Ana Maria Rodrigues Monteiro de Sousa

O CLIMA URBANO DO PORTO

Contribuição para a definição das estratégias de planeamento e ordenamento do território

PORTO
1993

ANA MARIA RODRIGUES MONTEIRO DE SOUSA

O CLIMA URBANO DO PORTO.

Contribuição para a definição das estratégias de planeamento e ordenamento do território.

Para a elaboração desta dissertação beneficiamos de uma bolsa para doutoramento no país concedida pelo INIC/JNICT em 1 de Novembro de 1990 .

P O R T O

1 9 9 3

ANA MARIA RODRIGUES MONTEIRO DE SOUSA

Ao meu filho e ao meu marido que comigo atravessaram todas as angústias e horas menos tranquilas.

Agradecimentos

Gostaria de expressar o meu agradecimento a todos quantos de variadas formas me foram suavizando a longa viagem que me encaminhou até ao trabalho que a seguir apresento.

Na impossibilidade de enunciar aqui cada um dos muitos professores, colegas e amigos que, desde a fase de concepção da ideia inicial até à sua fase final, me deram todo o apoio gostaria de salientar pelo menos algumas das pessoas, cuja forma como se excederam na ajuda que me foram constantemente prestando, não poderia deixar de destacar.

Ao Professor Doutor Fernando Rebelo agradeço, para além da sua constante e permanente disponibilidade, o modo como me ajudou a prosseguir a minha investigação com a sua combinação perfeita e única de críticas, sugestões e incentivos. Muitas vezes, no decurso deste trabalho evitou que trilhássemos rumos menos eficazes para alcançar os objectivos pretendidos. A minúcia com que leu o trabalho, desde a sua fase embrionária ajudou-me frequentemente a distinguir e a compreender melhor as sucessivas dúvidas com que me fui confrontando.

Ao Professor Ian Douglas estou infinitamente grata por diversas razões. Primeiro, pelo facto de ter escrito o livro *Urban Environment* que me permitiu finalmente organizar o modo caótico como tinha até então introvertido o meu conceito de geografia aplicada. Depois, pelo modo como desde a minha primeira visita ao Departamento de Geografia da Universidade de Manchester se disponibilizou a ajudar-me, rodeando-me de todos os meios necessários para tornar o mais proveitosos possíveis os estágios no seu departamento. Finalmente, pela pormenorizada e gratificante atenção com que acompanhou todas as etapas deste trabalho, desde a sua concepção estrutural teórica até aos resultados finais obtidos, passando pelo muito trabalho de campo que comigo efectou na região do Porto.

À Professora Doutora Rosa Fernanda Moreira da Silva devo, para além do inexcedível carinho com que desde a primeira hora incentivou e encorajou este trabalho, todo o esforço com que efectuou as inúmeras diligências imprescindíveis para que, na medida do possível, dispusesse dos recursos técnicos e das condições de trabalho essenciais para levar a cabo este empreendimento.

À Professora Doutora Maria Assunção Araújo gostaria de exprimir o meu reconhecimento pela disponibilidade com que leu e criticou a breve caracterização geomorfológica que incluimos neste trabalho, bem como as proveitosas sugestões com que a enriqueceu.

À Professora Doutora Maria João Alcoforado devo a minha gratidão pela indescritível afabilidade com que sempre atendeu às minhas solicitações e pela confiança que me transmitiu para prosseguir nos meus propósitos. Ao partilhar comigo a sua enorme experiência no domínio da Climatologia Urbana contribuiu inequivocamente para a resolução de alguns problemas teóricos e metodológicos que fui enfrentando durante este trabalho.

A todos os colegas e amigos do Instituto de Geografia da FLUP estou reconhecida pelo incentivo e ajuda que sempre me têm dado. Valorizaram este trabalho tanto com as frequentes discussões em torno deste tema de trabalho, como com as proveitosas interrogações que me foram amiúde colocando.

Todavia, e sem pretender diminuir, em absoluto, o enorme contributo para este trabalho que todos os colegas deliberada ou inconscientemente acabaram por dar, gostaria de demonstrar aqui a minha enorme gratidão especificamente ao Luis Paulo Martins pela paciência com que sistematicamente me ajudou a resolver com eficácia as lutas titânicas que tive com o Macintosh, ao Carlos Bateira e à Laura Soares pela ajuda que me deram especialmente no capítulo da geomorfologia e à Edite Velhas que com a sua habitual serenidade e discernimento partilhou comigo infindáveis discussões sobre os resultados obtidos e a forma como se poderiam, ou não, integrar no suporte teórico apropriado. Ao acompanhar interessadamente a evolução de todo o meu trabalho, sobretudo nas fases menos boas, quando muitas incertezas e algum desalento ameaçaram vencer, a Edite Velhas contribuiu decisivamente para o seu avanço.

À Professora Doutora Celeste Coelho devo, tanto enquanto aluna do curso de Geografia da FLUP como mais tarde no início da minha actividade docente, a motivação e o interesse pela aplicabilidade da geografia física nomeadamente nas questões relacionadas com o meio ambiente.

Ao Dr. António Sobrinho estou grata pela oportunidade que me facultou, ao incluir-me no seu projecto de investigação, de alargar o meu conhecimento teórico e prático no âmbito dos estudos de avaliação de impactes ambientais, participando num dos cursos de pós-graduação em E.I.A. promovidos pela Universidade de Aberdeen.

Ao Professor Doutor Paulo Pinho gostaria de expressar a minha gratidão pelo muito que com ele tenho aprendido no que se refere à integração da componente ambiental nas estratégias de ordenamento do território.

Como ao longo do trabalho se poderá confirmar foram inúmeras as pessoas e as instituições às quais estamos profundamente gratos pelo atendimento e celeridade com que nos facultaram a diversa e variada gama de dados necessários imprescindíveis para este trabalho. Foi o que sucedeu com o INMG cuja gratuitidade de alguma da informação devo particularmente às diligências nesse sentido efectuadas pela Drª Maria de Lurdes Leitão (Climatologia) e pelo Dr. Oliveira Dias (Meteorologia Marítima), com o IGUP que nos disponibilizou toda a informação sobre a estação de Porto-Serra do Pilar, com a CCRN/DGQA na pessoa do então director regional do ambiente Engº Fernando Vasconcelos e da Engª Isabel Vasconcelos que nos cederam toda a informação sobre a qualidade do ar na região do Porto ou com o departamento de estatística do Hospital S. João onde obtivémos as séries de registos de internamentos com determinadas patologias que utilizámos.

À D. Margarida, ao Luis Paulo, ao Carlos Bateira e ao Jorge Maciel não encontro palavras adequadas para expressar o meu profundo agradecimento pelo empenho e dedicação com que se empenharam na leitura e registo das temperaturas nos termómetros que acederam a colocar em suas casas.

Ao INIC e à JNICT estou grata pela concessão de uma bolsa para doutoramento no país desde 1 de Novembro de 1990.

À minha mãe, ao meu marido e ao meu filho agradeço o carinho com que participaram directa e indirectamente na elaboração deste trabalho desde a primeira hora.

ÍNDICE

Página nº

I - Introdução

1.- Objectivo de trabalho 1

2.- A manutenção de um Meio Ambiente equilibrado - uma forma de recuperar o objecto da Geografia 7

2.1- Enquadramento epistemológico 7

2.2- A opção por uma perspectiva sistémica da Climatologia 9

2.3 - A opção pelo meio urbano 12

II - As mudanças climáticas globais - o problema mais importante para a Humanidade nos próximos 50 anos ?

1.- A vulnerabilidade dos portuenses às perturbações climáticas impostas pela urbanização 18

2.- A crescente preocupação com as questões ambientais - elemento determinante na apreciação cognitiva das relações Homem- Meio Ambiente 25

3.- Provas científicas de mudança no Sistema Climático do Globo - o contributo do Intergovernmental Panel on Climate Change 32

III - A Área de estudo - a cidade do Porto

1.- Caracterização física 36

2.- Caracterização socio-económica 51

Página nº

IV - O clima da área do Porto desde o início do século XX

1.- Adaptação da metodologia em função da informação disponível 59

2.- A estação climatológica de Porto S.Pilar - a única série secular disponível na nossa área de estudo 62

2.1-A Temperatura 68

2.1.1-Médias Mensais de Temperatura Máxima e Mínima 68

2.1.2-Médias Diárias de Temperatura Máxima e Mínima 74

2.2-A Precipitação 81

V- O clima da área do Porto nos últimos 20 anos

1.- Factores geográficos determinantes no comportamento da Temperatura e Precipitação na região durante os últimos 20 anos (1970-1989) 86

1.1.- A regressão múltipla e os coeficientes de correlação 86

2.- Análise comparativa do comportamento médio de alguns elementos climáticos em cada uma das estações, incluídas na área de estudo, durante os últimos 20 anos (1970-1989) 93

2.1- Coeficientes de correlação entre as séries de cada uma das estações 93

2.1.1- Temperatura Média Mensal Mínima 94

2.1.2- Temperatura Média Mensal Máxima 96

2.1.3- Precipitação Total Mensal 97

2.1.4- Humidade Relativa (9h) 98

2.1.5- Evaporação 99

2.2- Análise comparativa dos valores mensais médios nas estações climatológicas (1970-1989) 99

2.2.1- Temperatura Média Mensal Mínima 99

2.2.2- Temperatura Média Mensal Máxima 104

2.2.3- Precipitação Total Mensal 109

2.2.4- Humidade Relativa e Número de dias com nevoeiro 117

2.2.5 - Evaporação 120

Página nº

2.2.6- Vento - rumo predominante e velocidade média mensal 122
2.2.6.1 - Frequência média mensal (1970-1989) 122
2.2.6.2 - Velocidade média mensal (1970-1989) 125
3.- Ritmo evolutivo interanual dos valores médios mensais durante o período 1970-1989 128
3.1.- Temperaturas Médias Mensais 128
3.1.1.- Temperatura Média Mensal Mínima 128
3.1.2.- Temperatura Média Mensal Máxima 133
3.2.- Precipitação 136
4.- O padrão de comportamento de alguns elementos climáticos na área do Porto durante os últimos 20 anos-*nuances* detectadas 146
5.- Ruído associado à variabilidade intrínseca ao Sistema Climático ou manifestações de mudança? 151
5.1.- Caracterização do período estudado relativamente às Normais Climatológicas publicadas para 1931-60 e 1951-80 - o Porto-Serra do Pilar. 152
5.2.- Análise comparativa das temperaturas da água do mar registadas em dois pontos do oceano Atlântico próximos da área do Porto 157
5.2.1- Temperatura da água do mar ao largo da cidade do Porto 158
5.2.2- Temperatura da água do mar no porto de Leixões 160
5.3.- Hipóteses explicativas 161

VI - Análise dos registos diários de alguns elementos climáticos na estação de Porto-Serra do Pilar entre 1 de Abril 1987 e 31 de Março de 1991

1.- Temperatura 165
2.- Precipitação 171
3.- Vento 172
4.- Nebulosidade, Insolação Relativa e Radiação Solar 173

Página nº

5.- Situações sinópticas mais frequentes 173
5.1- Situações sinópticas à superfície 173
5.2.- Situações sinópticas em altitude 176
5.3.- Relação entre as situações sinópticas à superfície e em altitude 180
5.4.- Relação entre as situações sinópticas à superfície e o comportamento de alguns elementos climáticos no Porto-Serra do Pilar 185

VII - O clima urbano do Porto - intensidade e forma da "ilha de calor"

1.- Considerações gerais sobre os efeitos das áreas urbanas no clima local 189
1.2.- O fenómeno urbano portuense - magnitude e intensidade dos impactes no clima local 198
2.- Questões metodológicas comuns aos diversos estudos no âmbito da climatologia urbana 201
2.1.- A nossa opção metodológica 202
3. - Existe "ilha de calor" urbano? 205
3.1 - A temperatura na cidade e na periferia - comparação dos registos horários na Av. da Liberdade e no Porto-Serra do Pilar 206
4.- A forma e a intensidade da "ilha de calor" 215
4.1.- Os termómetros fixos em alguns pontos da cidade 215
4.2.- O comportamento térmico de 3 postos de registo fixos na cidade e o posto móvel na Av. da Liberdade durante Dezembro de 1990 216
4.3.- O comportamento térmico de alguns postos de registo fixos na cidade entre Janeiro de 1991 e Janeiro de 1992 221
4.4.- As medições itinerantes 225
4.4.1.- Método de recolha 225
4.4.2.- Características dos percursos escolhidos e pontos de registo 226

Página nº

4.4.3.- Anomalias térmicas - procedimento metodológico 233
4.4.4.- Anomalias térmicas médias 234
4.4.5.- Anomalias térmicas e tipos de tempo 253
4.4.5.1.- Representatividade da amostra 260
4.4.5.2.- A intensidade da "ilha de calor" sob a acção de diversos tipos de tempo 261
4.4.5.3.- A forma da "ilha de calor" sob a acção de diversos tipos de tempo 261
4.4.6.- A importância explicativa da altitude, da distância ao mar e da densidade de ocupação do solo na forma e na intensidade da "ilha de calor" 264
4.4.6.1.- A distância ao mar 267
4.4.6.2.- A altitude 270
4.4.6.3.- A estação do ano 272
4.4.6.4.- O tipo de ocupação do solo 273
5.- Síntese 276
6.- O clima da região do Porto - indícios de ruptura ou de *outros equilíbrios*? 280

VIII - Poluição atmosférica no Porto

1.- Definição do(s) conceito(s) de poluição 285
2.- Tipo de poluentes - fontes e tempos de residência na atmosfera 290
2.1.- O ozono, os compostos de cloro, o CO_2 e os óxidos de azoto - efeitos à escala planetária 292
2.1.1.- O ozono 292
2.1.2.- Os compostos de cloro 292
2.1.3.- Os compostos de carbono 293
2.1.4.- Os compostos de azoto 294
2.2.- O SO_2 - efeitos à escala regional 295
2.3.- Os metais pesados - efeitos à escala local 295

Página nº

3.- Acidez forte e fumos negros na cidade do Porto 296
3.1.- A eficácia do SO_2 e dos fumos negros como indicadores da quaidade do ar na cidade do Porto 296
3.2.- Tipo de rede de registo 298
3.3.- Concentrações de SO_2 na cidade do Porto entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991 302
3.4.- Concentrações superiores ao limite máximo do valor guia (150 $\mu g/m^3$) 311
3.5.- Comportamento de alguns elementos climatológicos nos dias de maior concentração de SO_2 318
3.6.- Características do estado de tempo nos dias de maior concentração de SO_2 322
3.7.- Outros factores explicativos 334
4.-Chumbo e outros metais pesados na cidade do Porto 335
4.1.- A nossa opção metodológica: avaliação directa e indirecta dos teores de chumbo e outros metais pesados na atmosfera portuense 335
4.2.- Tipo de fontes e magnitude dos efeitos do chumbo e de outros metais pesados 336
4.3.- Teor de chumbo e de outros metais pesados detectado na atmosfera portuense 342
4.4.- Teor de chumbo, zinco e cobre nos solos da cidade do Porto 345
4.4.1.- Procedimento metodológico 345
4.4.2.- Metais pesados no solo urbano portuense 348
4.4.3.- A contaminação dos solos na Rotunda da Boavista - um exemplo da importância do número de veículos em circulação extrapolável para a cidade? 351
5.- Síntese 355

Página nº

IX - O binómio Poluição Atmosférica - Clima: essencial na avaliação dos impactes ambientais em espaços urbanizados

1.- Indispensável para a compreensão das manifestações de *mudança climática* 361

2.- Indispensável na identificação das causas responsáveis pelo agravamento de determinadas patologias 367

3.- Indispensável na definição das estratégias de ordenamento do espaço da cidade do *futuro* 376

3.1. - As propostas do Plano Geral de Urbanização 379

X - Conclusão 387

XI - Bibliografia 401

ÍNDICE DE FIGURAS

		Página nº
Fig.1	Tipologia de atitudes humanas possíveis face a uma situação de risco (O'RIORDAN, 1983, adaptado)	4
Fig. 2	Organigrama exemplificativo da estrutura lógica subjacente ao cumprimento dos objectivos deste trabalho de investigação	6
Fig. 3	Geografia - uma disciplina com grande flexibilidade teórica e metodológica (adaptado de HAGGETT, 1979)	10
Fig. 4	Perspectiva sistémica da Climatologia (C. MONTEIRO, 1976, adaptado)	12
Fig. 5	Inquérito à perceptibilidade climática dos Portuenses	19
Fig. 6	Exemplo do inquérito à *Perceptibilidade Climática* realizado a 305 pessoas residentes na cidade do Porto durante o mês de Dezembro de 1990	20
Fig.7	Características dos acontecimentos climáticos e forma como influenciam a percepção (A:WHYTE, 1985, adaptado)	21
Fig.8	Consumo de energia em algumas regiões do globo (T. O'RIORDAN, 1991, adaptado)	31
Fig. 9	Gases importantes para o efeito de estufa cujas concentrações na troposfera têm sido afectadas pelas acções antrópicas (IPCC, 1990)	30
Fig. 10	Enquadramento da área de estudo (Porto)	37
Fig. 11 a	Corografia da área de estudo (Porto)	38
Fig. 11 b	Hipsometria da área de estudo (Porto)	39
Fig. 11 c	Rede hidrográfica da área de estudo (Porto)	40
Fig. 12	Rede rodoviária principal do concelho do Porto	41
Fig. 13	Mapa de declives da cidade do Porto	42
Fig. 14	Distribuição dos declives em três perfis na área de estudo (A. ARAÚJO, 1991)	43
Fig. 15 a	Geologia da área de estudo (Porto)	45
Fig. 15 b	Mapa geológico da área de estudo (A.ARAÙJO, 1991)	46
Fig. 16	Carta neotectónica de Portugal: fragmento da parte Norte do país (CABRAL, J., RIBEIRO, A., 1989)	47

