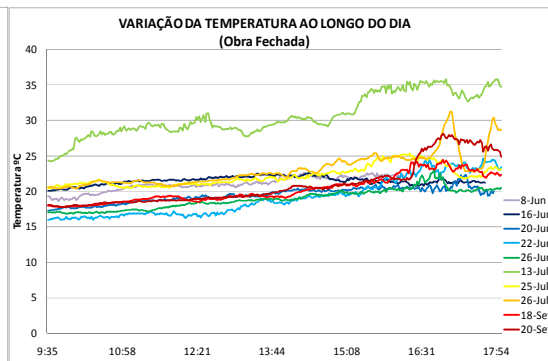


Figura 6 – Obra fechada – temperatura

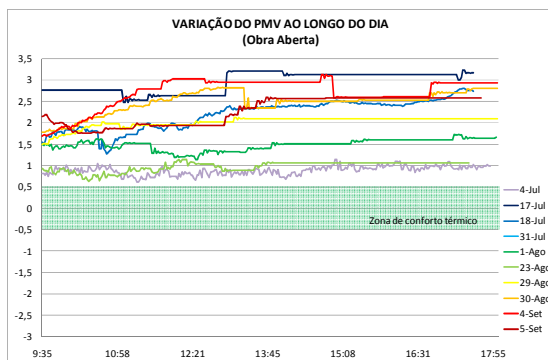


Figura 7 – Obra aberta – PMV

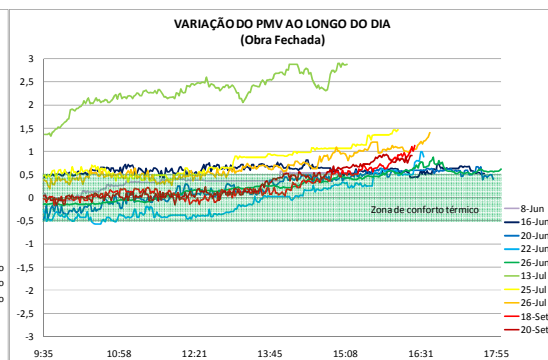


Figura 8 – Obra fechada – PMV

Todos nós temos consciência, até por experiência própria, que o conforto térmico vai influenciar o rendimento do trabalho. Em particular quando estamos perante climas demasiado quentes e/ou húmidos, ou demasiado frios. Assim, e a partir dos dados apresentados nas figuras 3 a 8, muitas questões podem ser colocadas, nomeadamente em que medida eles vão influenciar a produtividade e se essa influência é ou não significativa.

Tratando-se de um problema fundamental, não só de um ponto de vista de condições de trabalho e de saúde dos trabalhadores mas também sob um ponto de vista económico e de rendimento do trabalho, vários autores já se debruçaram sobre o problema. Para ambientes confinados e controláveis, já estão, mesmo, publicadas normas internacionais, a algumas das quais já fizemos acima menção. O problema maior situa-se nos ambientes não confinados e não controláveis, ou seja no trabalho ao ar livre, no qual se incluem grande parte das actividades da construção civil. É neste último segmento que se encontra o nosso trabalho. Nele procuramos dar início a uma abordagem sistematizada, começando por identificar e caracterizar problemas, para numa fase seguinte poder apontar para soluções.

### **Modelos Teóricos Produtividade**

Para a determinação do rendimento, ou produtividade, do trabalho já vários autores propuseram modelos. Todos eles têm virtudes e limitações. Nos parágrafos seguintes iremos apresentar alguns desses modelos e os resultados da sua aplicação aos nossos dados.

