

Maria João Alcoforado
Henrique Andrade

Clima e Saúde na Cidade. Implicações para o Ordenamento

Embora os efeitos do tempo e do clima na saúde humana sejam conhecidos desde há muito, só recentemente os estudos de bioclimatologia humana adquiriram carácter científico, incluindo diversos estudos sobre morbilidade e mortalidade, devidas a situações meteorológicas extremas, particularmente as vagas de calor. Num contexto, em que se prevê uma continuação do aumento de temperatura do planeta, as cidades são particularmente vulneráveis, uma vez que este efeito global é exacerbado por características locais, nomeadamente o conhecido fenómeno da ilha urbana de calor. Para diversas cidades, existem estudos de previsão dos impactes do aquecimento global e foram preconizadas estratégias para a sua mitigação. O estudo de caso apresentado neste trabalho diz respeito a Lisboa. Tenta mostrar-se como a inclusão de aspectos climáticos no ordenamento pode ser usada como ferramenta para minimizar os efeitos nocivos do clima urbano sobre a saúde. Modificando ou adaptando determinados aspectos da morfologia urbana, multiplicando espaços verdes e permitindo uma ventilação adequada, será possível melhorar a qualidade do ar e diminuir o stress térmico dos habitantes e, assim, minorar os riscos associados ao clima urbano e ao aquecimento global, além de se alcançarem vantagens económicas, ainda insuficientemente estudadas, tais como a diminuição dos custos de climatização.

Even though the effects of weather and climate in human health have been known for a long time, only recently the studies on human bioclimatology have acquired a scientific nature. Several studies on morbidity and mortality due to extreme meteorological situations, particularly heat waves, have been recently published. In a context of global warming predictions, cities are particularly vulnerable, given that this global effect is exacerbated by local characteristics, namely the well-known phenomenon of the urban heat island. For several cities, there are studies on the prediction of the impacts of temperature increase, and strategies for the mitigation and adaptation have been recommended. The case study presented in this paper is related to the city of Lisbon. The authors show how the inclusion of climatic aspects in land use management can be used as a tool to minimize the effects of the urban climate in human health. By modifying or adapting certain aspects of the urban morphology, multiplying green areas and allowing adequate ventilation, it will be possible to improve the air quality and reduce the heat stress of the inhabitants. As a consequence, the risks associated with the urban climate and with global warming will decrease and several economic advantages may occur, such as the reduction of the acclimatisation costs.

1. Introdução

Os espaços urbanos criam problemas ambientais particularmente graves, nos quais a componente climática assume grande relevância. Esse facto, associado ao crescente peso demográfico das cidades (nomeadamente das *Megacities* – aglomerados urbanos com mais de 10 000 000 habitantes) confere uma relevância crescente às preocupações com o ambiente urbano e à procura de soluções para o melhorar. Segundo Mills (2006), a cidade sustentável é a nova utopia urbana. Pretende melhorar-se a qualidade de vida dos cidadãos, minimizando os impactos nas áreas exteriores às cidades. Os problemas do ambiente e da sustentabilidade urbana têm também de ser equacionados no contexto das mudanças globais, climáticas e não só, considerando as interacções complexas entre os dois fenómenos (clima urbano/mudanças globais), de natureza e escala muito diferentes (Oke, 1997; LCCP, 2002, 2006; IPCC, 2001, 2007; Alcoforado e Andrade, 2007). No entanto, quando se comparam os dois fenómenos, conclui-se que, em muitos casos, a influência da urbanização na temperatura das cidades é já actualmente semelhante ou mesmo superior aos efeitos esperados no futuro, a partir das previsões dos modelos climáticos globais (Grimmond, 2006, p. 222).

No presente trabalho, são apresentadas as particularidades do clima urbano e algumas das possíveis consequências das modificações climáticas globais e urbanas na saúde humana; na última parte, é referido, a partir do exemplo de Lisboa, como, através da introdução de orientações climáticas no ordenamento, se poderão mitigar os aspectos negativos e aproveitar as potencialidades do clima urbano.

2. O clima urbano

O clima urbano resulta da modificação das condições climáticas gerais pelas características físicas da cidade (nomeadamente a morfologia urbana) e pelo metabolismo urbano. O aspecto mais estudado do clima urbano é, de longe, a ilha de calor urbano (IC); esta engloba as áreas do centro da cidade com temperatura mais elevada do que a periferia rural. A IC é sobretudo um fenómeno nocturno e associa-se principalmente a tipos do tempo estáveis, com céu limpo ou pouco nublado e vento fraco. 1°C a 4°C são valores frequentes para a IC, embora se possam verificar intensidades muito superiores (Oke, 1987; Alcoforado e Andrade, 2006). A IC afecta o conforto e a saúde dos cidadãos, o consumo de energia e de água e a qualidade do ar. Outro importante aspecto do clima urbano é a modificação das condições de ventilação. O rumo e a velocidade do vento regional são modificados, na cidade, devido ao atrito acrescido pela rugosidade da superfície urbana (Oke, 1987; Lopes, 2003). Mas, apesar da diminuição significativa da velocidade média, podem ocorrer acelerações, em ruas por onde o vento é canalizado e os turbilhões, que se formam tanto a barlavento como a sotavento dos edifícios, conduzem a inversões localizadas do rumo do vento. Estas modificações nas condições de ventilação influenciam não só o campo térmico urbano (contribuindo para a formação da IC) mas também (e sobretudo) a qualidade do ar. Por outro lado, as situações de aceleração e aumento da turbulência ao nível das ruas podem originar condições de desconforto ou mesmo de risco para os peões. Por outro lado, em certas cidades, as precipitações convectivas podem ser intensificadas por influência urbana.

Indirectamente associado ao clima urbano, existe o problema das cheias rápidas, que são essencialmente do domínio hidrológico.

3. Clima urbano e saúde

3.1. *Aspectos gerais das relações clima e saúde e estudos levados a cabo em Portugal*

As relações entre clima e saúde são actualmente estudadas no âmbito da bioclimatologia humana (ou biometeorologia humana, Alcoforado, 2003; Andrade, 2003). A influência do estado do tempo e do clima sobre a saúde humana é reconhecida desde a antiguidade (sendo inevitável a referência a Hipócrates, com a sua obra “Dos ares, das águas, dos lugares”), mas só nos finais do séc. XVIII começou a adquirir um carácter científico (Besancenot, 2001). A procura de informação meteorológica e climática para fins médicos foi mesmo um dos principais factores impulsionadores da instalação das redes meteorológicas. Isto ocorreu também em Portugal onde, desde meados do séc. XVIII, se realizaram observações meteorológicas com um carácter pioneiro em várias cidades, sempre com o objectivo

de fornecer informação para fins médicos. Assim, o médico Heberden levou a cabo observações na Madeira de 1747 a 1753 e o Dr. Bento Lopes, no Porto, em 1792; merece destaque o início das observações regulares em Lisboa, por M. Franzini, em 1815, também a pedido de um médico, Dr. Gomes, que queria estudar a influência da atmosfera na saúde dos seus pacientes (Alcoforado *et al.*, 1999). A estação meteorológica estava correctamente localizada e equipada com os mais recentes instrumentos de medição dos elementos climáticos, aferidos periodicamente. As principais conclusões de Franzini sobre as relações clima/saúde/mortalidade foram publicadas na imprensa médica (Ex: *Revista das Sciencias Medicas de Lisboa*, Alcoforado *et al.*, 1999). No séc. XX, alguns médicos continuaram a trabalhar neste tema; citem-se, entre outros, D. G. Dalgado, F. Silva Teles e A. Narciso. Nesta data, existia mesmo uma publicação denominada *Clima, Higiene e Hidrologia*. Nos anos 70 e 80 do século XX, o Meteorologista Bento Rodrigues publicou uma série de artigos sobre tópicos gerais de biometeorologia humana, conforto e influência do tempo em certas doenças como reumatismo, cérebro-vasculares e asma.

