

*Licinia Balkestahl\**

# **Características Dominantes da Ilha de Calor Urbano Diurna (Paranhos-Porto)**

## **Resumo**

Este trabalho constitui uma abordagem preliminar em que se pretendeu efectuar um estudo descritivo e de caracterização da evolução temporal da Ilha de Calor Urbano na freguesia de Paranhos, cidade do Porto. Analisa-se brevemente a evolução temporal e a estrutura espacial, mas com especial incidência nas propriedades dominantes da Ilha de Calor Urbano diurna. Através da determinação do ritmo da variação da Ilha de Calor Urbano, em ciclos de 24 horas, foi possível caracterizar os aspectos dominantes da ICU nocturna e diurna, nomeadamente o padrão temporal da ICU. Concluímos que no período em análise ocorre com frequência Ilha de Calor de intensidade considerável e variável, tendo sido evidenciado que, como cidade representativa de latitudes subtropicais, a ICU diurna assume na área de estudo uma dimensão e magnitude consideráveis, especialmente durante a estação quente.

**Termos chave:** *Ilha de calor urbano diurna, máxima intensidade da ICU, padrão temporal da ICU, cidades de latitudes subtropicais, estação quente*

---

\* Faculdade de Letras da Universidade do Porto, Departamento de Geografia, Portugal; balkestahl@mail.telepac.pt

**Abstract** This paper is a preliminary approach that was intended to make a descriptive study to characterize the temporal evolution of the Urban Heat Island in the parish of Paranhos, Porto. We analyze briefly the temporal evolution and spatial structure, but with particular focus on the dominant properties of the Urban Heat Island in the daytime. By determining the pace of change in Urban Heat Island, in cycles of 24 hours, it was possible to characterize the dominant aspects of UHI at night and in daytime in particular the temporal pattern of the UHI. We concluded that during the period under review the UHI appears often, with significant and variable intensity and has been shown that, as a city representative of subtropical latitudes, in the study area the UHI shows daytime a widespread and a considerable magnitude, especially during the warm season.

**Keywords:** Daytime Urban Heat Island, maximum intensity of the UHI, temporal pattern of the UHI, subtropical latitude towns, warm season

## 1. Introdução

Segundo a perspectiva mais clássica dos estudos sobre Ilha de Calor Urbano (ICU), esta ocorre fundamentalmente durante a noite, 3 a 5 horas após o pôr-do-sol, devido a um arrefecimento bastante mais lento do ar, em meio urbano, relativamente à periferia rural circundante<sup>1</sup>.

Neste trabalho pretendeu-se efectuar uma análise/caracterização não só da ilha de calor nocturna, como também da ilha de calor diurna, nas vertentes da sua magnitude e evolução temporal. Para a consecução dessa tarefa foram efectuados registos térmicos em 6 postos fixos localizados experimentalmente em diversos locais da freguesia de Paranhos (Porto). Apesar de a ICU diurna estar ainda pouco estudada, existem vários trabalhos sobre o tema, especialmente concentrados em cidades de grande dimensão localizadas em latitudes subtropicais, verificadas fundamentalmente durante a estação quente, nomeadamente no Japão<sup>2</sup>.

---

1. Oke, T.R., *Boundary layer climates*, Routledge, London and New York, 1987, pág. 291

2. Fujibe, Fumiaki, "Urban warming in Japanese cities and its relation to climate change monitoring", *The 7th International Conference on Urban Climate*, Yokohama, Japan, 2009:

A área de estudo – a freguesia de Paranhos – integra-se na parte NE da cidade do Porto, no Noroeste da Península Ibérica, num território da margem meridional da zona temperada do norte, mas com influências subtropicais da circulação proveniente do norte de África, enquadrando-se segundo Alcoforado<sup>3</sup> no domínio bioclimático atlântico.

Em trabalho de 2005<sup>4</sup> comprovamos os resultados de estudos anteriores<sup>5, 6</sup> sobre a ocorrência de Ilha de Calor Urbano na área de estudo. Privilegiamos agora, conscientemente em detrimento da análise espacial, a estrutura temporal da ICU, aplicando uma metodologia que permitisse anular o efeito do factor altitude<sup>7</sup> na variação térmica, o que nos permitiu determinar com maior acuidade a real magnitude e a evolução temporal pormenorizada da Ilha de Calor Urbano na área de estudo.

