

Mapas Climáticos Urbanos Aplicados a uma Cidade do Litoral - O Caso da Figueira da Foz (Portugal)

Me. David Marques
Dr. Nuno Ganho e Dr. António
Dr. Manuel Rochette Cordeiro

Instituição : Universidade de Coimbra

Resumo

Face à crescente complexidade do subsistema climático urbano, é, cada vez mais, premente desenvolverem-se metodologias de análise do ambiente físico, tendo como objetivo primordial, a sustentabilidade ambiental dos meios urbanos. De facto, nunca como nos dias de hoje, a pressão antrópica exercida sobre estes territórios foi tão significativa, o que, portanto, requer respostas adequadas ao nível de políticas de planeamento e ordenamento do território.

Neste sentido, para que as cidades se tornem sustentáveis em termos ambientais, um dos “caminhos” a percorrer passa, efetivamente, pela aplicação e integração de informação de escala topoclimática nas políticas de ordenamento do território. Para que tal se verifique é necessário que o conhecimento climático seja “traduzido” numa linguagem passível de aplicação pelos agentes de planeamento, numa lógica de plataforma de informação que permita uma crescente comunicação e colaboração interdisciplinar, entre os vários agentes envolvidos no processo.

Deste modo, com o presente artigo e tendo por base a elaboração de um mapa climático urbano aplicado à cidade da Figueira da Foz (faixa ocidental de Portugal Continental), procura-se destacar o contributo deste método no processo de definição das unidades de resposta climática homogénea (climatopos), para as quais se definem as respetivas orientações climáticas, mediante o conhecimento prévio das características topoclimáticas do espaço urbano.

1. Introdução

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). De facto, é este tipo de informação climática que deve constar nos instrumentos de gestão territorial, como os Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT's). Em função dos seus objetivos, os mapas climáticos urbanos subdividem-se em mapas urbanos de análise climática (também designados de mapas sintéticos das funções climáticas) e mapas de avaliação climática. Nos primeiros, com base na integração de vários níveis de informação, como a análise das principais variáveis climáticas (temperatura e humidade do ar, precipitação, direcção e velocidade do vento, nebulosidade e radiação solar), a ocupação e uso do solo, a topografia e a vegetação, definem-se unidades de resposta climática homogénea, também designados por climatopos. Estas unidades correspondem a áreas

homogêneas do ponto de vista físico (em termos de morfologia urbana e posição topográfica) que interagem de modo particular com a atmosfera. Assim, a cada climatopo corresponderá um clima local próprio, que condicionará de forma diferenciada a vida e as atividades humanas e que exigirá, portanto, medidas específicas para reduzir os impactos negativos e aproveitar as características positivas do clima urbano (ALCOFORADO, 2010). Por seu turno, a espacialização dessas medidas sob a forma de um plano de ação adequado à realidade de cada cidade, constituem os mapas de avaliação climática.

Com este artigo 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 homogênea, 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 definir.

2. 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.

3. Mapa Climático Urbano - Estrutura

Na Figura 1 representa-se a estrutura e os níveis de informação utilizados para a elaboração do mapa climático urbano. Para a sua obtenção, por um lado, considera-se a carga térmica e por outro lado, a ventilação potencial, os quais traduzem o cruzamento de seis níveis de informação.

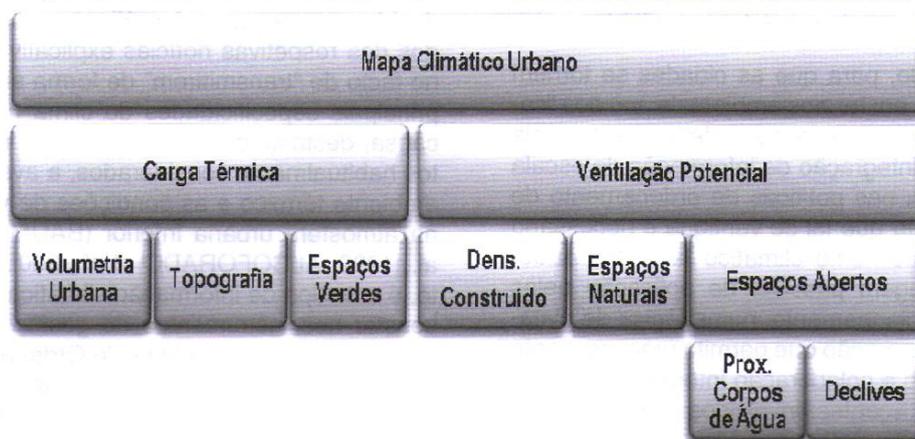


Figura 1: Estrutura e níveis de informação utilizados na elaboração do mapa climático urbano.