Desde a década 90 do séc. XX, têm suscitado particular interesse os efeitos do tempo e do clima na morbidade e na mortalidade humana.

3.1.1. *Influência do tempo e do clima na morbidade humana*

Podem ser consideradas, quer as consequências das variações mais ou menos bruscas do estado do tempo, quer a influência do clima (com efeitos a médio ou longo prazo) sobre a saúde humana.

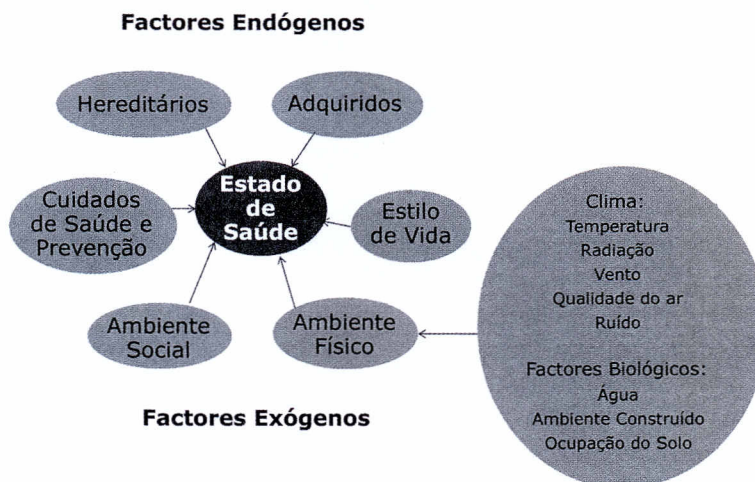
Nos anos 90 do século XX, alguns outros autores trabalharam sobre este tema, nomeadamente no Instituto Ricardo Jorge (ver 3.1.2) e no Serviço de Imunoalergologia do Hospital Dona Estefânia, em Lisboa, cuja equipa tem vindo a estudar o efeito do clima e do estado do tempo em crianças de diferentes países de língua oficial portuguesa. Estes estudos estiveram integrados no projecto ISAAC (*International Study of Asthma and Allergies in Childhood*), de que o coordenador português foi o Dr. Rosado Pinto. Entre outros artigos, cite-se aquele em que é estabelecida a correlação entre variáveis meteorológicas, a concentração de poluentes atmosféricos e a exacerbação da asma bronquial na criança (Almeida e Rosado Pinto, 1999). De entre estudos de geógrafos, cite-se um em que foi encontrada uma correlação estatisticamente significativa entre o número de problemas agudos de asma na criança e as situações sinópticas, na Primavera (Alcoforado, 1991). O tema também foi tratado no Porto por Monteiro (1997). No Departamento de Física da Universidade de Aveiro, parte de uma tese de mestrado foi dedicada ao assunto (Pinho, 1997).

3.1.2. Influência do tempo e do clima na mortalidade humana

A constatação do aumento acentuado de mortalidade em situações de vaga de calor (Kalkstein, 1997; Dessai, 2001) tem impulsionado este tipo de estudos. Em Portugal, foi a mortalidade desencadeada pela vaga de calor de Junho de 1981 que sobretudo despoletou o interesse por esta temática, culminando no desenvolvimento do *Índice Ícaro*, para alerta em situações de vagas de calor (Nogueira *et al.*, 1999). Note-se que, embora os valores máximos de mortalidade humana ocorram no Inverno nas médias e altas latitudes (incluindo em Portugal, Alcoforado *et al.*, 1999), não parece ainda possível encontrar uma associação clara entre vagas de frio e aumento da mortalidade: os picos de mortalidade invernais associam-se a combinações complexas de factores, assumindo um carácter muito mais indirecto do que o calor. Além das influências térmicas, variações bruscas de outros parâmetros meteorológicos e fenómenos extremos de diversos tipos podem associar-se a aumentos acentuados na mortalidade.

3.2. Consequências do clima urbano na saúde

O espaço urbano coloca problemas ambientais particularmente graves aos seres humanos. As modificações climáticas, que aí ocorrem, contribuem de forma acentuada para esses problemas, sendo de esperar que afectem, de alguma forma, a saúde humana. Obviamente, a influência do clima urbano sobre a saúde deve sempre ser considerada numa perspectiva integrada e multifactorial (figura 1).



Baseado em Hollander & Staatsen (2003)

Figura 1.
O lugar do clima entre os factores condicionantes do estado de saúde.

Os principais domínios climáticos com impacto biometeorológico no espaço urbano são o ambiente térmico, a qualidade do ar, o ruído e os efeitos mecânicos do vento (Andrade, 2003, 2005). Todas estas componentes são profundamente afectadas pelas características urbanas, as quais podem agravar os seus efeitos negativos. Por exemplo, as modificações que o espaço urbano provoca nas diferentes variáveis meteorológicas com influência térmica sobre o organismo humano – temperatura do ar, velocidade do vento, humidade atmosférica e temperatura radiativa – tendem a agravar os efeitos das vagas de calor; da mesma forma, a degradação das condições de ventilação e as temperaturas elevadas nas cidades têm um efeito negativo sobre a qualidade do ar, associando-se, evidentemente, às emissões elevadas de poluentes (Kalkstein, 1997).

Todos estes problemas devem ser equacionados no contexto do *Global Change/Global Warming*: até que ponto é que o somatório dos problemas climáticos urbanos, com aqueles que podem advir das mudanças climáticas globais podem levar ao agravamento dos riscos para a saúde humana?

4. Aquecimento global (AG) e impacte na saúde dos cidadãos

4.1. *Aquecimento global e clima urbano*

Não é simples a relação entre os problemas ambientais na cidade e os que são devidos ao aquecimento global (AG). Diferentes aspectos podem ser considerados (Alcoforado e Andrade, 2007).

4.1.1. *A influência do AG no clima e no ambiente urbano*

A asserção simplista, mas muito frequente, de que ao aquecimento global corresponde um aumento da intensidade da IC não se verifica necessariamente (Oke, 1997). A IC é a diferença de temperatura entre o centro urbano e a periferia e essa diferença pode manter-se constante (se o aquecimento for semelhante nas duas áreas) ou mesmo diminuir (se os tipos de tempo favoráveis à formação da IC se tornarem menos frequentes). Os cenários possíveis são regionalmente muito variados.