## 2. Metodologia

### 2.1 Recolha de dados

Procedeu-se à recolha da informação durante o período de 21 de Agosto de 2004 até 17 de Fevereiro de 2005<sup>8</sup>, em 6 postos fixos previamente escolhidos<sup>9</sup>, com recurso a sondas térmicas armazenadoras de dados (dataloggers tipo

---

“The models applied to sunny summer conditions, in which heat islands develop in the presence of the «extended sea breeze» (Kondo, 1990), have revealed widespread urban-induced anomaly of daytime temperature around Tokyo (Kimura and Takahashi, 1991; Kusaka et al., 2000; Japan Meteorological Agency, 2005)...”

3. Conjuntamente com outros autores (M. J. Alcoforado *et al.*, 1982) foram combinados os índices de Gaussen e Emberger para definir cinco domínios climáticos com base nos dias biologicamente secos.

4. Balkeståhl, L., Os efeitos da intensificação dos processos de urbanização no balanço energético local: Estudo de caso no pólo da Asprela, tese de mestrado, FLUP, Porto, 2005.

5. Monteiro, Ana., *O Clima Urbano do Porto*, Fundação Calouste Gulbenkian, 1997

6. Góis, Joaquim, Contribuição dos Modelos Estocásticos para o Estudo da Climatologia Urbana, FEUP, Porto, 2002

7. Andersson, K., C., Ekeblad, Högsommardagar i Sverige 1917-2003. Department of Physical Geography, Earth Sciences Centre Göteborg University, Göteborg, 2004

8. Efectuaram-se registos de meia em meia hora mas por necessidade de adaptação aos dados da estação de referência foram utilizados somente os dados horários.

9. A localização dos postos de medição de foi escolhida com base no critério de que deveria ser representativa de áreas com diferentes densidades de ocupação do solo, ambientes distintos e de diferentes altitudes.

Tinytalk)<sup>10</sup> de grande capacidade de memória (Figura 1), sendo as horas de registo programadas de forma a que fossem coincidentes com as horas de registo das observações sinópticas da estação de referência.

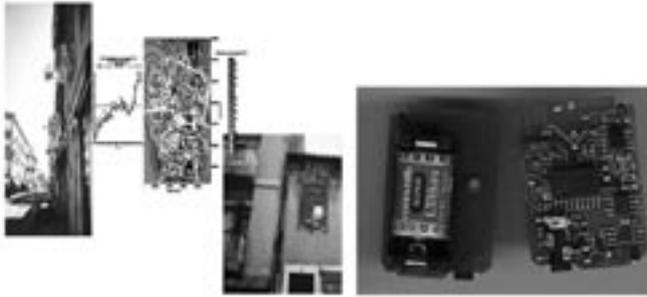


FIGURA 1: POSTO DE MEDIÇÃO (R. COSTA CABRAL); SONDA TÉRMICA TINYTALK UTILIZADA NA AQUISIÇÃO DE DADOS

A análise das medições efectuadas nestes postos fixos (Figura 2) teve também a finalidade de testar a metodologia proposta, a qual está presente-mente a ser alargada a outras áreas da cidade do Porto.

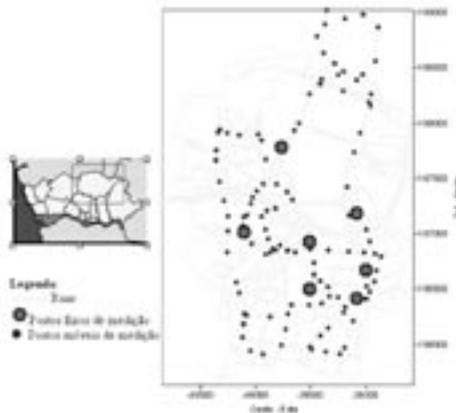


FIGURA 2: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, POSTOS DE RECOLHA DE DADOS, FIXOS E MÓVEIS

10. No prosseguimento da recolha de dados estão a ser utilizados dataloggers do tipo Tinytag e sondas armazenadoras de dados modelo Tinytag Plus 2 (TGP 4500).

