

O CONFORTO TÉRMICO URBANO E O ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO NA CIDADE DA GUARDA: UTILIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E DA GEOESTATÍSTICA

Emanuel de Castro, Ana Lopes

RESUMO

A utilização de metodologias geoestatística tem por objectivo a caracterização da dispersão espacial e espacio-temporal das grandezas que definem a quantidade e a qualidade de determinados recursos ou outros fenómenos espaciais em que os atributos manifestem uma certa estrutura no espaço e/ou no tempo. Com o apoio dos SIG, a aplicação desta metodologia permitir-nos-á modelar espacialmente o comportamento térmico urbano, aplicado à cidade da Guarda. Deste modo, é nosso objectivo definir padrões térmicos diferenciados no espaço, como a identificação de “ilhas de calor e de frescura”, originadas, por um lado pela acção antrópica, por outro pela morfologia do relevo que induz mecanismos de escoamento de ar específicos. Constitui pressuposto deste trabalho a apresentação de uma carta de conforto térmico que permitirá o cruzamento com a ocupação actual do solo, de modo a garantir uma gestão do espaço mais eficaz.

1 INTRODUÇÃO

Os métodos geoestatísticos permitem a caracterização de fenómenos espaciais, preferencialmente naturais, e a quantificação da incerteza do seu conhecimento, possibilitando, a partir de métodos estocásticos, o conhecimento do comportamento de determinadas variáveis em sectores onde não existem amostras (SOARES, 2006).

Do conjunto dos vários métodos geoestatísticos, um dos mais utilizadas é a *Krigagem Normal* que, segundo o mesmo autor, assenta num modelo de variograma que, mais do que um estimador ergódico numa função aleatória (da qual conhecemos uma só realização), é e acima de tudo uma medida de continuidade e homogeneidade estrutural do processo espacial, do qual conhecemos apenas um conjunto de amostras. Contudo, aquilo que aqui vamos apresentar é apenas uma parte do processo de inferência estatística, com o objectivo de representar de modo contínuo um conjunto de amostras descontínuas, uma vez que a estimação de pontos não constitui, quase nunca, um fim em si, na generalidade das aplicações, os problemas de inferência espacial ligadas a elementos naturais, raramente acabam, mas quase sempre começam, com o processo de estimação.

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) constituem um conjunto de ferramentas de recolha, armazenamento, análise e representação de dados que incluam referência a uma localização no espaço. Estas ferramentas permitem poderosas análises espaciais de elevados conjuntos de dados, possibilitando, deste modo, cruzar informação espacialmente referenciada, capaz de modelar e projectar o comportamento de determinados fenómenos num dado território. Em conjunto, permitem definir padrões e comportamento espaciais,

passíveis de serem cruzados com outros dados territoriais, nomeadamente a ocupação do solo, natural e antrópica.

Neste contexto, a aplicação desta metodologia de estatística espacial, apoiada pelas ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica (análise espacial) permite-nos modelar geograficamente diferentes fenómenos, nomeadamente o comportamento térmico urbano da cidade da Guarda (Interior da Região Centro de Portugal, Beira Interior Norte). Deste modo, torna-se possível definir padrões térmicos diferenciados no espaço, como a identificação de fenómenos de clima urbano, como são o caso das “ilhas de calor ou de frescura”, originadas, por um lado pela acção antrópica, por outro pela própria morfologia do relevo, bastante significativa nesta cidade, que induz mecanismos de escoamento de ar específicos (movimentos do ar anabáticos e catabáticos).

Assim, ao longo do presente artigo realizar-se-á uma aproximação metodológica ao estudo do comportamento da temperatura e do movimento do ar no interior da cidade da Guarda, e a sua consequente modelação, assente nos princípios da estatística espacial e em ferramentas SIG, tal como já referimos. Os resultados obtidos a partir da aplicação metodológica serão objecto de análise, objectivando a sua aplicação às práticas de ordenamento do território. Neste sentido, a construção de uma “carta de conforto bioclimático” constitui o resultado metodológico deste trabalho, o qual será confrontado com a actual ocupação do solo, na pressuposto de entender o impacte que estes mecanismos podem ter na organização urbana, e por inerência na própria qualidade de vida do Homem.

A pertinência deste trabalho justifica-se, não só por que as políticas de ordenamento do território negligenciam, de forma recorrente, as variações topo e microclimáticas que influenciam, de modo directo, o conforto térmico e a qualidade de vida das populações, mas também pela emergência destas metodologias na resolução e previsão de novos “velhos” problemas sócio-territoriais. Um outro elemento relevante é a dispersão de poluentes, muito associada ao escoamento de ar frio e quente que, influenciado pela topografia, pode induzir variações espaciais relevantes, nem sempre considerados na escolha da localização de novas áreas residenciais ou equipamentos públicos.

Estes estudos mostram-se particularmente relevantes nas novas práticas de planeamento e ordenamento urbano, possibilitando uma acção pró-activa, resultado da projecção de cenários que estas ferramentas nos permitem.

2 ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO

A Geoestatística tem em consideração a localização geográfica e a dependência espacial de uma determinada variável. Tem como principais objectivos, a descrição do comportamento dos dados, a estimação de um valor desconhecido num determinado ponto do espaço e a distribuição da variável numa área ou volume de pequenas ou grandes dimensões, assim como a determinação do grau de incerteza associado às estimações.