4.1.2. *A influência urbana no AG*

A influência das áreas urbanas no AG é sobretudo indirecta; o efeito térmico directo do aquecimento urbano no AG é virtualmente negligenciável (Oke, 1997), dado que a energia emitida pelas actividades humanas é cerca de 10 000 vezes inferior à energia enviada pelo Sol para a Terra (Crutzen, 2004).

4.1.3. *A possível influência do aquecimento urbano no “sinal climático” do AG*

As áreas urbanas contribuem para as mudanças climáticas globais essencialmente através das emissões dos gases de estufa, que poderão atingir 85 % das emissões totais (Oke, 1997). A instabilidade criada sobre as cidades (devido às temperaturas mais elevadas), pode facilitar a convecção desses poluentes e a sua entrada na circulação atmosférica, aumentando assim a sua influência global.

4.2. *Previsões dos impactes do AG sobre a saúde em meio urbano*

Os impactes do AG podem ser directos (resultando do efeito do aumento da temperatura sobre o corpo humano) ou indirectos (resultando das influências sobre outros sistemas bioquímicos, agentes patogénicos, poluentes, etc. – IPCC, 2001). Os principais impactes indirectos poderão resultar do incremento da produção de aero-alérgenos associados ao aumento de temperatura e enriquecimento da atmosfera em CO₂ (Epstein & Rogers, 2004; McMichael *et al.*, 2006), aumento da produção de O₃ e outros poluentes fotoquímicos devido às temperaturas mais elevadas e incremento das infecções transmitidas por insectos (McMichael *et al.*, 2006; Casimiro *et al.* 2006).

Muitas das consequências do AG sobre a saúde, embora não exclusivos das áreas urbanas aí assumem, contudo, maior gravidade, devido aos efeitos cumulativos do aquecimento global e do aquecimento urbano (Wilby e Perry, 2006). Hulme e outros (2001) afirmam que “In central London the urban heat island effect could add a further 5 to 6°C to temperatures during summer nights” (LCCP, 2001); as sinergias entre diferentes factores de agressão (altas temperaturas, poluentes, alérgenos), a concentração da população e das infra-estruturas tornam as cidades particularmente vulneráveis a fenómenos extremos (Kalkstein, 1997; Lindley *et al.*, 2006).

Diferentes autores referem possíveis consequências do AG sobre a mortalidade e morbidade (Dessai, 2002; Casimiro, 2006), sobre o consumo de energia e sobre outros seres vivos e ecossistemas (LCCP, 2002; Wilby e Perry, 2006). Embora sejam quase sempre enfatizadas as consequências negativas do AG, vários autores apontam igualmente possíveis efeitos positivos, associados sobretudo à diminuição dos extremos térmicos inverniais (LCCP, 2002; McMichael *et al.*, 2006).

Deve, contudo, ser referido que o grau de dúvida sobre todos esses impactos é bastante elevado, devido às limitações dos dados e modelos utilizados (Carter, 2001). De acordo com Dessai (2002) “...uncertainty is a crucial factor to assessing the impact of climate on health...”.

A intensidade dos impactes do AG dependerá, em primeiro lugar, da velocidade das mudanças climáticas: Viehhauser (2005) distingue entre mudanças graduais (aquecimento/subida do nível do mar/mudança climática zonal e a nível da vege-

tação), permitindo uma adaptação gradual dos ecossistemas naturais e humanos e mudanças na frequência e magnitude dos fenómenos extremos, com impactes mais drásticos sobre diferentes aspectos dos espaços urbanos.

Os aspectos que se relacionam com os impactes directos do AG (associado ao aquecimento urbano) na saúde humana têm sido objecto de alguma discussão. Nomeadamente, o balanço entre o aumento estival da mortalidade devido a vagas de calor e a sua possível diminuição no Inverno envolve uma certa controvérsia, dependendo, além disso, dos cenários considerados, dos contextos regionais climáticos e socioeconómicos e da possibilidade de adaptação (fisiológica e comportamental) das populações a temperaturas mais elevadas (Kalkstein e Green, 1997; Donaldson *et al.*, 2002; Dessai, 2002; McMichael *et al.*, 2006); o conjunto de incertezas em todos estes domínios pode levar a resultados muito variáveis. Kalkstein e Green (1997) sugerem que, até 2050, haverá um aumento de mortalidade estival de 70% a 100%, nas grandes cidades americanas. Contudo, Davis e outros (2003) consideram que as mudanças na relação entre clima e mortalidade, observada nas cidades americanas desde a década de 60 (diminuição acentuada da influência das vagas de calor sobre a mortalidade) tornam necessário ajustar as previsões de incremento da mortalidade com futuras vagas de calor para valores consideravelmente mais baixos. Outros autores consideram que, nas cidades das médias e altas latitudes, a diminuição da mortalidade invernal é maior do que o incremento devido às vagas e calor (Martens, 1997, com base na análise de várias cidades com diferentes tipos de clima; Keatinge *et al.*, 2000 – para a Europa; Donaldson *et al.*, 2002 – para Londres).

Em Lisboa, Dessai (2002) previu um incremento da mortalidade devida ao calor entre 5.8 e 15.1 (por 10^5 habitantes), dependendo dos diferentes cenários e modelos considerados; a aclimação (e ainda de acordo com Dessai, a hipótese de uma plena aclimação é a mais provável), poderá reduzir o impacte da mudança climática na mortalidade em 1.7 a 4.6 vezes. As populações urbanas dos países em desenvolvimento poderão ser particularmente vulneráveis aos impactes das vagas de calor, mas ainda não existem previsões disponíveis (IPCC, 2001). Em Portugal, como referem Casimiro e outros (2006), o crescimento e envelhecimento da população urbana permite esperar um aumento do impacte das situações com altas temperaturas.

4.3. Estratégias de mitigação e adaptação

A distinção entre mitigação e adaptação nem sempre é clara na literatura; a mitigação consiste na tomada de medidas para limitar o aquecimento urbano; algumas das medidas, que visam a redução da concentração de gases com efeito de estufa (GEE), podem também ter efeitos positivos adicionais na saúde humana

e na qualidade de vida em geral. Quando essas medidas de mitigação não são suficientes, torna-se necessária a adaptação, que corresponde ao ajustamento dos sistemas naturais ou humanos, em resposta aos estímulos climáticos existentes ou esperados, para moderar os efeitos negativos ou explorar oportunidades benéficas (IPCC, 2001).

As medidas de mitigação dos efeitos térmicos da IC e AG são largamente discutidas na bibliografia. A importância dos espaços verdes urbanos é salientada por diferentes autores. Um exemplo das potencialidades de um espaço verde de médias dimensões na mitigação de uma vaga de calor, no centro de Lisboa é dada pelo facto de que, no dia 4 de Agosto de 2005, a temperatura do ar nas áreas mais frescas do Jardim da Fundação Gulbenkian foi cerca de 7°C mais baixa do que nas ruas próximas (Andrade & Vieira, 2005).

