

CADERNOS DE GEOGRAFIA

NÚMERO ESPECIAL

INSTITUTO DE ESTUDOS GEOGRÁFICOS
com a colaboração do Centro de Estudos Geográficos

FACULDADE DE LETRAS • UNIVERSIDADE DE COIMBRA

ACTAS DO PRIMEIRO COLÓQUIO DE GEOGRAFIA DE COIMBRA
COIMBRA 1996



A ILHA DE CALOR DE COIMBRA

Efeitos bioclimáticos de contrastes termohigrométricos espaciais

Nuno Ganho*

1. INTRODUÇÃO

Em anteriores trabalhos, alicerçados em observações itinerantes no interior do tecido urbano (GANHO, 1992a, 1992b, 1995b, 1995c, 1996), ou em postos fixos de observação localizados no espaço urbano e periurbano (GANHO, 1995a), foram já divulgados resultados que evidenciam contrastes térmicos e higrométricos espaciais em Coimbra, determinados pela acção conjunta da topografia da área e da ocupação urbana do solo. Os seus efeitos manifestam-se, entre muitos outros aspectos intimamente relacionados com o clima, nomeadamente, em contrastes espaciais nos riscos de deflagração de incêndios florestais (GANHO, 1994) ou nos riscos de poluição atmosférica (GANHO, 1996), já abordados, ainda que superficialmente, nesses mesmos trabalhos. Tais efeitos têm também consequências bioclimáticas, quer na saúde, quer no conforto ou desconforto térmico dos indivíduos utentes deste espaço. Uma vez que estas sensações do organismo humano são determinadas - para além de outros elementos como a insolação e o vento - pelo binómio temperatura-humidade do ar, contrastes termohigrométricos espaciais são também, e consequentemente, contrastes bioclimáticos. Atendendo a que uma parte destes contrastes são determinados pela cidade, à qual correspondem normalmente temperaturas mais elevadas do que as que se observam no espaço não urbanizado envolvente - fenómeno designado por ilha de calor urbano - e humidade relativa mais baixa - ilha de secura urbana - os seus efeitos no conforto bioclimático são consequência do clima urbano e a sua análise tem que se inserir neste contexto (LANDSBERG, 1981, pp. 235-251; ESCOURROU, 1991, pp. 171-178; ARROYO ILERA e FERNÁNDEZ GARCÍA, 1991, pp. 23-26; LÓPEZ GÓMEZ *et al.*, 1993, pp. 122-146). É nesta perspectiva que se insere este trabalho, em que se evidenciam contrastes espaciais de conforto bioclimático entre três áreas diferentes do espaço urbano de Coimbra, representadas cada uma por um termohigrógrafo em abrigo, e se analisam como elemento do clima urbano.

2. METODOLOGIA¹

2.1. Termohigrógrafos em abrigo e sua representatividade espacial

As questões da representatividade espacial de termohigrógrafos em abrigo, à escala local, são sempre discutíveis, tanto mais quando se pretendem generalizar a uma área de topografia acidentada e significativos contrastes de ocupação do solo e de morfologia urbana, como é o caso, exigindo uma cuidada análise e discussão de pormenor, que fogem ao âmbito deste trabalho.

Os termohigrógrafos em abrigo utilizados neste estudo são os das estações meteorológicas do Instituto Geofísico da Universidade (IGU) e da Escola Superior Agrária de BENCANTA, pertencentes à rede meteorológica nacional e um outro, disponibilizado pelo IGU², que se instalou na Baixa da cidade, no terraço do edifício dos CTT, sito na Rua Olímpio Nicolau Fernandes (Fig. 1).

A estação meteorológica do IGU localiza-se no interior da mancha de povoamento urbano, num interflúvio, à cota de 141m, a, aproximadamente, 100m acima de uma área deprimida do sector Sul da cidade, que constitui um hipotético braço morto do Mondego, a que vulgarmente se atribui a designação de "meandro da Arregaça" (REBELO, 1985, p. 197), uma das áreas com maior densidade de ocupação urbana do solo (Solum, São José, Vale das Flores). Pela sua posição sobre-elevada, o IGU não é representativo das condições climáticas do interior do tecido urbano, mas pode considerar-se representativo

¹ A metodologia utilizada neste trabalho, nomeadamente quanto aos termohigrógrafos em abrigo e aos dados por eles fornecidos, é em tudo idêntica à que se utilizou para o cálculo do índice meteorológico de risco de incêndio, num anterior trabalho sobre risco de incêndio florestal em áreas urbanas e periurbanas (GANHO, 1994, pp. 97-116), motivo pelo qual o texto do ponto 2. corresponde a uma adaptação do ponto 2. desse mesmo trabalho.

² Pelas facilidades concedidas no acesso aos dados existentes no IGU e para a instalação do termohigrógrafo em abrigo dos CTT, os meus agradecimentos ao Professor Doutor António Ferreira Soares, na sua qualidade de Director do IGU.