O primeiro passo em qualquer análise de dados consiste em explorar os dados recolhidos (dados iniciais) para ficarmos com uma ideia de alguns “padrões” que eles apresentem. Até há pouco tempo, a estatística descritiva resumia-se ao cálculo de algumas características amostrais, como por exemplo, médias, medianas, modas, quartis, variâncias, desvios padrão, para só referir as mais usuais. No entanto, é importante ter uma ideia da

distribuição dos dados e a forma que apresentam, quanto mais não seja para numa primeira fase escolhermos o tipo de análise estatística adequada e em segundo lugar verificarmos se os pressupostos teóricos exigidos para a análise que escolhemos são ou não verificados.

Um dos estimadores geoestatísticos utilizados é a *Krigagem*. Esta é uma denominação que foi empregue, pela primeira vez, por Matheron G., 1965, em homenagem aos trabalhos pioneiros de Krige D. (1951). A *Krigagem Normal* é a denominação do mais usual dos algoritmos de *Krigagem*, uma família que cobre os estimadores não-estacionários (*Krigagem Simples*, *Krigagem com Modelo de Deriva*, também conhecida por *Krigagem Universal*, e *Krigagem com Deriva Externa*) (SOARES, 2006).

A *Krigagem Normal*, um dos modelos de estimação não estacionários, pressupõe que as médias da variável amostrada serão desconhecidas mas constantes. No entanto, existem fenómenos em que os valores do atributo que se pretende estimar não têm um comportamento homogéneo dentro da área de amostra: por exemplo, os valores crescem de um modo sistemático numa dada direcção ou os valores mais elevados concentram-se localmente num ponto ou área e decrescem de um modo radial em todas as direcções (ISAAKS e SRIVASTAVA, 1989)

Os estimadores de *krigagem* anteriores constituem uma solução óptima para a inferência das características médias globais ou locais de um fenómeno, o que o torna um modelo ideal para a primeira visualização das suas características. No entanto, por vezes é necessário conhecer, não as características médias, mas sim os seus extremos, ou por outras palavras, a probabilidade de exceder um determinado valor de corte, ou o inverso. Este método de *krigagem* incorporado na estimação dos valores extremos e da incerteza local, permite-nos aferir a probabilidade de ocorrência de determinados valores extremos com grande rigor.

A utilização simultânea dos Sistemas de Informação Geográfica e das ferramentas de Geoestatística permitem aplicar e otimizar métodos de interpolação mais fiáveis, que integram medidas de incerteza e mapeamento de erros, como iremos analisar ao longo deste artigo. O uso adequado destas ferramentas contribui para um maior conhecimento das características espaciais das variáveis, constituindo uma importante fonte de informação para estimação de múltiplos fenómenos, nomeadamente aqueles que nos propomos neste trabalho. Partindo das potencialidades destas ferramentas procurámos padronizar o comportamento térmico da cidade da Guarda, cujo campo metodológico se apresenta (Tabela 1).

Tabela 1 Síntese metodológica

Método	Objectivos
Definição dos pontos e percurso itinerante	Identificar uma rede de pontos itinerantes para recolha de dados climáticos – humidade e temperatura, para o período entre Julho e Dezembro de 2009.
Recolha de dados climáticos	Espacializar o comportamento térmico na cidade da Guarda em função dos valores médios recolhidos nas 18 observações itinerantes (em 22 pontos de recolha).
Normalização dos valores recolhidos	Minimizar o efeito temporal/horário existente nas recolhas itinerantes.
Aplicação de métodos estatísticos Multivariados: <i>krigagem ordinal e normal</i>	Modelar o comportamento térmico da cidade da Guarda (identificação de “ilhas de calor e frescura” urbana). Potencialidades da metodologia: um dos procedimentos

	mais adequados para a maioria das séries estatísticas; evidencia uma leitura e interpretação global dos fenómenos; expressa tendências sugeridas pelas séries de dados; permite interpretações diversas para as mesmas séries de dados.
Cruzamento das condições térmicas com a actual ocupação do solo	Avaliar a ocupação do solo urbano e a sua relação com as condições termohigrométricas, evidenciando a importância para a ocupação do solo e o ordenamento do território.

3 O COMPORTAMENTO TÉRMICO URBANO E O ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO

As características climáticas em espaços urbanos resultam, em larga medida, das modificações que as superfícies, materiais e as actividades urbanas (áreas densamente povoadas) provocam nos balanços de energia, massas e movimentos (ARNFIELD, 2003). Por outro lado, os processos de urbanização expansivos destes territórios, muitas vezes sem estratégias eficazes de planeamento, têm conduzido a alterações bio-ambientais, nomeadamente no incremento da temperatura das superfícies e do ar, com efeitos directos no conforto térmico das populações.

Encarando o espaço urbano como um ecossistema (Douglas 1983, Newman, 1999; Lawrence, 2003), as condições atmosféricas integram-se no conjunto de factores abióticos os quais, interagindo com outros factores (bióticos e sócio-culturais), condicionam a população humana.