O planeamento deve ser considerado em várias escalas e resulta dos diferentes *decisores*, desde o nível individual até ao governamental (Adger & Vincent, 2005; IPCC, 2001). Viehhauser (2005) salienta as dificuldades em compatibilizar as perspectivas temporais das decisões políticas, da duração das infraestruturas e dos cenários de *Climate Change*.

No planeamento de futuras implantações urbanas deve evitar-se aumentar o nível de risco, quer influenciando os factores de perigosidade, quer a vulnerabilidade futura ou a capacidade adaptativa dos sistemas urbanos. Em cidades costeiras, as brisas marítimas ou de estuário podem ser um importante factor de arrefecimento da atmosfera urbana; por exemplo, em Lisboa, a temperatura registada em Belém, em dias quentes de Verão, com vento regional fraco, pode ser vários graus inferior à do centro da cidade, devido ao efeito da brisa marítima (Alcoforado, 1987; Alcoforado *et al.*, 2006, ver à frente figura 3). Medidas de planeamento adequadas nas áreas ribeirinhas devem ser adoptadas para permitir a penetração da brisa na malha urbana (Alcoforado *et al.*, 2005).

5. A inclusão dos aspectos climáticos no ordenamento como ferramenta para melhorar a saúde na cidade. Exemplo de Lisboa.

5.1. *Clima urbano e ordenamento*

Apesar das características do clima urbano serem objecto de estudo há muito tempo, esses conhecimentos pouco se têm reflectido no planeamento e ordenamento urbanos (Oke, 2006; Eliasson, 2000; Mills, 2006; Alcoforado *et al.*, 2005; Andrade, 2005). Os principais trabalhos de aplicação foram levados a cabo na Alemanha e na Suíça a partir da década de 80 do séc. XX.

De acordo com Peltonen e outros (2005), "*Urban planning is a key tool for adaptation in the face of changing climate*". Através do planeamento, pretende-se mitigar os efeitos negativos e potenciar os efeitos positivos do AG. Em Portugal, a pre-

sença da temática climática nos Planos Directores Municipais limita-se, em geral, à inclusão de alguns valores médios, referentes às condições climáticas regionais. Alcoforado e Vieira (2004) analisaram os PDM de 16 concelhos, que incluem capitais de distrito, ou seja com uma taxa de urbanização muito elevada. Concluíram que as estações meteorológicas que servem de base ao enquadramento climático, nunca são representativas do clima da cidade (por norma expressa pela Organização Meteorológica Mundial), nem sempre são nomeadas, raramente são localizadas num mapa a escala que permita apreender outras influências, a que possam estar sujeitas (altitude, posição topográfica, proximidade do litoral, etc.). Também raramente são referidos os períodos de funcionamento das estações, as mudanças de localização e tão-pouco é testada a homogeneidade dos dados utilizados. Os valores médios de precipitação e de temperatura são os mais frequentemente referidos, sendo omitidos parâmetros estatísticos de dispersão e de forma, assim como os fenómenos extremos, cujo conhecimento poderia permitir evitar ou mitigar situações de risco. A informação é normalmente apresentada sob a forma de texto, sendo raríssimas as representações cartográficas e inexistentes mapas suficientemente detalhados, para que a informação neles contida possa ser útil para o planeamento e ordenamento do território.

5.2. *Exemplo referente a Lisboa*

O estudo do clima urbano de Lisboa tem sido desenvolvido desde a década de 80 (Alcoforado, 1986, 1987, 1992a e 1992b) e foi continuado mais recentemente no âmbito de três projectos (CLIMLIS, Projecto CML e URBKLIM,¹ encontrando-se este último ainda em curso, com resultados já divulgados em Oliveira e Andrade, 2007). Outros estudos sobre o clima urbano de cidades portuguesas foram apresentados por Ganho (1998), sobre Coimbra, por Monteiro (1997) e por Góis (2002), sobre o Porto; por Alcoforado e Taborda (1997) sobre Évora e por Pinho (1997), sobre Aveiro.

5.2.1. *A Ilha de calor urbano de Lisboa*

A IC de Lisboa tem sido objecto de diversos estudos (Alcoforado, 1992a e b; Lopes, 2003; Andrade, 2003; Alcoforado e Andrade, 2006). De noite, o núcleo da IC pode situar-se na Baixa ou, mais para Norte, nas Avenidas Novas. As áreas mais frescas localizam-se em geral em Monsanto ou na periferia Norte de Lisboa (figura 2, Andrade, 2003). A IC prolonga-se ao longo dos principais eixos de crescimento da cidade e apresenta intensidades entre 2°C e 3°C. Um padrão semelhante pode ser observado durante os dias com vento do quadrante Norte, que têm uma elevada

¹ <http://www.ceg.ul.pt/urbklim/index.html>

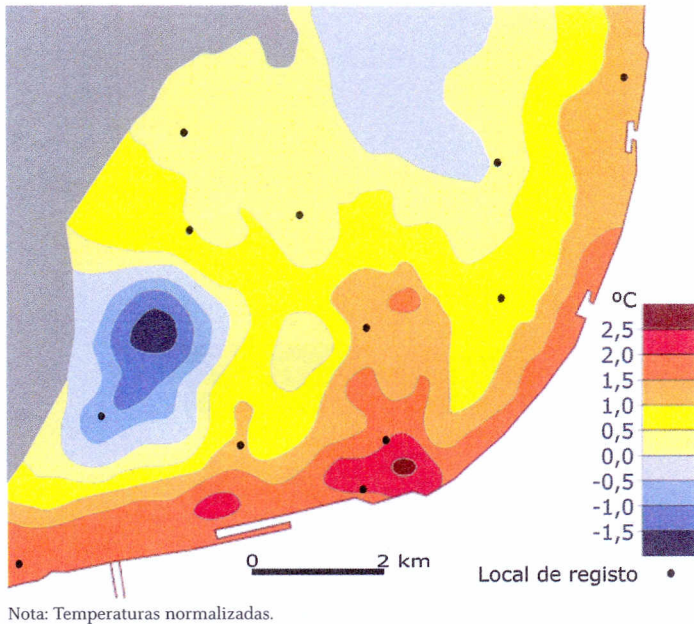


Figura 2.
A Ilha de calor noturna em Lisboa com vento fraco de Norte.

Fonte: Andrade, 2003.

frequência no Verão. Noutras situações diurnas, em que a cidade é afectada por brisas provenientes do Oceano e do estuário do Tejo, a temperatura na Baixa e de outros bairros ribeirinhos pode ser bastante inferior (3 a 10°C) à observada no Norte da cidade (Alcoforado, 1992b; figuras 3 e 4). Nos dias de Inverno, alterna igualmente uma IC, quando sopram ventos do Norte e o céu está limpo, com “ilhas de frescura” em ocasiões de nevoeiro no Tejo. Em situações de tempo perturbado, com nebulosidade elevada e ventos de diversos quadrantes, a influência urbana na temperatura do ar é menos evidente.

