

MAPAS CLIMÁTICOS URBANOS E DEFINIÇÃO DE CLIMATOPOS - APLICAÇÃO À CIDADE DA FIGUEIRA DA FOZ (PORTUGAL)

David Marques
Universidade De Coimbra
davidgeog985@hotmail.com

Nuno Ganho
Universidade De Coimbra
nganho@netvisão.pt

A.M. Rochette Cordeiro
universidade de coimbra
Rochettecordeiro@Fl.Uc.Pt

EIXO TEMÁTICO: CLIMATOLOGIA: POLÍTICA E CIÊNCIA

RESUMO

De acordo com o novo paradigma urbano, as cidades são cada vez mais projetadas e idealizadas sob o desígnio da sustentabilidade urbana. Para além de uma maior eficácia energética, a sustentabilidade tem como objetivos, a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos e a redução dos impactes ambientais decorrentes do processo de urbanização, o que associado a um eventual cenário de mudanças climáticas, contribuirá para uma maior complexidade do subsistema climático urbano.

Deste modo, para que as cidades se tornem mais sustentáveis do ponto de vista ambiental, um dos “caminhos” a percorrer passa efectivamente pela aplicação de informação topoclimática nos processos de planeamento e desenho urbano.

Para isso é necessário que o conhecimento climático seja “traduzido” numa linguagem passível de aplicação pelos agentes de planeamento (ELIASSON, 2000), numa lógica de plataforma de informação que permita uma crescente comunicação e colaboração interdisciplinar (CHAO *et al.*, 2010).

É neste contexto que se insere o presente artigo, onde com base na elaboração de mapas climáticos urbanos se procuram definir as unidades de resposta climática homogénea (climatopos), para as quais se definem orientações climáticas consoante as características topoclimáticas da área de estudo.

Palavras-Chave: Topoclimatologia Urbana, Mapas Climáticos Urbanos, Climatopos.

ABSTRACT

According to the new urban paradigm, cities are increasingly designed with the aim of urban sustainability. In addition to greater energy efficiency, the improvement of the quality of life of citizens and reducing the environmental impacts of urbanization are the urban sustainability aims, which associated with a possible scenario of climate change will lead to greater complexity of the climate subsystem city. Thus, for cities becomes sustainable environmentally, one of the methods is by applying topoclimatic information in to planning and urban design.

This requires that knowledge climatic should be "translated" into a language that can be applied by planning agents (ELIASSON, 2009), in a logic of information platform that allows a growing interdisciplinary communication and collaboration (CHAO *et al.*, 2010).

It is in this context that the present article, where based on mapping urban climate are sought to define the climatic homogeneous response units (climatopos), for which climatic guidelines are defined based on the topoclimatic characteristics of the study área.

Key-words: Urban topoclimatology, Urban climatic maps, Climatopos.

1. PROBLEMÁTICA

Num momento em que é expressamente reconhecida a importância de se integrarem os fatores topoclimáticos nos processos de planeamento urbano, os mapas climáticos urbanos representam uma importante “ferramenta”, não só ao dispor dos agentes de planeamento e ordenamento do território, mas também de arquitetos ou engenheiros civis, por exemplo. A mais-valia destes documentos normalmente traduzidos em peças cartográficas e acompanhados das respetivas notícias explicativas, reside no facto de “transmitirem” de forma sintética as principais especificidades do clima urbano em causa, destacando-se como principais elementos habitualmente considerados, a avaliação do ambiente térmico e as condições de ventilação na atmosfera urbana inferior (BAUMÜLLER *et al.*, 1992; ALCOFORADO *et al.*, 2005).

2. OBJETIVOS

Com este estudo procura-se acima de tudo destacar o contributo que a elaboração de mapas climáticos urbanos pode desempenhar e acima de tudo, fundamentar a definição de unidades de resposta climática homogénea (climatopos), que por vezes assumem um carácter algo subjetivo. Do mesmo modo, pretende-se demonstrar as potencialidades desta metodologia na identificação da vulnerabilidade associada a situações de desconforto bioclimático em espaço urbano, indicando igualmente o sentido e a premência das orientações climáticas a tomar.