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 po-

sitiva 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 I apresentam-se as classes climáticas urbanas com a respectiva influência no con-

forto térmico. De acordo com a Fig. 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 ocupação 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 impacto negativo no ambiente climático urbano, não apresenta qualquer expressão espacial que nos leve a considerá-la na nossa área de estudo.

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 impacto
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

Quadro 1: Classes climáticas urbanas

4. Definição dos Climatopos

Partindo das classes climáticas obtidas através da elaboração do mapa climático urbano definiram-se três grupos de climatopos, que por sua vez se subdividiram em sete unidades de resposta climática homogénea, para mais facilmente se sintetizarem as características termohigrométricas e aerodinâmicas de cada climatopo.

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. Aqui as velocidades do vento são significativas, principalmente onde a vegetação arbórea rareia em especial nos locais sobrancei-

ros 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. Estas diferenças resultam em temperaturas mais baixas e maior humidade na vertente a barlavento, enquanto a vertente a sotavento apresenta temperaturas do ar superiores (reforçado pela maior quantidade de radiação recebida) e menor humidade relativa, para além de uma maior turbulência do ar, devido à sua descida por compressão. 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

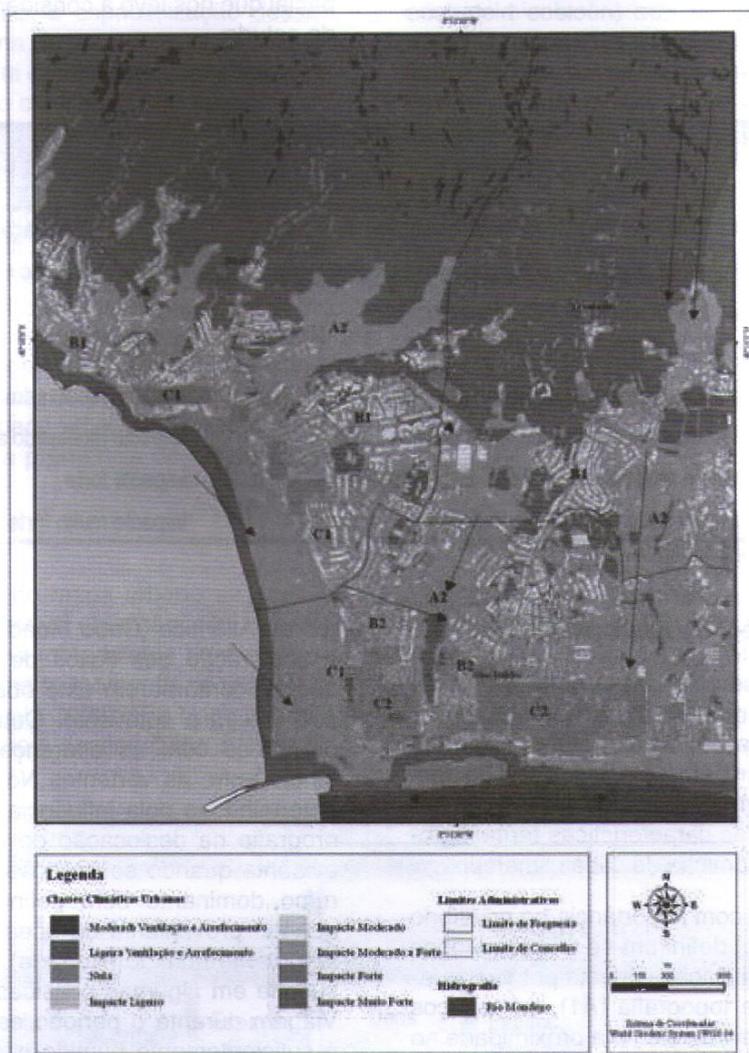


Figura 2: Mapa climático urbano com indicação dos climatopos (pormenor da área urbana).

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.

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 carac-

CCU	Grupos de Climatopos e respectiva vulnerabilidade climática	Climatopos	Principais Áreas	Comportamento Térmico	Comportamento Aerodinâmico
1	A - Áreas com importância no equilíbrio climático da cidade.	A1 - Modificado pela morfologia	Serra da Boa Viagem	Célula de frescura diurna; Núcleo quente de gênese topográfica (inversões térmicas).	Velocidade do vento elevada nos cumos desabrigados da Serra. Maior turbulência do ar a sotavento.
2		A2- Modificado pela presença de espaços verdes e fundos de vale	Parque Verde das Abadias; Várzea de Tavarade 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 sinópticos.
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 envolvidas 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 WNW 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.