## 2.2 Processamento/Tratamento dos dados

Procedeu-se à compilação dos dados e os valores de temperatura medidos e os registados na estação de Porto-Pedras Rubras foram corrigidos ao nível do mar<sup>11</sup>. Calcularam-se as anomalias térmicas (potenciais) urbanas horárias de cada posto de medição relativamente à estação de referência<sup>12</sup> e como critério para a existência de ICU, definiu-se preliminarmente o limite inferior de + 2 °C.

Foram calculadas as médias de  $(\Delta\theta)_U$  do conjunto dos 6 postos fixos, hora a hora, e procedeu-se à construção dos respectivos gráficos, relativos a diversos períodos: estes gráficos revelaram uma imagem média, suavizada, das características da variação temporal diária da intensidade da ilha de calor, evidenciando um padrão temporal que se repete diariamente, durante os períodos considerados, com algumas diferenças sazonais<sup>13</sup> (gráfico 1).

No sentido de tentar averiguar se surgem padrões espaço-temporais dominantes na ICU da área de estudo, foram construídas matrizes para ciclos de 24 horas, das 12 às 12, correspondentes a cada “dia completo” de ilha de calor, sendo assim evidenciados 100 dias com ocorrência de ICU nocturna e diurna. Em seguida foram calculadas as médias dos desvios relativos ao conjunto de todos os dias, em cada hora (média horizontal) e de cada dia de ciclos de 24 horas (média vertical) e procedeu-se à construção dos respectivos diagramas (gráfico 2).

---

11. A correcção adiabática tem por objectivo nivelar todas as temperaturas relativamente a um referencial comum, segundo a expressão  $\theta = T_{corr} = T + \Delta z * 0,98/100$ , em que  $\theta$  é a temperatura potencial e  $\Delta z$  é a altitude acima do nível médio das águas do mar (Balkestâhl, L., Estrutura espaciotemporal da Ilha de Calor Urbano, Cadernos do Curso de Doutoramento em Geografia, FLUP, Porto, 2009).

12. Segundo a expressão  $(\Delta\theta)_U = \theta - \theta_{aerop}$ , em que  $\theta$  é a temperatura potencial (Balkestâhl, L., Estrutura espaciotemporal da Ilha de Calor Urbano, Cadernos do Curso de Doutoramento em Geografia, FLUP, Porto, 2009).

13. Balkestâhl, L., Extensão temporal e magnitude máxima da Ilha de Calor Urbano - estudo de caso em Paranhos, Porto, Comunicação ao VII Congresso da Geografia Portuguesa, Coimbra, 2009.

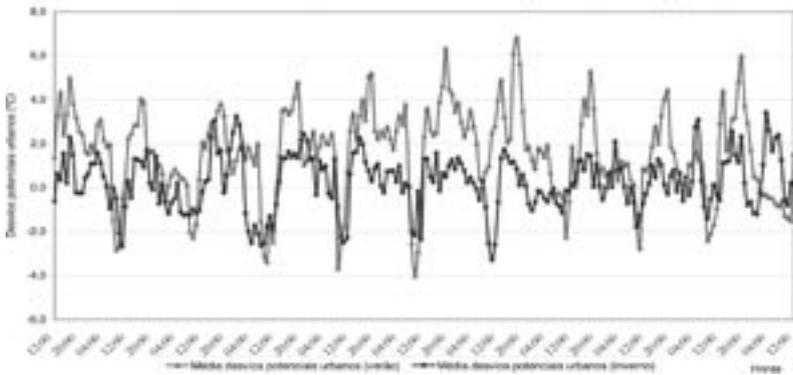


GRÁFICO 1 - VALORES MÉDIOS DOS DESVIOS POTENCIAIS URBANOS (6 POSTOS FIXOS, EXEMPLOS DE 10 DIAS DE VERÃO E DE INVERNO)