O clima urbano afecta directamente a saúde e o bem-estar dos grupos humanos que ocupam esses espaços. Desta forma, torna-se de extrema importância, face às crescentes tendências de urbanização, de modo particular na área geográfica correspondente à área de estudo, analisar e identificar áreas privilegiadas para expansão urbana (construção de novos edifícios de grandes dimensões; modificações em estruturas urbanas já existentes; novas implantações urbanas).

A informação climática pode ser utilizada em diferentes níveis do planeamento. Bitan (1988) citado por ANDRADE (2005), distingue três níveis essenciais de aplicação da informação climática ao nível do Planeamento e Ordenamento do território:

- No planeamento regional a informação climática, sobretudo de mesoescala (MATZARAKIS, 2001), é utilizada na selecção de novas localizações, no planeamento do uso do solo à escala regional e na minimização dos riscos ambientais;
- O nível privilegiado de aplicação da Climatologia ao Planeamento urbano é o do *Settlement Planning*, correspondente aproximadamente à escala local. A informação climática pode ser utilizada, por exemplo, na selecção, na selecção de forma urbana geral e do uso do solo, mas também em aspectos de maior pormenor, como o dimensionamento e características dos espaços abertos, utilização da vegetação e cores predominantes, podendo ir até ao planeamento de conjuntos residenciais ao nível do quarteirão (BITAN, 1988; GOLANY, 1996, RAHAMIMOFF, 1984);
- O nível de planeamento dos edifícios individuais e do seu espaço contíguo é aquele em que a informação climática tem assumido maior relevância.

No sentido de dar cumprimento metodológico ao trabalho, foi realizado um conjunto de percursos itinerantes, entre os meses de Julho e Dezembro de 2009, com um total de 22 pontos de recolha (Fig. 1) dos quais se calcularam os valores médios de temperatura. Objectivamente, pretendemos evidenciar comportamentos térmicos diferenciados na cidade da Guarda que nos permita caracterizar o conforto térmico e a sua relação com o planeamento urbano. O conforto climático surge, neste contexto, como um objectivo chave na intervenção no espaço, no sentido de avaliar influência térmica integrada das condições atmosféricas sobre as populações (GANHO, 1998 e ANDRADE, 2005).

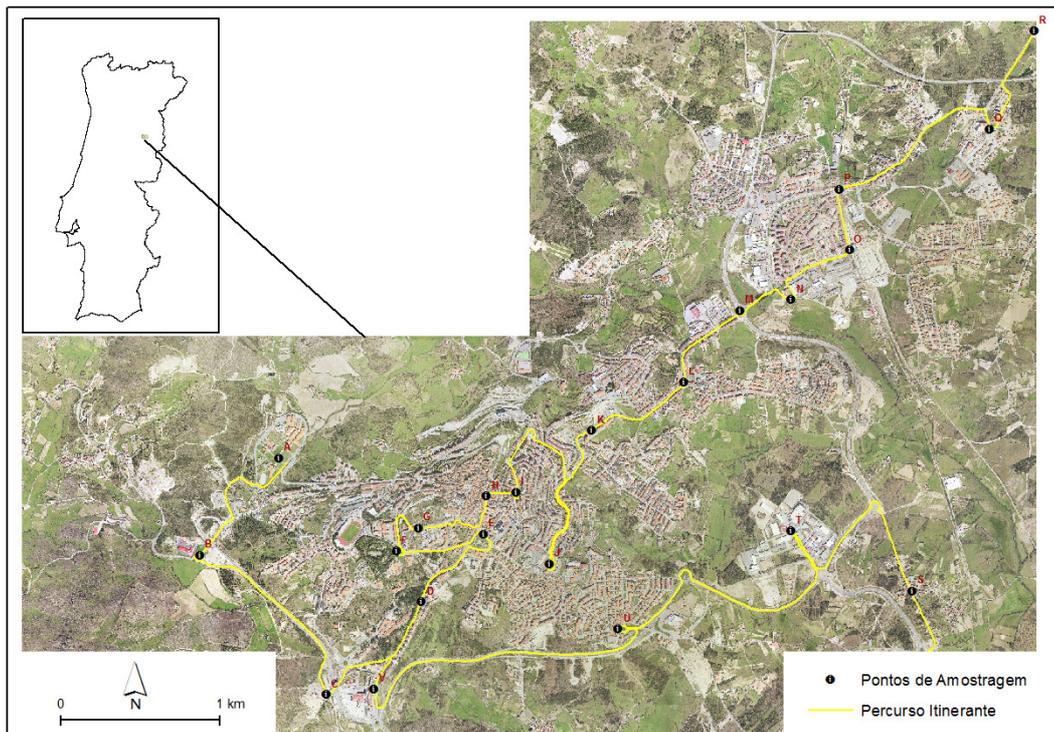


Fig. 1 Percurso itinerante e pontos de recolha de dados

O percurso definido permitiu-nos a recolha de dados térmicos em diferentes áreas da cidade, com densidades e ocupação distintas. Este percurso, com os 22 pontos de recolha foi realizado, durante o período referido (com uma periodicidade de 3 percursos por mês, num total de 18), de modo a conseguirmos um período de amostragem suficientemente alargado, capaz de sustentar a metodologia e a definição de campos térmicos devidamente normalizados. Por outro lado, as opções tomadas tentaram mitigar os efeitos externos, como as condições meteorológicas extremas ou situações anómalas de acção humana. Assim, os pontos de amostra (recolha de informação) foram seleccionados em função das diferenças topográficas e de ocupação do solo no espaço urbano em análise.