3. METODOLOGIA

Para a elaboração do mapa urbano de análise climática e a respectiva definição dos climatopos, adaptámos uma metodologia desenvolvida e aplicada num primeiro momento na cidade de Hong Kong (NG *et al.*, 2008). Em traços gerais, esta metodologia que é desenvolvida através da definição de ponderações de sentido negativo ou positivo atribuído a diferentes níveis de informação, determina oito classes climáticas que traduzem a carga térmica e as condições de ventilação potencial de cada unidade na atmosfera urbana inferior, permitindo através dessa mesma classificação a definição dos climatopos.

Assim, a cada climatopo corresponde um nível de vulnerabilidade relativamente a situações de desconforto bioclimático (com maior precisão para o período de Verão), indicando-nos, por um lado as áreas que devem ser preservadas, uma vez que são fundamentais ao equilíbrio do clima urbano (áreas de produção e drenagem de ar frio; corredores de ventilação; espaços verdes) e por outro lado, os locais da cidade mais vulneráveis do ponto de vista climático, para o qual contribui o efeito urbano no incremento da carga térmica e na redução da ventilação, sendo por isso necessárias medidas de mitigação.

Todo o processo teve por base o recurso aos Sistemas de Informação Geográfica, tendo sido definida uma grelha de 100 m x 100 metros para a área de estudo, com uma resolução de 10m para cada pixel.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Partindo da análise da Figura 1, a qual representa a estrutura e a informação utilizada para a elaboração do mapa urbano climático, este é o resultado da soma entre a carga térmica e a ventilação potencial, os quais por sua vez são obtidos por seis níveis de informação.



Figura 1 - Estrutura e níveis de informação utilizados na elaboração do mapa climático urbano.

Quadro I - Caracterização dos níveis de informação.

Critério Físico	Efeito Climático	Bases Científicas	Níveis de Informação
Carga Térmica	Negativo	Volumetria do Edificado	Layer 1 - Volumetria urbana
	Positivo	Altitude	Layer 2- Topografia
		Efeitos Bioclimáticos	Layer 3 - Espaços Verdes
		Permeabilidade Urbana	Layer 4 - Densidade de construído
Ventilação Potencial	Positivo	Efeitos Bioclimáticos da Produção e Drenagem de ar frio (Verão)	Layer 5 - Espaços Naturais
		Efeitos Bioclimáticos dos Sistemas de Brisas	Layer 6 - Proximidade a espaços abertos

4.1 Carga Térmica

Para a definição da carga térmica potencial, consideraram-se três níveis de informação: a volumetria urbana, a topografia e os espaços verdes existentes na área de estudo. No caso da volumetria urbana, integrou-se a altura aproximada dos edifícios (considerando que cada piso corresponde a 3m de altura) e a sua área, uma vez que quanto maior for a volumetria de uma cidade, maior será a carga térmica do espaço urbano em causa.

De igual modo, considerou-se a topografia, uma vez que a altitude tem um efeito direto na temperatura do ar, correspondendo as áreas a maior altitude aos locais mais frescos (principalmente durante as tardes de Verão). Para além da influência da altitude no gradiente térmico vertical, os locais mais elevados correspondem igualmente aos sectores melhor ventilados, com velocidades de vento superiores. Neste sentido, através da elaboração de um TIN (*Triangular Irregular Network*) com base em curvas de nível equidistantes de 10m, procedeu-se à sua reclassificação e definiram-se 4 classes que nos indicassem o efeito topográfico no clima local em geral, e no clima urbano em particular. Assim, aos locais com uma altitude superior a 150m (Serra da Boa Viagem) atribuiu-se a ponderação máxima de -3, na medida em que estes locais não contribuem para o aumento da carga térmica, antes pelo contrário, atenuam-na.

Tendo em consideração a influência determinante que os espaços verdes exercem na temperatura do ar na atmosfera urbana inferior, integrar os espaços verdes nesta metodologia é fundamental, devido ao seu efeito mitigante no *superavit* energético urbano. Neste sentido, consideraram-se as áreas que têm ou não espaços verdes.

O cálculo da volumetria urbana, da influência topográfica e dos espaços verdes resultou no mapa da carga térmica potencial, sendo que os resultados identificam os locais da área de estudo que apresentam uma carga térmica superior, coincidindo com os sectores da cidade onde a volumetria e a densidade de construção é maior.