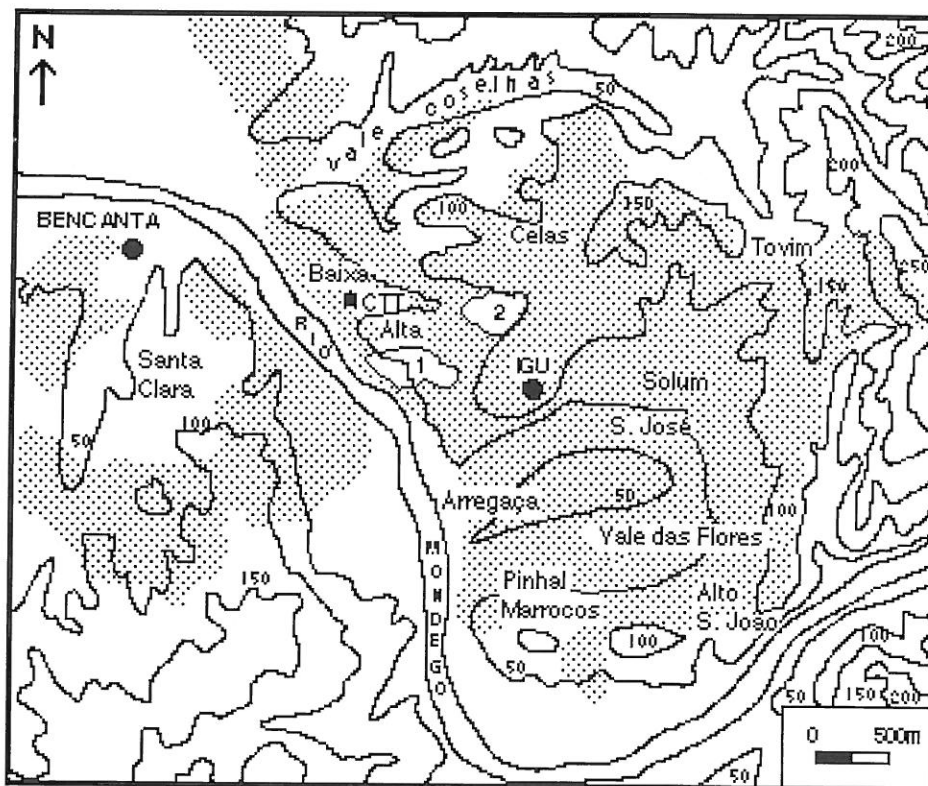


Fig. 1 - Topografia (curvas de nível a cheio), mancha de povoamento urbano (a sombreado) e toponímia, espaço não urbanizado (a branco), espaços verdes urbanos (1 - Jardim Botânico, 2 - Jardim de Sta Cruz), localização das estações meteorológicas (IGU e BENCANTA) e do termohigrógrafo em abrigo (CTT).

das condições topoclimáticas do espaço periurbano das vertentes que a Leste e a Sul marginam o meandro da Arregaça, ou, em sentido lato, dos interflúvios urbanizados.

A estação meteorológica de Bencanta, localizada na periferia urbana, a NW da cidade, numa posição deprimida, à cota de 33m, no enfiamento do vale da Ribeira de Coselhas, representa, com grande aproximação, as características topoclimáticas do vale de Coselhas e do espaço periurbano próximo, ou seja, da periferia setentrional da cidade.

O termohigrógrafo em abrigo dos CTT, localiza-se à cota aproximada de 30m, na parte terminal de um vale percorrido por uma das principais avenidas da cidade (Av. Sá da Bandeira), de vertentes abruptas e totalmente urbanizadas. A sua posição, não ao nível da rua, mas no topo de um edifício de três andares, num vale com as características descritas, se por um lado torna discutível a sua representatividade do ponto de vista microclimático da rua, por outro atribui-lhe representatividade das características topoclimáticas do vale e do espaço urbano próximo, incluindo a Baixa, e excluindo os espaços verdes do

Jardim de Santa Cruz e do Jardim Botânico, no interior dos quais, a uma escala de maior pormenor, a ambiência atmosférica do ponto de vista de conforto bioclimático pode ser significativamente diferente (GANHO, 1996).

2.2. Dados

Para cada um dos postos de observação considerados neste trabalho (IGU, BENCANTA e CTT), utilizaram-se os dados horários³ (das 0 às 23h) de temperatura e de humidade relativa de 288 dias do período de 19 de Novembro de 1992 a 22 de Dezembro de 1993. Só se consideraram os dias referidos por ser os únicos de que se dispunha de dados simultaneamente para os três postos de observação, uma vez que o termohigrógrafo dos CTT só

³ Neste trabalho considerou-se sempre a hora sinóptica, que, nos anos de 1992 e 1993, do último domingo de Março ao último domingo de Setembro, correspondia a duas horas a menos do que a hora local e, no resto do ano, a uma hora a menos do que a hora local.

se encontrou em funcionamento neste período e as séries que lhe correspondem apresentam interrupções, por períodos de alguns dias, por motivos de ordem prática (GANHO, 1995a).

2.3. Índice de conforto utilizado

Com o propósito de quantificar algo tão subjectivo como são as sensações de conforto ou desconforto do organismo humano, existem diversos índices de conforto (MATHER, 1974, pp. 238-254; OLIVER, 1981, pp. 190-192) em que intervêm, directa ou indirectamente, as variáveis climáticas - radiação solar, temperatura, estado higrométrico do ar e vento - que, entre muitos outros factores, condicionam tais sensações.

Neste trabalho utilizou-se o índice de desconforto ou índice de temperatura-humidade (ITH), o qual, de uma forma simples, permite avaliar o grau de desconforto associado a diferentes combinações das variáveis climáticas temperatura e humidade relativa (GILES *et al.*, 1990)⁴. Este índice obtém-se através da seguinte fórmula

$$ITH = T - 0,55 (1 - 0,01HR) (T - 14,5)$$

onde T é a temperatura do ar em °C e HR a humidade relativa.

De acordo com observações experimentais feitas sobre uma amostra de população dos EUA, para um ITH inferior a 21 não são observadas sensações de desconforto. À medida que o índice cresce acima deste limiar, uma proporção crescente de indivíduos manifesta sensações de desconforto. Assim, para um ITH com valores entre 21 e 23,9, até 50% da população estudada manifesta sensações de desconforto; para valores de 24 a 26,9, mais de 50% da população sente desconforto, entre 27 e 28,9 a maior parte dos indivíduos acusam desconforto e entre 29 e 31,9 todos os indivíduos sentem "forte stress bioclimático". Valores de ITH superiores a 32 correspondem a um "estado de emergência médica".

⁴ Não se contemplaram outros índices bioclimáticos, alguns dos quais mais completos por fazer intervir também outras variáveis de primordial importância na avaliação da ambiência atmosférica (MATHER, 1974), como é o caso do vento, por não se dispor de valores horários destas variáveis senão para a estação meteorológica do IGU.

Por outro lado, o índice ITH permite avaliar o grau de desconforto associado ao "calor", não contemplando as situações de desconforto associadas ao "frio". Para estas existem conceitos específicos como a temperatura equivalente "Windchill", que só tem significado para temperaturas inferiores a 0°C, o que, sendo tão raro em Coimbra, limita o seu interesse prático.