#### ***Modelo de Koehn & Brown***

Estes autores coligiram uma elevada quantidade de dados publicados relativos à produtividade de actividades como escavação manual e com equipamentos, trabalhos de carpintaria, electricidade e pedreiros entre outros, e ajustaram duas funções em que relacionam a produtividade com a temperatura do ar ( $t_a - ^\circ F$ ) e a humidade relativa ( $RH - \%$ ), uma para ambientes frios ( $P_c$ ) e outra para ambientes quentes ( $P_w$ ).

$$P_c = 0,00144T_a - 0,00313RH - 0,000107 (T_a)^2 - 0,000029(H_r)^2 - 0,0000357 (T_a RH) + 0,647 \quad (\text{Eq 1})$$

$$P_w = 0,0517T_a + 0,0173 RH - 0,0032 (T_a)^2 - 0,0000985 (H_r)^2 - 0,0000911 (T_a RH) - 1,459 \quad (\text{Eq 2})$$

A equação 1 é aplicável a ambientes frios ou frescos, com temperaturas compreendidas entre -29 °C a 10 °C e a equação 2 a ambientes quentes com temperaturas entre os 21 °C e os 49 °C.

Através do uso destas equações Koehn e Brown verificaram que abaixo de 35% de Humidade Relativa a produtividade não é afectada por alterações na mesma, assim como concluíram que abaixo de -29 °C e acima de 43 °C dificilmente será possível obter uma produtividade óptima. Deixaram, no entanto, em aberto um espaço para temperaturas entre os 11 °C e os 20 °C.

Apesar da aplicação destas funções aos dados recolhidos levantar um problema relacionado com o facto de uma parte dos valores se situarem abaixo dos 20 °C, nomeadamente em “obra fechada”, não quisemos deixar de o fazer. A razão prende-se sobretudo com o facto de pretendermos analisar o comportamento e a estabilidade das funções propostas. Isso permite-nos compará-las com outras e avaliar a adequabilidade da sua resposta às condições em análise.

Os resultados apresentados nas figuras 9 e 10 permitem-nos constatar que, de acordo com este modelo, ocorrem com frequência variações nas condições de produtividade da ordem dos 10% ao longo de um dia de trabalho, chegando mesmo, em alguns casos, a valores próximos dos 20%. Verificamos ainda que as condições de produtividade sobem ao longo do dia com a diminuição da humidade relativa. Aparentemente, e apesar de o modelo ter sido desenhado a partir de um ajuste efectuado a partir de valores reais, parece existir uma contradição nos resultados uma vez que, em princípio, para o final do dia os trabalhadores estariam mais

cansados o que conduziria a uma menor produtividade. Esta é uma questão não respondida pelo modelo e a ser respondida em posteriores trabalhos.

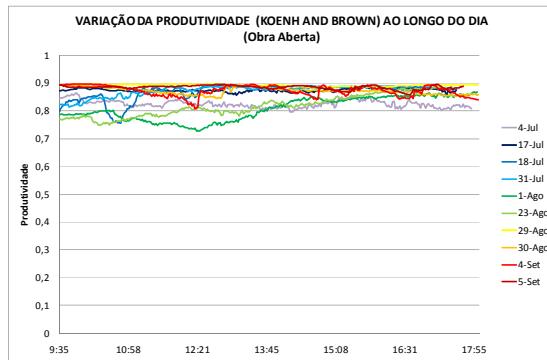


Figura 9 – Obra aberta – Produtividade

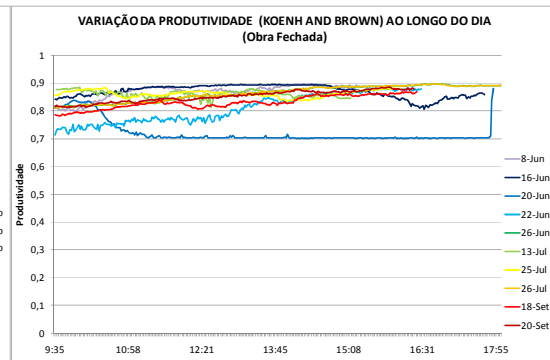


Figura 10 – Obra fechada – Produtividade

### Thomas & Yiakoumis

Na investigação desenvolvida, estes autores procuraram, tal como Koehn e Brown investigar o impacto da temperatura e da humidade relativa. Thomas e Yiakoumis, no entanto, debruçaram-se mais sobre actividades de construção. Recolheram dados a partir de algumas obras em curso, e usaram um método de regressão linear a partir de cujo ajuste obtiveram a seguinte relação:

$$PR = 9.448 + 0.0518 Ta - 2.89 \ln(ta) + 3.89 \times 10^{-37} e^{(RH)} \quad (\text{Eq 3})$$

Em que PR é o rácio da performance prevista (verificado/previsto), *ta* a temperatura do ar às 13h00 (°F) e *RH* a humidade relativa, também às 13h00 (%). De acordo com os autores, seria possível a partir destes valores determinar a produtividade do dia de trabalho.