Em função das campanhas de observação itinerantes realizadas e da análise dos resultados obtidos a partir dos termógrafos fixos colocados em abrigo (MARQUES, 2012), confirma-se a relação existente entre os locais com maior capacidade térmica e as temperaturas do ar mais elevadas no espaço urbano e que são em parte consequência da situação de abrigo relativamente às brisas marítimas. Em oposição, aos sectores de maior altitude e mais arborizados da Serra da Boa Viagem correspondem as classes de menor carga térmica.

Quadro II – Informação utilizada para o cálculo da carga térmica e respetivas ponderações.

Níveis de informação	Efeito climático	Carga Térmica	
		Classes	Valores de Classificação
Volumetria Urbana (%)	Sem influência	0 (sem edifícios e sem áreas impermeabilizadas)	0
	Muito Reduzida	0 (sem edifícios mas com áreas permeabilizadas)	1
	Reduzida	0-4	2
	Média	4-10	3
	Elevada	10-25	4
	Muito Elevada	25-100	5
Topografia (m)	Muito elevada	>150	-3
	Elevada	50-150	-2
	Moderada	25-50	-1
	Reduzida	0-25	0
Espaços Verdes		Sim	-1
		Não	0

4.2 Ventilação Potencial

Para o cálculo da ventilação potencial integrou-se a densidade de construído, os espaços naturais e os espaços abertos. Relativamente à densidade de construído, a sua consideração permitiu obter a influência que os edifícios provocam na diminuição da velocidade do vento em meio urbano, tendo sido definidas três classes que expressam a relação inversa entre a densidade de construído e a ventilação potencial.

Com a consideração dos espaços naturais, fundamentalmente equiparou-se a rugosidade originada pelas áreas florestais, à determinada pelos espaços urbanos na diminuição da velocidade do vento (o que aliás se verificou no decorrer das observações topoclimáticas realizadas), distinguindo-se as áreas florestais das áreas verdes de vegetação herbácea, uma vez que os valores de rugosidade são inferiores.

Em muitas situações, as características da morfologia urbana dificultam a ventilação dos espaços urbanos através da criação de autênticas “barreiras” que impedem a penetração das circulações locais do ar (brisas marítimas, brisas de campo, brisas de montanha) ou mesmo dos fluxos regionais.

Perante este facto, é importante avaliar a existência de espaços abertos (funcionando como corredores de ventilação), uma vez que influenciam o clima local e desempenham uma influência positiva sobre o ambiente urbano. Para a sua quantificação integraram-se dois níveis de informação: a proximidade aos corpos aquáticos e os declives mais significativos, uma vez que potenciam a drenagem, por gravidade, de ar mais frio (fluxos catabáticos).

Para a definição do primeiro nível de informação e com o objectivo de se identificarem as áreas mais expostas às brisas marítimas (fundamentais para a amenização do campo térmico no período estival) e aos fluxos canalizados ao longo do estuário do Mondego, calcularam-se três *buffers* relativamente à linha de costa e ao rio Mondego, com distâncias de 0-70m, de 70-140m e superior a 140m, com as devidas ponderações.

Por fim, consideraram-se os declives significativos da área de estudo (superiores a 40%), uma vez que estes representam um indicador dos locais onde a topografia constitui um elemento decisivo na drenagem e canalização dos fluxos catabáticos noturnos (identificados em vários locais aquando da realização de observações), assumindo-se que este ar mais frio, na época quente do ano, constitui um elemento benéfico para o clima urbano. Por sua vez, no Inverno, em noites de acentuado arrefecimento, os sectores topograficamente deprimidos e localizados no sopé das vertentes, constituem as áreas mais propícias ao desenvolvimento de lagos de ar frio, potenciadores de situações de desconforto bioclimático.

Quadro III – Informação utilizada para o cálculo da ventilação potencial e respetivas ponderações.

Níveis de informação	Ventilação Potencial		
	Classes		Valores de Classificação
Densidade de Construído	Elevada	0-30	-2
	Média	30-50	-1
	Baixa	>50	0
Espaços Naturais	Áreas Verdes Herbáceas		-1
	Áreas Florestais e Espaço Urbana		0
Espaços Abertos		0-70	-2
	Distância aos corpos aquáticos	70-140	-1
		>140	0
	Declives	>40%	-1
		<40%	0

4.3 Mapa Climático Urbano

Sendo o mapa climático urbano o resultado da soma da carga térmica com a ventilação potencial, a metodologia utilizada estabelece 8 classes climáticas urbanas que traduzem as características térmicas e de ventilação potencial de cada local, permitindo através dessa mesma classificação a definição de grupos de climatopos. Para além disso e como anteriormente referido, a classificação identifica o grau de vulnerabilidade do espaço urbano, considerando a influência positiva ou negativa de cada classe no clima local.