5.2.2. As condições de ventilação em Lisboa

As características do vento em Lisboa foram estudadas por Alcoforado (1987, 1992b), Alcoforado e outros (2006), Andrade (1998, 2003) e Lopes (1998, 2003). Em termos anuais, dominam em Lisboa os ventos dos quadrantes N e NW, com uma frequência de ocorrência de 41% (Lopes, 2003, figura 5); a Nortada sopra, no Verão em 70% das tardes e continuamente durante todo o dia, em 45% dos casos (Alcoforado, 1987). Também nesta estação do ano, as brisas do Oceano e do estuário do Tejo ocorrem em cerca de 35% dos dias, entre o fim da manhã e o princípio da tarde, retomando-se depois a Nortada (Alcoforado, 1987; Vasconcelos, 2006). No Inverno, os rumos N e NE atingem cerca de 27% e os de SW e S aproximadamente 29%.

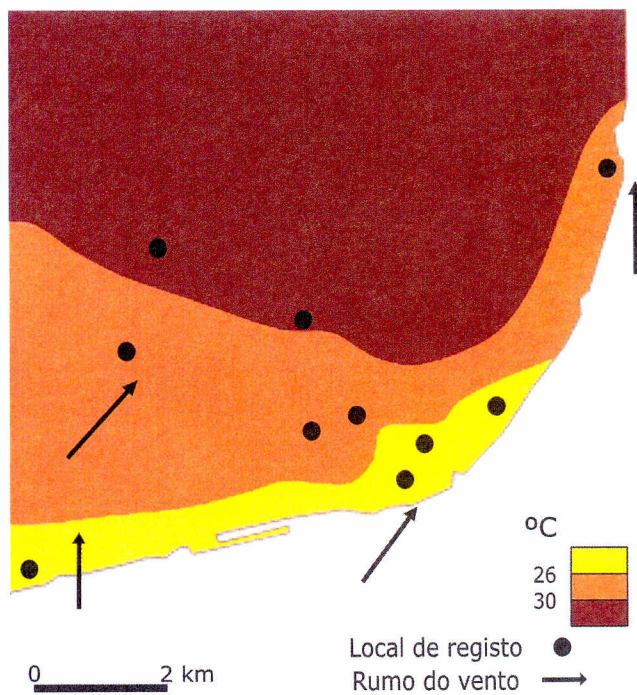


Figura 3.
A temperatura do ar em Lisboa,
num dia de brisa do Oceano.

Fonte: Alcoforado, 1992b.

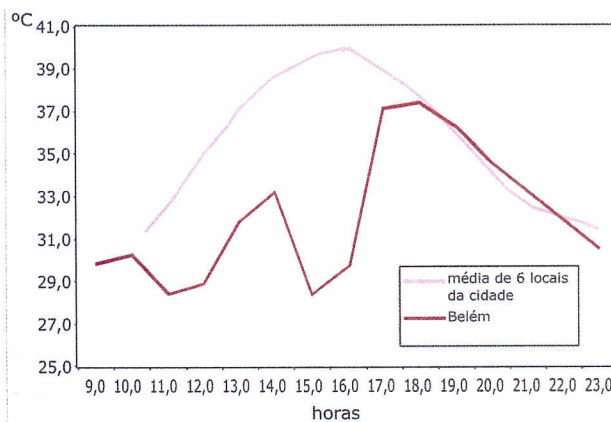


Figura 4.
Diferença de temperatura entre
Belém e a média de todos os
outros locais de medição de
Lisboa, num dia de brisa do
Oceano.

As modificações da velocidade do vento devidas ao crescimento urbano de Lisboa foram estudadas com recurso a modelos numéricos, que compõem o *software* WA₅P (Lopes, 2003). Os principais resultados desse estudo mostram que ocorreu uma redução na velocidade média do vento (em média de 30% - ≈2 m/s - abaixo dos 100 m de altura - figura 6) no Verão, em Lisboa, no início dos anos 80, período que foi de forte expansão urbana para Norte da segunda circular. Assumindo que a

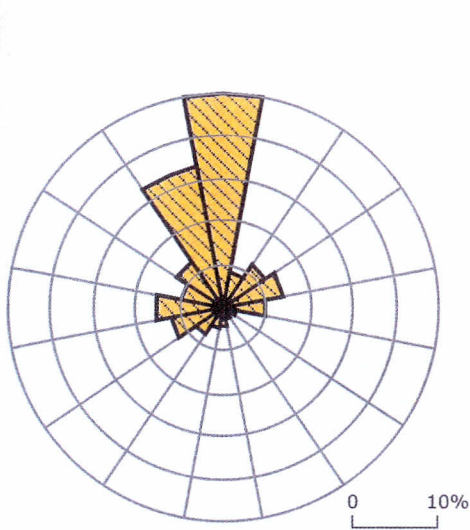


Figura 5.
Frequência de ocorrência anual dos ventos de cada rumo, em Lisboa.

Fonte: Lopes, 2003.

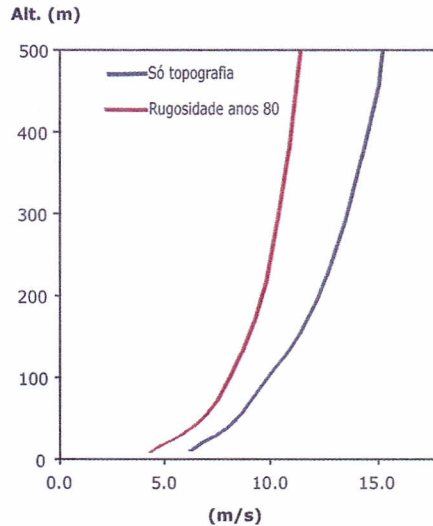


Figura 6.
Variação em altura da velocidade do vento em Lisboa.

Fonte: Lopes, 2003.

rugosidade aerodinâmica irá continuar a aumentar no Norte da cidade, Lopes (2003) efectuou uma projecção para um futuro próximo. Quando comparada com os valores estimados para os anos 80, poderá haver uma redução ainda maior da velocidade do vento, traduzida em cerca de 0,7 m/s a 10 m de altura (correspondendo a uma perda de velocidade do vento de cerca de 22% junto ao solo, no Sul da cidade).

5.3. Orientações climáticas para o ordenamento em Lisboa

Um ensaio, pioneiro em Portugal, de interacção entre a investigação universitária em climatologia urbana e o planeamento foi dado através do estudo publicado em Alcoforado e outros (2005)² "Orientações climáticas para o planeamento e o ordenamento em Lisboa", e que foi alvo de várias apresentações públicas.