Página nº

Fig. 17	Esboço geomorfológico (adaptado de A.ARAÚJO, 1991)	47
Fig. 18	Idade e altura dos edifícios no concelho do Porto (GPU, 1983)	51
Fig. 19	Densidade populacional no concelho do Porto por freguesia (de 1911 a 1991)	52
Fig. 20	Número de estabelecimentos e de edifícios ocupados por algumas funções urbanas (GPU, 1983)	53
Fig. 21	Número de unidades industriais poluentes, por freguesia, na cidade do Porto	56
Fig. 22	Manchas verdes na cidade do Porto	58
Fig. 23	Localização das estações climatológicas	61
Fig. 24	Perfis topográficos representativos da posição da estação climatológica da Serra do Pilar (Porto)	65
Fig. 25	Temperatura média mínima e máxima no Porto- Serra do Pilar (1900-1989)	69
Fig. 26	Distribuição de frequência (%), das temperaturas médias máximas durante os 90 anos em análise (1900-89), no Porto-Serra do Pilar	73
Fig. 27	Distribuição de frequência (%), das temperaturas médias mínimas durante os 90 anos em análise (1900-89), no Porto-Serra do Pilar	74
Fig. 28	Leituras transversal e longitudinal da série cronológica em análise	75
Fig. 29	Desvio padrão e média dos registos de temperatura média máxima e mínima (1900-89), no Porto-Serra do Pilar	76
Fig. 30	Comparação entre a distribuição de frequência das temperaturas médias mínimas dos dias 1 de Janeiro no Porto-Serra do Pilar (1900-89) e uma distribuição *normal* ou *Gaussiana*	78
Fig. 31	Calendário de Probabilidades para a temperatura máxima e mínima do Porto-Serra do Pilar (1900-89)	80
Fig. 32	Precipitação total mensal, média e desvio padrão para o Porto-Serra do Pilar (1900-1989)	82
Fig. 33	Distribuição de frequência dos totais mensais de precipitação na estação de Porto-Serra do Pilar	83

Página nº

Fig. 34	Coeficientes de correlação superiores a ± 0.95 para os valores médios mensais de cada um dos elementos climáticos (1970-89)	95
Fig. 35 a	Temperatura média mensal mínima (1970-1989)	101
Fig. 35 b	Temperatura média mensal mínima - ritmo evolutivo intra-anual	101
Fig. 36	Temperatura média mensal máxima (1970-1989)	106
Fig. 37	Temperatura média mensal máxima - ritmo evolutivo intra-anual	106
Fig. 38	Precipitação Total mensal (1970-1989)	110
Fig. 39	Precipitação total mensal - ritmo evolutivo intra-anual	110
Fig. 40	Mês mais pluvioso em cada um dos 20 anos estudados (1970-1989)	114
Fig. 41	Número de dias com precipitação ≥ a 10 mm (1970-1989)	116
Fig. 42	Número de dias com precipitação ≥ a 0.1 mm (1970-1989)	116
Fig. 43	Humidade relativa (%) média mensal às 9h (1970-1989)	118
Fig. 44	Coeficientes de variação das séries mensais de humidade relativa às 9h (1970-1989)	118
Fig. 45	Número de dias com nevoeiro (1970-1989)	119
Fig. 46	Evaporação total mensal (1970-1989)	121
Fig. 47	Frequência média mensal dos rumos do vento (1970-1989)	123
Fig. 48	Quadrantes do vento mais frequentes (1970-1989)	124
Fig. 49	Velocidade média mensal do vento (1970-1989)	126
Fig. 50	Temperatura média mensal mínima mais elevada do ano	129
Fig. 51	Rectas de regressão para os valores de temperatura média mensal mínima (r≥0.50), (1970-1989)	132
Fig. 52	Temperatura média mensal máxima mais elevada do ano	134
Fig. 53	Rectas de regressão para os totais mensais de precipitação (1970-1989)	144
Fig. 54	Médias móveis de 5 anos dos totais mensais de precipitação (1970-1989)	145
Fig. 55	Comparação das temperaturas médias mínimas de Porto-Serra do Pilar, nos períodos 1931-60, 1951-80 e 1960-89	155
Fig. 56	Comparação da precipitação total mensal de Porto-Serra do Pilar, nos períodos 1931-60, 1951-80 e 1960-89	155
Fig. 57 a	Rectas de regressão para os valores da temperatura da água do mar entre 1950 e 1979 (40° N 10'W de Gr.)	159

Página nº

Fig. 57 b	Rectas de regressão para os valores da temperatura da água do mar entre 1970 e 1990 em Leixões	159
Fig. 58	Valor de temperatura mínima e máxima, registado no Porto-Serra do Pilar nos dias 1, 11 e 21 de cada mês no ano de 1988	167
Fig. 59	Valor de temperatura mínima e máxima, registado no Porto-Serra do Pilar nos dias 1, 11 e 21 de cada mês no ano de 1989	168
Fig. 60	Valor de temperatura mínima e máxima, registado no Porto-Serra do Pilar nos dias 1, 11 e 21 de cada mês no ano de 1990	169
Fig. 61	Número de situações anticiclónicas (entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991)	175
Fig. 62	Número de situações depressionárias (entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991)	175
Fig. 63	Número de situações com circulação zonal (entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991)	178
Fig. 64	Número de situações com circulação meridiana - corrente ondulatória (entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991)	178
Fig. 65	Número de situações com circulaçãp meridiana - situação de bloqueio (entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991)	179
Fig. 66	Relação entre a situação sinóptica em altitude e a situação à superfície (entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991)	183
Fig. 67	A cidade do Porto - enquadramento regional	199
Fig. 68	Padrão térmico diário para uma estação a 40°N (GRIFFITHS, 1985, adaptado)	206
Fig. 69	Registos semi-horários da temperatura na Av. da Liberdade (Dezembro de 1990)	207
Fig. 70 a	Comparação entre as temperaturas horárias registadas na estação de Porto-Serra do Pilar e num posto móvel localizado na Av. da Liberdade em Dezembro de 1990	208
Fig. 70 b	Vento e humidade relativa no posto móvel da Av. da Liberdade e velocidade do vento em Porto-Serra do Pilar (Dezembro de 1990)	208
Fig. 71	Comparação dos valores de temperatura registados em termómetros similares colocados no exterior de casas particulares em Paranhos, S.Roque e Francos e os valores registados no posto móvel da Av. da Liberdade (Dezembro de 1990)	217

Página nº

Fig. 72 a	Comparação dos valores de temperatura registados em termómetros similares colocados no exterior de casas particulares em Paranhos, S.Roque e Francos (Janeiro a Abril de 1991)	222
Fig. 72 b	Comparação dos valores de temperatura registados em termómetros similares colocados no exterior de casas particulares em Paranhos e S.Roque (Maio a Julho de 1991)	223
Fig 72 c	Comparação dos valores de temperatura registados em termómetros similares colocados no exterior de casas particulares em Paranhos, S.Roque e Monte dos Burgos (Dezembro de 1991 a Janeiro de 1992)	224
Fig. 73	altinerários de medição de temperatura e humidade relativa efectuados na cidade do Porto entre 1 de Março de 1989 e 1 de Março de 1992	228
Fig. 73 b	Localização dos pontos de registo de cada um dos itinerários de medição de temperatura e humidade relativa efectuados na cidade do Porto entre 1 de Março de 1989 e 1 de Março de 1992	229
Fig. 74	Perfis topográficos correspondentes aos percursos em que foram efectuadas medições itinerantes na cidade do Porto	230
Fig. 75	Declive das ruas do percurso 2	231
Fig. 76 a	Anomalias térmicas médias relativamente à temperatura registada na estação de Porto-Serra do Pilar (percurso 1)	237
Fig. 76 b	Anomalias térmicas relativamente à temperatura registada na estação de Porto-Serra do Pilar (3-8-1989)	238
Fig. 76 c	Anomalias térmicas relativamente à temperatura registada na estação de Porto-Serra do Pilar (18-4-1991)	239
Fig. 76 d	Anomalias térmicas relativamente à temperatura registadana estação de no Porto-Serra do Pilar (21-7-1991)	240
Fig. 76 e	Anomalias térmicas relativamente à temperatura registada na estação de Porto-Serra do Pilar (3-11-1989)	241
Fig. 76 f	Anomalias térmicas relativamente à temperatura registada na estação de Porto-Serra do Pilar (24-4-1991)	242
Fig. 76 g	Anomalias térmicas relativamente à temperatura registada na estação de Porto-Serra do Pilar (1-9-1989)	243
Fig. 76 h	Anomalias térmicas relativamente à temperatura registada na estação de Porto-Serra do Pilar (17-7-1991)	244

Fig. 76 i	Anomalias térmicas relativamente à temperatura registada na estação de Porto-Serra do Pilar (22-9-1989)	245
Fig. 76 j	Anomalias térmicas relativamente à temperatura registada na estação de Porto-Serra do Pilar (22-8-1989)	246
Fig. 76 k	Anomalias térmicas relativamente à temperatura registada na estação de Porto-Serra do Pilar (2-4-1991)	247
Fig. 76 l	Anomalias térmicas relativamente à temperatura registada na estação de Porto-Serra do Pilar (10-8-1991)	248
Fig. 76 m	Anomalias térmicas relativamente à temperatura registada na estação de Porto-Serra do Pilar (23-8-1989)	249
Fig. 76 n	Anomalias térmicas relativamente à temperatura registada na estação de Porto-Serra do Pilar (29-9-1989)	250
Fig. 76 o	Anomalias térmicas relativamente à temperatura registadana estação de Porto-Serra do Pilar (12-1-1990)	251
Fig. 76 p	Anomalias térmicas relativamente à temperatura registada na estação de Porto-Serra do Pilar (8-9-1989)	252
Fig. 77 a	Anomalias térmicas relativamente à temperatura registada na estação de Porto-Serra do Pilar (2-2-1991)	255
Fig. 77 b	Anomalias térmicas relativamente à temperatura registada na estação de Porto-Serra do Pilar (12-2-1991)	256
Fig. 77 c	Anomalias térmicas relativamente à temperatura registada na estação de Porto-Serra do Pilar (27-1-1991)	257
Fig. 77 d	Anomalias térmicas relativamente à temperatura registada na estação de Porto-Serra do Pilar (19-1-1991)	258
Fig. 78	Pontos de medição com maior frequência de anomalias térmicas positivas	263
Fig. 79	Representação esquemática das formas e intensidades da "Ilha de Calor" portuense sob a acção de diversas situações sinópticas	266
Fig. 80	Valores reais de temperatura e humidade relativa registados durante as medições itinerantes	268
Fig. 81	Comparação entre as características topográficas e morfologia urbana portuense e as *modelo* (a - características topográficas e morfologia urbana do percurso 2; b- características topográficas e morfologia urbana modelo)	277
Fig. 82	Contrastes entre o balanço energético nas áreas urbanas e nas áreas rurais (DOUGLAS, 1983, p.37, adaptado)	284
Fig. 83	Lista de classificação de poluentes (HOLDGATE, 1980, modificado)	287

Página nº

Fig. 84	Percurso de alguns gases na atmosfera (GRAEDEL e CRUTZEN, 1986, adaptado)	288
Fig. 85	Rede de medição de acidez forte e fumos negros na área do Porto da DGQA-Porto	299
Fig. 86	Valores diários de acidez forte (1 Abril de 1987/31 de Março de 1991)	300
Fig. 87	Número de dias com concentração de SO_2 superior a 100$\mu g/m^3$ (1 de Abril 1987/31 de Março de 1991)	304
Fig. 88	Algumas causas da variação da poluição atmosférica (de THOMPSON, 1978, adaptado)	306
Fig. 89	Médias semi-horárias de SO_2, NOx, CO e partículas suspensas entre o dia 20 e 24 de Dezembro de 1990 na Av. da Liberdade (DGQA)	307
Fig. 90	Número de dias com SO_2 acima de 150 $\mu g/m^3$	311
Fig. 91	Número de dias com acidez forte acima de 150 $\mu g/m^3$	314
Fig. 92	Número de dias com acidez forte acima de 200 $\mu g/m^3$	315
Fig. 93	Número de dias com acidez forte acima de 150 $\mu g/m^3$ nos postos localizados na Casa de Saúde da Boavista e em Leça da Palmeira	316
Fig. 94	Número de dias com acidez forte acima de 200 $\mu g/m^3$ nos postos localizados na Casa de Saúde da Boavista e em Leça da Palmeira	317
Fig. 95	Rumo predominante do vento na estação de Porto-Serra do Pilar nos dias em que pelo menos um posto da rede da DGQA-Porto registou $SO_2 \geq 100$ $\mu g/m^3$e $SO_2 \geq 150$ $\mu g/m^3$	320
Fig. 96	Número de dias em que o SO_2 ultrapassou os 200 $\mu g/m^3$ em pelo menos um dos postos	328
Fig. 97	Número de dias com acidez forte ≥ 150 $\mu g/m^3$ em pelo menos um posto da rede de medição da qualidade do ar da DGQA-Porto, segundo o dia da semana (1 Abril de 1987/31 de Março de 1991)	334
Fig. 98	Vias de acesso do chumbo libertado na atmosfera até alcançar o organismo humano (WMO, 1977)	336
Fig. 99	Localização dos pontos de recolha das amostras de solo urbano portuense não pavimentado	347

Página nº

Fig. 100 Teor de cobre, chumbo e zinco de algumas amostras de solo urbano portuense não pavimentado 352

Fig. 101 Teor de cobre, chumbo e zinco nas amostras de solo recolhidas em vários pontos do jardim da Rotunda da Boavista 353

Fig. 102 O estado de degradação da qualidade do ar na região do Porto - contributo para as manifestações de mudança climática detectadas ? 362

Fig. 103 Anomalias térmicas médias na cidade do Porto (extraída e ampliada da Fig. 79, p. 266) 364

Fig. 104 Características do espaço urbano portuense condicionantes das trocas de energia e matéria no subsistema climático 364

Fig. 105 Época do ano em que as doenças infecciosas, a tuberculose, as hemorragias cerebrais, as doenças do coração, a bronquite e a pneumonia, foram a primeira causa de morte, no Continente, entre 1970-1989. 369

Fig. 106 Nº de internamentos no Hospital de S.João com patologias ligadas ao foro respiratório, segundo o sexo do paciente (1 de Abril de 1987 a 31 de Março de 1991) 371

Fig. 107 Nº de internamentos no Hospital de S.João com patologias ligadas ao foro respiratório, segundo a idade do paciente (1 de Abril de 1987 a 31 de Março de 1991) 371

Fig. 108 Nº de internamentos no Hospital de S.João com asma e bronquite, segundo a idade do paciente (1 de Abril de 1987 a 31 de Março de 1991) 374

Fig. 109 Localização aproximada da Via de Cintura Interna 381

Fig. 110 Zonas Verdes e Desportivas existentes e propostas pelo P.G.U. (CMP, 1987). 383

Fig. 111 A inclusão da climatologia urbana nos processos de tomada de decisão em planeamento urbano (CHANDLER, 1976, adaptado). 385

ÍNDICE DE QUADROS

		Página nº
Quadro I	Amplitude de variação em cada um dos meses do ano (Porto-Serra do Pilar, 1900-1989)	71
Quadro II	Anos em que o total mensal de precipitação nos meses de Novembro, Dezembro, Janeiro e Fevereiro não ultrapassou os 25 mm na estação de Porto-Serra do Pilar (1900-1989)	84
Quadro III	Anos em que o total mensal de precipitação no mês de Junho ultrapassou os 100 mm na estação de Porto-Serra do Pilar (1900-1989)	84
Quadro IV	Localização das estações climatológicas incluidas na área deestudo e exemplificação da determinação dos valores simplificados correspondentes aos três factores geográficos considerados e à longitude	87
Quadro V	Coeficientes de correlação entre cada elemento climático e os quatro factores geográficos considerados (1970-89)	89
Quadro VI	Coeficientes ß das rectas de regressão para cada elemento climático (1970-89)	89
Quadro VII	Indicadores de posição geográfica que revelam maior coeficiente de correlação com os elementos climáticos considerados em cada mês do ano	91
Quadro VIII	Temperatura média mensal mínima (1970-1989)	100
Quadro IX	1º, 2º e 3º quartis e coeficientes de variação da temperatura média mensal mínima (1970-1989)	103
Quadro X	Temperatura média mensal máxima (1970-1989)	105
Quadro XI	1º, 2º e 3º quartis e coeficientes de variação da temperatura média mensal máxima (1970-1989)	108
Quadro XII	Precipitação total, número de dias com precipitação≥ a 10 mm e número de dias com precipitação ≥ a 0.1 mm(1970-1989)	111
Quadro XIII	1º, 2º e 3º quartis e coeficientes de variação da precipitação total mensal (1970-1989)	113
Quadro XIV	Humidade relativa média mensal (%) às 9h (1970-1989)	117