Do mesmo modo, evidencia os locais que são fundamentais para o equilíbrio do sistema climático urbano e que por isso devem ser preservados e as áreas onde é necessário atuar e aplicar medidas de adaptação¹ ou de mitigação,² consoante o nível de vulnerabilidade identificado.

No

Quadro III apresentam-se as classes climáticas urbanas com a respectiva influência no conforto térmico. De acordo com a Figura 2, constata-se que predominam as classes que apresentam uma carga térmica negativa ou pouco importante e boas condições de ventilação (1, 2, 3 e 4). As restantes 4 classes climáticas que traduzem de forma gradual um aumento da carga térmica e a redução da ventilação (fatores potenciadoras de situações de desconforto bioclimático), encontram-se naturalmente associadas ao espaço urbano da Figueira da Foz (núcleos históricos de São Julião e Buarcos), locais que devido às características particulares da morfologia urbana apresentam uma elevada densidade de construção e de ocultação do horizonte.

No entanto é de assinalar que a classe que traduz uma vulnerabilidade máxima (carga térmica muito elevada e reduzida ventilação), logo, com um forte impacte negativo no ambiente climático urbano, não apresenta qualquer expressão espacial que nos leve a considerá-la na nossa área de estudo.

¹ Segundo o IPCC (2007), a “adaptação” consiste num ajuste nos sistemas naturais e humanos, como resposta aos estímulos climáticos actuais ou esperados e seus efeitos, limitando os constrangimentos e explorando as oportunidades das alterações climáticas: gerir aquilo que não se pode evitar.

² O conceito de mitigação num cenário de mudanças climáticas, é entendido como uma intervenção para reduzir o “forçamento” antrópico do sistema climático, o qual é particularmente visível nas áreas urbanas.

Quadro III – Classes climáticas urbanas.

Classes Climáticas Urbanas	Influência no Conforto Térmico
1 Carga térmica moderadamente negativa e boas condições de ventilação	Moderada Ventilação e Arrefecimento
2 Carga térmica ligeiramente negativa e boas condições de ventilação	Ligeira Ventilação e Arrefecimento
3 Carga térmica reduzida e boas condições de ventilação	Nula
4 Alguma carga térmica e condições de ventilação	Ligeiro impacte
5 Carga térmica moderada e algumas condições de ventilação	Impacte moderado
6 Carga térmica moderada e reduzidas condições de ventilação	Impacte moderado a forte
7 Carga térmica elevada e reduzidas condições de ventilação	Impacte forte
8 Carga térmica muito elevada e reduzidas condições de ventilação	Impacte muito forte

4.4 Definição e caracterização dos climatopos

Assim, com base nas classes climáticas urbanas definiram-se três grupos de climatopos, que por sua vez se subdividiram em sete unidades de resposta climática homogénea, para mais facilmente se sintetizarem os conhecimentos topoclimáticos adquiridos (MARQUES, 2012).

No grupo A (áreas com importância no equilíbrio climático da cidade), definiram-se três climatopos em função da modificação imposta por vários fatores, tais como: a topografia (A1), os espaços verdes e fundos de vale (A2) e a proximidade ao oceano Atlântico e estuário do rio Mondego (A3).

O climatopo A1, corresponde aos cimos da Serra da Boa Viagem (principal relevo montanhoso da área de estudo, com uma altitude máxima de 257 metros), tendo sido considerada a altitude o principal fator de diferenciação climática. Durante o dia, em especial nas quentes tardes de Verão, constitui a principal célula de “frescura”, o que em situações de desconforto bioclimático pode representar uma ótima alternativa ou inclusivamente funcionar como complemento à praia, principalmente nas horas de radiação solar mais intensa e por isso de maior risco para a saúde pública. Com base nas campanhas de observação efectuadas, durante o período nocturno, a Serra da Boa Viagem correspondia frequentemente a um núcleo quente não só de origem topográfica, mas também dinâmica. Aqui as velocidades do vento são significativas, principalmente onde a vegetação arbórea rareia em especial nos locais sobranceiros ao Atlântico (Cabo Mondego), onde é nítida a aceleração dos fluxos de Norte e Noroeste que ao contornarem este obstáculo retomam a sua esteira a sotavento.

