

Utilização de parâmetros climáticos na gestão da construção em altura

Climatic Parameters' Use in Construction Management in Height

Rosário Teixeira, Hélio Cavalcanti and J. Santos Baptista
FEUP

Abstract

By changing with height, air velocity will condition workers' comfort and productivity. Thus, the present study aimed to determine to what extent existing predictive productivity models for construction, focusing on thermal environment respond to this problem. In order to avoid bias, all data were collected in a real environment with properly calibrated equipment and in accordance with international standards. It was found that none of the applicable and more mentioned models in the literature gives appropriate response. So, it is open a new research field.

KEYWORDS: Construction of buildings, thermal environment, height, productivity.

1. INTRODUÇÃO

A produtividade na construção é influenciada por diversos fatores como o ambiente físico, a eficiência do método construtivo adotado, o incentivo salarial e um conjunto de condições de trabalho que garantem o bem-estar psicológico e físico dos trabalhadores. Dentro dos parâmetros físicos existe um fator pouco estudado mas com influência significativa, à medida que a construção evolui em altura, o ambiente térmico. A influência deste fator no bem-estar e, consequentemente, na produtividade dos trabalhadores da construção civil não é controlável diretamente. O facto de os trabalhadores estarem, na grande maioria das situações, diretamente expostos aos elementos atmosféricos, não permite um controlo direto deste fator. A abordagem terá, por isso, de ser distinta do habitual e direcionada para o problema. O trabalho desenvolvido e apresentado neste artigo tem como objetivo global o de perceber em que medida os diferentes modelos de medição da produtividade respondem à influência das condições de ambiente térmico, em particular as resultantes da variação da velocidade do ar em altura numa obra de construção civil.

2. MATERIAIS E METODOS

Foi considerado como caso piloto para a abordagem desta problemática, um empreendimento para habitação e comércio, localizado na primeira linha de mar em Vila Nova de Gaia/Portugal. O edifício é dividido em dois blocos (A e B), contudo, para fins do estudo a análise concentrou-se no Bloco A. Foram medidos os seguintes parâmetros nos diferentes pisos: velocidade do ar, temperatura e humidade relativa. Com os valores obtidos foi testado o comportamento dos modelos previsionais de produtividade desenvolvidos por Koehn & Brown (1985), Thomas e Yiakoumis (1987) e Mohamed & Sherif (2002). A recolha de dados ocorreu nos dias úteis entre os dias 20 a 30 de agosto de 2013, ao longo da jornada laboral, no intervalo 9h00 - 17h00. Durante o período de recolha a estrutura do edifício já estava finalizada, estando em curso os trabalhos de alvenaria interna. Tendo em atenção o carácter piloto do trabalho optou-se por efetuar registos em pontos com diferentes níveis de desenvolvimento da obra e diferentes níveis de exposição. Para a recolha dos dados foram utilizados os seguintes equipamentos: 1) Anemómetro WL-1 tipo concha (mede a velocidade do ar (V_a)) e, 2) Termómetro de Globo BABUC A – BSA10 (mede a temperatura do ar (T_a), humidade relativa (H_r) e temperatura radiante (T_r)). Os equipamentos foram calibrados e possuem uma precisão de acordo com a Norma ISO 7726 (1998). O intervalo (Δt) de registo de dados adotado nos equipamentos foi de 1 minuto, porém para efeitos de análise foram agrupados em intervalos de 10 minutos, pela média.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo dos sete dias de recolha de dados, verificou-se a variação dos dados a partir de gráficos de cada variável ambiental registada. Na Figura 1 são apresentados os gráficos de T_a e H_r ao longo dos diferentes dias de trabalho. A sua variação ao longo de cada um dos dias pode ser dividida em dois grandes grupos:

- No primeiro estão incluídos os dias 1, 2 e 3, nos quais o valor da temperatura foi subindo ao longo da jornada de trabalho dentro de um intervalo com uma curta amplitude, cerca de 8°C no dia 1 e de 3°C para os dias 2 e 3. Nestes dias, H_r foi baixando ao longo do dia de trabalho, sem apresentar variações significativas;
- No segundo grupo estão os dias 4, 5, 6 e 7, nos quais se verificou uma subida de T_a até a meio do dia, antes ou depois da hora do almoço. Depois o valor deste parâmetro desce significativamente. Em simultâneo há uma alteração brusca do valor de H_r .