Com base nos valores horários de temperatura e de humidade relativa obtidos em cada um dos termohigrógrafos em abrigo considerados, calculou-se o índice horário ITH e seleccionaram-se os dias em que, pelo menos um dos valores horários de ITH foi igual ou superior a 21, num dos postos de observação. Isolou-se assim um conjunto formado pelos dias da amostra em que se verificaram condições de desconforto, num total de 47, contabilizados em 43 dias para Bencanta, 42 para CTT e 38 para IGU, distribuídos pela totalidade de dias da amostra de acordo com os dados apresentados no Quadro 1.

2.4. Tratamento dos dados

Os dados horários de ITH foram tratados em termos de frequência relativa de ocorrência de valores iguais ou superiores a 21, na totalidade dos 288 dias da amostra e de frequência relativa de ocorrência das diferentes classes de desconforto, no conjunto de dias em que ITH foi igual ou superior a 21, comparando-se entre si os resultados correspondentes a cada termohigrógrafo. Evidenciam-se deste modo os contrastes espaciais de incidência estatística e intensidade de condições de desconforto bioclimático e exemplifica-se com a análise do comportamento intradiurno do índice de desconforto nos três termohigrógrafos em abrigo, a par do comportamento intradiurno da intensidade da ilha de calor e da ilha de secura, e da direcção e velocidade do vento no IGU, num dos dias da amostra em que ITH foi mais elevado.

Com o intuito de apreender a importância relativa de cada uma das variáveis climáticas intervenientes no índice de desconforto, aplicaram-se modelos de regressão múltipla entre as séries horárias formadas pelos valores de ITH (variável dependente Y) de cada termohigrógrafo e as correspondentes séries de temperatura e de humidade relativa (variáveis independentes ou regressores, respectivamente, X_1 e X_2), e analisam-se as informações veiculadas pelos coeficientes de correlação (r), de determinação (r^2), de correlação parcial ($r_{YX_1.X_2}$ e $r_{YX_2.X_1}$) e de estimação ($\beta_{YX_1.X_2}$ e $\beta_{YX_2.X_1}$).

3. RESULTADOS

3.1. Importância das variáveis temperatura e humidade relativa no desconforto bioclimático

De acordo com o teste de significatividade de F de Fisher-Snedecor, os valores de F obtidos são muito superiores a 5,18, limiar de significância para uma

Quadro I - Distribuição mensal dos dias de desconforto pela totalidade dos dias da amostra

| | BEN | | | CTT | | | IGU | | |
|-------------|------------------|--------------------|-----------------|------------------|--------------------|-----------------|------------------|--------------------|-----------------|
| | nº dias ITH ≥ 21 | nº dias observados | % dias ITH ≥ 21 | nº dias ITH ≥ 21 | nº dias observados | % dias ITH ≥ 21 | nº dias ITH ≥ 21 | nº dias observados | % dias ITH ≥ 21 |
| Março 93 | 2 | 31 | 6,5 | 1 | 31 | 3,2 | 0 | 31 | 0,0 |
| Abril 93 | 3 | 30 | 10,0 | 3 | 30 | 10,0 | 2 | 30 | 6,7 |
| Maió 93 | 1 | 31 | 3,2 | 2 | 31 | 6,5 | 2 | 31 | 6,5 |
| Junho 93 | 16 | 21 | 76,2 | 16 | 21 | 76,2 | 15 | 21 | 71,4 |
| Julho 93 | 10 | 10 | 100,0 | 10 | 10 | 100,0 | 9 | 10 | 90,0 |
| Agosto 93 | 3 | 3 | 100,0 | 3 | 3 | 100,0 | 3 | 3 | 100,0 |
| Setembro 93 | 8 | 13 | 61,5 | 6 | 13 | 46,2 | 7 | 13 | 53,9 |
| Novembro 93 | 0 | 30 | 0,0 | 1 | 30 | 3,3 | 0 | 30 | 0,0 |
| Total | 43 | 288 | 14,9 | 42 | 288 | 14,6 | 38 | 288 | 13,2 |

Nota: os meses do período de Novembro de 1992 a Dezembro de 1993 são omissos no quadro, quando não apresentaram, em nenhum dos 3 postos de observação, qualquer valor horário de ITH ≥ 21.

margem de erro de 1% e 2 e 42 graus de liberdade (ARLÉRY *et al.*, 1973, p. 404). Logo, os coeficientes de correlação múltipla (r) são muito significativos, variando de 0,98 a 1, e os correspondentes coeficientes de determinação (r^2) mostram a eficácia do modelo, cujas variáveis intervenientes explicam 95 a 100% da variância total de ITH (Quadro 2).

Os coeficientes de correlação parcial são também todos significativos para uma margem de erro de 1% e 44 graus de liberdade, porque superiores ao limiar de significância de 0,39, de acordo com a tabela do r de Bravais-Pearson (ARLÉRY *et al.*, 1973, p. 407). No entanto, os valores dos coeficientes de correlação parcial entre ITH e a humidade relativa (r_{YX_2, X_1}), para além de bastante diversificados entre diferentes horas do dia, variando de 0,54 a 1, são manifestamente inferiores aos coeficientes de correlação parcial entre ITH e a temperatura (r_{YX_1, X_2}), cujos valores obtidos não são nunca inferiores a 0,96.

Os coeficientes de estimação normalizados (β) indicam o peso de cada variável (X_1 e X_2) na variação de Y e mostram que, em todos os termohigrógrafos, a temperatura tem uma importância muito acrescida relativamente à humidade relativa na variação do índice de desconforto e que a importância quer da temperatura, quer da humidade relativa, no desconforto bioclimático, é maior durante o dia do que durante a noite.