Página nº

Quadro XV	Evaporação média mensal total (1970-1989)	121
Quadro XVI	Número de ocorrências dos mínimos e máximos do ano da temperatura média mensal mínima (1970-1989)	129
Quadro XVII	Número de ocorrências dos mínimos e máximos do ano da temperatura média mensal mínima (1970-1989)	134
Quadro XVIII	Número de ocorrências dos totais mensais máximos e mínimos do ano da precipitação total (1970-1989)	137
Quadro XIX	Anos em que o mês de Fevereiro registou um total mensal de precipitação menor do que Janeiro e do que Março (1970-1989)	138
Quadro XX	Anos em que Fevereiro foi o mês mais chuvoso do ano (1970-1989)	139
Quadro XXI	Comparação dos coeficientes de variação da precipitação total mensal no período 1950-86 e 1970-89	140
Quadro XXII	Meses em que o total de precipitação foi ≤ 0.5 mm (1970-1989)	141
Quadro XXIII	Intensidades das secas, de acordo com a metodologia utilizada por M.FEIO, V. HENRIQUES, 1986	142
Quadro XXIV	Comparação das *Normais* Climatológicas de 1931-1960, 1951-80 e 1960-1989 para Porto-Serra do Pilar	153
Quadro XXV	Valores médios anuais de temperatura no Porto-Serra do Pilar (médias de 4 em 4 anos entre 1970 e 1990)	156
Quadro XXVI	Valores médios mensais de alguns elementos climáticos para Porto-Serra do Pilar (Abril de 1987 a Março de 1991)	164
Quadro XXVII	Medidas de dispersão e de tendência central para alguns elementos climáticos diários no Porto-Serra do Pilar no período 1 de Abril de 1987/31 de Março de 1991	166
Quadro XXVIII	Valores extremos de pressão atmosférica, temperatura e precipitação (registos diários de Porto-Serra do Pilar entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991)	170
Quadro XXIX	Número de ocorrências de cada um dos tipos de situações sinópticas à superfície entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991	174

Página nº

Quadro XXX	Número de ocorrências de cada um dos tipos de situações sinópticas em altitude entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991	177
Quadro XXXI	As situações sinópticas mais frequentes em cada mês (1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991)	182
Quadro XXXII	Coeficiente de variação e percentis entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991	182
Quadro XXXIII	Relação entre o tipo de circulação em altitude e a situação sinóptica à superfície entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991	183
Quadro XXXIV	Comparação dos valores assumidos por alguns elementos climáticos, no Porto-Serra do Pilar, consoante cada um dos tipos de situações sinópticas entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991	187
Quadro XXXV	Características dos meios urbanos passíveis de alterar o balanço energético	193
Quadro XXXVI	Albedo e emissividade de alguns materiais	193
Quadro XXXVII	Concentração de poluentes consoante o tamanho da cidade	194
Quadro XXXVIII	Concentração de poluentes consoante o tipo de ocupação do espaço	194
Quadro XXXIX	Consequências do fenómeno urbano no comportamento de alguns elementos climáticos	194
Quadro XL	Alterações de alguns parâmetros climatológicos nos meios urbanos	194
Quadro XLI	Diferenças de temperatura entre a cidade e a sua periferia ao longo do dia	195
Quadro XLII	Comparação entre a intensidade da "Ilha de Calor" observada e a calculada através da fórmula de OKE, 1973	198
Quadro XLIII	Fontes de informação utilizadas no nosso trabalho	205
Quadro XLIV	Semelhanças e diversidades entre o ritmo térmico observado na Av. Liberdade e no Porto-Serra do Pilar durante Dezembro de 1990 - potenciais factores explicativos	212

Página nº

Quadro XLV	Valores de alguns elementos climáticos observados no Porto-Serra do Pilar e em alguns dos termómetros fixos espalhados pela cidade (Dezembro de 1990)	218
Quadro XLVI a	Anomalias térmicas relativamente à T°C de Porto-Serra do Pilar (itinerário 1)	235
Quadro XLVI b	Anomalias térmicas relativamente à T°C de Porto-Serra do Pilar (itinerário 2)	236
Quadro XLVII	Síntese dos resultados obtidos nas medições itinerantes de temperatura e humidade relativa na cidade do Porto entre 1987 e 1991	259
Quadro XLVIII	Factores explicativos do clima urbano	260
Quadro XLIX	Coeficientes de correlação para diversos graus de significado	264
Quadro L	Dias em que a altitude e a distância ao mar apresentaram fortes correlações (positivas e negativas) com as anomalias térmicas	265
Quadro LI a	Consumo de energia e emissões de CO_2 nos países da CEE durante o ano de 1989	272
Quadro LI b	Consumo total de energia e peso relativo dos consumos para fins industriais e domésticos, nos países da CEE (1989)	272
Quadro LII	Fontes e processos de remoção de alguns gases (GRAEDEL e CRUTZEN, 1986)	289
Quadro LIII	Valores de acidez forte ($\mu g/m^3$) e fumos negros ($\mu g/m^3$) para os postos da rede do Porto entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991	299
Quadro LIV	Valores-guia para SO_2 e fumos negros, segundo a Directiva Comunitária 80/779/EEC	301
Quadro LV	Concentração de SO_2 e fumos negros em algumas cidades (ELSOM, 1989, adaptado)	303
Quadro LVI a	Factores de emissão de CO, CxHy, NOx e SO_2 para diferentes tipos de veículos consoante a velocidade e o tipo de combustíveis	309
Quadro LVI b	Aplicação dos factores de emissão ao tráfego médio diário no Porto (informação fornecida pela JAE e pelo STCP)	309
Quadro LVII	Número de dias com SO_2 acima de 150 $\mu g/m^3$	312

Página nº

Quadro LVIII	Somatório do número de dias com acidez forte ≥ 150 μg/m^3 no período de 1 de Abril de 1987 a 31 de Março de 1991	314
Quadro LIX	Somatório do número de dias com acidez forte ≥ 200 μg/m^3 no período de 1 de Abril de 1987 a 31 de Março de 1991	315
Quadro LX	Média, moda, mediana e coeficiente de variação dos registos de alguns elementos climatológicos para a totalidade do período, para os dias com SO_2 ≥100 μg/m^3 e para os dias com SO_2 ≥150 μg/m^3	319
Quadro LXI	Situações sinópticas nos dias em que a acidez forte foi ≥ 100 μg/m^3, no período de 1 de Abril de 1987 a 31 de Março de 1991	324
Quadro LXII	Frequência relativa de cada situação sinóptica nos dias em que a acidez forte foi ≥ 150 μg/m^{3}no período de 1 de Abril de 1987 a 31 de Março de 1991	325
Quadro LXIII	Comportamento típico de alguns elementos climatológicos nos dias em que ocorreram concentrações de SO_2 ≥ 150 μg/m^3 no período de 1 de Abril de 1987 a 31 de Março de 1991	326
Quadro LXIV	Sequências de dias muito poluídos durante o período estudado - inversões detectadas para Lisboa	329
Quadro LXV	Situações sinópticas à superfície nos dias com SO_2 acima dos 200 μg/m^3	330
Quadro LXVI	Dias com SO_2 acima de 200μg/m^3 em que há grande probabilidade de ter existido inversão térmica baixa na área do Porto no período de 1 de Abril de 1987 a 31 de Março de 1991	331
Quadro LXVII	Comportamento de alguns elementos climáticos nos dias com SO_2 acima de 200μg/m^3 em que há grande probabilidade de ter existido inversão térmica baixa na área do Porto no período de 1 de Abril de 1987 a 31 de Março de 1991	333
Quadro LXVIII	Factores de emissão para o chumbo, consoante o tipo de veículo e a velocidade de circulação	337
Quadro LXIX	Comparação dos níveis naturais de chumbo com os que existem actualmente (ROSE, 1983, adaptado)	341
Quadro LXX	Fontes e efeitos de alguns metais no organismo humano	342

Página nº

Quadro LXXI	Teor médio de chumbo nos aerossóis recolhidos numa área central do Porto comparativamente com o valor guia	343
Quadro LXXII	Período e locais de amostragem do teor de chumbo nos aerossóis da atmosfera portuense	343
Quadro LXXIII	Teor médio de chumbo nos aerossóis da atmosfera portuense, consoante o dia da semana	344
Quadro LXXIV	Teor médio de chumbo nos aerossóis da atmosfera portuense, consoante o tipo de tempo	344
Quadro LXXV	Teor médio de chumbo nos aerossóisda atmosfera portuense, comparativamente com o de outras cidades	345
Quadro LXXVI	Teor de chumbo, cobre e zinco nas amostras de solo urbano portuense não pavimentado	349
Quadro LXXVII	Concentrações de chumbo superiores a 200μg/g	350
Quadro LXXVIII	Teor médio de chumbo em amostras de solo urbano de Manchester, retiradas a diversas distâncias da berma	354
Quadro LXXIX	síntese dos potenciais factores explicativos da degradação da qualidade do ar detectada na região do Porto	357
Quadro LXXX	Comportamento de alguns elementos climáticos nos dias em que houve internamentos com bronquite, asma DPCO nos quatro serviços de medicina do Hospital de S.João (1 de Abril de 1987 a 31 Março de 1991)	373
Quadro LXXXI	Zonas Verdes e Desportivas existentes e propostas pelo P.G.U. (m^2/hab.)	383

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

		Página nº
Fotografia 1	Vista aérea sobre a cidade do Porto	57
Fotografia 2	Termohigrómetro digital utilizado nas medições itinerantes	203
Fotografia 3	Termómetro digital utilizado nos postos fixos	204
Fotografia 4	Localização do posto móvel da DGQA enquanto esteve estacionado na Av. da Liberdade	213/214
Fotografia 5	Cruzamento da Av. da Boavista com a Av. Antunes Guimarães	275
Fotografia 6	Escurecimento das fachadas dos edifícios e dos passeios na cidade do Porto	339/340

FONTES CARTOGRÁFICAS UTILIZADAS

Carta Corográfica de Portugal - folha 9-B na escala 1: 50 000, Instituto Geográfico e Cadastral, Lisboa.

Carta Corográfica de Portugal - folha 9-C na escala 1: 50 000, Instituto Geográfico e Cadastral, Lisboa.

Carta Corográfica de Portugal - folha 9-D na escala 1: 50 000, Instituto Geográfico e Cadastral, Lisboa.

Carta Geológica de Portugal - folha 9-B na escala 1: 50 000, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.

Carta Geológica de Portugal - folha 9-C na escala 1: 50 000, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.

Carta Geológica de Portugal - folha 9-D na escala 1: 50 000, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.

Carta Geológica de Portugal na escala 1: 500 000, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 1972.

Carta Neotectónica de Portugal Continental na escala 1: 200 000, Serviços Geológicos de Portugal, Faculdade de Ciências e Gabinete de Protecção e Segurança Nuclear, Lisboa, 1988.

Ortofotomapa do concelho do Porto na escala 1: 10 000, C.M.P., Porto, Julho 1988.

Carta do Coeficiente de ocupação do solo - situação actual na escala 1: 10 000, G.P.U., Porto, 1987.

Carta de Disposições Fundamentais sobre Edificação Urbana na escala 1: 10 000, G.P.U., Porto, 1987.

Boletim Meteorológico Diário, INMG, Lisboa, (entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991).

FONTES ESTATÍSTICAS UTILIZADAS

X Recenseamento Geral da População, INE, 1960.

XI Recenseamento Geral da População, INE, 1970.

XII Recenseamento Geral da População, INE, 1981.

XIII Recenseamento Geral da População - resultados preliminares, INE, 1992.

Registos mensais de Temperatura média, máxima e mínima, precipitação, nebulosidade, humidade relativa, evaporação, velocidade e rumo do vento, nas estações de Porto-Serra do Pilar, Boa Nova, S.Gens, Pedras Rubras, Paços de Ferreira e Santo Tirso entre 1970 e 1989, gentilmente disponibilizados pelo INMG .

Registos diários de Temperatura média, máxima e mínima na estação de Porto-Serra do Pilar entre 1900 e 1989, gentilmente disponibilizados pelo IGUP .

Registos diários de Temperatura média, máxima e mínima, precipitação, nebulosidade, humidade relativa, evaporação, velocidade e rumo do vento, insolação, temperatura máxima de irradiação e radiação solar na estação de Porto-Serra do Pilar entre 1987 e 1991, gentilmente disponibilizados pelo IGUP.

Termogramas da estação de Porto-Serra do Pilar entre 1987 e 1991, gentilmente disponibilizados pelo IGUP .

A qualidade do ar na área do Porto em 1986/87, CGA/CCRN, Porto, 1988.

A qualidade do ar na área do Porto em 1987/88, CGA/CCRN, Porto, 1989.

A qualidade do ar na área do Porto em 1988/89, CGA/CCRN, Porto, s/d.

A qualidade do ar na área do Porto em 1989/90, CGA/CCRN, Porto, s/d.

A qualidade do ar na área do Porto em 1990/91, CGA/CCRN, Porto, s/d.

Tráfego médio diário no Porto, JAE, Porto, 1990.

Número de veículos/dia na cidade do Porto, STCP, Porto, 1992.

Estado do Ambiente na Comunidade Europeia, vol. III, CCE, Bruxelas, 1992.

I - INTRODUÇÃO

"...Cities have not always existed; they began at a certain period in the evolution of society and can equally be ended or radically transformed at another. They came into being not as a result of an historical need, and they will continue only for as long as this need persists..." L. BENEVOLO,1980[1] citado em D. NICHOLSON-LORD, 1987[2].

"...Before we convert our rocks and rills and templed hills into one spreading mass of low grade tissue, under the delusion that, because we acomplish this degradation with the aid of bulldozers and atomic piles and electronic computers, we are advancing civilization, we might ask what all this implies in terms of historic nature of man..." , L. MUMFORD, 1970[3].

1- Objectivo de trabalho

Sem pretendermos transformar este trabalho numa expressão de nostalgia pelo *Paraíso Perdido,* gostaríamos de sublinhar, através dele, algumas das graves consequências resultantes do progressivo distanciamento efectivo do Homem relativamente ao seu suporte ambiental.

O sistema económico em que vivemos, baseado no lucro[4], transformou as cidades em componentes imprescindíveis, como suporte artificial para as "trocas" de bens, serviços e informações. Trocas, que não estão de acordo com o que se precisa, mas dependem apenas do que já se tem.

A manutenção deste tipo de relações só é possível graças a um diversificado conjunto de sólidas unidades de gestão dos sistemas económicos internacionais, como a CEE, a OCDE ou o Banco Mundial. Estas grandes

---

[1]BENEVOLO, LEONARDO, The history of the city, Scholar Press, London, 1980.

[2] NICHOLSON-LORD, DAVID, The greening of the cities, Routledge & Kegan Paul, London, 1987,P.11.

[3] MUMFORD, LEWIS, Man's role in changing the face of the earth, vol.2, W.L.THOMAS et al., (eds.), 8ªed., University of Chicago Press, Chicago, 1970, p.1142.

[4] Ter como objectivo o lucro significa tentar obter, em cada troca, um pouco mais do que aquilo que se dá, o que pressupõe uma relação desequilibrada, absolutamente oposta àquela que preside às trocas no Ecossistema.

organizações internacionais velam para que o sistema vigente funcione, isto é, que as trocas continuem a efectuar-se de acordo com regras impostas por quem detém maior número de recursos. Se nos fosse possível abstrair de toda a conjuntura sócio-económica e política em que vivemos e nos reduzissemos à nossa humilde posição de mais um elemento do Ecossistema[5], veriamos que este tipo de instituições e sobretudo os objectivos que as justificam são incompreensíveis, desnecessários e geradores de "ruído" no Ecossistema. É precisamente o conhecimento desta nossa frágil posição no Meio Ambiente que nos assalta as consciências, individual e socialmente, e nos faz sentir culpabilizados pelos inúmeros focos de Fome no globo. Só o respeito pelo direito adquirido de posse dos recursos de uns, impede que outros satisfaçam uma necessidade básica - alimentação. Problema que outros elementos do Ecossistema resolvem de formas muito mais simples e harmoniosas.

As cidades, projecções integralmente artificiais no espaço das novas necessidades de troca de excedentes, permitiram ao Homem a maior possibilidade de controlar o seu habitat. Este controle, desencadeou e

---

[5]É imperioso clarificar, desde já, que não é indiferente a utilização que fazemos da palavra Ecossistema e ecossistemas.

Apesar de integrar, desde os finais da década de 80, o vocabulário habitual de um vasto conjunto de actores sociais, económicos e políticos, ou até talvez por isso mesmo, esvaziou-se de conteúdo dada a diversidade de significados que lhe têm vindo a ser associados.

A ambiguidade de significado sugeriu-nos que dentre os inúmeros autores que discutem, do ponto de vista científico, esta noção, recordássemos aqui uma das muitas definições do termo, a de P. DUVIGNEAUD no seu livro A síntese ecológica. Segundo este autor o ecossistema é "...o conjunto de todos os organismos que constituem uma biocenose, as diversas relações tróficas ou corológicas que os unem entre si, e todas as interacções com o meio..". É, portanto, uma unidade funcional que pode ser aplicada a escalas de análise muito diversas. Como o próprio autor afirma "...no limite, a biosfera composta de todos os ecossistemas mundiais, não é mais do que um gigantesco ecossistema *globo terrestre*, no qual todas as partes são perfeitamente solidárias..." (DUVIGNEAUD, P. A síntese ecológica, Socicultura, Lisboa, 1974, p.66).

De acordo com esta definição, decidimos utilizar o singular Ecossistema quando estamos a pensar no nível funcional hierarquicamente superior, que integra o conjunto das biocenoses e os factores de ambiente *globais*. Sempre que nos referimos a biocenoses e biótopos de menor extensão, usamos o termo no plural.

O ecossistema urbano, por exemplo, surge, segundo esta estrutura lógica como um nível de organização intermédio que inclui dentro de si outros subsistemas, mas que integra o gigantesco Ecossistema Global. A perspectiva de análise que pretendemos fazer, como adiante se verá, do climátopo portuense assenta, de maneira muito especial, no facto de não ser possível descurar os contributos recíprocos de todos os níveis organizacionais para o resultado final.

promoveu atitudes de progressiva irreverência relativamente ao Meio Ambiente. O suporte ambiental passou a ser visto como uma entidade "separada". Foi-se perdendo completamente a ideia de "coesão", a favor dum pretencioso conceito de imunidade dos homens face às consequências das suas acções[6].