Quadro 2: Definição e caracterização dos climatopos.

terísticas climáticas particulares, nomeadamente a redução significativa do efeito urbano no topo-clima. São por excelência os locais mais expostos à ação 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 sinópticos 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 sinópticos 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 sinópticos 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 oclusão 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.

5. Orientações Climáticas Gerais

De acordo com ALCOFORADO et al. (2005:54) por orientações climáticas entendem-se todas as “medidas que possam contribuir para mitigar ou melhorar as componentes do clima urbano, consideradas como adversas para a saúde e conforto humano, ou que origemem ambientes (interiores ou exteriores) pouco eficientes sob o ponto de vista energético, com base na alteração dos fatores que condicionam as referidas componentes”. Em função do conhecimento previamente adquirido sobre o campo termohigrométrico e de circulação do ar na Figueira da Foz, as orientações climáticas propostas para o conjunto da aglomeração urbana regem-se segundo dois objetivos principais: a manutenção da carga térmica e a preservação das áreas fundamentais para o equilíbrio do clima urbano.

Apesar dos contrastes topoclimáticos encontrados, a ilha de calor urbano identificada, essencialmente no Bairro Velho, do nosso ponto de vista e dadas as circunstâncias locais - elevada influência oceânica, proximidade da Serra da Boa Viagem, velocidades do vento importantes e uma reduzida dimensão da cidade - o efeito termohigrométrico urbano não apresenta uma intensidade significativa que interfira de forma decisiva nos níveis de desconforto bioclimático e que, por sua vez, se repercutam num aumento do consumo energético, o que em certa medida vai ao encontro dos resultados da metodologia utilizada para a elaboração do mapa climático urbano.

Deste modo, a nossa proposta passa fundamentalmente por medidas de preservação e adaptação, para o qual é importante que o desenho das novas urbanizações obedeça a regras básicas que se prendem com a manutenção de um Sky View Factor elevado, a utilização de materiais de construção e de cobertura adequados e a criação de espaços verdes, privilegiando-se um coberto arbóreo de espécies caducifólias.

Quanto à preservação dos locais de formação de ar mais frio (Serra da Boa Viagem, espaços verdes) e principais corredores de ventilação do espaço urbano, este objetivo é fundamental para que o sistema de brisas marítimas possa venti-

lar adequadamente o sector oriental da cidade nas tardes de Verão. Assim, não só os eixos de direcção grosso modo W- E como também os de NW-SE, ou mesmo N-S (devido à canalização dos fluxos sinópticos pelo vale da ribeira de Tavarede), devem ser mantidos e preservados cirurgicamente através de um controlo da densidade de construído, volumetria e da disposição dos edifícios ao longo destes canais, bem como nas áreas onde os vales desembocam.

A esta consideração acresce o facto da expansão da cidade se estar a verificar essencialmente para Norte e Nordeste, o que em função de um aumento da rugosidade imposto pelos edifícios, poderá vir a resultar numa diminuição da velocidade do vento e conseqüentemente numa diminuição da capacidade de dispersão do excedente térmico e dos poluentes emitidos para a atmosfera, o que conduzirá a um incremento do efeito termohigrométrico urbano no clima local, a par de uma degradação da qualidade do ar em determinados locais. Do mesmo modo, ao longo da faixa atlântica é necessário que o edificado não apresente, no futuro, um aumento do número de edifícios e de pisos, sendo no entanto aconselhável, em determinadas situações, uma altura variável dos edifícios.

6. Orientações Climáticas Especializadas

Depois de estabelecidas as orientações climáticas gerais para o conjunto da aglomeração urbana, definem-se algumas medidas mais específicas e especializadas, que entendemos serem necessárias para o equilíbrio do sistema climático urbano, tendo em conta o conhecimento atual do clima local da Figueira da Foz. Neste caso tem-se como referência o trabalho desenvolvido por ALCOFORADO et al. (2005) para a cidade de Lisboa e aplicado ao seu Plano Diretor Municipal.