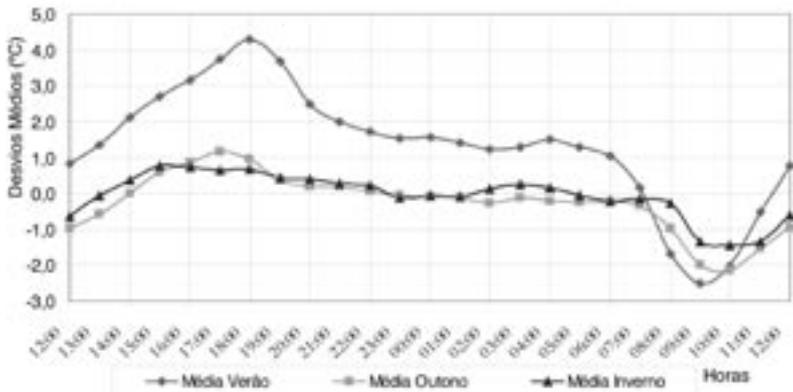


GRÁFICO 2 - MÉDIAS DOS DESVIOS POTENCIAIS URBANOS ( $\Delta\Theta$  °C), CICLOS DE 24 HORAS

### 3. Análise de Resultados

3.1 – Quanto à **incidência temporal sazonal** das diversas situações de **máxima intensidade** da ICU, pode salientar-se o seguinte:

- nos períodos considerados não se evidenciaram meses manifestamente detentores de maior número de situações de máxima intensidade de ICU<sup>14</sup>;

14. Chamada de atenção para Setembro de 2004, que apresenta o maior número de ocorrências, e de Outubro de 2004, que apresenta somente 8 ocorrências.

- relativamente à magnitude, os desvios de valor mais elevado ocorrem preponderantemente nos meses de Verão e início de Outono enquanto os meses habitualmente mais frios apresentam poucas ocorrências.

3.2 Quanto à **evolução temporal diária**, os diagramas revelaram que:

- a ICU nocturna de maior intensidade ocorre cerca de 3 a 5 horas após o pôr do sol e atenua-se mais ou menos lentamente após uma a duas horas depois do seu aparecimento, mantendo valores baixos, mas constantes, durante o resto da noite e da madrugada;
- a ICU nocturna, dependendo sobretudo da velocidade do vento – mas também da direcção – pode prolongar-se no tempo<sup>15</sup>;
- após o nascer do sol, durante um curto período, os desvios térmicos assumem valores muito baixos, a maior parte das vezes até negativos;
- a ICU diurna é intensa, sobretudo entre as 16h00/18h00, antes do pôr do sol;
- é evidenciada a forte variabilidade da ICU diurna e nocturna, assim como das “ilhas de frio” e respectivas magnitudes médias.

Face aos resultados relativamente surpreendentes sobre a intensidade da ICU diurna<sup>16</sup> (se comparados com a literatura clássica sobre o tema em áreas urbanas de latitudes médias<sup>17</sup>), pensou-se que seria conveniente reanalisar os dados, retirando do cálculo das médias de  $(\Delta\theta)_U$  os registos recolhidos no posto fixo que eventualmente poderiam estar a introduzir “ruído” na amostra. Nomeadamente o abrigo da sonda do posto B (R. Aval de Baixo), apesar do excelente arejamento, recebe radiação solar directa ao final do dia por apresentar uma exposição aberta a Oeste, facto que podia contribuir simultaneamente para:

---

15. Há casos em que a ICU se prolonga até às 02h00 ou mesmo 05h00, com valores máximos a essas horas tardias, o que habitualmente só se verifica em situações de calmaria ou vento muito fraco.

16. Não tão surpreendentes se levados em conta estudos mais ou menos recentes levados a cabo em cidades de latitudes relativamente baixas, subtropicais: Fujibe, Fumiaki, “Urban warming in Japanese cities and its relation to climate change monitoring”, The 7<sup>th</sup> International Conference on Urban Climate, Yokohama, Japan, 2009.

17. Oke, T.R., *Boundary layer climates*, Routledge, London and New York, 1987, pág. 291: “Urban heat islands have also been observed in low and high latitude settlements but there are insufficient data to establish relationships similar ...”