Comparando os valores de β entre os diferentes termohigrógrafos, pode verificar-se que β_{YX_1, X_2} dos CTT é

sempre superior aos seus correspondentes de Bencanta ou do IGU, relacionando o eventual desconforto observado neste termohigrógrafo com as temperaturas mais elevadas associadas ao núcleo principal da ilha de calor de Coimbra, aqui centrado (GANHO, 1992a, 1992b, 1995a, 1995b, 1995c). No entanto, ao fim da tarde e durante a noite, β_{YX_2, X_1} de CTT é também maior do que os valores dos mesmos parâmetros obtidos para Bencanta e para o IGU, revelando a importância de que se reveste a humidade relativa quando conjugada com mais elevados valores de temperatura, no aumento do índice de desconforto na Baixa.

Em Bencanta, β_{YX_2, X_1} , durante o dia (das 9 às 18h), apresenta maiores valores do que os de β_{YX_2, X_1} obtidos para os outros termohigrógrafos, evidenciando a maior importância que assume, no espaço periurbano que este termohigrógrafo representa, a humidade relativa no aumento do desconforto bioclimático.

3.2. Contrastes espaciais das situações de desconforto

Incidência

As frequências horárias de ocorrência do índice ITH superior ou igual a 21, nos diferentes termohigrógrafos em abrigo (Fig. 2), quando comparadas entre si, evidenciam, quer a incidência temporal, quer os contrastes de incidência espacial das situações de desconforto bioclimático.

Quadro II - Coeficientes de correlação múltipla (r), de determinação (r^2), de correlação parcial ($r_{YX_1.X_2}$ e $r_{YX_2.X_1}$) e de estimação ($\beta_{YX_1.X_2}$ e $\beta_{YX_2.X_1}$), obtidos entre as séries horárias de ITH (Y) e as correspondentes séries de temperatura (X_1) e de humidade relativa (X_2).

| Horas | Correlação múltipla | | | | | | Correlação parcial | | | | | | Coeficiente de estimação | | | | | |
|-------|---------------------|------|------|-------|------|------|--------------------|------|------|----------------|------|------|--------------------------|------|------|--------------------|------|------|
| | r | | | r^2 | | | $r_{YX_1.X_2}$ | | | $r_{YX_2.X_1}$ | | | $\beta_{YX_1.X_2}$ | | | $\beta_{YX_2.X_1}$ | | |
| | CTT | BEN | IGU | CTT | BEN | IGU | CTT | BEN | IGU | CTT | BEN | IGU | CTT | BEN | IGU | CTT | BEN | IGU |
| 0 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 0,54 | 1,00 | 1,00 | 1,04 | 1,01 | 1,01 | 0,09 | 0,06 | 0,05 |
| 1 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 0,54 | 1,00 | 1,00 | 1,04 | 1,01 | 1,01 | 0,10 | 0,05 | 0,05 |
| 2 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 0,54 | 1,00 | 1,00 | 1,04 | 1,00 | 1,01 | 0,09 | 0,04 | 0,04 |
| 3 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 0,61 | 1,00 | 1,00 | 1,04 | 1,01 | 1,01 | 0,10 | 0,04 | 0,05 |
| 4 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 0,99 | 0,95 | 1,00 | 0,55 | 1,06 | 1,02 | 1,02 | 0,14 | 0,07 | 0,08 |
| 5 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,85 | 0,62 | 0,69 | 1,05 | 1,02 | 1,02 | 0,11 | 0,09 | 0,10 |
| 6 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,54 | 0,74 | 0,62 | 1,04 | 1,02 | 1,02 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| 7 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 1,0 | 0,99 | 0,64 | 0,89 | 0,75 | 1,06 | 1,04 | 1,05 | 0,15 | 0,13 | 0,13 |
| 8 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,91 | 0,82 | 0,72 | 1,11 | 1,08 | 1,04 | 0,22 | 0,20 | 0,14 |
| 9 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,97 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 0,99 | 0,99 | 0,70 | 0,80 | 0,88 | 1,13 | 1,12 | 1,07 | 0,23 | 0,24 | 0,19 |
| 10 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 0,99 | 0,99 | 0,82 | 0,80 | 0,87 | 1,15 | 1,13 | 1,09 | 0,26 | 0,28 | 0,24 |
| 11 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,97 | 0,98 | 0,99 | 0,98 | 0,99 | 0,82 | 0,82 | 0,87 | 1,17 | 1,13 | 1,11 | 0,29 | 0,31 | 0,29 |
| 12 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,99 | 0,81 | 0,87 | 0,86 | 1,17 | 1,12 | 1,11 | 0,31 | 0,35 | 0,31 |
| 13 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,98 | 0,99 | 0,71 | 0,82 | 0,87 | 1,18 | 1,13 | 1,11 | 0,30 | 0,34 | 0,29 |
| 14 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 0,75 | 0,92 | 0,86 | 1,20 | 1,14 | 1,13 | 0,32 | 0,37 | 0,32 |
| 15 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,95 | 0,95 | 0,96 | 0,96 | 0,97 | 0,98 | 0,55 | 0,71 | 0,83 | 1,14 | 1,15 | 1,14 | 0,24 | 0,33 | 0,32 |
| 16 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 0,89 | 0,84 | 1,18 | 1,15 | 1,15 | 0,26 | 0,32 | 0,30 |
| 17 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,97 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,99 | 0,68 | 0,78 | 0,88 | 1,13 | 1,14 | 1,14 | 0,21 | 0,25 | 0,26 |
| 18 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 0,60 | 0,85 | 0,69 | 1,14 | 1,11 | 1,10 | 0,21 | 0,21 | 0,18 |
| 19 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 1,0 | 1,00 | 0,75 | 0,74 | 1,0 | 1,14 | 1,09 | 1,09 | 0,22 | 0,19 | 0,17 |
| 20 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 0,98 | 0,99 | 1,00 | 0,83 | 0,76 | 1,0 | 1,12 | 1,08 | 1,09 | 0,20 | 0,18 | 0,17 |
| 21 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 0,98 | 1,00 | 1,00 | 0,69 | 0,74 | 0,75 | 1,09 | 1,04 | 1,05 | 0,18 | 0,11 | 0,11 |
| 22 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,0 | 1,0 | 1,07 | 1,02 | 1,04 | 0,15 | 0,08 | 0,09 |
| 23 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 0,61 | 1,0 | 1,0 | 1,04 | 1,01 | 1,02 | 0,11 | 0,05 | 0,06 |

Amostra: 47 dias em que, pelo menos a uma das horas do dia, num dos postos de observação, o índice ITH foi superior ou igual a 21.