Outro aspeto a referir prende-se com as diferenças climáticas existentes entre as vertentes Norte e Sul da Serra, determinadas pela influência termodinâmica da orografia na deslocação do ar, particularmente evidente quando sob a ação de vento com um rumo dominante bem definido e, ainda mais, quando proveniente do oceano e por isso, naturalmente, húmido (Nortada). De facto, é o que sucede em algumas ocasiões na Serra da Boa Viagem durante o período estival, quando o ar é suficientemente húmido e é obrigado a subir ao longo da encosta a barlavento, arrefecendo adiabaticamente e originando uma sucessão de alinhamentos nebulosos paralelos entre si e ao eixo

longitudinal do relevo. Passado o cimo do alinhamento montanhoso, na vertente a sotavento, a massa de ar é subsidente e aquecida adiabaticamente, resultando em temperaturas mais baixas e maior humidade na vertente a barlavento, enquanto a vertente a sotavento apresenta temperaturas superiores (reforçado pela maior quantidade de radiação recebida) e menor humidade, para além de maior turbulência do ar, devido à sua descida por compressão (FERREIRA, 2005; MIRANDA, 2009). Assim, para além das diferenças termohigrométricas, as praias da Figueira e Buarcos (sotavento) são mais ventosas que as praias de Quiaios e Murtinheira (barlavento), particularmente quando a “nortada” é mais intensa.

Na definição do climatopo A2 consideraram-se as modificações impostas pelos espaços verdes e pelos fundos de vale de reduzida densidade de construção. Na cidade da Figueira da Foz os espaços verdes com coberto arbóreo resumem-se a alguns retalhos de manchas florestais de propriedade privada que se mesclam na malha urbana (Quinta Nova, Quinta de Santa Catarina, Quinta de Sotto Mayor). O próprio Parque Verde das Abadias, que ocupa um fundo de vale no centro da cidade, é pouco arborizado, o que levanta algumas questões em torno de um possível arranjo paisagístico. Se por um lado os espaços verdes com estas características, num contexto de clima mediterrâneo, apresentam alguns inconvenientes na época quente do ano (reduzidos espaços de sombra), por outro lado, a ausência de vegetação de porte arbóreo permite que este espaço verde funcione também como um corredor de ventilação de orientação N-S.