Limitaram a validade dos resultados ao intervalo de temperaturas compreendidas entre os 11 e os 28 °C e para humidades relativas de 19 a 85%. Dos dados por nós recolhidos, a generalidade encontra-se dentro deste intervalo.

Como PR indica de que forma é que o ambiente térmico afecta a produtividade, este pode ser usado para descontar os efeitos do tempo. Para tal é necessário assumir que a eficiência prevista é inversamente proporcional a PR, sendo obtida por:

$$E = 1 / PR \quad (\text{Eq 4})$$

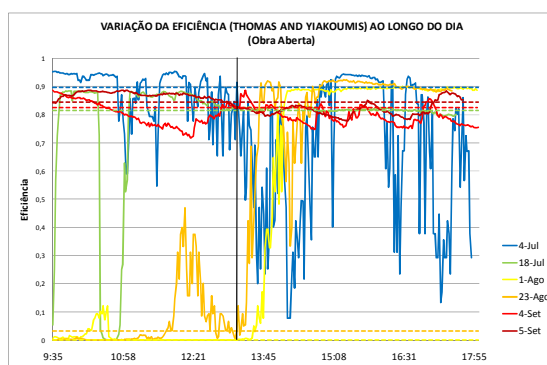


Figura 11 – Obra aberta – Eficiência

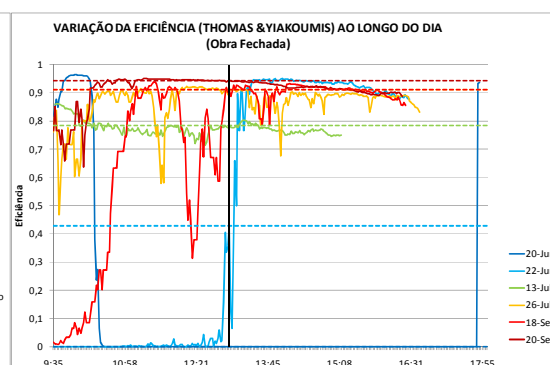


Figura 12 – Obra fechada – Eficiência

Nas figuras 11 e 12 podemos observar o valor da eficiência instantânea calculada a partir deste modelo, representada pelas linhas contínuas. A tracejado encontra-se o valor proposto como referência pelos autores, o qual corresponde ao calculado a partir de *ta* e *RH* para as 13 horas locais. Nesta análise pode-se constatar a elevada instabilidade do modelo, muito

susceptível a pequenas oscilações da humidade relativa. Parece-nos, por isso, evidente a sua rejeição em futuros estudos.

### **Mohamed Sherif & Korb Srinavin**

Ao contrário dos modelos anteriores, este assenta os seus resultados não directamente em  $ta$  e  $RH$  mas no parâmetro  $PMV$ . Para desenvolver o modelo  $PMV$ -produtividade, foi estabelecido um método baseado na combinação da teoria da incomodidade (efeitos do ambiente físico na produtividade) e da primeira lei da termodinâmica (equilíbrio térmico entre o corpo e o meio ambiente).

O método proposto parte da premissa que é um conjunto de parâmetros, climáticos e pessoais, que satisfazem o equilíbrio térmico entre o corpo e o ambiente térmico e conduzem a um conforto óptimo. Se esse equilíbrio térmico não for satisfeito o ambiente não está optimizado. A equação de equilíbrio térmico não fornece, no entanto, qualquer medida que permita aferir o modo como alguém se sentiria nesse mesmo ambiente.