Coeficientes de correlação múltipla todos significativos com uma margem de erro de 1% para 2 e 42 graus de liberdade, de acordo com o teste de significatividade de F de Fisher-Snedecor, uma vez que os valores de F obtidos são superiores a 5,18 (ARLÉRY *et al.*, 1973, p. 404).

Coeficientes de correlação parcial todos significativos com uma margem de erro de 1% para 44 graus de liberdade, porque superiores a 0,39, de acordo com a tabela do r de Bravais-Pearson (ARLÉRY *et al.*, 1973, p. 407).

Os primeiros aspectos que imediatamente se destacam da observação do gráfico de frequências da figura 2, são os fracos valores de frequência de ocorrência de situações de desconforto na totalidade dos 288 dias da amostra, sempre inferiores a 15%. No caso dos valores nocturnos, a frequência de tais situações não chega mesmo a 1%.

Entre os diferentes termohigrógrafos observam-se diferenças na distribuição intradiurna das frequências de ocorrência de situações de desconforto. Os valores de Bencanta são, durante o dia (das 7 às 18h) ligeiramente superiores aos de CTT e do IGU, particularmente durante

a manhã e princípio da tarde (das 10 às 15h) o que terá certamente a ver com os maiores valores de humidade relativa que aqui se fazem sentir, não obstante as temperaturas serem, normalmente, inferiores às observadas no espaço representado pelo termohigrógrafo dos CTT (GANHO, 1995a). Durante a noite e às primeiras horas da madrugada (das 21 às 2h), pelo contrário, é o termohigrógrafo dos CTT que apresenta os maiores valores de frequência de ocorrência de valores de ITH superior ou igual a 21, consequência das mais elevadas temperaturas do núcleo principal da ilha de calor.

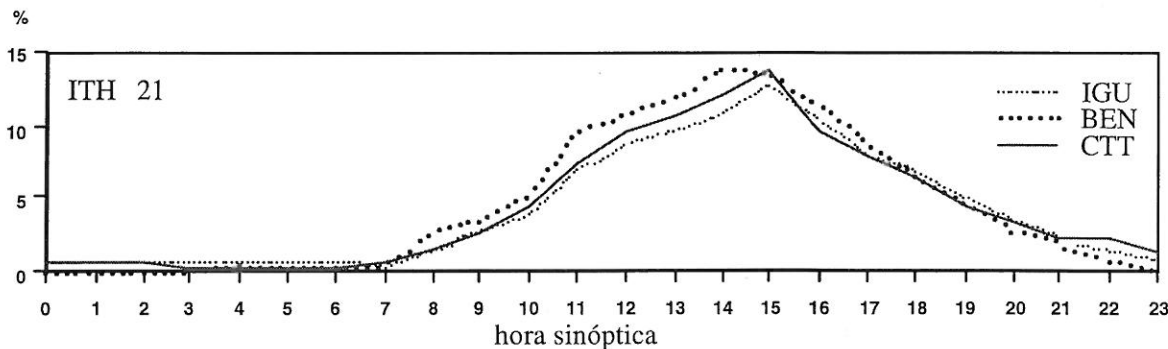


Fig. 2 - Frequência relativa de ocorrência do índice de temperatura-humidade (ITH) igual ou superior a 21 em 288 dias de Novembro de 1992 a Dezembro de 1993.

É interessante verificar que os valores máximos de frequência de ocorrência de situações de ambiência atmosférica desconfortável, apresentam um desfasamento temporal entre os espaços urbanos representados pelos termohigrógrafos de CTT e do IGU, e o espaço periurbano representado pelo termohigrógrafo de Bencanta, já que nos primeiros ocorrem às 15h, uma hora depois de Bencanta (14h), consequência da maior inércia térmica da cidade relativamente à periferia.

Intensidade

Os gráficos da figura 3 mostram as frequências de ocorrência das diversas classes de desconforto, evidenciando contrastes espaciais entre as diferentes áreas representadas pelos termohigrógrafos. Mesmo durante a tarde, quando ocorrem as temperaturas diurnas mais elevadas, as frequências de ocorrência de fortes índices de ITH (classes de 27-28,9 e de 29-31,9) são relativamente escassas, sempre inferiores a 10%, predominando largamente as classes de 21-23,9 e de 24-26,9, com efectivos que atingem, respectivamente, 60% e 30%.

Os valores nocturnos de frequência de ocorrência de ITH são muito baixos no caso das classes de 21-23,9 e de 24-26,9, e nulos para as classes mais elevadas.

Relativamente a índices de desconforto de 21-23,9, verifica-se que durante a tarde (12-16h), os efectivos são mais elevados no termohigrógrafo dos CTT do que em Bencanta ou no IGU, tal como durante a noite e primeiras horas da madrugada (21-3h). Durante a manhã (8-12h) é em Bencanta que com maior frequência se observam índices de desconforto de 21-23,9, enquanto que ao fim da tarde (18-21h) tais valores ocorrem mais frequentemente no IGU.

É interessante verificar que, relativamente à ocorrência de classes de índices de desconforto mais elevado

(de 24-26,9, de 27-28,9 e de 29-31,9), os maiores efectivos de classe deixam de corresponder ao termohigrógrafo dos CTT em favor de Bencanta ou do IGU.

No caso da classe de ITH de 24-26,9, durante a tarde (12-18h), particularmente às 14-15h, as frequências relativas de Bencanta e do IGU ultrapassam as de CTT em quase 10% e verifica-se um desfasamento de uma hora no valor máximo horário entre Bencanta e IGU, que ocorre às 14h em Bencanta e só às 15h no IGU. Durante a noite e a madrugada (até às 4h), só no IGU se verificam, ainda que raramente (2,6% de frequência relativa), situações de desconforto com índices de ITH de 24-26,9.