Quando apelamos exclusivamente à nossa sensibilidade intuitiva/primária, entendemos facilmente que a visão exageradamente antropocêntrica do Ecossistema, nos conduziu a conceitos de auto-suficiência, de demasiado optimismo e confiança na capacidade de controlar os processos físicos e biológicos. Perdeu-se a noção de limite e de equilíbrio subjacente a qualquer sistema aberto, como é o Ecossistema. Intuitivamente, por formação e porque sempre fomos mais um dos "operadores" de um ecossistema urbano, apercebemo-nos das várias "nuances" que ele tem sofrido nas últimas décadas.

As atitudes perante uma situação de risco, como aquele em que acreditamos se vive actualmente, são múltiplas e variadas (Fig.1). Pretendemos através desta acção individual, desencorajar a primeira alternativa de "não fazer nada" e contribuir para mostrar que é útil dotar os decisores, de elementos adequados, de forma a que as acções políticas, sociais e económicas, incluam, cada vez mais, a noção de um desenvolvimento sustentado no suporte ambiental disponível.

Acreditamos que é possível conciliar a liberdade individual com o bem comum e que, cada vez menos, a soberania nacional pode ser vista como oposta às preocupações globais com o Meio Ambiente ou que a qualidade de vida e bem-estar da presente geração não passam, necessariamente, por colocar em risco a geração futura. Pensamos com este trabalho contribuir, pelo menos, para **diagnosticar o estado de algumas das componentes ambientais num determinado espaço concreto.**

---

[6] Ideia sustentada por diversos autores, entre os quais recordamos S. McBURNEY e M. HOUGH quando afirmam:

"...When mechanized and computerized energy has effectively separated most people from putting their own effort into the procurement of essential resources [...] The resultant consumers are so distanced from what goes into the manufacture of consumer items that there is little reverence for them. In turn, this provides the appropriate psychological seebed in which to nurture the concept of the "throw-away" society..." (McBURNEY, STUART, Ecology into economics won't go - or life is not a concept, Green Books, Devon, 1990, p.155).

"...A house is an imposition on the land when the resources necessary to sustain it are funnelled through a one-way system: water supply - bathroom tap- drain- public sewer. or, food- kitchen- dump. The byproducts of use serve no useful function..." (HOUGH, MICHAEL, City form and natural process, Routledge, London, 1989, p.24).

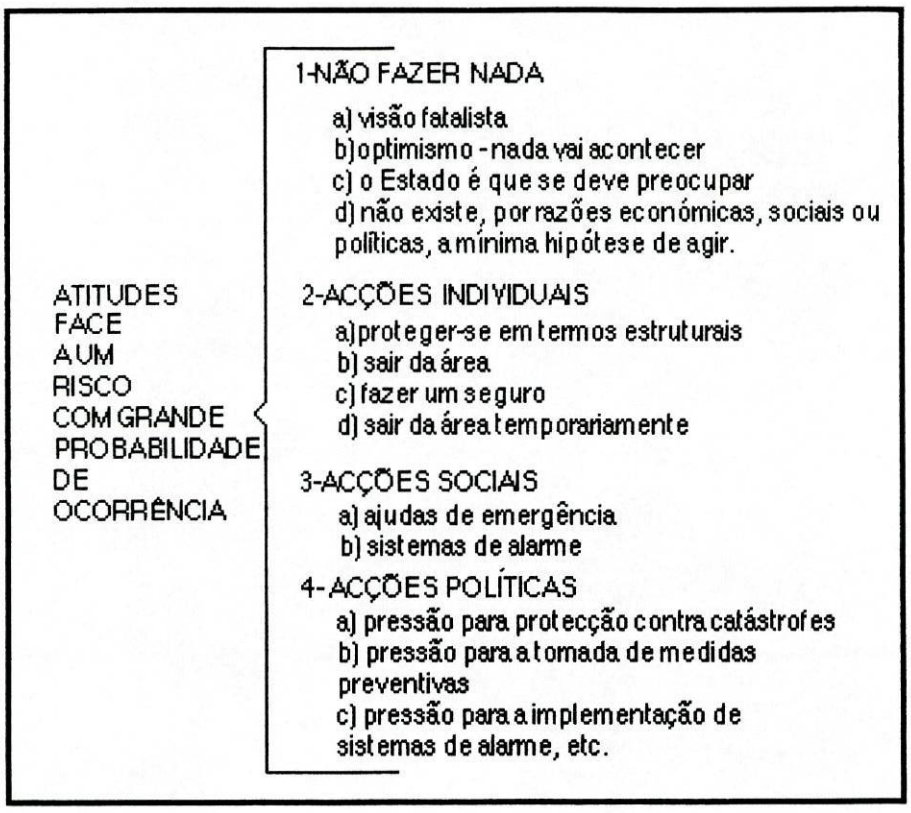


Fig. 1 - Tipologia de atitudes humanas possíveis face a uma situação de risco (O'RIORDAN, 1983 [7] adaptado).

Repensando as relações - Homem-Meio Ambiente - do ponto de vista geográfico pretendemos tornar claro que urge assumir uma atitude menos irreverente e mais humilde, face ao suporte ambiental de que dependemos. Uma vez que as relações de dependência entre as várias componentes do Ecossistema são múltiplas e complexas optamos por tentar entender um pouco melhor o **todo** através de uma **pequeníssima fracção.**

A perspectiva reducionista da Geografia que propomos como filosofia de trabalho, não é senão aparente[8]. De facto, as hipóteses que iremos testar ao longo deste trabalho de investigação e que, basicamente, são a compreensão

---

[7] O' RIORDAN, T., Environmentalism, 2ª ed., Pion Limited, London, 1983, p.212.

[8] Só o facto de optarmos pela abordagem do mundo através da análise sistémica, mostra que comungamos uma visão globalista do Planeta. Subscrevemos inteiramente uma visão do mundo como um todo indissociável como a que emerge de afirmações do tipo: "...The world is more like a hanging mobile where a slight touch imparted to one component causes the rest to readjust their positions..." (SIMMONS, I.G. e COX, N.J. "Holistic and Reductionistic approaches to geography", em The Future of Geography, R.J.Johnston (ed.), Methuen, London, 1985, p.54).

dos **efeitos de uma cidade no clima regional e local** e as **consequências do comportamento de alguns elementos climáticos no metabolismo urbano** não podem, nem devem, ser entendidas como o objectivo final deste trabalho (Fig.2).

Estas hipóteses servir-nos-ão apenas como instrumento para corroborar o argumento central de que, enquanto mais um elemento do Ecossistema, pouco ou nada beneficiaremos, se insistirmos na adopção de atitudes demasiado optimistas e imodestas quanto ao nosso papel no globo.

O climátopo portuense que adiante escalpelizaremos interressa-nos apenas enquanto parte integrante de um biótopo onde uma comunidade de seres vivos se relacionam.

Seleccionando da complexa e aparentemente caótica totalidade de interrelações, apenas esta ínfima parte (Fig.2), gostariamos de demonstrar que é preferível assumir e compreender a nossa fragilidade no Ecossistema. Só conhecendo as nossas fortes relações de dependência relativamente ao suporte ambiental poderemos, com alguma eficácia, minimizá-las.

Partilhando com S.BOYDEN,[9] a ideia que "... a cidade é um gigantesco animal imóvel, **consumidor** de vastas quantidades de oxigénio, água e matéria orgânica e **excretor** de dióxido de carbono, dióxido de enxofre, fumos, vapor de água e desperdícios orgânicos..." utilizaremos a poluição atmosférica -a acidez forte (SO_2) e os fumos negros- como indicador do ritmo de interferência das actividades funcionais urbanas no clima da área e deste na concentração ou dispersão dos elementos injectados para a atmosfera.

O impacte na saúde, em especial no agravamento de algumas patologias, gerado quer pelo comportamento de alguns elementos climáticos, quer pela qualidade do ar, e, os prejuízos para o dinamismo urbano causados por alguns extremos de precipitação, serão o nosso veículo de retorno à ideia inicial de que, afinal, não somos imunes às consequências das nossas acções sobre o meio.

---

[9]BOYDEN, S.V.et al., The ecology of a city and its people, Australian National University Press, Camberra, 1981, p.18.

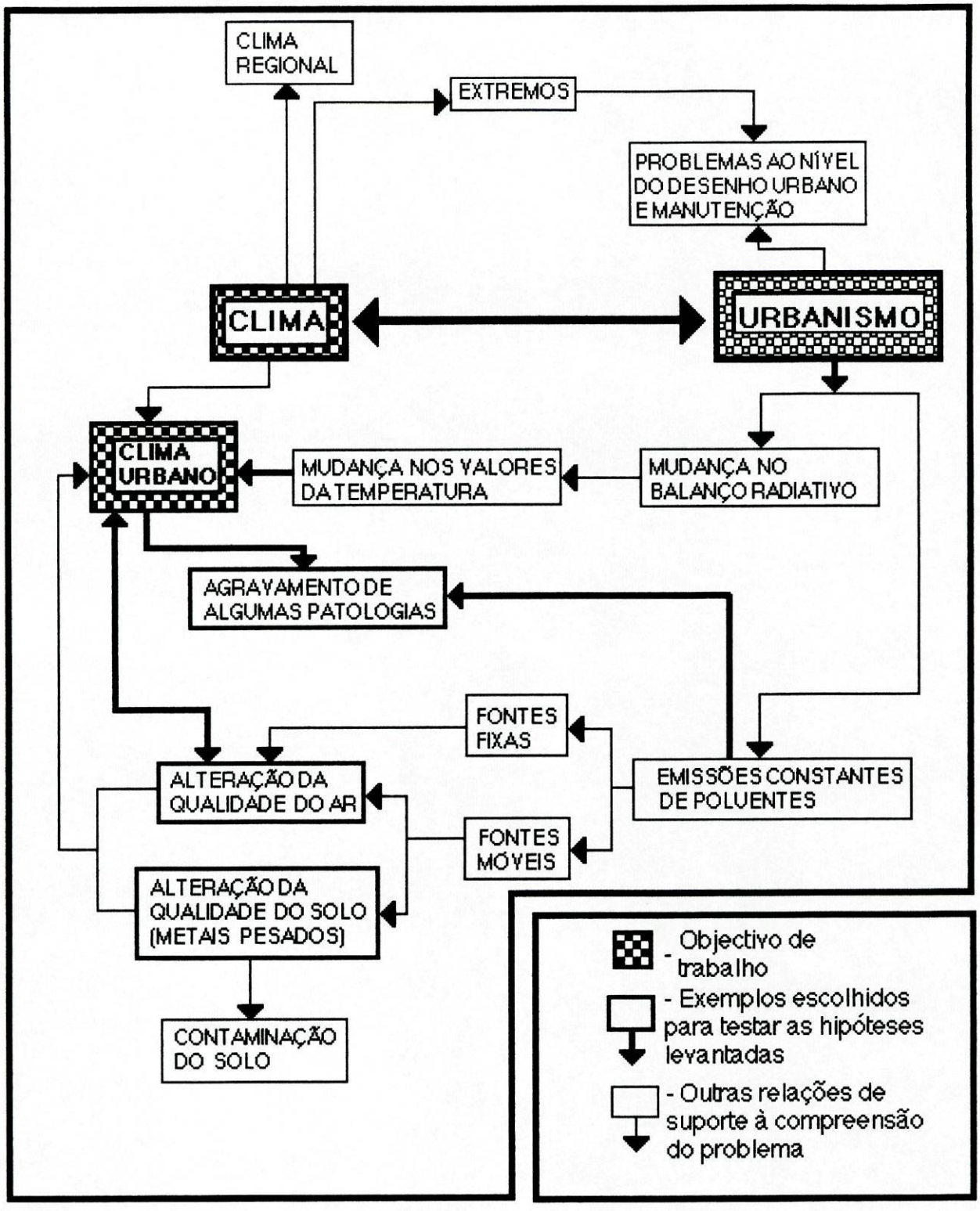


Fig. 2 - Organigrama exemplificativo da estrutura lógica subjacente ao cumprimento dos objectivos deste trabalho de investigação.

2- A manutenção de um Meio Ambiente equilibrado - uma forma de recuperar o objecto da Geografia

2.1- Enquadramento epistemológico

As preocupações com o Meio Ambiente, nomeadamente, a urgência em entender e prever os possíveis estados de equilíbrio que o Ecossistema pode encontrar, como resposta às diversas interferências a que tem sido sujeito, e a conclusão de que alguns dos cenários catastróficos, do ponto de vista antrópico, poderão ocorrer num futuro próximo, gerou, no meio científico, movimentos de renovação de ideias e métodos, a que a Geografia não ficou alheia.

A abordagem geográfica das questões ambientais, ao envolver preocupações com os *lugares* e o meio envolvente, implica como que um retorno às origens. Renovando a noção de *espaço* e da fusão necessária entre a apreciação *objectiva* e *subjectiva,* bem como o facto de recuperar a necessidade de síntese entre a geografia *humana* e *física,* contribui para fortalecer a importância da Geografia, enquanto disciplina autónoma e original.

A Geografia dos anos 90, apesar de não dispensar a utilização do método científico,não poderá esquecer, nem se deverá sentir *menor,* pelo facto de, no seu objecto de estudo, estarem incluídas relações quantificáveis e outras, absolutamente impossíveis de o ser[10]. O facto de lidar com grandes sistemas

---

[10]Muitos têm sido os debates a este propósito, dentro e fora da Geografia. A distinção entre vários domínios da ciência, nomeadamente a avaliação do seu estádio de desenvovimento através da capacidade de formular leis e teorias, tem confrontado sistematicamente os investigadores das Ciências Exactas e das Ciências Sociais.

Perfilhamos sobre esta controvérsia a ideia de R.KATES (1986), quando afirma "...it is not clear whether it is the youth and experimental limits of the human sciences or the complexity of the phenomena that they study that leads to the lack of consensual theory and predictability...".

As normalmente designadas Ciências Exactas, "Hard Sciences" na versão anglo-saxónica, ao restringirem o seu universo de análise, reduzindo a realidade a um conjunto de blocos e eliminando as teias complexas de relações, simplificaram o objecto e facilitaram a aplicação do método científico, o que não é necessariamente um avanço no "conhecimento".

A condição de superioridade das Ciências Exactas, pelo facto de tornarem possível o cumprimento de todas as etapas do método científico, tem sido questionada mesmo no seio de áreas do conhecimento, ditas mais avançadas, como a Física e a Química. Ideias como as de C.GUYE de que "...a escala de observação cria o fenómeno. Um gaz perfeito à escala molecular é de uma complexidade inextricável, à nossa escala de observação é passível de se submeter como um todo a um determinismo estatístico muito rigoroso, designado por lei de Mariotte-Gay

abertos impede muitas vezes a aplicação de algumas das etapas da prática do método científico, como a verificação, a medição ou a previsão, e isto não deve retirar-lhe importância face a outras áreas do conhecimento.

Acreditamos que este trabalho no âmbito da Climatologia aplicada, poderá mostrar que a Geografia continua viva e indispensável, embora não se guie no seu trabalho de investigação pelos mesmos métodos, rígidos, das chamadas "hard sciences" como a biologia, a matemática, a física ou a quimica, nem se desprenda, absolutamente, da busca de alguma objectividade, como a filosofia, a sociologia, etc.

O processo de investigação em Geografia, que defendemos com este trabalho, supõe uma Geografia *una* e *original* no objecto, uma ciência, ainda que o método científico tenha de ser pontualmente ajustado à originalidade do objecto.

A tendência actual no meio académico para as especializações dentro de cada disciplina, não retira importância às disciplinas generalistas e de síntese, como a Geografia; apesar de, na realidade, o todo não ser igual à soma das partes, só tentando compreender um a um, cada caso, poderemos avançar no entendimento da globalidade; a Teoria Geral de Sistemas, é uma forma de resolver a dicotomia entre uma perspectiva reduccionista e globalista da realidade; a compreensão do Planeta como um todo só é possível com uma avaliação da organização de cada um dos níveis de complexidade, hierarquicamente inferiores. As perspectivas idiográfica e nomotética da Geografia são opostas, o que não significa, serem incompatíveis.

Não acreditando na produção autónoma de pesquisa científica sem que esta seja motivada pela busca de solução para um qualquer *problema* ,[11]. mas sabendo, também, que as observações sem suporte teórico são um conjunto de factos sem nexo, não conseguimos definir o nosso trabalho no quadro, nem da

---

Lussac..."(GUYE, C., L'Evolution Physico-chimique, 3ªed., Rouge, Lausanne, 1947, p.148) ou de A.EINSTEIN quando afirma que "...leis como a da inércia não podem ser derivadas directamente da experiência, mas somente do pensamento especulativo compatível com a observação..."(EINSTEIN,A., INFELD,L., L'Evolution des idées en Physique, Flamarion, Paris, 1948, p.13), mostram que os critérios de avaliação do contributo de cada um dos domínios do conhecimento e a sua correspondente hierarquização não pode ser, apenas, a maior ou menor apetência para se submeter às diversas etapas do método científico.

[11]"...A ciência não é uma forma intelectual de masoquismo. Um problema tem pouco interesse se não houver razões para supor que pode ser resolvido..." (MARSHALL, J.U., "Geography as a scientific enterprise", em The future of geography, R.J.Johnston (ed.), Methuen, London, 1985, p.124).

Geografia pura, nem da Geografia aplicada. Indefinição que, como qualquer outra compartimentação artificial dentro da organização do conhecimento, não basta para inviabilizar o prosseguimento do trabalho.

Ao longo do processo de investigação e na busca de esclarecimento das dúvidas, o método mais adequado não foi sempre o mesmo. Enquanto numa 1ª fase de trabalho, mais imaginativa, teorizadora e hipotética, fez todo o sentido adoptar o método indutivo, numa 2ª fase, crítica e de experimentação, foi vantajoso utilizar o método dedutivo. Não sentimos ter cometido qualquer incoerência metodológica porque pensamos ser sobretudo necessário que o suporte a que recorrermos seja estruturado de uma forma lógica e contribua, minimamente, para o avanço do conhecimento da realidade.