As principais áreas de risco, com implicações sobre a saúde humana nas áreas urbanas, são a degradação da qualidade do ar e o aumento da temperatura. As principais medidas de adaptação a temperaturas elevadas, nomeadamente em situações de vagas de calor, dizem respeito à melhoria do comportamento térmico dos edifícios, à educação dos cidadãos e ao sistema de saúde (LCCP, 2006). Em relação às medidas de adaptação dos edifícios, é imprescindível garantir a sua sustentabilidade, para evitar o aumento do consumo energético e, conseqüentemente, das emissões de GEE e a intensificação da IC (Auliciems, 1997). Os edifícios deverão ser construídos de modo a minimizar ganhos internos e a tirar o máximo proveito da ventilação natural, deixando a possibilidade de incorporar ar condicionado mais tarde, se tal vier a ser necessário.

² Este relatório poderá ser consultado em http://pdm.cm-lisboa.pt/rev_est2.html.

As orientações climáticas, propostas em Alcoforado e outros (2005), para a cidade de Lisboa têm dois principais objectivos:

- Melhorar as condições de ventilação e a qualidade do ar;
- Diminuir a intensidade da ilha de calor urbano.

O balanço entre, por um lado, os benefícios que a ilha de calor urbano propicia no Inverno e, por outro lado, os custos directos e indirectos no Verão, levaram-nos a considerar a mitigação da ilha de calor urbano como um objectivo desejável. Trata-se de uma meta proposta para o conjunto da cidade, mas isto não impede que, em situações particulares, se encontrem soluções microclimáticas para minimizar o arrefecimento dos edifícios ou dos espaços públicos no Inverno. Do mesmo modo, a manutenção ou melhoria das condições de ventilação no conjunto da cidade não impede a criação de situações de abrigo microclimático, em função de objectivos específicos.

Neste sentido, foram delimitadas áreas da cidade de Lisboa, para as quais se espera uma reposta climática semelhante (figura 7). Este mapa foi desenhado a partir de outro de “unidades de resposta climática homogénea”, baseado, por sua vez, em mapas de densidade de construção e de ventilação, seguindo o esquema da figura 8. Para cada área, são indicadas as principais orientações climáticas destinadas a contribuir para uma melhoria do ambiente urbano e a mitigar os possíveis efeitos negativos de uma futura mudança climática.

Resumem-se, seguidamente, as principais medidas:

Na área de baixa densidade de construção do Norte de Lisboa (A, na figura 7), dever-se-ão manter corredores de ventilação com a orientação dos ventos dominantes (N-S, NW-SE, NE-SW), aproveitando áreas ainda com baixa densidade de construção. Além disso, sugere-se que, nos locais onde se decida prosseguir com a construção, a razão entre a altura dos prédios e a largura das ruas (H/W) seja baixa e inferior a 1, para facilitar a ventilação e evitar o aquecimento excessivo da atmosfera ao nível das ruas. Os espaços verdes têm numerosas funções biofísicas, culturais e sociais. A criação de espaços verdes extensos no interior e entre as áreas edificadas, ainda possível nesta parte da cidade, contribuirá certamente também para aumentar o conforto térmico dos utentes dos espaços verdes e nos bairros limítrofes.

A área A está separada da área B pelo “limite aerodinâmico”, que corresponde à fronteira entre as áreas de alta rugosidade do Sul da cidade e aquelas, no Norte de Lisboa, onde o atrito não é ainda muito elevado, por um lado, devido ao relevo pouco acidentado e, por outro, devido à rugosidade urbana ainda relativamente baixa.

Nas áreas construídas de média e alta densidade a Sul do limite aerodinâmico (B e C, na figura 7) devem preservar-se os fundos dos vales de novas construções e da ocupação com vegetação densa, manter, sempre que possível, uma razão

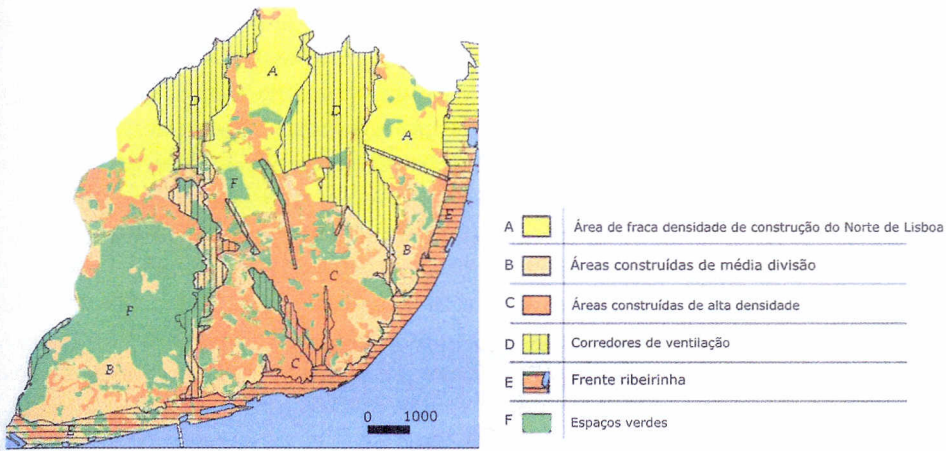


Figura 7. Grupos de “unidades de resposta climática homogénea” para as quais foram definidas orientações para o ordenamento.

Fonte: Alcoforado et al., 2005.

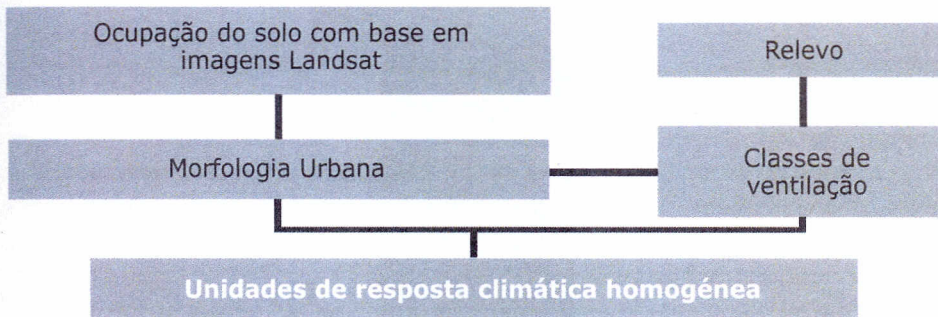


Figura 8. Procedimento para a construção do mapas das “unidades de resposta climática homogénea”.

Fonte: Alcoforado et al., 2005.

$H/W \leq 1$ nos edifícios urbanos, criar espaços verdes de média (ou pequena) dimensão e preencher os espaços intersticiais com vegetação, de preferência caducifólia. Será conveniente a utilização de materiais de construção de albedo elevado e de baixa condutividade.

Os corredores de ventilação (D, na figura 7) que, no Sul da cidade, irão corresponder aos fundos dos vales de direcção próxima da N-S, deverão ser deixados tão livres de edifícios quanto possível e terá de haver cuidado mesmo na plantação de manchas arbóreas, que não deverão ser demasiado densas para não impedir a circulação dos ventos dominantes.

Na Frente ribeirinha (E na figura 7), dever-se-á evitar a implantação de edifícios médios ou altos, com fachada orientada paralelamente à margem do Tejo, para permitir a penetração da brisa do Tejo e do Oceano para o interior da cidade. Assim, devem deixar-se abertos corredores perpendiculares ou oblíquos em relação ao Rio.