No tocante à variação de V_a , verificou-se que apresenta maiores oscilações que os restantes parâmetros (T_a e H_r). Numa primeira análise, verifica-se no gráfico da esquerda na Figura 2 que o terceiro dia de registo é aquele com valores de V_a mais elevados. O facto de neste dia os equipamentos terem sido colocados no Bloco B pode ser a explicação para tal, ou seja, o Bloco B tem as fachadas com orientação Norte-Sul, o que na costa Norte portuguesa é significativo. Os ventos dominantes são de Norte e Noroeste, os quais, com frequência, alcançam velocidades elevadas durante a tarde. Diante disto, a análise à variação da velocidade do ar será feita sem considerar o registo do dia 3. Na Figura 2, no gráfico da direita, pode-se atestar que V_a sobe em altura, isto é, nos pisos mais altos, V_a é maior. O efeito dos ventos de

Norte e Noroeste continuam a ser fortemente influenciadores, uma vez que é no período da tarde que são registados valores de V_a mais elevados. A exceção é o dia cinco, uma vez que neste, o valor de V_a durante a tarde foi, praticamente nulo. Esta situação explica-se com o facto de os registos terem sido feitos num local praticamente sem aberturas para o exterior. No segundo dia, os valores mais altos de V_a foram registados no período da manhã. Isto verificou-se porque o dia apresentou valores de T_a “atípicos” para um dia de verão. Nestas condições, a diferença de temperatura entre o ar e a terra e o mar não era suficiente para a formação de ventos mais fortes.

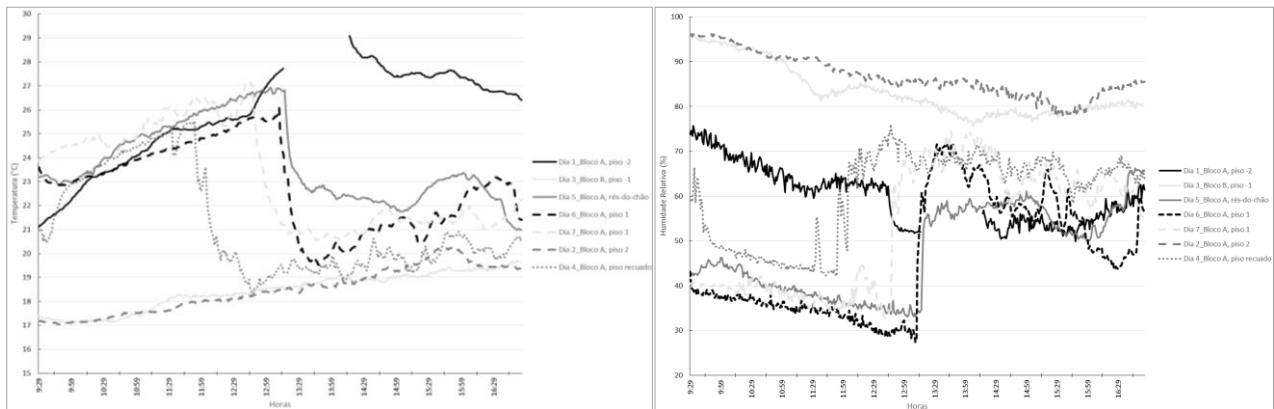


Figura 1 – Variação temperatura do ar (esquerda) e da humidade relativa (direita).

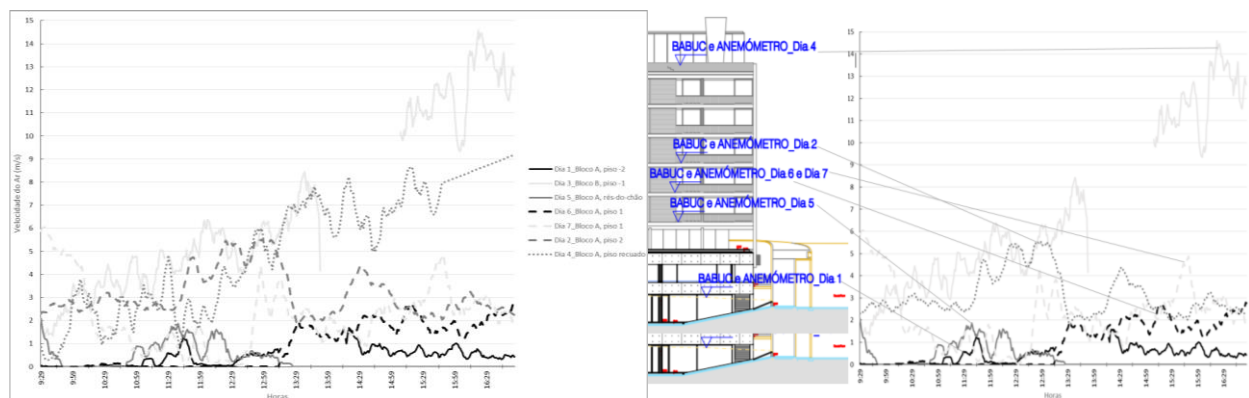


Figura 2 – Variação velocidade do ar ao longo de todos os dias (esquerda) e a variação sem o dia 3 (direita)

Após medição e análise dos parâmetros de temperatura, humidade relativa e velocidade do ar, os valores recolhidos foram utilizados nos modelos de produtividade de Koehn & Brown (1985), Thomas & Yiakoumis (1987) e de Mohamed Sherif (2002). Para cada um dos moledos foi obtida a variação da produtividade em cada um dos dias, procurando inferir se algum dos modelos era sensível à variação de V_a e, consequentemente, à altura.