No Quadro III resumem-se algumas orientações climáticas para cada grupo de climatopos, com a finalidade de se dar resposta aos objetivos anteriormente definidos. No grupo de climatopos A (áreas com importância no equilíbrio climático da cidade), definiram-se essencialmente medidas de preservação das condições atuais, propondo-se essencialmente orientações de proteção dos corredores de ventilação do espaço urbano e de aumento dos espaços verdes da cidade, os quais quando possível também devem funcionar como corredores verdes, sendo disso exemplo o futuro Parque Verde Urbano da Várzea de Tavarede,

Grupos de Climatopos	Ações a Tomar	Orientações
A - Áreas com importância no equilíbrio climático da cidade (A1, A2 e A3).	Medidas de Preservação	<ol style="list-style-type: none"> 1. Preservar dos fundos de vale novas construções e da ocupação de vegetação densa; 2. Manter corredores de ventilação associados a corredores verdes com orientação N-S, W-E, NW-SE e NE-SW; 3. Impedir a construção de edifícios altos ou médios com a fachada orientada perpendicularmente aos ventos dominantes (N e NW); 4. Manter os espaços verdes existentes e favorecer a manutenção de pequenos jardins e logradouros com vegetação; 6. Nos espaços verdes de proteção, favorecer manchas densas de árvores de folha persistente; 7. Aumentar as superfícies permeáveis.
B - Áreas pouco vulneráveis do ponto de vista climático (B1 e B2)	Medidas de Preservação e Adaptação	<ol style="list-style-type: none"> 1. Manter uma razão H/W ≤ 1 nas construções urbanas; 2. Aumentar o albedo das superfícies urbanas; 3. Aumentar e melhorar os espaços públicos abertos; 4. Adequar os sistemas de escoamento a fenómenos hidrológicos extremos;
C - Áreas urbanas moderadamente vulneráveis (C1 e C2)	Medidas de Adaptação Desejáveis	<ol style="list-style-type: none"> 1. Manter nas construções urbanas uma razão H/W ≤ 1; evitar o aumento do número de pisos dos edifícios e a construção nos espaços intersticiais; 2. Ocupar os espaços intersticiais com vegetação, de preferência caducifolia; 3. Evitar a construção de edifícios altos ou médios com a fachada orientada paralelamente à linha de costa; 4. Utilizar materiais de construção e cobertura de baixa condutividade e albedo elevado.

Quadro 3: Resumo das orientações climáticas.

para o qual não se recomenda a implantação de áreas arbóreas muito densas que impeçam a circulação dos ventos de N/NW no Verão.

Para o grupo B (áreas pouco vulneráveis do ponto de vista climático), estabeleceu-se como prioridade a definição de medidas de preservação e algumas de adaptação, destacando-se o cumprimento do artigo 59o do Decreto-Lei no38 382 de 7 de Agosto de 1951, que aprova o Regulamento Geral das Edificações Urbanas e estabelece a obrigatoriedade de uma razão H/W <1 nas construções urbanas, uma vez que o não cumprimento desta medida resulta numa redução da fração de céu visível, que por sua vez é responsável por um aumento da temperatura do ar e uma diminuição da ventilação. Assim, chama-se a atenção para o processo futuro de urbanização dos sectores Norte e Leste da cidade, onde é fundamental que a rugosidade dos edifícios não implique uma diminuição muito acentuada da velocidade do vento. Para as novas construções aconselha-se a utilização de materiais que contribuam para o aumento do albedo em meio urbano, uma vez que é um dos fatores que causa o sobreaquecimento das cidades e que pode ser mitigado através da promoção e aplicação de um urbanismo bioclimático.

No grupo de climatopos C (áreas urbanas moderadamente vulneráveis), local onde o efeito termohigrométrico urbano é mais intenso, optou-se pela definição de medidas de adaptação, nomeadamente: manter nas construções urbanas uma razão H/W ≤ 1 ; evitar o aumento do número de pisos dos edifícios e a construção nos espaços intersticiais; ocupar os espaços intersticiais com vegetação, de preferência caducifolia; evitar a construção de edifícios altos ou médios com a fachada orientada paralelamente à linha de costa; utilizar materiais de construção e cobertura de baixa condutividade e albedo elevado. No entanto e tratando-se de áreas densamente construídas e uma vez que o espaço de construção já é muito reduzido, aqui é acima de tudo fundamental que as condições atuais de ventilação se mantenham, ou se possível que melhorem.

5. 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.J., Andrade, H., Fragoso, M., Lopes, A, Lombardo, M., Matzarakis, A., Oliveira, S. (2005) **Orientações climáticas para o planeamento e ordenamento em Lisboa**. Relatório da Área Geo-Ecologia, no4, Centro de Estudos Geográficos (eds), Lisboa.

Alcoforado, M.J. (2010) **Climatologia Urbana para o ensino**. Núcleo CliMA,3, 179 p.

Baumüller, J. e Hoffmann, U. (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, 31-44.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2007) **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report**. **Cambridge University**, Cambridge. United Kingdom. 976 p.

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. 1a: 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.