Por fim, devem ser mantidos os espaços verdes existentes (F na figura 7) e os pequenos jardins e logradouros com vegetação. Nos espaços verdes de lazer deverá ser favorecida uma estrutura diversificada, com alternância de áreas abertas e relvadas e outras arborizadas, dando preferência à vegetação caducifólia. Os planos de água contribuem igualmente para o aumento do conforto térmico estival. A barlavento das áreas de permanência (por exemplo esplanadas), deverão ser criadas barreiras de árvores de folha persistente.

Na continuação do estudo, terão de ser equacionados os possíveis conflitos entre estas orientações, propostas para o conjunto da cidade e as necessidades de cada bairro em remodelação ou em construção. Um exemplo de um estudo deste tipo foi já levado a cabo em Telheiras, tendo sido os principais resultados apresentados nas teses de doutoramento de A. Lopes (2003) e de H. Andrade (2003); foram sintetizados alguns resultados em Andrade e Alcoforado (2007) e está em preparação um artigo em português sobre o assunto.

6. Conclusão

As condições climáticas urbanas afectam, de diferentes formas (positivas ou negativas) a saúde humana. As interacções entre clima urbano e mudanças climáticas globais são complexas, mas considera-se em geral que os efeitos cumulativos do aquecimento global e do clima urbano podem resultar em consequências particularmente negativas para a saúde.

Portanto, nas medidas de planeamento e ordenamento urbanos, é necessário que o clima seja tido em conta, como factor condicionante da qualidade de vida e da sustentabilidade urbana. Através de medidas adequadas, é possível mitigar os efeitos negativos do clima urbano, e potenciar os efeitos positivos, assim como promover a adaptação às condições mais desfavoráveis.

Agradecimentos

Parte da investigação aqui expressa foi financiada pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FEDER), no âmbito de dois projectos: *Princípios climáticos para o planeamento urbano. Aplicação a Lisboa – CLIMLIS* (POCTI/34683/GEO/2000) e “Clima e sustentabilidade urbana. Percepção do conforto e riscos climáticos” - *URBKIM* (POCI/GEO/61148/2004), além de um outro projecto, subsidiado pela Câmara Municipal de Lisboa *Orientações climáticas para o planeamento e o ordenamento em Lisboa*.

Bibliografia

- ADGER, W. N. & VINCENT, K. 2005 – “Uncertainty in adaptive capacity external geophysics, climate and environment”, *C. R. Geoscience*, 337, pp. 399-410.
- ALCOFORADO, M. J. 1986 – “Contribution to the study of Lisbon’s heat island. Analysis from an infra-red image”, *Freiburger Geographische Hefte*, 26, pp.165-176.
- ALCOFORADO, M. J. 1987 – “Brisas estivais do Tejo e do Oceano na região de Lisboa”, *Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia*, XXII (43), pp. 71-112.
- ALCOFORADO, M. J. 1991 – “Influência do tempo na agudização de dispneias respiratórias”, *Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia*, XXVI (51), pp. 105-116.
- ALCOFORADO, M. J. 1992a – “Lisbon’s thermal patterns”, *27th international Conference of the IGU, Commission on Climatology, Pennsylvania*, pp. 100-108.
- ALCOFORADO, M. J. 1992b – “O clima da região de Lisboa. Contrastes e ritmos térmicos”, *Memórias do C.E.G.*, vol.15, Lisboa, pp. 347.
- ALCOFORADO, M. J. 1999 – “Aplicação da climatologia ao planeamento urbano. Alguns apontamentos”, *Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia*, XXXIV (67-68), Lisboa, pp. 83-94.
- ALCOFORADO, M. J. 2003 – “Alguns aspectos de bioclimatologia: o clima e o organismo humano”, in PÉREZ CUEVA, A. J.; LÓPEZ, E.; TAMAÑO CARMONA, J. (ed.) – *En Memoria de D. Antonio López Gómez*, Conferencias Invitadas al II Congreso de la AEC, Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, Série B, 2, Valencia, pp. 13-31.
- ALCOFORADO, M. J. 2006 – “Climate information for urban planning. World Meteorological Organization”, *Technical Conference Climate as a Resource*, Geneva, pp. 176-188.
- ALCOFORADO, M. J. & ANDRADE, H. A. 2007 – “Global warming and urban heat island”, in MARZLUFF, J. M.; ENDLICHER, W. *et al.* (eds.) – *Urban Ecology: an international perspective on the interaction between humans and nature*, Seattle e Berlin, no prelo.
- ALCOFORADO, M. J. & TABORDA, J. P. 1997 – “O clima de Évora. Contrastes térmicos locais”, *Boletim de Cultura da Câmara Municipal*, 2ª série (2), pp. 507-531.
- ALCOFORADO, M. J.; NUNES, M. F. & GARCIA, R. 1999 – “A percepção da relação clima-saúde pública em Lisboa, no século XIX, através da obra de Marino Miguel Franzini”. *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, 17 (2), Lisboa, pp. 31-40.
- ALCOFORADO, M. J. & VIEIRA, H. 2004 – “Informação climática nos planos directores municipais de concelhos urbanos”, *Sociedade e Território*, 37/38, pp. 103-118.
- ALCOFORADO, M. J.; LOPES, A.; ANDRADE, H.; VASCONCELOS, J. & VIEIRA, R. 2005 – *Orientações climáticas para o planeamento e o ordenamento em Lisboa*. Relatório da Área Científica de Geo-Ecologia, nº 5, Centro de Estudos Geográficos, Lisboa.
- ALCOFORADO, M. J.; ANDRADE, H., LOPES, A., VASCONCELOS, J. & VIEIRA, R. (2006) – “Observational studies on summer winds in Lisbon (Portugal) and their influence on daytime regional and urban thermal patterns”, *Merhavim* 6, pp. 88-112.
- ALCOFORADO, M. J. & ANDRADE, H. 2006 – “Nocturnal urban heat island in Lisbon (Portugal): Main features and modelling attempts”, *Theoretical and Applied Climatology* 84 (1-3), pp. 151-159, DOI:10.1007/s00704-005-0152-1.