Relativamente às classes de 27-28,9 e de 29-31,9, as frequências de ocorrência correspondem a percentagens pequenas da amostra, insuficientes em número de casos para que, com segurança estatística, se possam fazer generalizações sobre o seu comportamento intradiurno, embora os dados mostrem valores de frequência máxima mais elevados nos termohigrógrafos de Bencanta e do IGU do que no termohigrógrafo dos CTT e com maior duração temporal.

Comportamento intradiurno

As considerações causais da distribuição intradiurna das frequências de ocorrência de classes de diferente intensidade de desconforto e seus contrastes espaciais, tornam-se mais evidentes quando confrontados, o comportamento intradiurno do índice de desconforto nos três termohigrógrafos em abrigo, com as correspondentes intensidades da ilha de calor e da ilha de secura, a partir de exemplos concretos, como o caso do dia 23 de Julho de 1993, dia da amostra em que se observaram os maiores valores do índice de desconforto (Fig. 4).

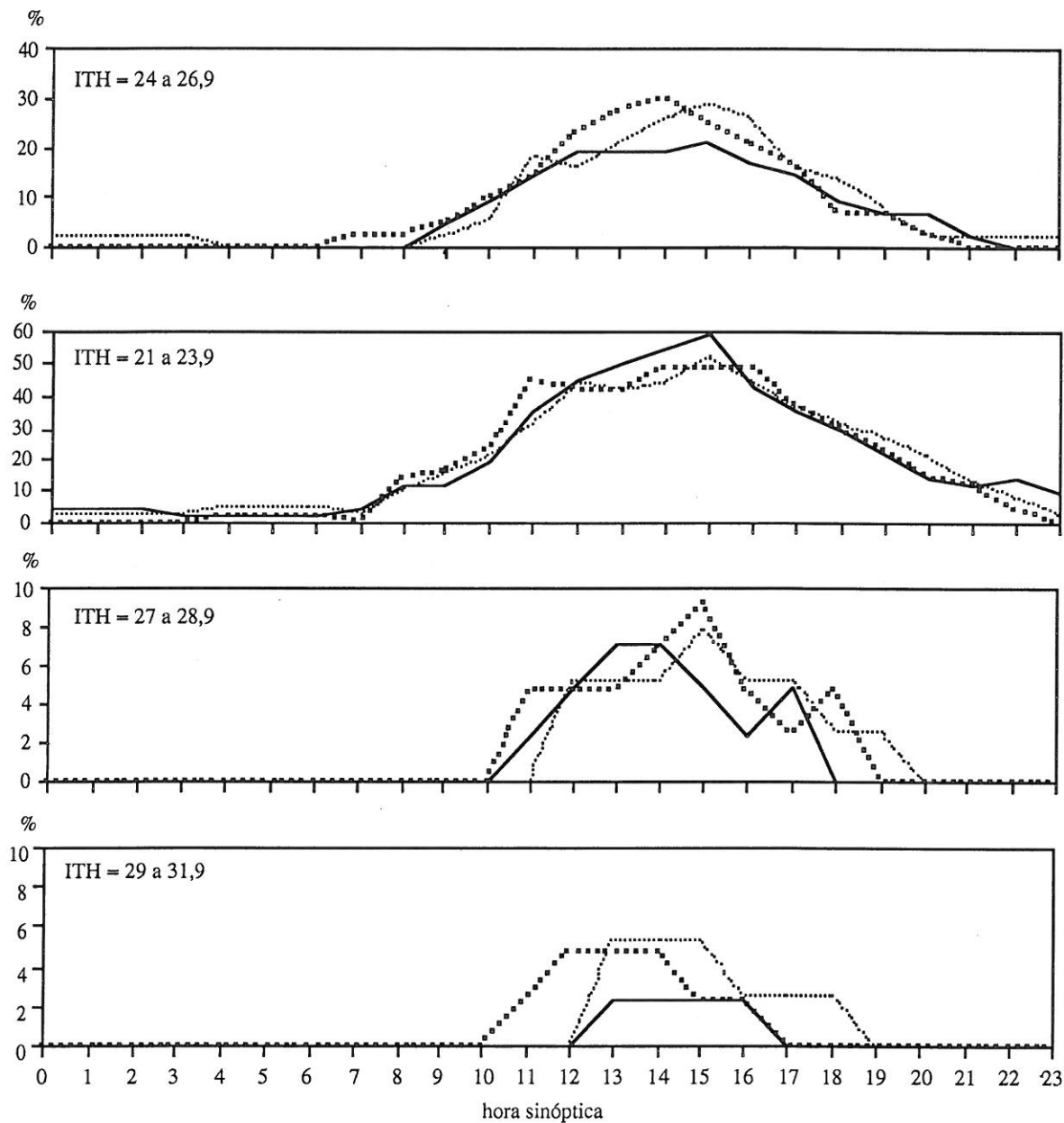


Fig. 3 - Frequência relativa de ocorrência de diferentes classes do índice de temperatura-humidade (ITH) no conjunto de dias, de Novembro de 1992 a Dezembro de 1993, em que ITH foi igual ou superior a 21.

Este dia foi caracterizado por temperaturas extremas muito elevadas, humidade relativa muito baixa e fortes contrastes termohigrométricos espaciais, especialmente durante a madrugada. As temperaturas máximas atingiram os 41°C em CTT e os 39°C em Bencanta e no IGU, e as mínimas, se em Bencanta desceram aos 19°C, nos CTT e no IGU não baixaram além dos 25°C. Consequente-

mente, ao longo das 24 horas do dia, o índice ITH manteve-se sempre acima do limiar de desconforto de 21 no IGU e em CTT, ficando aquém deste limiar em Bencanta, mas somente durante as primeiras quatro horas da madrugada. Durante a tarde, em todos os três termohigrógrafos, os valores de ITH situaram-se dentro dos limites de "forte stress bioclimático" (29 a 31,9).