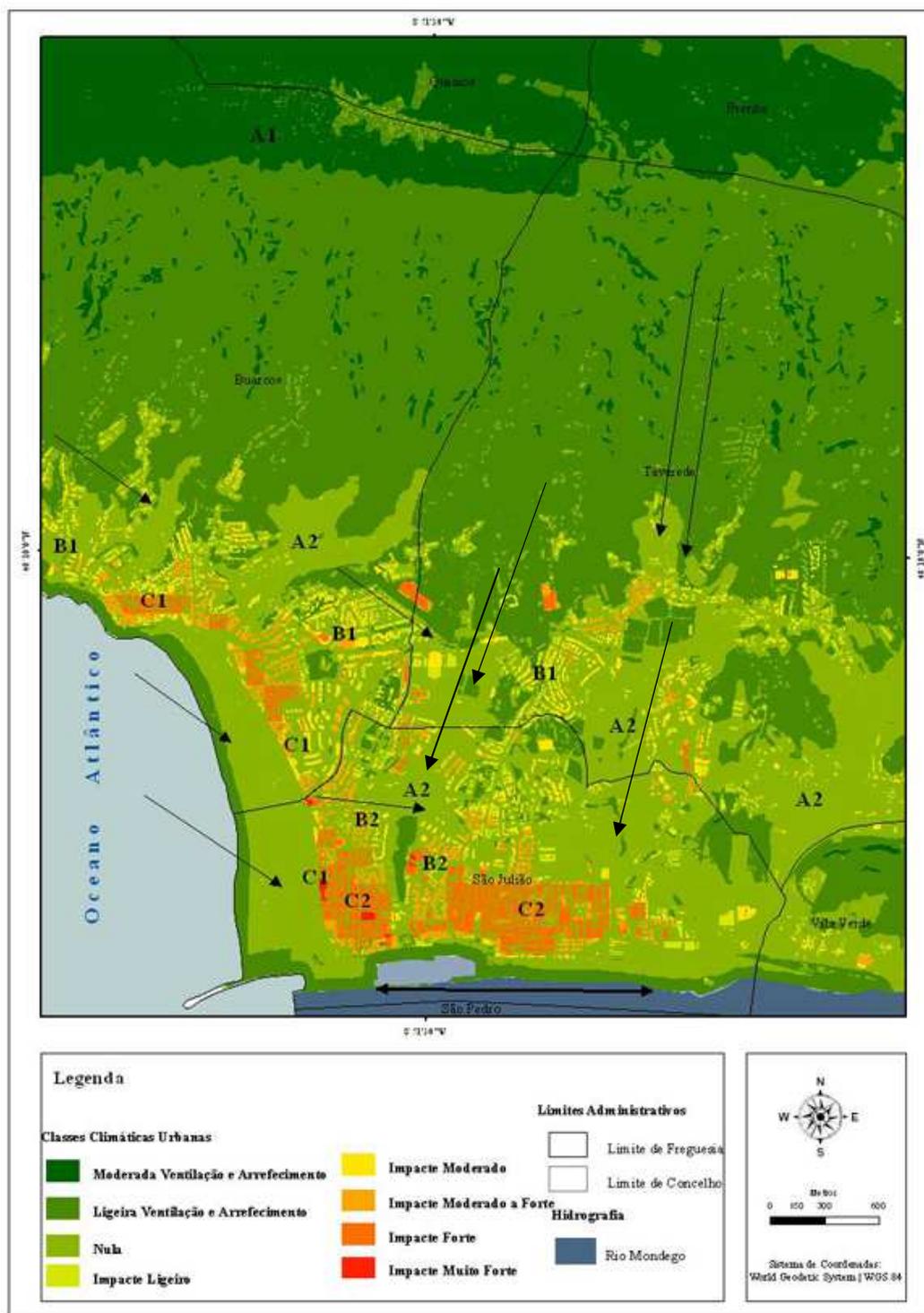


Figura 2 - Mapa climático urbano com indicação dos climatopos (pormenor da área urbana).

As setas representadas traduzem um esboço dos rumos das brisas marítimas e dos canais preferenciais de canalização dos fluxos.

Quadro IV - Definição e caracterização dos climatopos.

CCU	Grupos de Climatopos e respectiva vulnerabilidade climática	Climatopos	Principais Áreas	Comportamento Térmico	Comportamento Aerodinâmico
1		A1 - Modificado pela morfologia	Serra da Boa Viagem	Célula de frescura diurna; Núcleo quente de génese topográfica (inversões térmicas).	Velocidade do vento elevada nos cumos desabrigados da Serra. Maior turbulência do ar a sotavento.
2	A - Áreas com importância no equilíbrio climático da cidade.	A2 - Modificado pela presença de espaços verdes e fundos de vale	Parque Verde das Abadias; Várzea de Tavarede e Buarcos; Quiaios (sopé da vertente setentrional); Carritos.	Célula de frescura diurna nos espaços verde; Desenvolvimento de lagos de ar frio em noites de elevado arrefecimento radiativo.	Variável. Áreas de canalização: brisas marítimas; fluxos catabáticos; fluxos regionais e sinóticos.
3		A3 - Modificado pela proximidade às massas aquáticas	Faixa costeira; Frente estuarina	Áreas Frescas, menor amplitude térmica.	Exposição às brisas marítimas e ventos de N, NW,W, SW e S. Canalização dos fluxos ao longo do estuário.
4	B - Áreas pouco vulneráveis do ponto de vista climático	B1 - Modificado pela ventilação	Sector Norte da cidade; Novas Urbanizações de Buarcos	Núcleo quente pouco frequente	Turbulência do ar no sopé da vertente Sul (esteira turbulenta), desenvolvimento de vórtices de sentido inverso ao escoamento atmosférico. Aceleração dos ventos de N/NW ao contornarem o Cabo Mondego.
5		B2 - Modificado pela proximidade a espaços verdes	Áreas envolventes ao P. Verde das Abadias	Efeito urbano atenuado por célula de frescura diurna (efeito de sombra) e nocturna (drenagem de ar mais frio).	Variável. Maior intensidade com fluxos de Norte ou de Oeste, quando se verifica canalização ao longo da malha urbana, das artérias rodoviárias e fundos de vale.
6	C - Áreas urbanas moderadamente vulneráveis	C1 - Modificado pela proximidade ao Atlântico	Bairro Novo; Núcleo Histórico de Buarcos	Núcleo quente nocturno moderado.	Diminuição da velocidade do vento no interior da malha urbana. Canalização e aceleração dos fluxos de W/NW nas ruas com direcção W-E ou NW-SE. Maior ventilação dos locais expostos ao Atlântico.
7		C2 - Modificado pela morfologia urbana	Bairro Velho	Núcleo principal da Ilha de calor urbano.	Elevada rugosidade. Abrigo relativamente às brisas marítimas.