- por um lado, elevar os valores médios das temperaturas registadas e, consequentemente, desvirtuar o rigor dos valores dos desvios;
- por outro lado, deslocar temporalmente os valores máximos dos desvios para o final da tarde, exactamente quando a energia da radiação solar e da irradiação terrestre se conjugam para aumentar a temperatura do ar da baixa atmosfera.

No sentido de nos certificarmos de que não existia contaminação da amostra, foram trabalhados de novo mas agora individualmente os dados dos 6 postos fixos, segundo a metodologia anteriormente enunciada. Feita a sua análise, constatou-se que todos eles apresentam um padrão temporal idêntico, embora com magnitudes consideravelmente diferentes.

#### **4. Discussão**

A re-análise dos dados permitiu concluir que:

- o contributo do posto B para a elevação das médias de  $(\Delta\theta)_U$  é inferior a 10% no verão e cerca de 36% na época mais fria e, portanto, relativamente pouco significativo globalmente mas digno de observação mais atenta perante futuros dados mais pormenorizados;
- apesar de estar mais exposto ao efeito da radiação solar directa ao final do dia do que os outros postos, o posto B não apresenta um comportamento térmico diferente dos outros postos que não estão sujeitos à mesma exposição geográfica;
- o padrão temporal nocturno e diurno da ICU é idêntico em todos os postos;
- os valores dos desvios térmicos médios da ICU diurna são mais elevados que os valores dos desvios da ICU nocturna, em todos os postos.

No prosseguimento da nossa investigação, a área de aquisição de dados foi alargada e estão a ser recolhidos dados em áreas da freguesia e da cidade onde expectavelmente, os desvios térmicos deverão ser mais elevados, o que nos permitirá por um lado concluir sobre a magnitude máxima da ICU diurna e nocturna, sob o ponto de vista espacial; e por outro lado, será alargado o período de aquisição de informação às restantes estações do ano, o que nos permitirá verificar se estas características dominantes da ICU são específicas do período

analisado ou se podem ser generalizadas também aos períodos de Primavera/Verão.

Fica assim validada uma metodologia que nos permitirá determinar com maior acuidade a efectiva evolução temporal e a real magnitude da Ilha de Calor Urbano nocturna/diurna na área de estudo, apesar da relativa perda de informação sob o ponto de vista espacial.

No que se refere à aplicabilidade prática dos resultados obtidos deve evidenciar-se o facto de que o elevado aquecimento em época de Verão pode ocasionar consequências drásticas em termos de impactes na saúde pública (aumento do stress térmico) e na necessidade de elevados gastos de energia para arrefecimento de edifícios (generalização da procura de sistemas de ar condicionado de refrigeração e do concomitante drástico aumento da procura de energia). Considerando que os estudos sobre “aquecimento global” – seja qual for a sua origem – apontam para ocorrências de temperaturas significativamente mais altas nas épocas estivais na Europa do sul, o efeito desse aquecimento acrescido em meios urbanos pode vir a revelar-se desastroso.

Nesta perspectiva socioambiental, reiteramos a nossa convicção de que há toda a conveniência em compatibilizar sustentabilidade e governança no sentido de que as políticas urbanas possam responder de forma eficaz à complexa tarefa de gerir o território<sup>18</sup> com racionalidade, perseguindo objectivos de efectiva melhoria da qualidade de vida dos cidadãos.

## 5. Bibliografia

- Alcoforado, M. J., “O Clima da Região de Lisboa – Contrastes e Ritmos Térmicos”, C E G da UL, Lisboa, 1993.
- Alcoforado, M. J. , Alegria, M. F., Pereira, Ana R., Sirgado, C., Domínios Bioclimáticos em Portugal, definidos por comparação dos índices de Gaussen e de Emberger, Linha de Acção de Geografia Física, Relatório n.º 14, Centro de Estudos Geográficos, I.N.I.C., Lisboa, 1982.

---

18. Fernandes, J.A.R., Urbanismo sustentável: pela redução, reciclagem e reutilização da cidade. Revista da FLUP, II Série, Volume I, 2007-pp. 161-176.