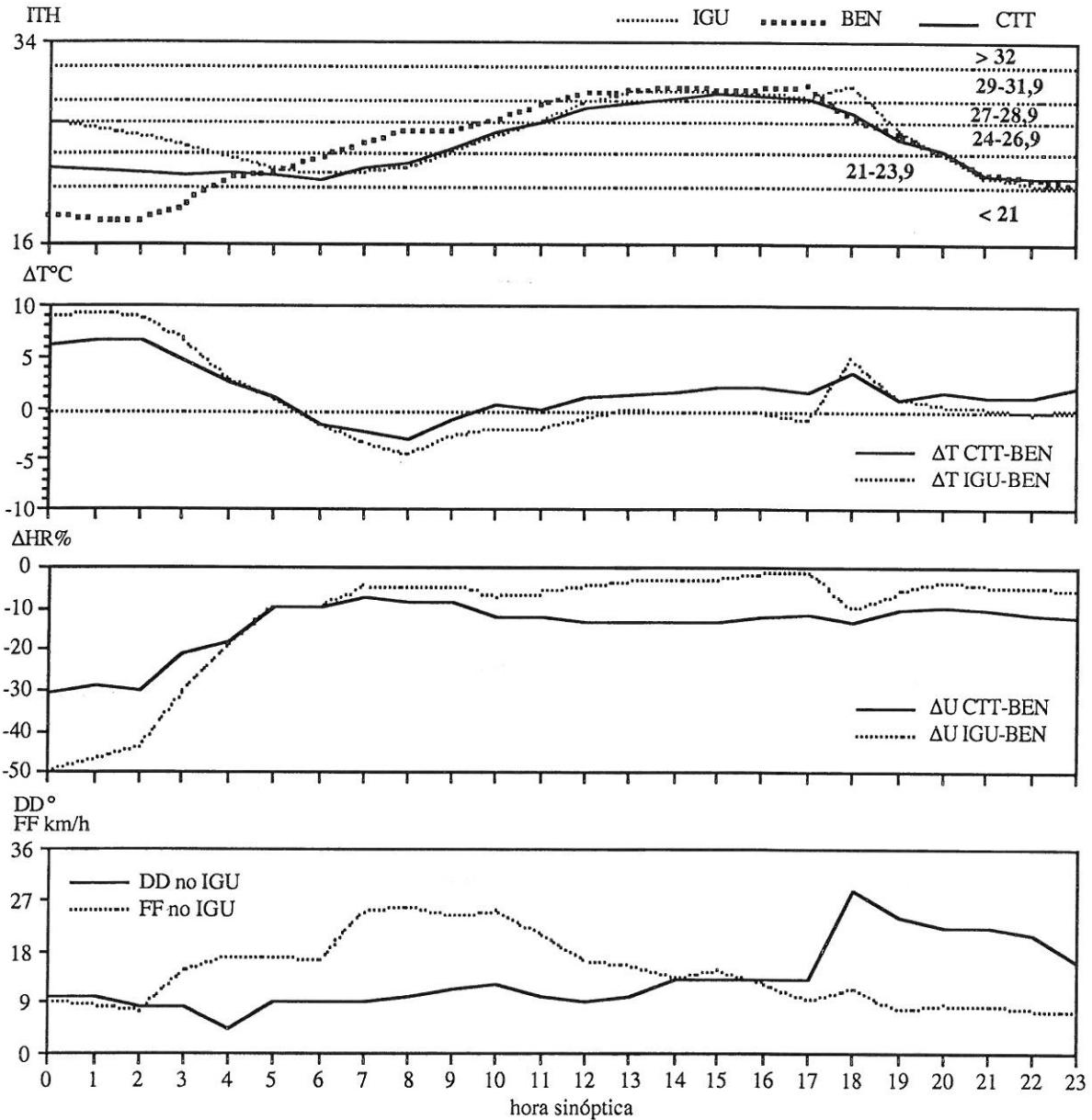


Fig. 4 - Comportamento intradiurno dos valores horários de ITH, intensidade da ilha de calor ($\Delta T^{\circ}C$) e da ilha de seca ($\Delta HR\%$) nos postos de IGU, BEN e CTT, e da direcção (DD°) e velocidade ($FF\text{ km/h}$) do vento em IGU, no dia 23 de Julho de 1993.

Não obstante, durante parte da manhã e de tarde (10-17h), se observar a existência de ilha de calor, no caso ΔT CTT-BEN com intensidade que ultrapassava os $2^{\circ}C$, os mais elevados valores de ITH observaram-se em Bencanta, ligeiramente superiores aos observados nos CTT ou no IGU. A explicação óbvia para este facto está

na ilha de seca que, no caso de ΔHR CTT-BEN superava -12% e no caso de ΔHR IGU-BEN rondava os -5% . Assim, as mais elevadas temperaturas observadas na área da Baixa foram compensadas, do ponto de vista do desconforto bioclimático, por menores valores de humidade relativa, enquanto que, apesar das menores tempe-

raturas observadas no espaço periurbano de Bencanta, os maiores valores de humidade relativa agravaram o índice de desconforto.

Durante a primeira parte da manhã (7-10h), a substituição da ilha de calor por ilha de frescura, em ambos os casos ΔT CTT-BEN e ΔT IGU-BEN, conjugada com a ilha de secura, explica os significativos contrastes de valores de ITH entre os termohigrógrafos de IGU e CTT, e o termohigrógrafo de Bencanta, ao qual correspondeu, também neste período do dia, o maior grau de desconforto bioclimático.

No entanto, os maiores contrastes termohigrométricos espaciais verificaram-se durante a madrugada (0-5h), determinando, como efeito, fortes contrastes bioclimáticos. Neste período, o índice ITH manteve-se abaixo do limiar de desconforto de 21 em Bencanta, situava-se entre valores de 21 a 23,9 nos CTT e entre valores de 24 a 26,9 no IGU. Apesar de diferenças de humidade relativa ΔHR IGU-BEN superiores a -40% e ΔHR CTT-BEN de -30%, os contrastes térmicos ΔT IGU-BEN e ΔT CTT-BEN acima de 6°C e 9°C, respectivamente, eram os responsáveis directos pelos contrastes bioclimáticos. Estes contrastes espaciais, no entanto, ocorrem com campos termohigrométricos nocturnos de características originais (GANHO, 1992a, 1995b, 1995c), determinados por circulações de Leste, que afectam e aquecem o sector oriental da cidade onde se localiza o termo-higrógrafo do IGU, e criam situações de abrigo nos locais deprimidos do sector ocidental, onde se encontram os termohigrógrafos dos CTT e de Bencanta. Relacionam-se assim, mais com o efeito topoclimático do contexto topográfico da cidade, do que do efeito topoclimático da cidade.