Neste modelo é assumido que a produtividade pode ser prevista como uma função do índice  $PMV$  que, por sua vez, tenta avaliar o nível de desconforto. Assim, a produtividade deverá melhorar se o “valor” do  $PMV$  “fornecer” um estímulo que eleve o conforto dos trabalhadores para níveis óptimos. Esta premissa é assumida, uma vez que o  $PMV$  é calculado a partir de uma combinação de parâmetros do ambiente térmico, das tarefas desempenhadas e da roupa dos trabalhadores.

Por outro lado, para relacionar  $PMV$  com a produtividade foi necessária a obtenção de uma grande quantidade de dados. Assim, através do estudo de trabalhos anteriormente publicados, foram obtidos duzentos conjuntos de dados, relativos a sete tarefas de construção distintas (escavação manual, elevação de aço, trabalho de pedreiro, de electricista, de carpintaria e manuseamento de equipamentos).

Estes dados foram usados para o cálculo de  $PMV$ , que por sua vez foi correlacionado com dados obtidos relativamente à produtividade através do uso de uma regressão polinomial. Isto resultou na obtenção de três modelos diferentes para a obtenção da produtividade para tarefas leves, moderadas e pesadas, respectivamente.

$$PL = 102 - 0.80PMV - 1.84(PMV)^2 \quad (\text{Eq 5})$$

$$PM = 102 + 1.19 PMV - 2.17 (PMV)^2 \quad (\text{Eq 6})$$

$$PH = 83 + 21.64 PMV - 9.53 (PMV)^2 + 0.91 (PMV)^3 \quad (\text{Eq 7})$$

As três equações acima são aplicáveis para temperaturas compreendidas entre 5 a 45 °C. A produtividade máxima obtida a partir das mesmas não deverá ultrapassar os 100%. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) obtido a partir da regressão foi respectivamente 0.97, 0.95 e 0.95. Estes valores indicam que os modelos obtidos são robustos e que podem explicar mais de 90% da variabilidade da produtividade causada pelo ambiente térmico. Este factor de correlação é relativamente elevado, considerando que a produtividade na construção é afectada por diversos factores tais como: mau planeamento, falta de material, estaleiros congestionados, motivação, etc. A combinação das três equações numa só leva a uma grande redução do ( $R^2$ ) devido a sensibilidade do ritmo metabólico à natureza da tarefa a ser executada.

O exemplo apresentado nas figuras 13 e 14 refere-se a cálculos efectuados para tarefas pesadas (PH).