A utilização da estatística que faremos será sobretudo fundamentada na probabilidade de ocorrência dos fenómenos, o que facilita mais o esclarecimento das dúvidas em Geografia, do que a exagerada e desadaptada prática estatística dos anos 70 que, ao contrário do que se esperava, serviu para confundir, em vez de elucidar, os investigadores. Mais importante do que alcançar conclusões finais, procuraremos usar os resultados do tratamento estatístico dos dados recolhidos, como forma de atingir um nível de suporte para o conjunto de ideias que formos elaborando. Estamos cientes que o nosso contributo para o esclarecimento das relações entre o Homem e o seu Suporte Ambiental, só será válido se puder falhar, se as conjecturas que aqui forem desabrochando - através de um processo individual, meramente especulativo, sobre a realidade - puderem ser refutadas e desmentidas ou, simplesmente, confrontadas com as de outros.

2.2- A opção por uma perspectiva sistémica da Climatologia

A Geografia possui uma flexibilidade teórica e metodológica, que lhe permite desenvolver trabalhos em campos e com graus de aplicação diversos. Optamos pela Climatologia.

A Climatologia, como disciplina da Geografia, (Fig. 3) pode ser entendida e aplicada de modos diferentes, consoante o "problema" a resolver. Numa visão ortodoxa da Geografia, a Climatologia surge, explicitamente, num dos ramos da Geografia sistemática-área física. Optando por uma **perspectiva integrada**, ela está, implicitamente, incluída na análise espacial, ecológica e regional, mas também quando se abordam **questões como o desenvolvimento dos recursos naturais, as estruturas ambientais, o Ecossistema e mesmo na elaboração de políticas de planeamento e ordenamento**

territorial. É nesta última perspectiva que se incluirá o nosso trabalho de investigação.

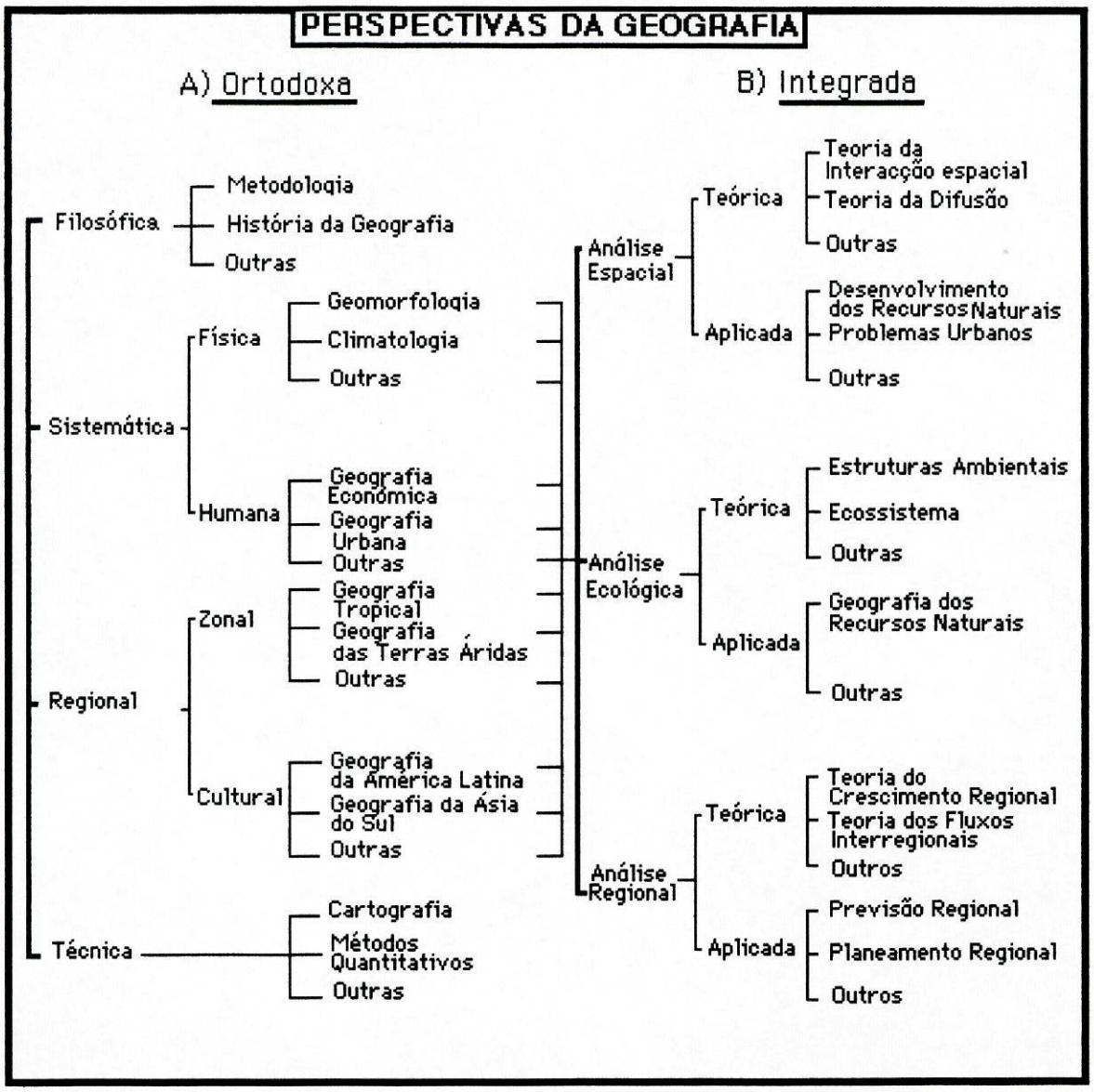


Fig.3 - Geografia -uma disciplina com grande flexibilidade teórica e metodológica (adaptado de HaGGETT, 1975, p.583).

A noção de "clima", como expressão das condições atmosféricas, varia, portanto, com as necessidades do investigador. Actualmente, impõe-se com insistência a necessidade de compreender o clima, mais do que arrumá-lo em grandes grupos homogeneizados por características muito genéricas, porque se compreendeu que ligeiras variações climáticas podem acarretar reajustamentos económicos e sociais, cujos cenários são inimagináveis.

A aplicabilidade da Climatologia na implementação de uma política de *desenvolvimento sustentado*, implica a adopção de um conceito de **clima** como um **sistema aberto, activo e complexo, cuja vitalidade está na dependência directa da capacidade de trocar energia e matéria com o exterior,** retardando o mais possível a entropia total. Encarado como um sistema aberto, é passível de uma multiplicidade de estados de equilíbrio, alguns dos quais, colocariam em risco, a presença de vida à superfície da terra.

Notícias de um passado próximo, sublinham-nos o instável equilíbrio do "sistema climático" e alertam para a necessidade de compreender a complexidade desta estrutura organizada capaz de memorizar acontecimentos e conferir-lhe consequências no tempo.

Pensando o **clima** como o **nível de resolução geral do Sistema Climático** e acreditando que este sistema global é constituído por uma série de subsistemas integrados, adivinha-se a co-participação do Homem e da Natureza na elaboração do resultado final (C. MONTEIRO, 1976)[12]. O sistema climático é, portanto, uma estrutura global, organizada e hierarquizada horizontalmente (na estrutura) e verticalmente (na função). ARTHUR KOESTLER, citado por C. MONTEIRO (1976) simboliza esta ideia recorrendo à analogia com uma árvore e com uma caixa chinesa (Fig. 4).

No desenvolvimento do tronco inicial adivinham-se vários níveis de organização ligados por núcleos polarizadores em diversos estratos, que filtram as entradas de energia dos níveis superiores e controlam a passagem dos fluxos produzidos nos níveis inferiores. Segundo Koestler, cada uma destas estruturas organizadas, possui regras fixas de funcionamento. Os elementos a conduzir no processo são, no entanto, variados, proporcionando uma infinidade de resultados finais possíveis.

No caso do sistema climático, acreditamos existirem uma série de regras de funcionamento, mas o clima global vai reflectir as várias soluções adoptadas pelos níveis estruturais inferiores (subsistemas climáticos regionais e locais) para filtrar, seleccionar e conduzir a energia e a matéria.

Do nosso ponto de vista, torna-se fundamental avaliar o grau de co-participação do homem no nível de resolução geral do sistema climático. Não duvidamos que a utilização de combustíveis fósseis, as actuais práticas agrícolas e a crescente exploração dos cursos de água, se traduzem por incrementos substanciais de elementos químicos nos ciclos biogeoquímicos. A modificação da composição química da camada gasosa, que separa a superfície da terra da principal fonte energética do Ecossistema, afectará,

---

[12]MONTEIRO, C.A.F., Teoria e clima urbano, IGEOG, Univ. de São Paulo, São Paulo, 1976.

indubitavelmente, o clima do globo, ao alterar de uma forma sistemática os resultados finais em níveis de resolução inferiores.

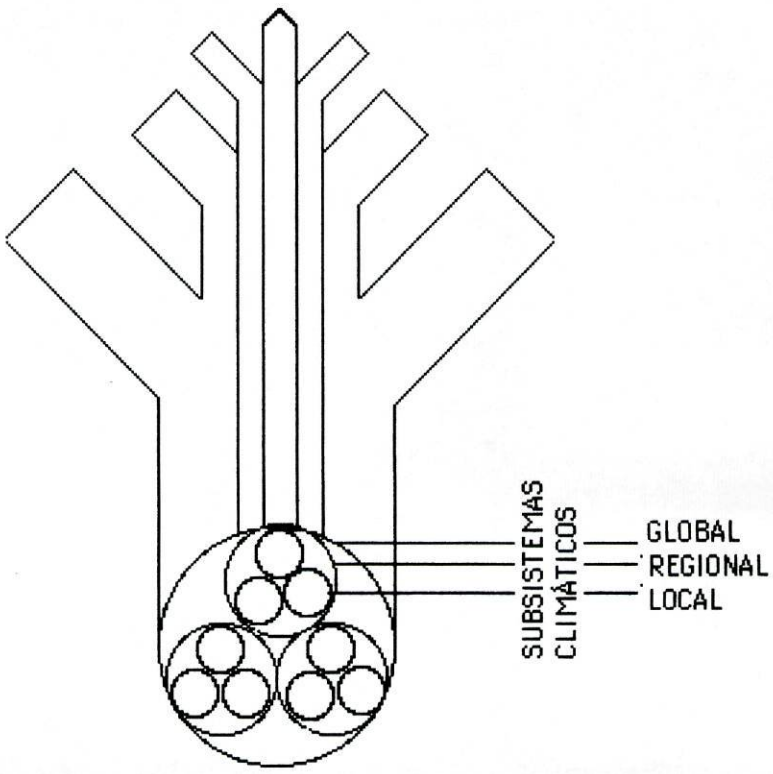


Fig. 4 - Perspectiva sistémica da Climatologia (C. MONTEIRO, 1976, adaptado).

2.3 - A opção pelo meio urbano

A nossa opção pelo meio urbano advém do facto das cidades serem, indubitavelmente, o exemplo mais refinado da atitude superior dos homens face ao resto do Ecossistema, que McHARG[13] designa como o vértice da pirâmide de ilusões de superioridade do Homem face ao seu suporte ambiental.

Para sobreviver e vencer em espaços exíguos, o Homem urbano perdeu, completamente, a noção das suas múltiplas relações de dependência do espaço envolvente. O modo como a água que usamos dentro das nossas casas nos é colocada à disposição não nos faz pensar no rio, na fonte ou na nascente

---

13 "...The cosmos is thought to be a pyramid erected to support man upon its pinnacle, reality exists only because man can perceive it, indeed, God is made in the image of man..." (McHARG, IAN L., "The place of nature in the city of man", Challenge for survival, land, air and water, PIERRE DANSEREAU, (ed.), Columbia University Press, New York, 1970, p.41).

donde vem. A canalização dos esgotos para a rede de saneamento é suficientemente eficiente, para não nos dar sequer tempo de apreciar as profundas diferenças na composição química entre a água que nos saiu da torneira e a que se escoa pelo esgoto. E, onde vai desaguar a intrincada rede de saneamento? É certamente muito, muito longe, num lugar que, normalmente, evitaremos quando procurarmos descansar "ao ar livre". A cadeia trófica do cidadão urbano, como afirmam alguns autores, resume-se ao percurso curto entre o supermercado e o balde do lixo.

Quanto maiores são as cidades, mais o cidadão urbano está privado do contacto com o meio ambiente, mais menospreza ou, simplesmente, ignora os outros elementos do Ecossistema. Este, torna-se cada vez mais hostil e os homens procuram refúgio, durante mais tempo, dentro de ambientes artificiais. O edifício, de abrigo protector durante algumas horas da noite ou na época, climaticamente, mais rigorosa do ano, passa a ser o único lugar possível durante as 24 horas do dia.

Apesar de tudo isto, continuam a afluir às cidades cada vez mais pessoas e a tendência é para este ser o meio preferido pela maior parte da população do globo no século XXI. A motivação que leva os homens a ultrapassarem a inércia de uma vida no campo, mais calma e saudável, tem de ser, obviamente, a busca de "melhores condições de vida". O que, pelo que atrás se disse e todos conhecemos das cidades, parece profundamente contraditório. Que tipo de oferta de qualidade de vida e bem-estar estarão a elas associados, que justifiquem a preferência dos mais de 40%[14] de pessoas do globo e que propicie uma tendência, assustadoramente, crescente até ao final do século. Só uma grave perda da noção, por parte do Homem, da sua real dimensão no mundo, pode justificar este tipo de opções contra-natura que, além de agressivas para com os outros elementos, são sobretudo fatais para si próprio.

Talvez ao analisarmos o conceito de bem-estar e qualidade de vida, consigamos entender este aparente caminhar consciente para o suícidio colectivo da espécie. Segundo S.BOYDEN,[15] a qualidade de vida e bem estar varia de grupo para grupo e de época para época. Para o cidadão comum, que

---

[14]"...In 1800 only some 50 million people lived in urban areas: by 1985 the number of urban dwellers had risen to 2 billion. In 1800 only 5% of the world's population were urban dwellers, now the proportion has risen to more than 40%, and by the year 2010 more people will live in towns and cities than in countryside..." (LEAN,G., HINRICHSEN,D., MARKHAM,A., Atlas of the Environment, WWF, Arrow Books, London, 1990, p.21).

[15]BOYDEN, S.V. et al., The ecology of a city and its people, Australian National University Press, Camberra, 1981, p.103.

vive nos finais do século XX, "bem-estar" significa ter capacidade de sobreviver e de se reproduzir, ser capaz de exercer trabalho físico diversificado sem entrar em exaustão, conseguir subir e depois manter o seu lugar na sociedade e, claro, sentir-se bem emocionalmente. O preenchimento de todos ou da maioria de requisitos constituem as aspirações da maioria dos homens deste final de milénio.

Residirá, talvez, na sobrevalorização da 3ª condição relativamente às restantes, a explicação do notável aumento da capacidade de sofrimento da sociedade moderna, que conduz a que se troquem relações mais equilibradas com o Ecossistema, como as que se vivem no meio rural, pela inospitabilidade crescente das grandes áreas metropolitanas.

O urbanismo é, apenas, mais uma das fases, segundo S.BOYDEN, (1981), de um processo desequilibrado de domínio do meio, que terá começado com a descoberta do fogo, a que se seguiu o desenvolvimento da agricultura e que culminou na industrialização.

Da descoberta do fogo à revolução industrial, foram-se sucedendo cada vez maiores e mais importantes impactes ambientais

Até há, sensivelmente, meio milhão de anos, o homem inseria-se no meio ambiente de uma forma mais ou menos equilibrada (alimentando-se de produtos naturais e plantas). A energia transferida para os predadores e decompositores era idêntica à soma do valor energético dos produtos consumidos.

A descoberta do fogo, denominada por S.BOYDEN (1981) como o primeiro "marco tecnológico e ecológico", e a sua utilização para aquecer e cozinhar os alimentos, proporcionou o desencadear dos primeiros impactes significativos no Ecossistema e de graves incompatibilidades entre o homem e o meio ambiente que se perpetuaram e agudizaram até aos dias de hoje. O fogo, além de libertar CO_2 para atmosfera (embora em quantidades negligenciáveis se compararmos com os totais emitidos actualmente), implicou *inputs* de energia extra, relativamente elevados no sistema, permitindo ao homem migrar e ocupar espaços no globo onde não sobreviveria sem calor artificial, impedindo, ao mesmo tempo, a evolução e o equilíbrio das espécies pela selecção natural, já que era utilizado como instrumento suplementar de defesa e ataque. BOYDEN (1981) afirma mesmo que, é graças ao fogo que se torna possível a domesticação dos animais e plantas, definindo esta fase como o início do verdadeiro processo de manipulação dos processos bióticos. Esta "superioridade" dos homens sobre as outras espécies, adquirida pelo domínio do fogo, permitiu a fixação de alguns grupos humanos, o que conduziu à destruição de vastas áreas de floresta no hemisfério norte e à transferência de

uma série de espécies vegetais e animais do seu *habitat* natural para diversos pontos do globo. Com o início do sistema de monoculturas agrícolas de produtos alimentares, surgiu o risco da fome e das carências alimentares, devidas à restrição da dieta a um número reduzido de elementos.

A ocupação de áreas onde o homem não estava "naturalmente" integrado, obrigou-o a esforços consideráveis que lhe retiraram "bem-estar", seja porque passa a desempenhar tarefas mais monótonas ou porque é obrigado a utilizar mais força de trabalho, ou ainda porque vê diminuidas as suas horas de lazer.