Tendo em vista o gráfico a esquerda da Figura 3, pode-se concluir que, os valores de produtividade, segundo Koehn & Brown (1985), variam com a T_a e a H_r , o que era expectável, uma vez que a equação proposta pelos autores para aplicação em ambientes quentes, é função destas duas variáveis. Quando T_a sobe e H_r desce, genericamente, a produtividade tende a subir, o que acontece no período da tarde. Por outro lado, também se pode verificar que, para valores fora do intervalo de aplicação do modelo, no caso ambientes quentes em que os valores da temperatura do ar variam entre os 21 e os 49 °C, a produtividade tende a crescer com o aumento de T_a e a diminuição de H_r .

O modelo de Thomas & Yiakoumis também depende de T_a e H_r (gráf. direita da Figura 3). Os limites dos intervalos para os quais os resultados são válidos, são $11^{\circ}\text{C} < T_a < 28^{\circ}\text{C}$ e $19\% < H_r < 85\%$.

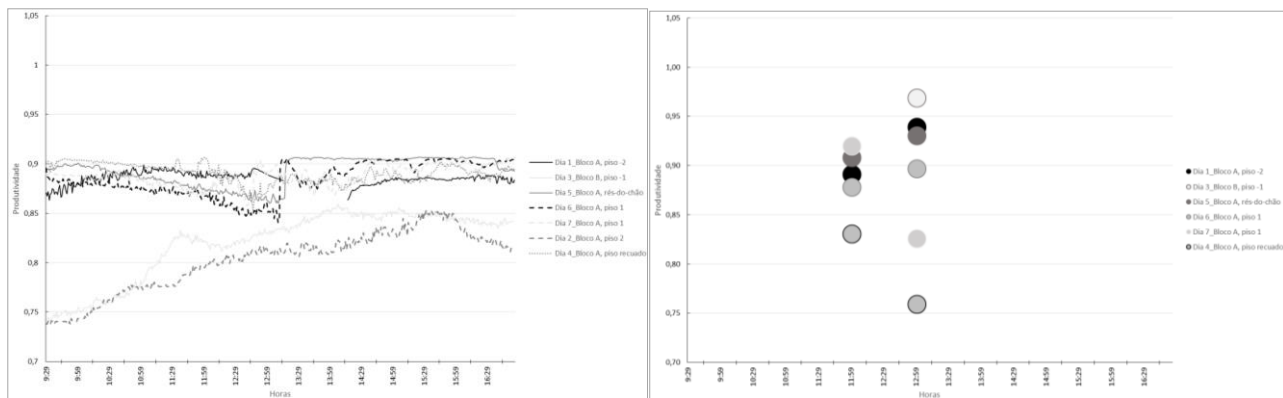


Figura 3 – Variações da produtividade - Koehn & Brown (esquerda) e de Thomas & Yiakoumis (direita).

Por último, analisando os resultados do modelo de Mohamed & Srinavin, verifica-se para valores $0.08 \leq PMV \leq 0.5$ (zona de conforto térmico segundo a ISO 7730 (2005)), os valores da produtividade para tarefas leves e moderadas atingem os valores máximos. No entanto, alguns dos valores previstos pelo modelo nesta gama de PMV, chegam a ultrapassar os 100%, o que não tem significado prático. Para valores de PMV, neste mesmo intervalo, a produtividade para tarefas pesadas é baixa, tendo sido atingido o valor mínimo de 85% para um valor de PMV de 0.08 que é o inverso do esperado. Para uma gama de valores de PMV entre 0.5 e 1.00, o modelo prevê valores de produtividade para tarefas leves e moderadas máximos e para tarefas pesadas muito próximos dos valores máximos. Esta falta de congruência e convergência de resultados deve-se ao facto de os valores limite de V_a e T_a , para validação dos resultados, terem sido ultrapassados. Daqui se conclui que o modelo não é de todo aplicável às situações em análise.