- ALMEIDA, M.; PINTO, J. 1999 - *Bronchial Asthma in children: clinical and epidemiologic approach in different Portuguese speaking countries*, Pediatric Pulmonology.
- ANDRADE, H. 1998 - "O desconforto térmico estival em Lisboa, uma abordagem bioclimática", *Finis terra - Revista Portuguesa de Geografia*, XXXIII (66), pp. 43-66.
- ANDRADE, H. 2003 - *Bioclima humano e temperatura do ar em Lisboa*, Tese de Doutoramento, Centro de Estudos Geográficos, Universidade de Lisboa.
- ANDRADE, H. 2005 - "O clima urbano - natureza, escalas de análise e aplicabilidade". *Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia*, XL (80), pp. 67-91.
- ANDRADE, H. & VIEIRA, R. 2005 - *Estudo climático de um espaço verde de Lisboa: o Jardim da Fundação Calouste Gulbenkian*, Área de Investigação de Geo-Ecologia, Relatório n.º 5, CEG, Lisboa.
- ANDRADE, H. & ALCOFORADO, M. J. 2007 - "Microclimatic variations of thermal confort in a district of Lisbon (Telheiras) at night", *Theoretical and applied climatology*, on line first.
- AULICIEMS, A. 1997 - "Human Bioclimatology: An Introduction", in AULICIEMS, A. (ed.) - *Advances In Bioclimatology: Human Bioclimatology*, vol. 5, Springer, Queensland, Australia, pp. 1-6.
- BESANCENOT, J. P. 2001 - *Climat et Santé*, Presses Universitaires de France, Paris.
- CARTER, T. R. 2001 - "Uncertainties in climate change scenarios and impact studies", *Proceedings of the conference Climate Change and the Kyoto Protocol*, University of Évora, pp. 17-18.
- CASIMIRO, E.; CALHEIROS, J.; SANTOS, F. D. & KOVATS S. 2006 - "National Assessment of Human Health Effects of Climate Change in Portugal: Approach and Key Findings", *Environmental health perspectives*, 114 (12), pp. 1950-1956.
- CRUTZEN, P. J. 2004 - "New Directions: The growing urban heat and pollution "island" effect - impact on chemistry and climate", *Atmospheric Environment*, 38 (21), pp. 3539-3540.
- DAVIS, R. E.; KNAPPENBERGER, P. C.; NOVICOFF, W. M. & MICHAELS, P. J. 2003 - "Decadal changes in summer mortality in U.S. cities", *International Journal of Biometeorology*, 47 (3), pp. 166-175.
- DESSAI, S. 2002 - "Heat stress and mortality in Lisbon. Part I. model construction and validation", *International Journal of Biometeorology*, 47 (1), pp. 6-12.
- DONALDSON, G.; KOVATS, R. S.; KEATINGE, W. R. & MCMICHAEL, A. J. 2001 - "Heat- and cold-related mortality and morbidity and climate change", in *Health Effects of Climate Change in the UK*, Department of Health, London, pp. 70-80.
- ELIASSON, I. 2000 - "The use of climate knowledge in urban planning", *Landscape and Urban Planning*, 48, pp. 31-44.
- GANHO, N. 1998 - *O clima urbano de Coimbra: estudo de climatologia local aplicada ao ordenamento urbano*, Dissertação de Doutoramento, Universidade de Coimbra, Coimbra.
- GARCIA, A. C.; NOGUEIRA, P. J.; FALCÃO, J. M. 1999 - "Onda de calor de Junho de 1981 em Portugal: efeitos na mortalidade", *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, 1, pp. 67-77.
- GÓIS, J. E. S. 2002 - *Contribuição dos modelos estocásticos para o estudo da climatologia urbana*, Departamento de Engenharia de Minas, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- GRIMMOND, C. S. B. 2006 - "Progress in measuring and observing the urban atmosphere". *Theoretical and Applied Climatology*, 84 (1-3), pp. 3-22.
- HOLLANDER, A. E. M.; STAATSEN, B. A. M. 2003 - "Health, environment and quality of life: an epidemiological perspective on urban development", *Landscape and Urban Planning*, 65, pp. 53-62.

- IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE) 2007 – *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Summary for Policymakers*.
- IPCC 2001 – *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Cambridge University Press, Cambridge.
- KALKSTEIN, L. S. 1997 – “Climate and human mortality: relationships and mitigating measures”, in AULICIEMS, A. (ed.) - *Advances in Bioclimatology - 5. Human Bioclimatology*, Springer, Queensland, Austrália, pp. 161-177.
- KALKSTEIN, L. S. & GREENE, J. S. 1997 – “An Evaluation of Climate/Mortality Relationships in Large U.S. Cities and the Possible Impacts of a Climate Change”, *Environmental Health Perspectives*, 105 (1), pp. 2-11.
- LCCP (London Climate Change Partnership) 2006 – *Adapting to climate change: Lessons for London*, Greater London Authority, London.
- LOPES, A. 2003 – *Modificações no clima urbano de Lisboa como consequência do crescimento urbano. Vento, ilha de calor de superfície e balanço energético*, Dissertação de Doutoramento apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa.
- MARTENS, W. J. M. 1997 – “Climate change, thermal stress and mortality changes”, *Social Science and Medicine*, 46 (3), pp. 331-344.
- MCMICHAEL, A. J.; WOODRUFF, R. E. & HALES, S. 2006 – “Climate change and human health: present and future risks”, *Lancet*, 367 (9513), pp. 859-869.
- MILLS, G. 2006 – “Progress toward sustainable settlements: a role for urban climatology”, *Theoretical and Applied Climatology*, 84 (1-3), pp. 69-76.
- MONTEIRO, A. 1997 – *O clima urbano do Porto: contribuição para a definição das estratégias de planeamento e ordenamento do território*, Fundação Calouste Gulbenkian e Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica, Lisboa.
- NOGUEIRA, P. J.; NUNES, B.; DIAS, C. M. & FALCÃO, J. M. 1999 – “Um sistema de vigilância e alerta de ondas de calor com efeitos na mortalidade: o Índice Ícaro”. *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, vol. temático, 1, pp. 79-84.
- OKE, T. R. 1987 – *Boundary layer climates*, Routledge, London.
- OKE, T. R. 1997 – “Urban climates and global environmental change”, in THOMPSON, R. D. & PERRY, E. – *Applied climatology*, Routledge, London, pp. 273-286.
- OKE, T.R. 2006 – “Towards better scientific communication in urban climate”, *Theoretical and Applied Climatology*, 84 (1-3), pp. 179-190.
- OLIVEIRA, S. & ANDRADE, H. 2007 – “An initial assessment of the bioclimatic confort in an outdoor public space in Lisbon”, *Int J Biometeorol, On line first*.
- PELTONEN, L.; HAANPÄÄ, S. & LEHTONEN, S. 2005 – “The challenge of climate change adaptation in urban planning”, *Finnish Environment Institute Mimeographs* 343, FINADAPT Working Paper 13, Helsinki.
- PINHO, O. S. 1997 – *A Interacção ser humano-clima de Aveiro: A ilha de calor urbana, o conforto e a saúde humana*, Dissertação de Mestrado, Departamento de Física, Universidade de Aveiro.
- VASCONCELOS, J. 2006 – *Climatic Assessment for the urban planning. Influence of the urban development in the estuarine breezes in Lisbon* (in Portuguese), Msc Thesis, New University of Lisbon.

VIEHHAUSER, M. 2005 – “Urban Planning Adapting to Climate Change”, in *International Conference for Integrating Urban Knowledge & Practice*, Gothenburg, Sweden.

WILBY, R.L. & PERRY, G.L.W. 2006 – “Climate change, biodiversity and the urban environment: a critical review based on London, UK”, *Progress in Physical Geography*, 30 (1), pp. 73-98.