A partir das características da morfologia urbana e da aplicação metodológica adoptada foi possível modelar o comportamento térmico urbano. Assim, com a utilização das metodologias geoestatísticas e a aplicação dos SIG, construímos duas representações cartográficas que evidenciam, por um lado a modelação média das temperaturas, no período em análise, e os desvios ocorridos nos diferentes espaços urbanos, por outro.

A aplicação do método da *Krigagem Simples* (cálculo dos resíduos) produziu uma primeira aproximação ao objectivo que pretendíamos para este trabalho (Fig. 2), na qual é possível identificar padrões térmicos bem definidos, resultado das especificidades urbanas (densidade de ocupação), mas também das diferenças topográficas existentes.

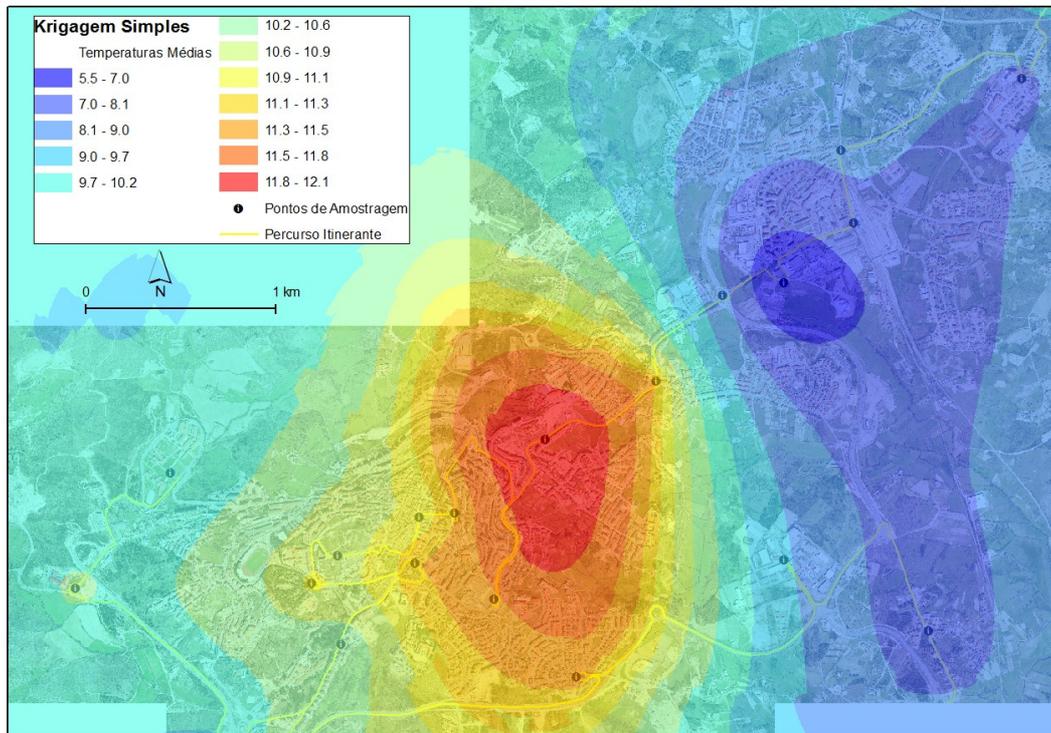


Fig. 2 Representação da modelação térmica (em °C), obtidos através do método da *Krigagem Simples*

Como podemos observar na figura, o comportamento térmico da cidade da Guarda apresenta uma estrutura polinuclear, isto é, com dois núcleos bem definidos: a alta da cidade (a malha mais antiga) e a área mais deprimida, coincidente com ocupações mais recentes. Este facto reforça a importância que a influência topográfica exerce no escoamento de ar, principalmente o mais frio, devido à sua maior densidade. No entanto, não podemos negligenciar os efeitos que o metabolismo urbano exerce no comportamento dos valores de temperatura (assunto a desenvolver no ponto seguinte).

Para além desta representação, procurámos quantificar os campos térmicos definidos, em função dos valores médios registados. Este método originou uma segunda representação cartográfica (Fig. 3) que nos permite identificar as anomalias térmicas, nomeadamente a “ilha de calor urbano” e os “lagos de ar frio”.