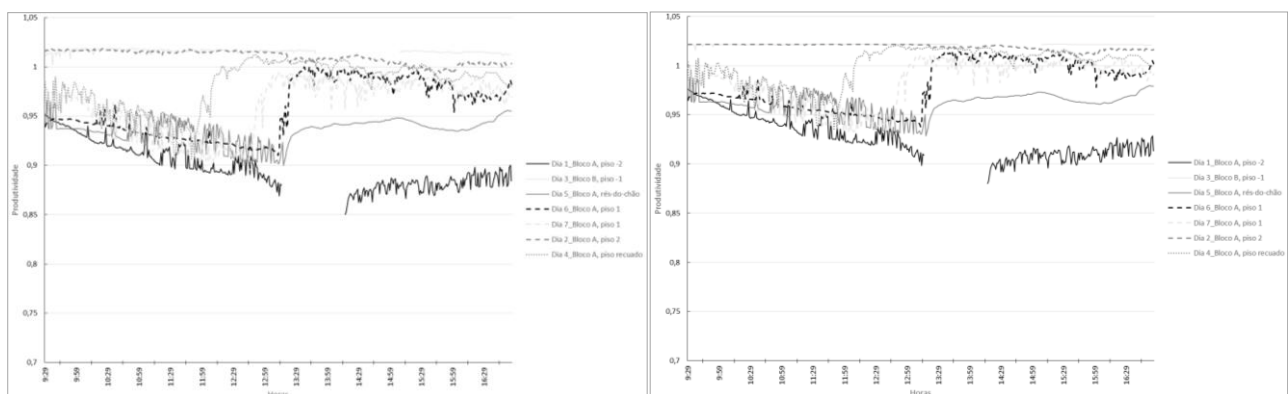


Figura 4 - Variação da produtividade - Mohamed & Srinavin - tarefas leves (esq.) e moderadas (dir.) ao longo do dia.

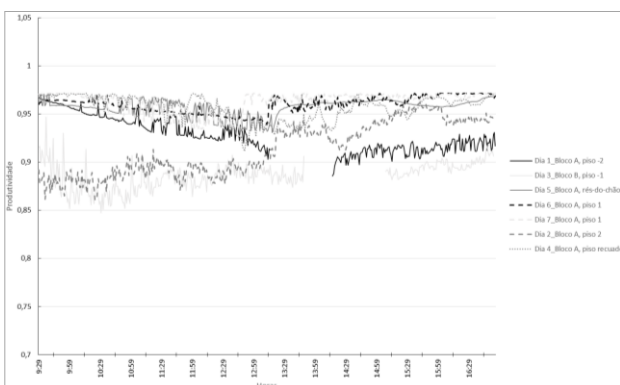


Figura 5 - Variação da produtividade - Mohamed & Srinavin - tarefas pesadas, ao longo do dia.

4. CONCLUSÕES

A atividade da construção expõe os trabalhadores a condições atmosféricas extremas, tais como: chuva, vento, calor, frio e radiação solar. Estes fatores condicionam a sensação de conforto e a capacidade produtiva dos trabalhadores. As condições ambientais no local de trabalho, em particular o ambiente térmico, constituem uma das peças chave na gestão do processo produtivo. Assim, pode-se questionar em que medida a é que velocidade do ar, um dos parâmetros influenciadores do conforto e do ambiente térmico, ao variar com a altura e ao longo do dia vai influenciar a produtividade na construção em diferentes patamares.

Da recolha de dados efetuada, foi possível confirmar que com o aumento da altura na qual se processam as tarefas, os trabalhadores estão expostos a velocidades do ar crescentes, indo ao encontro do que é constatado empiricamente, no decorrer dos trabalhos em obra.

No entanto, os valores obtidos através da aplicação dos três modelos de produtividade não apresentam aderência à realidade. Os valores resultantes da sua aplicação são muito próximos da produtividade máxima, sendo que em algumas situações foi mesmo ultrapassado esse valor. Esta constatação abre as portas a um novo campo de investigação de grande utilidade prática, em particular para a gestão dos trabalhos na construção em altura.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais (MESHO) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), todo o apoio no desenvolvimento e divulgação do trabalho desenvolvido.

6. BIBLIOGRAFIA

- Mohamed, S., Korb, S. (2002). Thermal environment and construction workers productivity: some evidence from Thailand. *Building and Environment*, 38, 339–345.
- Koehn, E., Brown, G. (1985). Climatic effects on construction. *Journal of Construction Engineering and Management ASCE*, 111, 129 – 37.
- Thomas, H., Yiakoumis, I. (1987). Factor model of construction productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*, 113, 623–39.
- International Organization for Standardization. (1998). *ISO 7726 - Thermal environments-instruments and methods for measuring physical quantities*. Switzerland, 1998.