A revolução industrial, desencadeada há cerca de 150 anos, marcou o início de uma segunda etapa de intervenção do homem no Ecossistema, cuja magnitude e importância passou a ser substancialmente maior. O consumo de energia aumentou a um ritmo sem precedentes e deixou de confinar-se à combustão da madeira, para passar à utilização do carvão, dos derivados de petróleo, da água e, recentemente, das reacções termonucleares.

A especialização ocupacional, motivada pela industrialização, obrigou a um constante aumento dos excedentes na agricultura, implicando o uso de fertilizantes e o recurso frequente a pesticidas, herbicidas, etc. A necessidade de aumentar a produção agrícola impediu o reconhecimento de que estes seres vivos, destruidores de algumas plantas, desempenham outras funções muito úteis na cadeia trófica. O uso destes produtos químicos letais, tem vindo a afectar o equilíbrio do Ecossistema, favorecendo umas espécies em detrimento de outras e alterando completamente o ciclo dos nutrientes.

A necessidade de maximizar rapidamente a rendibilidade de qualquer actividade, desencadeou uma procura desenfreada da inovação tecnológica com aplicabilidade imediata. Surgem, assim, uma série de novos compostos químicos acerca dos quais pouco se sabe, mas que, depois de utilizados nas inúmeras actividades humanas, são drenados para o solo, para a água e para a atmosfera.

A investigação na área da medicina e da farmácia, eliminou algumas das principais causas de morte, favorecendo o enorme aumento, nos últimos anos, da pressão populacional no globo. Este aumento de população e a necessidade de alimentos que acarreta, têm servido de justificação a uma série de atropelos no Ecossistema.

Só o grande optimismo dos homens, acreditando que a tecnologia resolverá todas as possíveis contrariedades, permite que, apesar dos graves impactes ambientais, as cidades continuem a atrair cada vez mais pessoas.

As elevadas concentrações populacionais em núcleos urbanos, atraídas inicialmente por uma melhoria na qualidade de vida, obrigaram a uma progressiva maximização da utilização do espaço urbano, relativamente às

funções que lhe estão destinadas: transformação da matéria-prima, inovação tecnológica, transporte, educação e dinamização sócio-cultural. O homem (sob o ponto de vista físico e psico-social) e o espaço foram os maiores perdedores neste processo, de crescimento desenfreado, dos núcleos urbanos. A procura de constantes *feedbacks* positivos, gerou distúrbios no equilíbrio do Ecossistema e alterou o *valor* de cada um dos elementos do sistema, favorecendo uns em detrimento de outros.

As inúmeras actividades associadas ao fenómeno de urbanização, em que o Homem é um actor privilegiado, são responsáveis por mudanças substanciais nas primeiras centenas de metros da atmosfera, por alterações fisiológicas na fauna e na flora, por alterações na topografia, pela criação de novas formas de acumulação (entulhos e lixeiras) e de remoção (extracção de areias, cascalho e rocha) e por modificações no sistema de circulação da água.

Ao nível da atmosfera, a urbanização teve impactes negativos significativos, alterando os fenómenos meteorológicos resultantes das trocas físico-químicas na interface Terra-Atmosfera. Se recordarmos que 100% da humidade, 75% das entradas de calor, bem como a dissipação de 40% da energia cinética, se devem à superfície da terra[16] torna-se evidente a magnitude das alterações climáticas geradas por qualquer núcleo urbano.

As alterações fisiológicas na fauna e na flora, induzidas por uma selecção das espécies em função do habitat urbano, está frequentemente em desequilíbrio com o meio ambiente envolvente. A imunização, natural ou artificial, contra certas doenças (ex: tuberculose, peste, etc.), favoreceu os enormes incrementos populacionais. A imensa quantidade de desperdícios acumulados nas cidades gerou profundos desequilíbrios na cadeia trófica, ao criar condições especiais para a proliferação de espécies que deles se alimentam, como ratos, vermes e outros animais. As espécies vegetais desenvolveram adaptações às elevadas quantidades de chumbo, dióxido de enxofre, monóxido e dióxido de carbono, bem como à diminuição do número de horas de sol[17] e aumento de luz (iluminação artificial) durante a noite. É, portanto, legítimo falar-se de uma fauna e flora urbanas com relações tróficas e corológicas originais.

São inúmeras, em qualquer processo de urbanização, as alterações na topografia provocadas por novas formas de acumulação (entulhos e lixeiras) e

---

[16]CHANDLER, T.J., "Urban climates and the natural environment", Int.J.Biometeor., vol.20, nº2, 1976, p.129.

[17]"...a turvação da atmosfera londrina fá-la perder cerca de 270h/ano de sol no centro da cidade e 100-150h/ano de sol nos subúrbios...", (CHANDLER, T.J., "Urban climates and the natural environment", Int.J.Biometeor., vol.20, nº2, 1976, p.130.)

de remoção (extracção de areias, cascalho e rocha). O substracto sobrevalorizado, porque escasso, é alvo de usos múltiplos para fins sanitários (poços de captação, tanques sépticos), para desenvolvimento da comunidade e/ou para recreio. A preferência das pessoas pelos lugares mais elevados, longe dos fumos, poeiras e ruídos, agrava, normalmente, as pressões exercidas sobre o substracto físico, já que a estabilidade das vertentes e os seus movimentos não são, do ponto de vista técnico, facilmente impedidos. A extracção de água e minerais, associada à alteração na composição química da água e gases, aumentam os riscos de subsidência.

No meio urbano os sistemas de circulação da água são profundamente alterados pela alteração dos caudais de escoamento e pelo condicionamento da infiltração, assim como pelo aparecimento de um sistema inteiramente artificial usado para o abastecimento de água e remoção de esgotos. Há, nos núcleos urbanos, uma total reorientação da água no solo e as falhas neste domínio, representam paralisações em inúmeras funções urbanas.

A cidade pareceu-nos por tudo isto, e especialmente, porque vai ser o meio escolhido pela quase totalidade da população do globo no final do século, um bom exemplo para tentar entender as várias formas de **domínio** do homem sobre a atmosfera, a biosfera, a hidrosfera e a litosfera.

II- As mudanças climáticas globais - o problema mais importante para a Humanidade nos próximos 50 anos ?

1. A vulnerabilidade dos portuenses às perturbações climáticas impostas pela urbanização

Conscientes que "...em ciência, nada acontece por si, nada nos é dado, tudo é construído[...] e chega um momento em que o espírito gosta mais daquilo que confirma o seu saber do que daquilo que o contradiz, um momento em que tem mais apego às respostas do que às questões, e é então que o crescimento espiritual cessa..." (G.BACHELARD,1957)[18] procuramos avaliar a importância e oportunidade das questões que levantamos no seio da comunidade residente na nossa área de trabalho - o Porto.

Não resistimos, portanto, a tentar saber quantos, dentre os nossos concidadãos, nos acompanham nas questões que alimentam a elaboração deste trabalho.

Para isso realizámos um inquérito a 305 residentes na cidade do Porto[19]. O inquérito foi realizado durante o mês de Dezembro de 1990 e tentou abranger a maior diversidade possível de escalões etários, estratos sociais e áreas de residência (Fig.5 e Fig. 6).

Verificámos, com satisfação, que um número significativo dos inquiridos comunga das nossas preocupações.

Da totalidade dos inquiridos, apenas 7% dos inquiridos não faz ideia se o clima do Porto tem ou não mudado, ou nunca se questionaram se é ou não diferente do espaço envolvente.

Interessante também, foi constatar que dos 48% que notam diferença entre o clima da cidade e o da periferia, 82% consideram-na prejudicial.

A forma como as alterações climáticas são percebidas pela população, não directamente ligada a este ramo da investigação, é muito complexa.

---

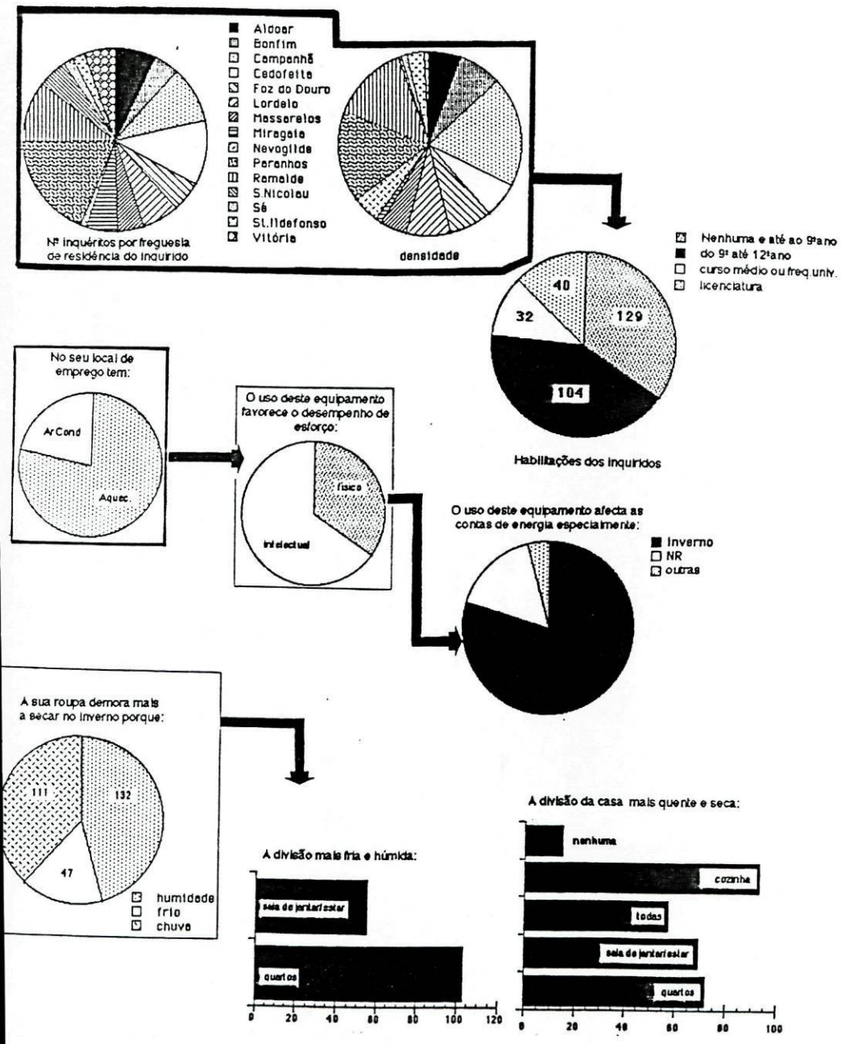
[18]BACHELARD, G., La formation de l'esprit scientifique, Vrin, Paris, 1957, p.15.

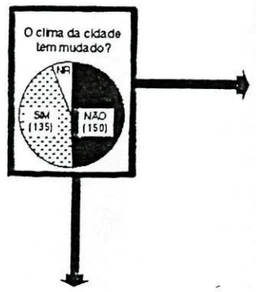
[19]Relativamente aos 297506 residentes no concelho do Porto, no Recenseamento Geral de 1991, a nossa amostra representa 0,1% da população.

FIG.5-INQUÉRITO À PERCEPTIBILIDADE CLIMÁTICA DOS PORTUENSES

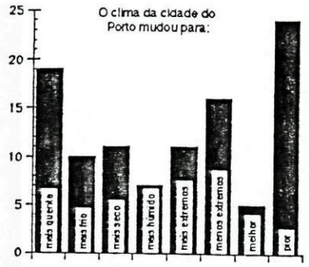
ELABORADO EM DEZEMBRO 1990 - 305 INQUIRIDOS

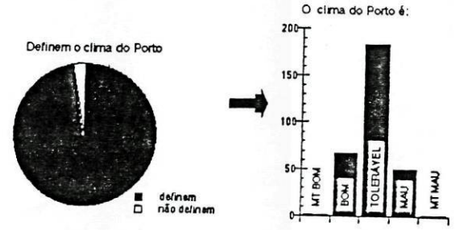
①

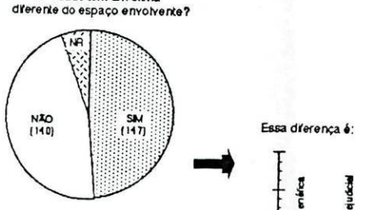


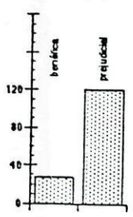


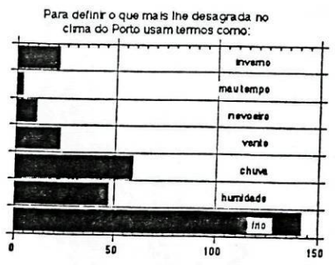
②

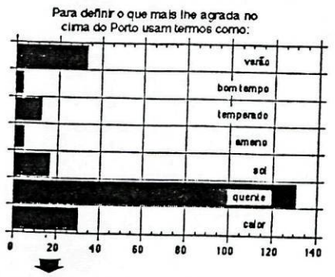


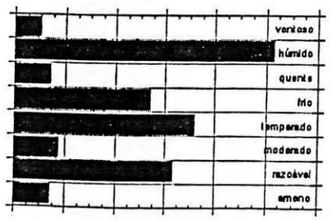




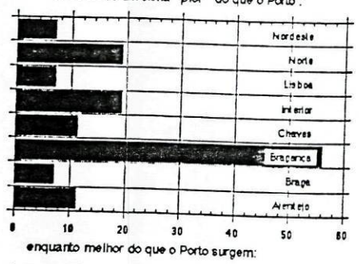


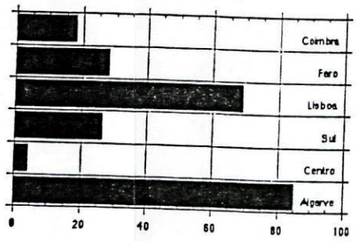


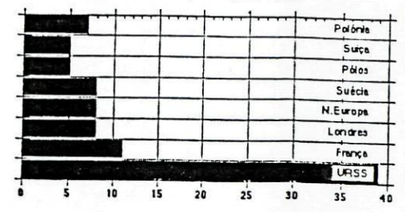


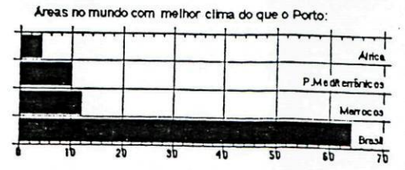


③









NOME:.....

MORADA.....

FREGUESIA.....

IDADE.....

HABILITAÇÕES.....

PROFISSÃO.....

O Clima da cidade tem mudado? Sim____; Não____

Como?_____

No seu percurso casa/trabalho defina algumas das ruas mais:

Ventosas_____
Calmas _____
Quentes _____
Frias _____

No seu local de trabalho são utilizados :
aparelhos de ar condicionado Sim____; Não____
aquecedores Sim____; Não____

Acredita que a sua produtividade laboral aumenta com a sua utilização?
Sim____; Não____

Este tipo de equipamento é mais eficaz para aumentar a produtividade laboral:
- dependente do esforço físico_____
- dependente do esforço intelectual _____

A sua casa está exposta a : N___; S___, E___; W___
Qual a divisão da casa mais
quente e seca_____
fria e húmida_____

Esta disposição é do seu agrado? Sim____; Não____

Usa em sua casa : aquecedores Sim____; Não____Quando_____
ventoinhas Sim____; Não____Quando_____
ar condicionado Sim____; Não____Quando_____

Quanto consome em média por mês:
- electicidade_____(KW) _____ ($00)
- gás_____ ($00)

Seca a sua roupa : ao ar livre Sim____; Não____
dentro de casa Sim____; Não____
na máquina de secar Sim____; Não____

A cidade do Porto tem um Clima diferente do espaço envolvente? Sim____; Não____

Em que consiste essa diferença?_____

Considera-a: Benéfica_____; Prejudicial_____

O Clima do Porto é:
MUITO BOM____; BOM____; TOLERÁVEL____; MAU____; MUITO MAU____;

O que é que mais lhe agrada no Clima do Porto _____
O que é que mais lhe desagrada no Clima do Porto _____

Relativamente ao resto do país é melhor do que:_____
Relativamente ao resto do país é pior do que: _____

Relativamente ao resto do mundo é melhor do que:_____
Relativamente ao resto do mundo é pior do que:_____

Dentro da cidade do Porto em que área gostaria mais de residir
pela qualidade do ar_____
pelo meio ambiente_____
pelas características climáticas_____

Exceptuando as razões de natureza económica que factores ponderaria na escolha:
do seu local de residência_____
do seu passeio de fim de semana_____
do seu local de férias_____

Qual é a área da cidade do Porto com melhor qualidade ambiental_____
Qual é a área da cidade do Porto com pior qualidade ambiental _____

Já ouviu falar de *"ILha de Calor Urbano "?* Sim____; Não____
O que é?_____

A temperatura na cidade do Porto tem vindo a: diminuir____; aumentar____
A precipitação na cidade do Porto tem vindo a: diminuir____; aumentar____

Qual foi a última catástrofe climática na cidade do Porto:_____

Fig. 6 - Exemplo do inquérito à *Perceptibilidade Climática* realizado a 305 pessoas residentes na cidade do Porto durante o mês de Dezembro de 1990.

A reacção das pessoas à variabilidade climática depende muito mais da magnitude dos efeitos imediatos ou da semelhança com experiências vividas e, memorizadas anteriormente, do que propriamente da natureza e relevância dos processos envolvidos[20] (Fig.7).

ACONTECIMENTOS CLIMÁTICOS:	
IMPORTANTES	**POUCO IMPORTANTES**
Grande Probabilidade	Fraca Probabilidade
Intervalo de retorno inferior a 1 geração	Fenómeno nunca vividos antes
Espectativa de ocorrência em breve	Espectativa a longo prazo
Acontecimento extremo	Pouca variabilidade da norma
Imaginável	Não definido
Consequências graves	Consequências fracas
Impactes directos no bem-estar da população	Efeitos indirectos
Perdas de vidas humanas	Sem perdas de vidas humanas
Vítimas identificáveis	Vítimas estatísticas
Previsão de ocorrência razoavelmente certa	Previsão de ocorrência incerta e controversa
Mecanismos compreendidos	Mecanismos desconhecidos
Impactes dramáticos	Impactes não perceptíveis

Fig.7 - Características dos acontecimentos climáticos e modo como influenciam a percepção (adaptado de A.WHYTE, 1986)[21].