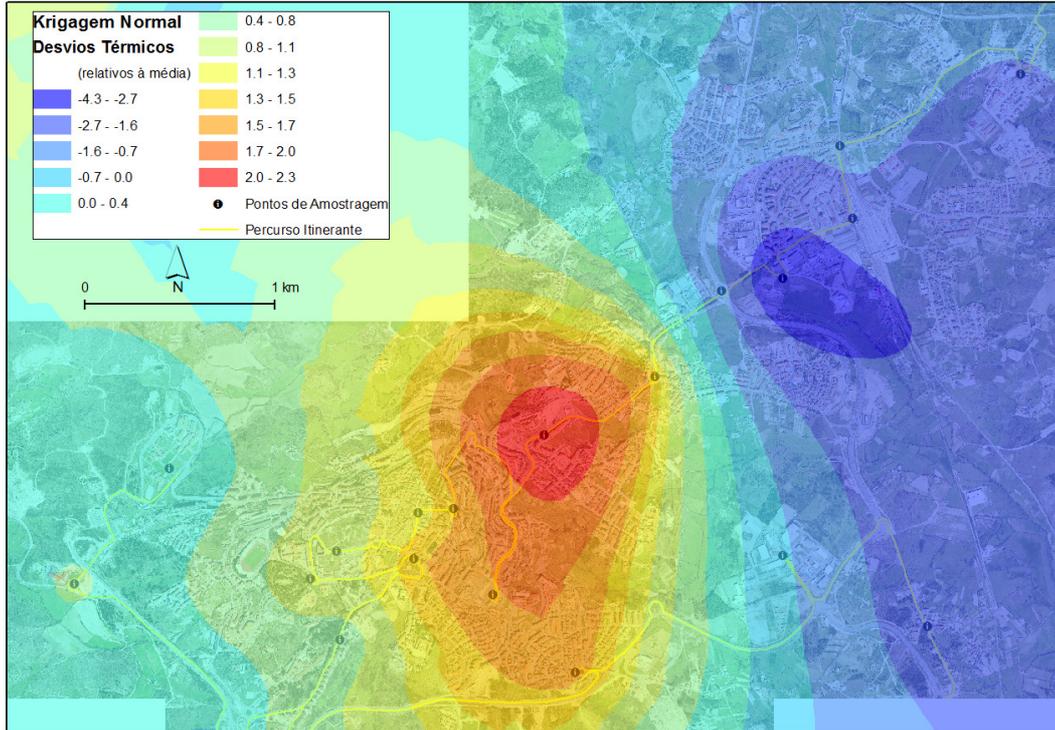
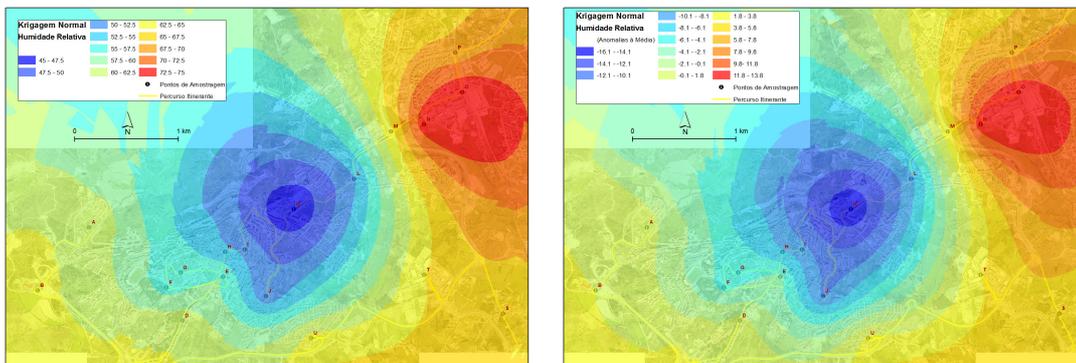


Fig. 3 Representação dos valores de anomalia térmica (em °C), através do método da *Krigagem Normal* (cálculo dos resíduos)

Os resultados expressos na figura vêm reforçar a análise anterior. No cálculo dos resíduos efectuado, identificamos uma variação superior a 6 °C entre os sectores elevados e os deprimidos da cidade. Na verdade, a “anomalia negativa” é bastante mais significativa que a “positiva” (com um desvio máximo de -4.3 °C), o que nos leva a afirmar que o impacte dos “lagos de ar frio” são muito mais importantes que as “ilhas de calor urbano”, neste território. A anomalia positiva apresenta valores inferiores (menos de metade) que a inversa, com um desvio máximo de 2.3°C. Para além do comportamento térmico, torna-se importante, no contexto do planeamento urbano, verificar a continuidade espacial da humidade relativa (%), elemento fundamental no maior ou menor conforto bioclimático. Assim, seguindo a mesma metodologia, construímos duas representações cartográficas capazes de identificar o comportamento termohigrométrico, e estabelecer uma relação entre as duas variáveis em análise (Fig. 4).



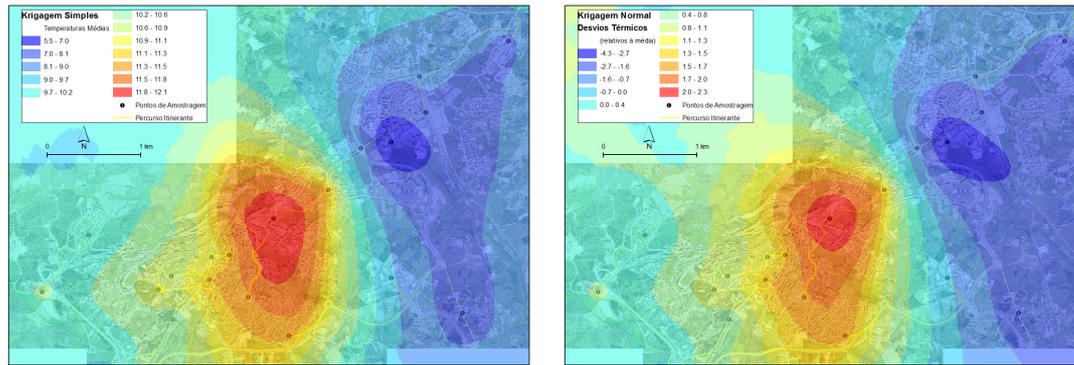


Fig. 4 Representação dos valores termohigrométricos (em °C e percentagem), através do método da *Krigagem Normal* e *Krigagem Simples* (cálculo dos resíduos). Da esquerda para a direita e de cima para baixo: modelação dos valores médios de humidade relativa (%), modelação das anomalias higrométricas (%), modelação da temperatura média (°C) e anomalias térmicas (°C)