4. CONCLUSÃO

Atendendo a que as duas principais variáveis climáticas intervenientes no desconforto bioclimático são a temperatura e a humidade relativa, e que aos espaços urbanizados correspondem normalmente temperaturas mais elevadas do que às periferias urbanas (fenómeno da ilha de calor urbano), seria de esperar que à ambiência atmosférica urbana correspondessem também situações de desconforto com carácter mais frequente e intenso. No entanto, conjugadas com a temperatura, variações nos valores de humidade relativa, concorrem para o agravamento ou a atenuação das condições de desconforto bioclimático. Assim, porque às ilhas de calor se justapõem, normalmente, ilhas de secura urbana, os efeitos bioclimáticos do acréscimo térmico espacial urbano não se podem directamente inferir. Isto mesmo pode ser

comprovado relativamente ao índice de temperatura-humidade (ITH), no caso concreto de Coimbra aqui analisado, em função de contrastes termohigrométricos espaciais existentes na área da cidade.

Resultados de um modelo de regressão múltipla entre valores de ITH e os correspondentes valores de temperatura e humidade relativa, mostram que a influência da temperatura na variação dos níveis de desconforto, supera a influência da humidade relativa, em qualquer área da cidade, independentemente da sua localização no centro ou na periferia, não obstante o peso da humidade relativa no desconforto bioclimático seja maior no espaço periurbano do que no espaço urbanizado.

Quando contabilizadas as situações de desconforto, na sua totalidade e independentemente da sua intensidade, verifica-se que estas ocorrem mais frequentemente na periferia da cidade (Bencanta) do que na Baixa (CTT) ou nos interflúvios urbanizados (IGU) durante o dia, por influência da maior humidade relativa, e que são mais frequentes na Baixa do que no espaço representado pelos outros termohigrógrafos, em relação com as temperaturas mais elevadas da ilha de calor.

Atendendo à intensidade do desconforto, as situações de fraco desconforto são mais frequentes na área da Baixa da cidade, mas as situações de moderado ou forte desconforto, ocorrem com maior frequência na periferia urbana por acção da humidade relativa, ou seja, nas situações de ambiência atmosférica mais desconfortável, não obstante a presença da ilha de calor, a ilha de secura atenua os efeitos bioclimáticos da humidade relativa.

As condições atmosféricas que determinam, mais frequentemente, os maiores índices de desconforto, associam-se, em simultâneo, a campos termohigrométricos nocturnos de características específicas que acentuam e subvertem os contrastes bioclimáticos, por acção de factores intervenientes à escala local, como é o contexto topográfico da cidade, cujo efeito se sobrepõe ao efeito da cidade.

BIBLIOGRAFIA:

- ARLÉRY, R.; GRISOLLET, H.; GUILMET, B. (1973) - *Climatologie. Méthodes et Pratiques*. Gauthier-Villars, Paris, 434 p.
- ARROYO ILERA, F.; FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1991) - *Aproximación al conocimiento del confort térmico urbano de Madrid*. Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, 268 p.
- ESOURROU, G. (1991) - *Le Climat et la Ville*. Nathan, 109 p.

- GANHO, N. (1992a) - *O Clima Urbano de Coimbra - Aspectos térmicos estivais*. Dissertação de Mestrado em Geografia apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, 170 p. + 80 p. extra texto de gráficos e figuras.
- GANHO, N. (1992b) - "A ilha de calor de Coimbra - Resultados de observações itinerantes de temperatura no interior do tecido urbano". *Actas do VI Colóquio Ibérico de Geografia*, Porto (em publicação).
- GANHO, N. (1994) - "Risco de incêndio florestal em áreas urbanas e periurbanas - O exemplo de Coimbra". *Actas do II EPRIF - Encontro Pedagógico Sobre Risco de Incêndio Florestal*, Coimbra, pp. 97-116.
- GANHO, N. (1995a) - "A ilha de calor de Coimbra: intensidade média e ritmo diário - Resultados de observações com termohigrógrafos em abrigo". *Actas do II Congresso da Geografia Portuguesa*, Coimbra, pp. 197-209.
- GANHO, N. (1995b) - "La isla de calor de Coimbra bajo diferentes condiciones de tiempo de Verano". *Estudios Geográficos*, LVI, 219, pp. 285-317.
- GANHO, N. (1995c) - "A ilha de calor de Coimbra sob diferentes condições de tempo de Verão". *Territorium*, 2, pp. 33-50.
- GANHO, N. (1996) - "Espaços verdes no interior do tecido urbano: contrastes topoclimáticos, influência bioclimática e riscos de poluição - O caso de Coimbra". *Territorium*, 3, pp. 35-56.
- GILES, D. B.; BALAFOUTIS, C.; MAHERAS, P. (1990) - "Too hot for confort: The heatwaves in Greece in 1987 and 1988". *International Journal of Biometeorology*, 34, pp. 98-104.
- LANDSBERG, H. E. (1981) - *The Urban Climate*. Academic Press, New York, 275 p.
- LÓPEZ GÓMEZ, A.; FERNÁNDEZ GARCÍA, F.; ARROYO, F.; MARTÍN VIDE, J.; CUADRAT, J. M. (1993) - *El Clima de las Ciudades Españolas*. Cátedra, Madrid, 268 p.
- MATHER, J. R. (1974) - *Climatology: Fundamentals and Applications*. McGraw-Hill, New York.
- OLIVER, J. E. (1981) - *Climatology: Selected Applications*. Eduard Arnold Ltd., London.
- REBELO, F. (1985) - "Nota sobre o conhecimento geomorfológico da área de Coimbra (Portugal)". *Memórias e Notícias*, 100, Coimbra, pp. 193-202.