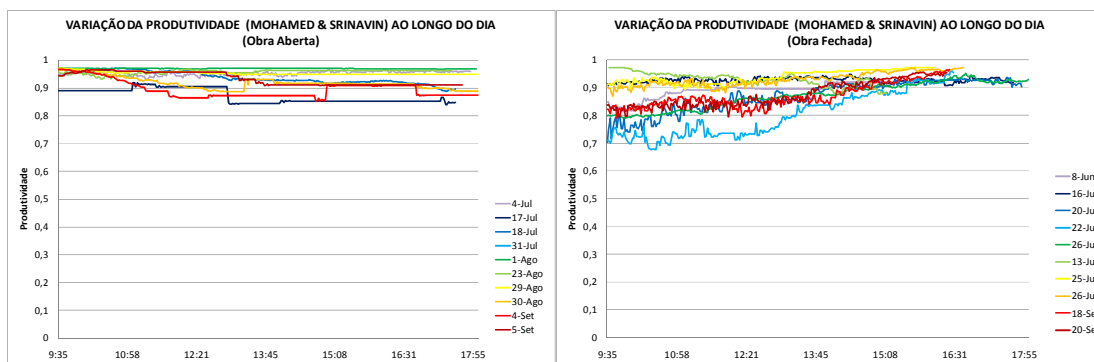


Figura 13 – Obra aberta – Produtividade

Figura 14 – Obra fechada – Produtividade

Apesar de toda a sua fundamentação e processo de validação apresentar valores de confiança muito elevados, este modelo apresenta uma debilidade ao nível de um dos parâmetros utilizados, o PMV. Por definição este parâmetro só é calculável para valores da velocidade do ar inferiores a  $1 \text{ ms}^{-1}$ . Isto significa que praticamente exclui a aplicação deste modelo em obra aberta uma vez que nesta situação esse valor é fácil e frequentemente ultrapassado. Daí, no caso por nós estudado em “obra aberta”, na generalidade dos dias tivéssemos a necessidade de calcular os valores em falta a partir da média dos anteriores. Nos dados apresentados, apenas os dias 4 e 18 de Julho foram excepção. Nos restantes dias o processo de inferição foi utilizado sempre em maior ou menor escala. Daí, talvez uma menor variabilidade dos valores da produtividade instantânea estimada para a “obra aberta”.

De qualquer modo, a análise das variações da produtividade ao longo do dia em “obra fechada”, para as condições estudadas, apresenta variações superiores a 20% ao longo do dia, num número significativo de dias.

### Análise dos resultados

Pela análise dos resultados obtidos, tanto a partir dos modelos de previsão do conforto térmico como dos de previsão da produtividade, facilmente se pode constatar da importância que esta temática envolve. Quer do ponto de vista da saúde laboral como sob uma perspectiva económica constata-se que o conforto térmico desempenha um papel relevante na análise das condições de trabalho na construção civil.

Mesmo na perspectiva restrita do rendimento do trabalho, e apesar de os dados recolhidos não se enquadrarem a 100% em nenhum dos modelos apresentados, foi possível chegar a resultados com alguma relevância. Em primeiro lugar permitiu-nos eliminar, por excesso de instabilidade e não dar garantias de representatividade dos resultados, o modelo apresentado por Thomas e Yiakoumis. Para os outros dois modelos analisados, constatamos que se apresentam com resultados coerentes e estáveis ao longo do dia de trabalho, mesmo quando o dados não se ajustam completamente às condições definidas para a sua utilização.

Como fragilidades que importa ultrapassar em futuros estudos temos, para o modelo proposto por Koehn e Brown, o estabelecimento de uma função de produtividade para temperaturas compreendidas entre os  $11^{\circ}\text{C}$  e os  $20^{\circ}\text{C}$ . Quanto ao modelo proposto por Mohamed e Srinavin, apesar da coerência da sua fundamentação, uma das suas principais fragilidades prende-se com a sua dependência do PMV, o qual não é calculável para velocidades do ar superiores a  $1 \text{ m.s}^{-1}$ .

### Conclusões

As conclusões a retirar do trabalho são fundamentalmente as seguintes:

- Podem ocorrer diferenças significativas nas condições de trabalho, ao nível do ambiente térmico, tanto ao longo do dia como nas diferentes fases da obra;
- A velocidade do ar desempenha um papel determinante no ambiente térmico;
- As condições de trabalho na construção civil variam significativamente ao longo do tempo e com o desenvolvimento da obra o que implica também uma variação do rendimento do trabalho se não forem tomadas medidas de atenuação adequadas;
- Necessidade de realização de estudos sistematizados para caracterização das condições de trabalho em ambientes não controlados.