---

[20]"...Worlds, whether those of individuals or of cultures are made up of perceived elements in nature or external reality:they are distorted by human needs and desires; they are fantasies. It is a paradox that human beings can live in fantasy yet not only survive but prosper. Fantasy is more than gratuitous daydreaming: it is also man's effort to explain, to introduce order to life situations that so often seem baffling and contradictory..." TUAN, Y.F., Topophilia: a study of environmental perception, attitudes and values, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New York, 1974, citado por O'RIORDAN, 1983, p.200.

[21]WHYTE, ANNE V., "Perception", Climate Impact Assessment, KATES, R.W., AUSUBEL, J.H., BERBERIAN, M., (ed.), John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 1986, p.408.

As variações que se diluem por períodos de tempo muito longos não são perceptíveis[22], nem o são os fenómenos indefinidos no tempo ou cujos efeitos só são apreciados de forma indirecta, ou ainda, os que não sejam directamente responsáveis por danos graves e, sobretudo, aqueles que não tenham ocorrido anteriormente.

A percepção do risco, associado ao comportamento dos elementos climáticos, depende extraordinariamente da informação disponível, da capacidade de imaginar o cenário e, especialmente, do tipo de recordações que deixam na memória. É fundamental que seja clara a relação causa-efeito, bem como totalmente compreensível o desenrolar de todo o processo. Não podemos, portanto, rotular de ignorantes, menos cultos ou de desatentos os 7% de inquiridos que não têm opinião quanto à mudança do clima da cidade do Porto nos últimos anos. Estes limitaram-se a não arriscar uma opinião, da mesma forma que os 49% ultrapassaram a questão afirmando que nada mudou. Podemos, portanto, associá-los num mesmo grupo, para o qual os investigadores não foram ainda suficientemente convincentes nos seus argumentos.

Em Climatologia, a controvérsia latente quanto à variabilidade climática à escala global, regional e local, permite que se continue a acreditar mais no controle sobrenatural e no acaso, criando sensações de impotência, e justificando a apatia e o desinteresse colectivo face a estas questões.

Os 44% que afirmam que o clima do Porto tem mudado e os 48% que o diferenciam do espaço envolvente, considerando esta diferença prejudicial, traduzem, certamente, o grau de gravidade que a situação, ao nível do espaço urbano portuense, já atingiu, perceptível através das sensações de desconforto ou dos prejuízos que já causaram. Não nos podemos esquecer, no entanto, que, para além da magnitude dos impactes, gerados pela urbanização *de per si* , este número significativo de portuenses foi decisivamente influenciado pelo incremento na atenção prestada, a este tipo de questões, pelos *mass media* nos últimos anos. O efeito de estufa, o buraco na camada de ozono e a ocorrência, com maior frequência, de algumas catástrofes climáticas têm sido motivo de especulação e de debate público a nível internacional, o que popularizou o tema, sensibilizando o cidadão comum, que, normalmente, não estaria

---

[22] O facto da população de St.Louis não se ter apercebido do aumento de cerca de 30% nas precipitações de Verão, aumento este patente na análise duma série de 30 anos, ajuda a sublinhar esta dificuldade em apreender determinado tipo de variações climáticas, (FARHAR-PILGRIM, BARBARA, "Social Analysis", Climate Impact Assessment, KATES, R.W., AUSUBEL, J.H., BERBERIAN, M., (ed.), John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 1986, p.326).

preocupado com este tipo de fenómenos, a interrogar-se sobre a sua co-participação na resolução geral do sistema climático e sobretudo sobre o seu futuro à superfície da Terra.

O papel dos meios de informação na perceptibilidade climática torna-se muito evidente quando observamos a hierarquização dos lugares, no país e no mundo, com um clima melhor ou pior do que o Porto (Fig.5). A escolha de Bragança, o Norte ou o Interior como áreas de clima pior, ou Algarve e Lisboa de clima melhor, não resulta, seguramente, de um conhecimento do comportamento de alguns elementos climáticos, mas surge relacionada com outro tipo de valores associados à noção de qualidade de vida e bem-estar, em que o clima poderá, eventualmente, estar incluido, sem ser, no entanto, determinante. Este tipo de juízo permanece ao nível do globo quando nos surge, destacadíssima, a URSS como a pior área em termos climáticos, em oposição ao Brasil, considerado pela maioria dos inquiridos como muito melhor do que o nosso.

No decurso do inquérito verificamos que, especialmente para os mais velhos, com menos habilitações, este é um tema de que gostam muito de falar, e acerca do qual elaboram uma multiplicidade de "teorias". O estado de tempo é percebido e previsível através de inúmeras manifestações premonitórias, assentes, sobretudo, nos orgãos dos sentidos. Quase todos sabiam "tudo" acerca do estado de tempo, sempre, segundo os próprios, com um grau de fiabilidade muito maior do que o do INMG. As noções de clima e estado de tempo confundem-se frequentemente e servem para traduzir um vasto conjunto de qualidades do espaço envolvente que podem ter a ver com a temperatura, a precipitação, o vento ou qualquer outro elemento climático, mas que, veiculam também, o estado de espírito no momento e as aspirações sócio-económicas de quem emite a opinião. Isto justifica a maior apetência para a aplicação de qualificativos como bom, mau, razoável, em vez de quente, frio,ventoso, etc. (Fig.5).

Ao serem questionados sobre a mudança climática, que, como já se disse, consideram maioritariamente prejudicial, os inquiridos afirmam que ele se tornou "mais quente", "mais seco" e tem "menos extremos". Clima em que se sublinham as temperaturas amenas (56% dos inquiridos) e a forte humidade (35% das respostas). Enquanto a primeira característica o torna agradável, a segunda surge, a seguir ao frio, como muito desagradável.

Muito estranhamos, porém, quando observamos os resultados das respostas às questões sobre o comportamento da temperatura e da precipitação, para as quais só eram oferecidas duas alternativas: tem vindo a aumentar ou a diminuir.

As opiniões são absolutamente contraditórias, com 48% dos inquiridos a afirmarem que a temperatura no Porto tem vindo a diminuir e 57% sendo de opinião que a precipitação tem vindo a aumentar. Exactamente, as mesmas pessoas que, momentos antes, tinham defendido que a mudança do clima se estava a verificar no sentido oposto.

Só poderemos interpretar esta grande confusão à luz do que atrás se disse sobre o modo complexo como o clima é "percebido". A humidade e o frio, as características consideradas como mais desagradáveis no clima portuense, foram retidas na memória e impedem a imparcialidade de julgamento, quando se condicionam as hipóteses de resposta ao sim e ao não. Talvez até a própria terminologia utilizada nesta fase do inquérito -temperatura e precipitação- tenha contribuido para estes resultados contraditórios.

As cheias do Douro de 1989 e a entrada das águas do mar, na Foz ,no Inverno de 1989 e 1990, pesaram, decisivamente, no juízo sobre o comportamento da precipitação nos últimos tempos. Foram episódios muito recentes, vividos *in loco*, ou seguidos através dos meios audiovisuais de informação. O cenário dramático, os enormes prejuízos, a identificação das vítimas, o fácil reconhecimento das relações causa-efeito, a espectativa de se poderem repetir em breve, conferem-lhe uma grande importância. A potencial diminuição da precipitação, apontada inicialmente, não tem reflexos imediatos. As ligações entre a maior secura, os prejuízos na agricultura e o alastrar dos focos de fome, além de não serem directas nem serem facilmente compreendidas como dependentes umas das outras, não foram vividas pelos inquiridos.

Os 48% que afirmam que a temperatura tem vindo a diminuir, para além de serem influenciados pelo facto de a resposta ter sido dada em Dezembro, não conseguem, provavelmente, distinguir, ao emitirem a sua opinião, a realidade e o modo como desejariam que ela fosse. As temperaturas mais elevadas, preferidas por 77% das pessoas, implícitas também na eleição do Algarve e do Brasil como áreas no país e no mundo com melhor clima que o Porto, pesaram decisivamente na escolha da resposta. Isto é, apesar da sensação da cidade estar a ficar progressivamente mais quente, a regularidade e os valores atingidos não são os desejados.

As incertezas e dúvidas, do ponto de vista científico, transportadas para a sociedade, de formas mais ou menos controversas, contribuem, como se deduz deste inquérito, à apatia da generalidade do cidadão comum.

2- A crescente preocupação com as questões ambientais - elemento determinante na apreciação cognitiva das relações Homem - Meio Ambiente

Deste contacto directo com as pessoas, apercebemo-nos que a confusão estabelecida, nas mentes, sobre este tema, é demasiado grande para que os decisores consigam implementar, com um mínimo de êxito, qualquer tipo de medidas minimizadoras dos impactes ambientais criados pela urbanização. Se, ao nível das políticas de ordenamento do território, é fácil estabelecer, no quadro das intenções, um conjunto de medidas preventivas ou curativas[23] que minimizem, sem grandes custos, os potenciais impactes, estas, ao não serem entendidas pelos cidadãos, nunca serão reclamadas e, muito menos, postas em prática.

Os resultados obtidos no nosso inquérito seriam, naturalmente, outros se a mensagem do "Global Change", "Global Warming" e do "Efeito de estufa", não estivesse, neste momento, tão na "moda" e alvo de discussões constantemente difundidas pelos meios de comunicação. Ideia, estranhamente aceite, por grupos com interesses tão diversos como são, os políticos, os investidores e os ecologistas. É a primeira vez, na história da Ecologia[24], em que tantos consensos reunem pacificamente grupos com objectivos tão diferentes. Isto, apesar dos trabalhos científicos ficarem muito aquém de demonstrar, de modo incontroverso, os cenários catastróficos previstos.

Não duvidamos que urge extrair da realidade o maior número possível de relações de causalidade que demonstrem, de facto, aos "utentes do suporte ambiental", o papel importante que o Homem e as suas acções têm no estado de equilíbrio actual do Meio Ambiente, embora saibamos que o peso e a

---

[23]O que, como adiante se verá, não é sequer o caso do Porto, já que a manutenção do equilíbrio necessário entre o suporte ambiental e o crescimento da cidade, não está subjacente no conjunto de directrizes que orientarão o seu futuro, expressas no Plano Geral de Urbanização, 1983.

[24]Do grego OIKOS+LOGOS, surgiu pela primeira vez nos trabalhos do biólogo alemão Ernst H. Haeckel (1834-1919) referindo-se ao domínio da ciência que estuda as relações de um organismo com o seu ambiente orgânico e inorgânico. A definição do seu objecto tem gerado muita controvérsia pelas intromissões que implica com outras disciplinas, tendo sido até definida como "...o que resta da biologia, quando tudo o que é realmente importante já recebeu outro nome..." (citado por MARGALEF, RAMÓN, Ecologia, Ediciones Omega, Barcelona, 1986, p.2).

relevância dados aos vários exemplos, ao longo dos últimos anos, têm dependido muito mais da sua apetência para reforçar as relações de poder e a organização económica internacional, do que da magnitude dos prejuízos que podem gerar para o Ecossistema. É portanto, lógico, que nos interroguemos sobre as razões que transformaram as complexas questões ligadas ao Meio Ambiente num tema tão respeitado, apoiado e aplaudido por todos. É importante perceber os motivos que colocaram o Meio Ambiente no centro da atenção de grupos tão diversos e transformaram alguns conceitos científicos, em suporte para movimentos sociais e ideológicos[25].

Até à década de 50, vingava a ideia de que os recursos naturais existiam para serem usados e de que a tecnologia resolveria todas as possíveis contrariedades, como, por exemplo, a substituição das matérias-primas e fontes energéticas, à medida que estas se fossem esgotando. O pensamento religioso, nomeadamente o Cristianismo, influenciou esta forma simplista de observar o mundo, ao transmitir a noção de que a Natureza existe para ser explorada e para "servir" o homem[26].

Nos anos 60, porém, o desenvolvimento e a rápida difusão dos meios de informação, permitiram a tomada de consciência de problemas como a fome, as secas, as cheias e a poluição. O melhor conhecimento de diferentes pontos do globo permitiu perceber que não existiam muito mais áreas para descobrir, habitar e explorar. Desabrocharam alguns grupos anti-crescimento e foi nesta época que, pela primeira vez, se admitiu discutir e questionar o crescimento económico[27].

Segundo T. O'RIORDAN (1983), a noção de *crescimento económico* envolve aumento nos bens e serviços produzidos e consumidos, aumento no capital humano através da educação, formação e diversificação de experiências, aumento no capital não humano através do investimento na ciência e na tecnologia e melhoramentos na organização da economia e gestão.

---

[25]BUTTEL, F., et al., "From limits to growth to global change", Global Environmental Change, vol.1, nº1, Butterworth-Heinemann Ltd., December, 1990, p.66.

[26]WHITE, (1967, p.1205) "...Christianity is the most anthropocentric religion the world has seen, it has only established a dualism of man and nature but has also insisted that it is God's will that man exploit nature for his proper ends..." (citado em O'RIORDAN, T., 1983, p.203).

[27]O'RIORDAN, T. (1983) aponta duas das atitudes possíveis face aos problemas ambientais: uma dominada pela reverência, humildade e subjugação ao ecossistema, e outra que acredita na capacidade do homem para resolver os impactes ambientais existentes e minorar os futuros. Enquanto a primeira promove ideias como moralidade, limite e permanência, a segunda favorece a racionalidade, objectividade e dinamismo.

Esta noção paradigmática de *crescimento*, em que nascemos e que aceitamos como indiscutível, é, no entanto, muito recente. Remonta a meados do século XIX, antiguidade que, quando comparada com a nossa presença à superfície do planeta, não lhe confere a importância que hoje lhe atribuimos. Pode e deve ser desmistificada, porque dela não dependeram, durante muitos anos, os homens que nos antecederam. Principalmente agora que começamos a constatar, contrariamente ao que os seus defensores afirmavam, que o *crescimento*, por si, não é capaz de resolver os problemas que cria.

O paradigma do *crescimento* caiu, exactamente, porque provou não ser capaz de resolver ou, pelo menos, controlar uma série de "custos" que gerou. Falhou na distribuição equitativa da riqueza e foi incapaz de manter, com um mínimo de equilíbrio, quer o suporte ambiental, quer a ordem social. Mostrou que uma vez atingido um certo nível de crescimento conquista-se de imediato o controle dos orgãos de decisão, o que impede, definitivamente, a renovação e o dinamismo da sociedade. Com ele, ou segundo alguns, justamente para amenizar as frustrações que gera, apareceu o consumismo e a indefinição entre o que é necessário e o que é supérfluo. O poder e o *status* social associam-se ao consumo desenfreado de uma quantidade de bens, muito acima dos necessários, abalando a ideia Malthusiana de que a ostentação pública da riqueza serviria de motivação para que os pobres se esforçassem muito mais a fim de conseguirem adquirir, pelo menos, alguns desses bens[28]. As aspirações à ascensão social não foram, na sua maioria, satisfeitas e, não arrastaram, como se previa, preocupações com a qualidade ambiental, porque os exemplos mostraram que para *crescer/enriquecer* era preciso sacrificar tradições, relações pessoais, segurança, qualidade de vida e até a saúde.

Aceitou-se, então, que *crescimento económico* não significa, necessariamente, *benefício*, nem corresponde a um incremento na *qualidade de vida e bem-estar* dos homens.

Começaram a proliferar as ideias *anti-crescimento* ou de *crescimento limitado*, apoiadas na subida dos preços dos combustíveis fósseis que culminaram em 1973-74 com o embargo petrolífero da OPEP.

O cenário catastrófico de colapso do suporte ambiental, perspectivado pelos defensores do "crescimento limitado" e as medidas mitigadoras propostas,

---

28 Segundo SMITH, (1971) "...The desire for food is limited in every man by the narrow capacity of his stomach, but the desire for the conveniences and ornaments of building, dress, equipage, and household furniture, seems to have no limit or certain boundary..." (citado em O'RIORDAN, T.,1983, p.49), e segundo MISHAN (1973) quando afirma "...The rich corrupt themselves by practising greed, and corrupt the rest of the society by provoking envy..." (citado em O'RIORDAN, T.,1983, p.89).

que incluiam uma desaceleração no consumo e utilização de recursos não renováveis e consequente abrandamento no ritmo de industrialização, não tiveram o suporte necessário dos organismos responsáveis pela condução da economia internacional, nem dos políticos. Esta indiferença, motivada, fundamentalmente, por uma perspectiva meramente económica, apoiou-se substancialmente na falta de provas científicas para a construção de cenários tão pessimistas.

Após uma década de controverso impasse, entre o conteúdo dos discursos políticos, denotando preocupações com as questões ambientais e a real tomada de decisões seguida da respectiva implementação de medidas de mitigação, surgiu a ideia de *Desenvolvimento Sustentado,* internacionalmente reconhecida após a publicação de Our Common Future em 1988[29], e mais recentemente as de *Global Change* e *Global Warming.*

A defesa de um *desenvolvimento sustentado* surgiu em meados da década de 80, como resposta às ideologias pessimistas e talvez irrealistas, cimentadas no decurso dos anos setenta, de travar, pura e simplesmente, o *crescimento.* Época em que viriam adicionar-se ao inúmero conjunto de incompatibilidades já existentes, o agravamento da crise da principal fonte energética -o petróleo-, algumas provas científicas da destruição da camada de ozono pelos clorofluorcarbonetos (vulgarmente designados por CFC's), e do aumento considerável das emissões de CO_2 para a atmosfera.