Uma eventual arborização, para além de poder vir a incrementar a “célula de frescura” e de aumentar a capacidade de retenção de poluentes atmosféricos, iria ser responsável pela diminuição da velocidade do vento o que, como se sabe, é em meio urbano uma das principais causas da degradação da qualidade do ar, bem como do aumento da temperatura do ar. Relativamente às várzeas de Tavarede e de Buarcos, assumem-se igualmente como importantes corredores de ventilação do espaço urbano, em especial do sector Norte da cidade. Devido à sua morfologia, também canalizam fluxos catabáticos, dando origem à formação de lagos de ar frio nas áreas topograficamente deprimidas, aumentando localmente o risco de desconforto bioclimático nas noites de maior arrefecimento nocturno. Por sua vez, no sopé da vertente meridional, desenvolve-se o lago de ar frio de maior intensidade, em local predominantemente florestal.

O climatopo A3 corresponde aos locais diretamente influenciados pelo oceano Atlântico e pelo rio Mondego, e que por isso apresentam características climáticas particulares, nomeadamente a redução significativa do efeito urbano no topoclima. São por excelência os locais mais expostos à acção amenizadora das brisas marítimas, responsáveis por uma diminuição das situações de desconforto bioclimático associado a episódios de temperaturas elevadas no Verão. Por sua vez, no Inverno, são também os sectores da cidade mais “fustigados” pelos ventos de SW, N, NW e W, que pela sua velocidade significativa contribuem para um aumento de situações de desconforto térmico (*wind chill*) e mecânico. Destaque ainda para a canalização preferencial dos fluxos sinóticos em ambas as direcções e da penetração da brisa ao longo do estuário do Mondego (reduzido atrito).

No grupo B (áreas pouco vulneráveis do ponto de vista climático) distinguiram-se dois climatopos: um modificado pela ventilação e outro pela proximidade ao Parque Verde das Abadias. No climatopo B1 integra-se fundamentalmente o sector Norte da cidade que se desenvolve na base da vertente Sul da Serra da Boa Viagem (Freguesia de Tavarede) e que corresponde ao novo pólo urbano. Para além de uma malha urbana constituída por blocos dispostos em banda e assente numa construção em altura (até 10 pisos), destaca-se a constante ventilação deste sector, associada aos fluxos sinóticos de N e NW, que sofrem uma aceleração por convergência ao longo da vertente Sul e pontualmente determinam algumas situações de desconforto mecânico. Este sector é também ventilado pelo sistema de brisas que é canalizado ao longo de corredores de ventilação W-E, como a várzea de Buarcos e algumas vias rodoviárias. Apesar de alguns condicionalismos, as boas condições de ventilação deste sector são de preservar, uma vez que apresenta impactes ambientais positivos no clima urbano, que se prendem com a maior capacidade de dispersão dos poluentes atmosféricos e do excedente térmico, facto que é relevante na medida em que é nesta área da cidade que se localizam as artérias com maior volume de tráfego automóvel, o que aliás se encontra indubitavelmente associado ao crescimento da cidade em direcção a Norte e Nordeste.

O climatopo B2 distingue-se fundamentalmente pela proximidade ao Parque Verde das Abadias, representando um sector urbano de transição para uma malha urbana mais densa, como é o caso do Bairro Velho, a Oriente, e do Bairro Novo, a Ocidente. Nesta área da cidade o efeito termohigrométrico associado aos espaços verdes atenua as influências urbanas no clima local.