## Referências

- Al-Mutawa, Nawaf / Hosni, Mohammed H./ Chakroun, Walid – Evaluation of human thermal comfort in offices in Kuwait and assessment of the applicability of the standard PMV model [2004]
- Bates, Gp – Minimising the effects of environment on health and productivity [2005]
- Belding, HS / Hatch, TF– Relation of skin temperature to acclimation to heat [1963]
- Belding, HS / Kamon, E– Heart rate and rectal temperature relationships during work in hot humid environments [1971]
- Belding, HS / Mead, J– Digital skin temperature and blood flow relationship following change in environmental temperature [1949]
- Brundrett, G. W – Controlling the built environment [1974]
- Chi, Chia-Fen / Chang, Tin-Chang / Hung, Kuei-Hui – Significant industry-source of injury-accident type for occupational fatalities in Taiwan [2004]
- Crawford, Paul / Vogl, Bernard – Measuring productivity in the construction industry Building Research & information [2006]
- Fisk, WJ / Faulker, D– Control of temperature for health and productivity in offices [2005]
- Gan, Guohui – Analysis of mean radiant temperature and thermal comfort [2001]
- Gun, Rt – Effects of thermal, personal and behavioural – Factors of the physiological strain, thermal comfort and productivity of shearers in hot weather. [1995]
- Hancher, Donn E. / Abd-Elkhalek, Heslam A. – The Effect of Hot Weather on Construction Labor Productivity and Costs [1998]
- Hancock, Pa – Human occupational and performance limits under stress: the thermal environment as a prototypical example [1998]
- Hettinger, Theodor – Improvement of the working Conditions by Modifications. Example Blast Furnaces [1983]
- Hewage, Kn / Ruwanpura, Jy – Carpentry workers issues and efficiencies related to construction productivity in commercial construction projects in Alberta [2006]
- Hodder, Simon G. / Parsons Ken – The effects of solar radiation on thermal comfort [2006]
- Hoppe, Peter – Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort [2002]
- Karyono, Tri Harso – Thermal comfort for the Indonesian workers in Jakarta [1995]
- Lang, Susan S. – Warm offices linked to higher productivity – Human Ecology [2005]
- Link, Jm / Pepler Rd – Associated fluctuations in daily temperature, productivity and absenteeism [1970]



- Lorsch, Harold G. / Abdou, Ossama A. - Impact of the building indoor environment on occupant productivity – part2: effects of temperature [1994]
- Lorsch, Harold G. / Abdou, Ossama A. - Impact of the building indoor environment on occupant productivity – part3: effects of indoor air quality [1994]
- MacArthur, J. W. – Humidity and Predicted-Mean-Vote-Based (PMV-Based) Comfort Control [1986]
- Markham, Steven E./ Markham, Ina S. – Biometrical effects on worker absenteeism [2004]
- Meese, G. B. / Kolk, R. / Lewis, M. I. / Wyon D. P. – Effect of moderate thermal stress on the potential work performance of factory workers – An interim report [1980]
- Mohamed, Sherif / Srinavin, Korb – Forecasting labor productivity changes in construction using the PMV index [2004]
- Mohamed, Sherif / Srinavin, Korb – Thermal environment and construction workers productivity: some evidence from Thailand
- Mun, Junghyon / Krarti, Moncef – Experimental analysis of thermal comfort-based controls [2004]
- Nagamo, Kazuo / Takaki, Akira / Hirakawa, Megumi / Tochiyama, Yutaka – Effects of ambient temperature steps on thermal comfort requirements [2005]
- Niemela, Raimo / Hannula, Mika / Rautio, Sari / Reijula, Kari / Railio, Jorma – The effect of air temperature on labour productivity in call centers – a case study [2002]
- Olesen, Bjarne W. – International standards and the ergonomics of the thermal environment [1995]
- Oliveira Nunes, Fernando M. D. - Segurança e Higiene do Trabalho – Manual Técnico [2006]
- Paquet Victor / Punnett, Laura/ Woskie Susan / Buchholz, Bryan – Reliable exposure assessment strategies for physical ergonomics stressors in construction and other non-routinized work [2005]
- Parsons, K. C. – International Standards for the Assessment of the Risk of Thermal Strain on Clothed Workers in Hot Environments [1999]
- Ramsey, Jerry D. / Burford, Charles L. / Beshir, Mohamed Youssef / Jensen, Roger C. – Effects of workplace thermal conditions on safe work behaviour [1983]
- Tanabe, S./ Hasebe, Y / Kimura, K / Haga, Y – Estimation of thermal sensation using PMV and SET under high air movement conditions [1993]
- Tincolini P. / Del Bino D / Castore I / Mercanti A – Thermal comfort and physiological responses of foundry workers [1970]
- Valvoda, Frank R. – Environmental effects on journeymen productivity [1974]