- Andersson, K., C., Ekeblad, Högsommardagar i Sverige 1917-2003. Department of Physical Geography, Earth Sciences Centre Göteborg University, Göteborg, 2004.
- Araújo, M. Assunção F. P.- “Evolução Geomorfológica da Plataforma Litoral da Região do Porto, FLUP, Porto, 1991).
- Balkeståhl, L., Estrutura espaciotemporal da Ilha de Calor Urbano, Cadernos do Curso de Doutorado em Geografia, FLUP, Porto, 2009.
- Balkeståhl, L., Os efeitos da intensificação dos processos de urbanização no balanço energético local: Estudo de caso no pólo da Asprela, tese de mestrado, FLUP, Porto, 2005.
- Balkeståhl, L., Monteiro, A., Góis, J., Taesler, R. Quenol, H., The influence of weather types on the urban heat island's magnitude and patterns at Oporto – a case study from November 2003 to January 2005. Gotemburgo, 2006.
- Balkeståhl, L., Monteiro, A., Góis, J., Taesler, The sky view factor as an indicator for urbanization effects: case study in Paranhos, Porto. Oslo, 2007.
- Bergström, H., Vindpotentialen i Sverige på 1 Km-skala. Institutionen för geovetenskaper, luft och vattenlära. Uppsala Universitet, 2007.
- Fernandes, J.A.R., Urbanismo sustentável: pela redução, reciclagem e reutilização da cidade. Revista da FLUP, II Série, Volume I, 2007-pp. 161-176.
- Fujibe, Fumiaki, “Urban warming in Japanese cities and its relation to climate change monitoring,” The 7th International Conference on Urban Climate, Yokohama, Japan, 2009.
- Ganho, N. – “A ilha de calor de Coimbra sob diferentes condições de tempo de verão.” Territorium, Coimbra, 1995, 2, p.33-50.
- Geiger, R., “Manual de microclimatologia – O Clima da Camada do Ar Junto ao Solo,” Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1980, ISBN 972-31-0522-5.
- Góis, J., Contribuição dos Modelos Estocásticos para o Estudo da Climatologia Urbana, FEUP, Porto, 2002.
- Grimmond, C.S.B., “The suburban energy balance: methodological considerations and the results for a mid-latitude west coast city under winter and spring conditions,” International Journal of Climatology, vol.12, 1992, p.481-497.
- Monteiro, A, *O Clima Urbano do Porto*, Contribuição para a definição das estratégias de planeamento e ordenamento do território. Fundação Calouste Gulbenkian, 1997
- Monteiro, A. – “A Climatologia como componente essencial no diagnóstico e na avaliação dos impactos ambientais em espaços urbanizados. O caso da cidade do Porto.” Territorium, Coimbra, 1994, 1, p.17-22.
- Monteiro, A. – “Perceptibilidade, risco e vulnerabilidade em Climatologia- um estudo de caso no Porto.” Territorium, Coimbra, 1995, 2, p.51-63.
- Oke, T.R., Journal of Climatology, Vol. 1, pp 237-254, 1981.

- Oke, T.R., *Boundary layer climates*, Routledge, London and New York, 1987.
- Quenol, H.- *Modifications Climatiques aux Echelles Fines Générées par un Ouvrage Linéaire en Remblai*, USTL, Lille, France, 2002.
- Ramos, Catarina- *Tipos de Anticiclones e Ritmo Climático de Portugal*, Centro de Estudos Geográficos, INIC Lisboa 1986.
- Taesler, Roger, "Studies of the development and thermal structure of the urban boundary layer in Uppsala", Relatório N° 61, Uppsala, 1980.
- Taesler, Roger, *Lokalmeteorologiska förhållanden i Västra Ängby*, Knivsta, Rapport R 110:1978, Byggforskningen, Stockholm, 1978.
- Taesler, Roger, *Observational Studies of Three-Dimensional Temperature-and Windfields in Uppsala*, WMO-Symposium on Boundary-Layer Physics Applied to Specific Problems of Air Pollution, Norrköping, Sweden, 1978.

<http://weather.cnn.com/weather/forecast.jsp?locCode=LPPR>

<http://www.eumetsat.int/>