A Fig. 4 torna clara a relação a que nos referíamos anteriormente, ou seja, a existência de um factor causa-efeito entre os campos térmicos e as variações higrométricas. Os sectores com anomalia térmica positiva são os que apresentam menores valores de humidade relativa, constituindo uma “ilha de secura” (associada à “ilha de calor urbano”), enquanto as áreas de anomalia térmica negativa registam valores de humidade mais elevados (com diferenças que podem, em alguns sectores, atingir os 20%), constituindo “ilhas de frescura” associados a menores ou maiores níveis de conforto bioclimático, resultado da conjugação entre as temperaturas e a própria humidade.

4 CONFORTO TÉRMICO: ANÁLISE DE RESULTADOS

As características térmicas e higrométricas apresentadas e modeladas anteriormente estão, efectivamente, associadas ao impacte do espaço construído e da morfologia urbana. No caso da área de estudo a última sobrepõe-se à primeira, fruto da topografia, em especial dos valores de altitude registados na cidade da Guarda, que a tornam na mais alta de Portugal. O campo térmico da atmosfera urbana está associado às condições de maior ou menor conforto bioclimático, quer pela influência de anomalias térmicas positivas, quer pelo comportamento inverso, com repercussões do ponto de vista higrométrico. Deste modo, a natureza do clima urbano pode ser diferenciada face ao espaço envolvente, resultado de um conjunto de factores, internos e externos, que condicionam, ampliam ou mitigam determinadas variáveis climáticas (vento, temperatura, humidade). A topografia, neste contexto, pode ter um efeito atenuador, em determinados sectores, ou de incremento noutros (Fig. 5).

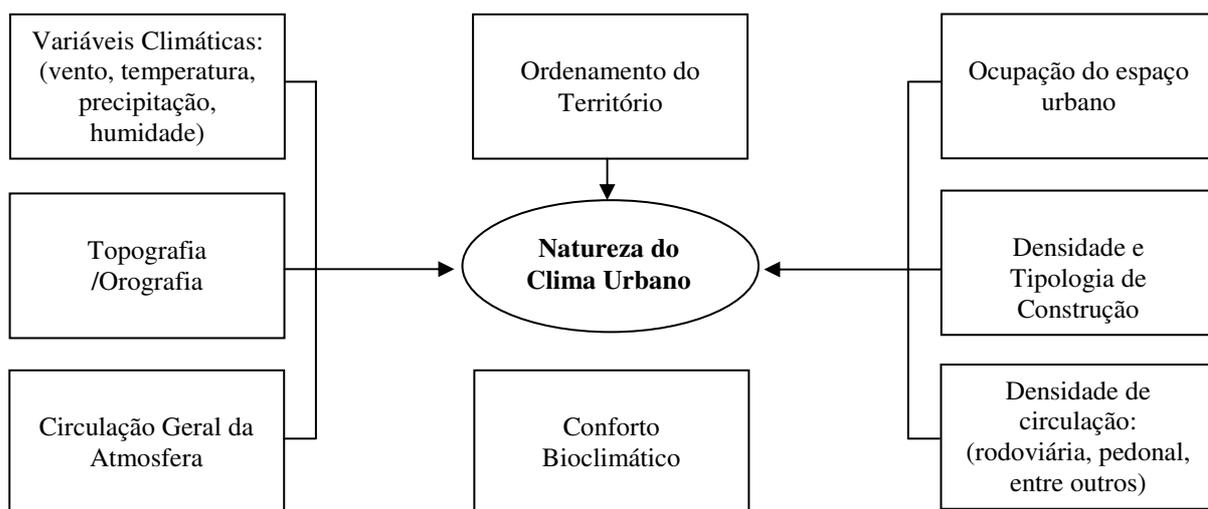


Fig. 5 Síntese dos factores e relações associadas à natureza do clima urbano

As relações expressas no esquema da fig. 5 caracterizam o comportamento higrométrico da cidade da Guarda modelado no ponto anterior. A partir dos resultados obtidos podemos caracterizar, de modo mais particular, as influências existentes (internas e externas) nos diferentes sectores da cidade. O Tabela 2 sintetiza as principais tipologias térmicas e higrométricas definidas e as principais características a elas associadas.