O grupo C, relativo às áreas urbanas moderadamente vulneráveis, foi dividido em dois climatopos: C1, modificado pela proximidade ao Atlântico, e C2, modificado pela morfologia urbana. Ambos correspondem aos locais da cidade com maior densidade de construção. No entanto, no primeiro climatopo (C1) é determinante a proximidade ao Atlântico na atenuação do efeito termohigrométrico urbano, integrando esta unidade o designado Bairro Novo e o núcleo antigo de Buarcos. No interior da malha urbana, a velocidade do vento, por efeito de atrito, sofre uma diminuição importante, contudo em ruas com uma orientação perpendicular à linha de costa, por *efeito de venturi* a aceleração dos fluxos sinóticos no Inverno pode ser importante. Por seu turno, o climatopo C2 corresponde ao núcleo urbano de maior densidade de construído e que, no conjunto da aglomeração urbana, se enquadra no sector oriental da cidade de frente estuarina. As justificações da sua definição passam pelas características particulares da morfologia urbana que aqui apresenta elevada densidade e níveis de ocultação do horizonte significativos. Estes fatores repercutem-se de forma direta no campo termohigrométrico e na circulação do ar, uma vez que a este climatopo corresponde o núcleo nocturno de maior intensidade da “ilha de calor” e as menores velocidades do vento, por efeito de abrigo relativamente às brisas marítimas, ao contrário do sector atlântico da cidade.

CONCLUSÃO

Em termos conclusivos, destaca-se que a adaptação e aplicação do tipo de metodologia apresentada neste trabalho, destinada à elaboração de mapas climáticos urbanos, mesmo numa cidade de dimensões reduzidas, revela-se uma “ferramenta” importante, tanto na identificação do grau de vulnerabilidade climática do espaço urbano, como também na definição das unidades de resposta climática homogénea, que muitas das vezes, assentam em métodos algo subjetivos.

Do mesmo modo, com este artigo procurou-se destacar a importância da elaboração de cartografia temática na área da climatologia urbana, uma vez que constitui um dos elos de ligação, que cada vez mais devem ser estabelecidos entre o climatólogo e os demais agentes de planeamento urbano, na simples medida que possibilita que as principais especificidades topoclimáticas do espaço urbano em causa, se traduzam em peças cartográficas de fácil análise, merecendo particular destaque: as áreas onde o efeito termohigrométrico urbano é de maior intensidade (núcleo da ilha de calor); os locais onde se verificam processos de drenagem e acumulação de ar frio (lagos de ar frio), uma vez que correspondem aos locais mais propensos à acumulação de poluentes atmosféricos e também de maior

desconforto bioclimático e os principais corredores de ventilação associados às circulações locais do ar e os rumos predominantes de vento.

REFERÊNCIAS

- ALCOFORADO, M. *et al.* (2005) – **Orientações climáticas para o planeamento e ordenamento em Lisboa**. Relatório da Área Geo-Ecologia, nº4, Centro de Estudos Geográficos, Lisboa.
- ALCOFORADO, M. (2010) – **Climatologia Urbana para o ensino**. Núcleo CliMA,3, 179 p.
- BAUMÜLLER J.; Hoffmann U, Reuter (1992) – **Climate booklet for urban development**, Ministry of Economy Baden-Wuerttemberg (Wirtschaftsministerium), Environmental Protection Department (Amt für Umweltschutz).
- CHAO, R.;YAN-YUNG,N.; LUTZ, K. (2010) – **“Urban Climatic map studies: a review.”** *International Journal of Climatology*. DOI:10.1002/joc.2237.
- ELIASSON, I. (2000) – **“The use of climate knowlege in urban planning”**. *Landscape and Urban Planning*,48, pp.31 – 44.
- MARQUES, D. (2012) – **“Contributo da Climatologia para a sustentabilidade urbana. O caso da Figueira da Foz”**. Dissertação de Mestrado em Geografia Física apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra (Portugal), 193 p.
- NG E, Katzschner L, Wang U, Ren C, Chen L. (2008). Working Paper No. 1^a: **draft urban climatic analysis map – urban climatic map and standards for wind environment – feasibility study**. Technical Report for Planning Department HKSAR. The Chinese University of Hong Kong: Hong Kong.