Tabela 2 Tipologias termohigrométricas na cidade da Guarda

Tipologias	Designação	Características Termohigrométricas	Áreas da Cidade (ver Quadro II)
AAA	Lagos de Ar Frio	Anomalia térmica negativa, com valores (°C) entre os -2.7 e os -4.3, constituindo um “lago de ar frio”; Anomalia higrométrica positiva, com valores (em %) entre os 11 e os 13.8, constituindo “ilhas de frescura e humidade”; Conforto bioclimático no período estival e desconforto no Inverno.	Parque Verde do Rio Diz; Gare da Guarda.
AA	Área de Frescura	Anomalia térmica negativa, mas com menor intensidade, com valores (°C) entre os -2.7 e os -0.7, constituindo uma área térmica de ar frio; Anomalia higrométrica positiva, com valores (em %) entre os 11.8 e os 5.8, constituindo “ilhas de frescura e humidade”; Conforto bioclimático no período estival.	Via de Cintura Externa da Guarda; Avenida S. Miguel; Sequeira; Galegos.
A	Sectores Periurbanos	Comportamento térmico médio, com valores (°C) entre os -0.7 e os 0.8, constituindo uma área térmica de transição; Valores higrométricos médios (em %), entre os 5 e 1, constituindo áreas de transição; Sectores com características periurbanas.	Estrada Nacional 16; Área Industrial; Instituto Politécnico da Guarda; Bombeiros Voluntários; Cemitério Municipal.
B	Área de Transição Termohigrométrica	Comportamento térmico médio, tendencialmente com anomalia positiva, registando valores (°C) entre os 0.8 e 1.1, constituindo uma área térmica de transição; Valores higrométricos médios (em %), próximos da média; entre 1 a - 4.1;	Hospital Sousa Martins; Avenida de Salamanca; Avenida Rainha

		Sectores integrados na malha urbana marcados pela existência de áreas verdes arbóreas. Conforto bioclimático.	Dona Amélia.
BB	Áreas de Altitude	Anomalia térmica positiva, de baixa intensidade, com valores (em °C) entre 1.1 e 1.7; Anomalia higrométrica negativa, pouco significativa, com valores (em %) entre -4.1 a -10; constituindo uma “ilha de secura” intermédia. A topografia, a altitude e o tipo de construção determina um razoável conforto bioclimático.	Parque de Manutenção da Guarda; Torre de Menagem; Jardim José de Lemos; Igreja da Misericórdia; Bairro Nossa Senhora dos Remédios.
BBB	Ilha de Calor e Urbano	Anomalia térmica positiva, de relativa intensidade, com formação de “ilha de calor urbano” essencialmente topográfica, registando valores médios (em °C) entre 1.7 e 2.3; Anomalia higrométrica negativa, com forte intensidade, resultado do campo térmico, com valores (em %) entre -10 e -16; constituindo uma “ilha de secura”. Conforto bioclimático no Inverno e desconforto no período estival, embora com efeitos atenuados devido à circulação do ar provocados pela altitude (efeito <i>WindShield</i>)	Póvoa do Mileu; Antigo Cineteatro da Guarda Estação Rodoviária / Mercado Municipal

Como resulta da análise do quadro anterior, concluímos que a topografia exerce uma influência determinante nos comportamentos termohigrométricos identificados, resultado, por um lado, das altitudes registadas, por outra, da dimensão do próprio tecido urbano. A densidade de construção e de circulação provocam alterações na baixa atmosfera urbana, com efeitos ao nível da formação de “ilhas de calor urbano” ou “ilhas de secura”. Como podemos constatar na Fig. 6 há uma relação clara entre a densidade de construção e os comportamentos térmicos de tipologia BBB (ilha de calor urbano), assim como o inverso (tipologias AAA – lagos de ar frio).

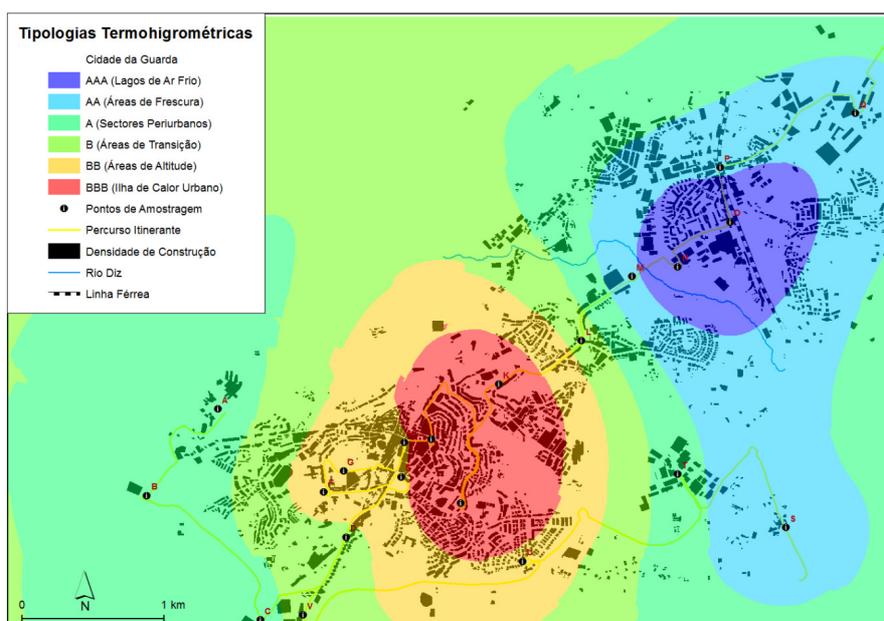


Fig. 6 Relação entre as tipologias termohigrométricas e a densidade de construção na cidade da Guarda

As relações espacializadas, na figura apresentada, permitem-nos retirar algumas ideias estratégicas, das quais destacamos a mais significativas:

- a) Influência topográfica, com efeitos nos diferentes comportamentos térmicos verificados entre os sectores mais elevados e os mais deprimidos;
- b) Importância da altitude e da circulação geral do ar na deslocação da “ilha de calor urbano”;
- c) Existência de um “lago de ar frio e de frescura” nos sectores mais baixos da cidade, área de expansão recente, pelo que deve ser tido em conta nas políticas de planeamento;
- d) Possíveis problemas de acumulação de poluentes nas áreas de tipologia AAA e AA, devido ao escoamento de ar frio para esses locais;
- e) Formação de uma, bem definida, “ilha de secura” estival nos sectores com maior densidade de construção, resultado, muitas vezes, da ausência de estratégias bioclimáticas na construção dos edifícios que, não raras vezes, constituem um obstáculo à circulação do ar que permitiria a sua regeneração.

4 NOTAS FINAIS

Este trabalho constitui uma primeira fase de resultados, fruto de um projecto mais alargado de caracterização bioclimática das áreas urbanas do Interior Centro de Portugal. Com os dados que já dispomos, explanados e analisados ao longo do artigo, e com a aplicação metodológica podemos apresentar algumas notas de síntese:

1. A potencialidade dos Sistemas de Informação Geográfica no armazenamento, geoprocessamento (produção de análise de estatística espacial) e representação de resultados. Neste sentido, a integração da geoestatística e dos SIG revela-se extremamente pertinente, devendo ser adoptada sempre que possível como uma estratégia em análises de dados espaciais, possibilitando métodos inferenciais com controlo mais significativo sobre os parâmetros de interpolação.
2. A existência de efeitos indutores que os metabolismos urbanos exercem sobre as variáveis climáticas da baixa atmosfera, mesmo em cidade de média ou pequena dimensão, como é o caso da Guarda.
3. A forte relação entre a construção urbana e as características topográficas que provocam, no caso da Guarda, uma intensificação das “ilhas de frescura” e dos “lagos de ar frio”, ou um atenuar e deslocação da “ilha de calor urbana” associada ao sector de maior densidade de construção e circulação.
4. A necessidade de integrar os estudos bioclimáticos nos processos de ordenamento do território, como uma variável decisiva para a melhoria do conforto bioclimático e da própria qualidade de vida urbana, nomeadamente na preocupação com a construção: onde, como e com que materiais?

5 REFERÊNCIAS

Andrade, H. (2003) **Bioclíma humano e Temperatura do ar em Lisboa**, Dissertação de Doutoramento em Geografia Física, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, Lisboa.

Andrade, H. (2005) O Clima Urbano: natureza, escalas de análise e aplicabilidade, **Finisterra, XL, 80**, Centro de Estudos Geográficos de Lisboa, Lisboa.

- Arnfield, A. J. (2003) Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island, **International Journal of Climatology**, London.
- BITAN, A. (1988) The methodology of applied climatology in planning and building, **Energy and Building**, New York.
- Diggle, P. e Ribeiro, P. (2007) **Model-based Geostatistics**, Springer Series, New York.
- Douglas, I. (1983) **The urban environment**. Edward Arnold, London.
- Ferreira, D. (2005) **O Ambiente Climático. Geografia de Portugal, vol.1 Ambiente Físico**, dir. Carlos Alberto Medeiros, coord. António de Brum Ferreira, Círculo de Leitores, Lisboa.
- Ganho, N. (1998) **O Clima Urbano de Coimbra: estudo de climatologia local aplicada ao ordenamento urbano**, Dissertação de Doutoramento. Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, Instituto de Estudos Geográficos, Coimbra.
- Golany, G. S. (1996) Urban design morphology and thermal performance, **Atmospheric Environment**, Oxford.
- Isaaks, E. e Srivastava, R. (1989) **An Introduction to Applied Geostatistics**, Oxford University Press, New York.
- Krige, D. (1951) **A statistical approach to some Basic mine evaluation problems on the Witswatersrand**, Jour. Chem. Metall. and Mining Soc. of S. Afr.
- Lawrence, R. J. (2003) Human ecology and its applications, **Landscape and Urban Planning 65**, London.
- Marques, D.; Ganho, N.; Cordeiro, A. (2009) O contributo de estudos climáticos à escala local para o ordenamento urbano: o exemplo de Coimbra, **Actas do 15º Congresso da APDR**, Cabo Verde.
- Matzarakis, A. (2001) Die thermische Komponente des Stadtklimas. Berichte des Meteorologischen, **Institutes der Universität Freiburg**, Freiburg.
- Monteiro, A. e Fernandes, A. (1996) A Geoestatística – uma incursão exploratória a considerar no domínio da climatologia urbana?, **Cadernos de Geografia, nº 15**, Coimbra.
- Newman, P. (1999) Sustainability and cities: extending the metabolism model, **Landscape and Urban Planning**, Washington.
- Rahamimoff, A. (1984) Residential cluster based on climate and energy considerations. **Energy and Buildings**, New York.
- Soares, A. (2006) **Geoestatística para as Ciência da Terra e do Ambiente**, 2ª Edição, IST Press, Lisboa.