A prática de uma política de *desenvolvimento sustentado* baseia-se na ideia que a protecção e o ordenamento apropriados do meio ambiente, na fase de implementação de um projecto, são sempre mais vantajosos do que as medidas curativas tomadas posteriormente. Os processos de tomada de decisão, pelos quais as necessidades humanas são traduzidas em acções políticas, têm de ser reestruturados, de forma a reflectirem melhor a interdependência entre o meio ambiente e a economia.

No *Relatório Brundtland* [30] sugere-se que é imperioso cada país velar, no processo de tomada de decisão, para que estas não descurem a

---

[29]World Commision on Environment and Development, Our Common Future, Oxford University Press, Oxford, 1988.

Este relatório sintetiza o pensamento de um vasto leque de personalidades, ligadas à resolução das questões ambientais, desde investigadores a representantes do poder económico e político internacional.

[30] Nome vulgarmente utilizado para designar o documento final Our Common Future, uma vez que foi a Srª Brundtland, à altura Primeira Ministra da Noruega, a promotora do debate.

manutenção de um capital ecológico mínimo[31]. O Ecossistema não pode ser preservado intacto, mas não deve ser destruído para além das suas possibilidades de recuperação.

As decisões devem promover sempre a harmonia entre o homem e a natureza. Os objectivos do desenvolvimento devem incluir uma revitalização do crescimento, alterando-o em qualidade, de modo a atingir as metas necessárias para satisfazer as necessidades de emprego, alimentos, energia, água, equipamentos sanitários e outros; devem, também, assegurar um crescimento sustentado da população e promover a conservação e/ou melhorar a base dos recursos, reorientando as tecnologias e gerindo os riscos de modo a associar sempre a viabilidade económica e o meio ambiente na tomada de decisões[32]

A recessão económica que trespassou os países "desenvolvidos" na última década, ao mesmo tempo que obrigou as grandes organizações económicas mundiais a debruçarem-se sobre a necessidade de manter em harmonia o ritmo produtivo do Ecossistema, contribuiu para esvaziar tematicamente os discursos político-ideológicos baseados na tradicional luta de classes e justiça social, transformando a manutenção do equilíbrio à superfície do Planeta num tema susceptível de captar eleitorado.

Contrariamente à adopção de uma política de *crescimento limitado*, uma política de *desenvolvimento sustentado* propicia uma dinamização da economia, através do investimento em novas tecnologias - as tecnologias limpas. Novas formas de energia, substitutos para os CFC's, soluções para a diminuição do CO_2, etc., apesar de terem como motivo principal preservar o equilíbrio do Planeta, implicaram uma revitalização de alguns sectores da economia, e foram, em parte, responsáveis pela recuperação económica dos últimos anos em alguns países *desenvolvidos*[33].

Dentre estes temas, o potencial aquecimento do globo e a consequente redistribuição dos excedentes energéticos alterariam toda a circulação atmosférica, provocariam uma subida do nível médio das águas do mar, que

---

[31] World Commission on Environment and Development, Our Common Future, Oxford University Press, Oxford, 1988, p.52.

[32] World Commission on Environment and Development, Our Common Future, Oxford University Press, Oxford, 1988, p.49.

[33] "...Japanese businesses proved that [...] waste in the form of pollution is also economic waste. By eliminating the inefficiencies that lead to the initial production of pollution, they discovered that it is often possible to simultaneously improve productivity, profits and environmental efficiency..." em GORE, A., Earth in the balance - forging a new common purpose, Earthscan Publ. Ltd., London, 1992, p.XV.

submergiria algumas áreas costeiras da Europa Ocidental[34] e dos E.U.A. Isto implicaria repercussões económicas importantes, modificando totalmente o acesso a bens básicos para a sobrevivência como o solo fértil ou a água.

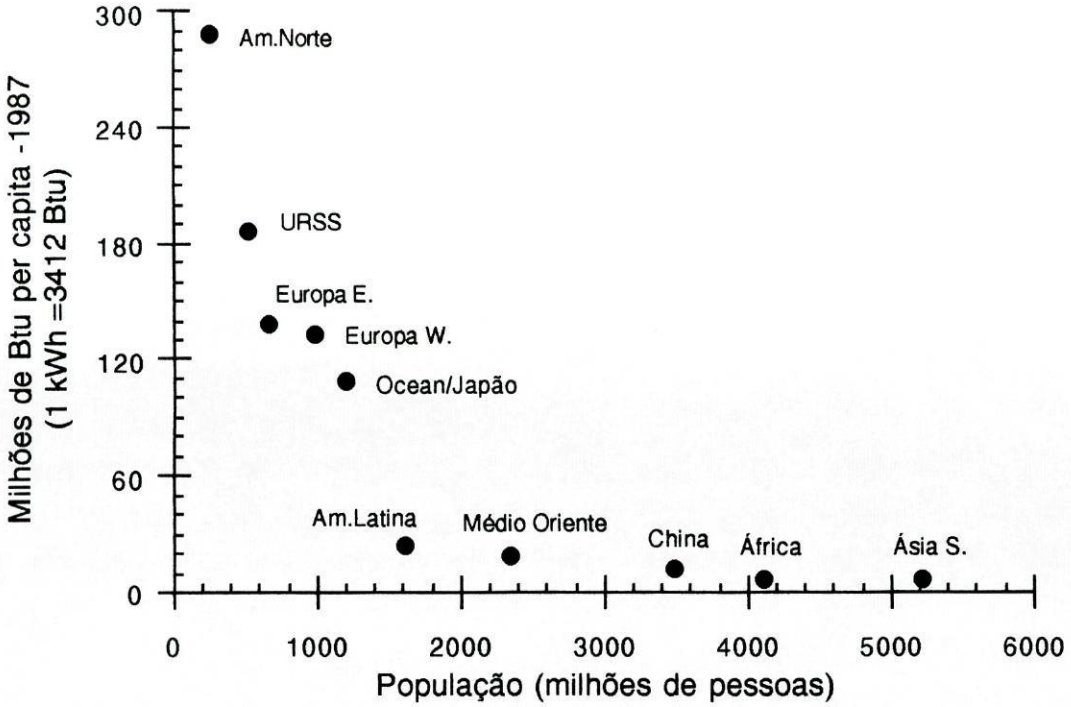


Fig.8 - Consumo de energia em algumas regiões do globo (adaptado de MOHEN, V.A., GOLDSTEIN, W., WANG, W., 1991)[35]

---

[34]Segundo o Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), caso as emissões de dióxido de carbono, metano, óxidos de azoto e CFC's prossigam ao ritmo actual, o cenário provável para o Sul da Europa no início do próximo século será:

"...Aquecimento de 2°C no Inverno e de 2°C a 3°C no Verão. Aumento da precipitação no Inverno e descida da precipitação no Verão de 5 a 15%. A humidade do solo no Verão diminuirá entre 15 a 25%...", em Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change - The IPCC Scientific Assessment, WMO/UNEP, Cambridge University Press, Cambridge, 1990, p.156.

[35] MOHEN, V.A., GOLDSTEIN, W., WANG, W.,"The conflict over global warming", Global Environmental Change, vol.1, nº2, Butterworth-Heinemann Ltd., 1991, p.114.

Fonte: WORLD RESOURCES 1990-91, Report of the World Resources Institute, Oxford University Press, New York and Oxford, 1990, Table 21.1, p.316.

Apesar das causas apontadas para esta dramática mudança climática no globo[36] serem imputadas em grande parte, à destruição em massa de floresta tropical, não nos devemos esquecer que os países "industrializados" (Fig.8) são responsáveis por 3/4 do total de CO_2 emitido para a atmosfera do globo[37].

O CO_2 passou de concentrações de 280 ppmv na época pré-industrial para 353 ppmv actualmente, o que significa mais de 26% em cerca de um século (Fig.9).

	DIÓXIDO DE CARBONO	METANO	CFC-12	OXIDOS DE AZOTO
CONCENTRAÇÃO ATMOSFÉRICA	ppmv	ppmv	pptv	ppbv
F.PRÉ-INDUSTRIAL (1750-1800)	280	0,8	0	288
1990	353	1,72	484	310
TAXA DE MUDANÇA (ANO)	0,5%	0,9%	4%	0,25%
TEMPO DE RESIDÊNCIA NA ATMOSFERA (ANOS)	50-200	10	130	150

Fig. 9 - Gases importantes para o efeito de estufa cujas concentrações na troposfera têm sido afectadas pelas acções antrópicas (IPCC, 1990[38]).

O metano e, especialmente, os CFC's com concentrações negligenciáveis na fase pré-industrial aumentaram, substancialmente, o seu peso relativo na composição da atmosfera nos últimos anos. Estes últimos, com uma taxa de aumento anual muito preocupante (4%) e com tempos de residência na atmosfera muito longos, têm vindo a ser apontados como

---

[36]"...Climatic change is the most important problem facing mankind over the next fifty years...", GRIBBIN, JOHN, Hothouse Earth - the greenhouse effect and Gaia, Blackswan, London, 1990, p.17.

[37]BUTTEL, F., et al., "From limits to growth to global change", Global Environmental Change, vol.1, nº1, Butterworth-Heinemann Ltd., 1990, p.60.

[38]Fonte: INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), Climate Change - The IPCC Scientific Assessment, WMO/UNEP, Cambridge University Press, Cambridge, 1990, p.XVI

principais protagonistas da potencial destruição das condições básicas para a existência de vida no Planeta[39].

É óbvio, que todo este interesse, empolado, como já se viu, por objectivos políticos, sociais e económicos, pelo comportamento do sistema climático do globo num futuro próximo, contribuiu decisivamente para alimentar a curiosidade e o interesse revelado pelos nossos inquiridos, mas não nos podemos esquecer que a atenção se desviará fácilmente, se os investigadores não forem capazes de aproveitar a oportunidade do momento para acrescentar novas e mais consistentes evidências científicas.

3. Provas científicas de mudança no Sistema Climático do Globo - o contributo do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

O relatório final produzido em 1990 pelo grupo de trabalho da WMO e da UNEP sobre as mudanças climáticas globais, em que se reuniu e tratou, um vasto e diversificado conjunto de informação, é um bom exemplo da ênfase dada ao tema, nos últimos anos, pelos cientistas e, sobretudo, pelas entidades responsáveis pela manutenção da actual ordem sócio-política e económica. A própria concepção do trabalho, que inclui um *policymakers summary* de 34 páginas a que se seguem outras 365 em que cada um dos temas é tratado da forma mais exaustiva possível, sublinha a mudança de atitude assumida pelos investigadores, no sentido de se aproximarem dos decisores, transformando os seus resultados individuais de investigação em fontes de informação acessíveis aos decisores.

Só depois de agrupada toda a informação existente, relacionada directamente com a compreensão dos mecanismos subjacentes à mudança do clima no globo, e avaliadas as consequências ambientais e sócio-económicas desta mudança, se avançou com a formulação de algumas estratégias passíveis de minimizar ou mesmo evitar os potenciais impactes negativos previstos.

---

[39]MONTEIRO, A., "A composição química da atmosfera: contributo da climatologia para a implementação de uma política de desenvolvimento sustentado", Revista da Faculdade de Letras - Geografia, I Série, vol.V, Porto, 1989, p.257-294.

A forma como aquele grupo de trabalho conduziu a investigação e a transmitiu é de uma grande transparência. A par de algumas provas científicas claramente demonstrativas da mudança de comportamento de alguns elementos climáticos nos últimos anos, não se escamoteiam as incertezas quanto a um vasto leque de previsões. No âmbito das incertezas[40], tentaram, sempre que possível, calcular o grau de confiança das previsões e diagnosticar áreas de investigação prioritárias, essenciais para estreitar cada vez mais as margens de erro.

Dentre os factos considerados provados cientificamente, ressalta o aumento da temperatura média do globo entre 0.3°C e 0.6°C nos últimos 100 anos e a constatação de que os cinco anos mais quentes do século ocorreram na década de 80. É consensual entre um grande número de investigadores que a variabilidade climática não aumentou nas últimas décadas, embora, o facto da temperatura média global ser mais elevada, tornar mais prováveis a ocorrência de temperaturas mais altas do que as mais baixas.

Sabendo que o "efeito de estufa" natural é responsável por manter a Terra mais quente do que estaria sem o seu envólucro gasoso, parece evidente que as actividades humanas podem interferir directamente na *eficiência* deste *filtro*.

Ao provocar um aumento na concentração de alguns gases importantes para o efeito de estufa (Fig.9), e dentre estes, em alguns dos mais eficientes no aprisionamento da radiação infra-vermelha, o Homem contribui para alterar a composição química da atmosfera[41].

---

[40]Incertezas sublinhadas e partilhadas também por WIGLEY, T.M.L., RAPER, S.C.B. (1991), TRENBERTH, K.E. (1991), HANSEN, J. et al. (1991), JENNE, R.L.(1991), PARKER, D.E., FOLLAND (1991), JONES, P.D., WIGLEY, T.M.L., FARMER, G. (1991), WIGLEY, T.M.L. (1992), MILLIMAN, J.D. (1992), BIRD, E.C.F. (1989), BRYANT, E. (1989), STARK, K.P. (1989) e THOM, B.G., ROY, P.S. (1989).

[41]Como se afirma em MacDONALD, G.J., SERTORIO, L., 1989, p.90."...The most important question concerning greenhouse warming is not whether the infrared gases will produce a recognizable global warming, but when they will do so. The underlying physics that connects changes in the atmospheric composition to changes in radiative flux trapped within the atmosphere is well understood. Much less understood are the variety of feedback processes involving the hydrologic cycle and the biosphere...", não restam dúvidas quanto à importância do contributo das inúmeras intervenções do Homem para a alteração das diversas componentes do *Sistema Climático*.

Controverso é, no entanto, demonstrar a magnitude e a intensidade da relação entre as causas e o efeito, como concluem WIGLEY, T.M.L., RAPER, S.C.B., 1991, p.481."...although we

Embora o vapor de água seja o principal protagonista, o CO_2 parece ter sido o responsável por mais de metade do reforço do "efeito de estufa" nos últimos anos.

Inúmeros trabalhos de investigação apontam para uma hipotética mas possível relação entre o avanço da desertificação e a destruição maciça de floresta que veio modificar o albedo de algumas áreas do globo.

Apesar de discutível, parece também, plausível associar, ainda que parcialmente, a subida do nível médio das águas do mar de 10 a 20 cm nos últimos 100 anos, ao eventual aumento do "efeito de estufa" gerado pelas diversas actividades humanas[42].

Parece legítimo concluir que os ecossistemas estarão, num futuro próximo, perante um novo quadro, o que os obrigará a procurar novos equilíbrios, beneficiando determinadas espécies e prejudicando outras.

Se nada se alterar nos objectivos e *timings* da economia internacional, que os autores do IPCC (1990) designam por cenário BaU *-Business-as-Usual scenario* - é previsível, com grande grau de confiança, que a temperatura média

---

judge the observed warming trend to be statistically significant, we cannot claim to have detected the enhanced greenhouse effect...".

[42]Embora a duplicação da concentração de CO_2 na atmosfera nos permita pensar que o nível médio das águas do mar poderá subir, quer pela expansão térmica da água, quer pelo degelo de alguns glaciares, têm vindo a ser divulgadas algumas evidências contraditórias ilustrativas da enorme fragilidade destas deduções demasiado *simplistas*.

Para além dos degelos e da expansão térmica da água, provocados pelo aumento da temperatura, outros factores, como a estabilidade ou instabilidade tectónica de cada região, ou o ritmo a que se processarem as extracções do subsolo, contribuirão, igualmente, para a *resolução final* patenteada pelo Ecossistema no futuro.

Segundo MILLIMAN, J.D., 1992, p.51, apesar da costa Mediterrânica ter, em média, assistido a uma subida do nível médio das águas do mar próximo do previsto (1-2 mm/ano), nos últimos anos, e de não ser uma região demasiado instável, do ponto de vista tectónico, o nível médio das águas do mar subiu muito mais do que o previsto no Nilo (4.8mm/ano), em Thessaloniki (4.0mm/ano) e em Veneza (7.3mm/ano), enquanto que no delta do Reno (1.4mm/ano) foi inferior à média e em Alexandria até desceu (- 0.7mm/ano).

O exemplo da cidade de Banguecoque, citado no mesmo trabalho, cujo ritmo de subsidência atinge, desde os anos 60, 13 cm/ano, coincidindo com a intensificação do processo de urbanização e com o consequente aumento dos consumos de água por parte de um maior número de pessoas, é particularmente interessante, na medida em que patenteia claramente a necessidade de incluir nas *projecções* outras *variáveis*, para além do aumento do *efeito de estufa*.

do globo continue a aumentar no próximo século, a uma taxa de 0.3°C/década, com uma margem de erro entre ±0.2°C e ±0.5°C; os continentes aqueçam muito mais rapidamente do que os oceanos e o aquecimento seja muito maior nas latitudes mais elevadas do que nas mais baixas, o que acarretará mudanças climáticas regionais significativas no Sul da Europa e na América do Norte; o nível das águas do mar subirá a um ritmo de ±6cm por década com um grau de incerteza entre ±3 e ±10cm.

Não esquecendo, todavia, que a complexidade inerente ao sistema climático, pode dar lugar a significativas e importantes surpresas, como acabamos de exemplificar, torna-se óbvio que, caso não sejam tomadas, desde já, algumas medidas correctivas para travar ou apenas desacelerar alguns dos processos de intervenção do Homem no Sistema Climático, os cenários num futuro próximo, se não forem catastróficos do ponto de vista das condições mínimas de sobrevivência do homem, acarretarão, pelo menos, grandes custos económicos e importantes mudanças na sociedade.

É nesta época de grandes consensos políticos, económicos e científicos, sobre a importância de um melhor conhecimento dos processos climáticos locais, regionais e globais, que se inclui este contributo para a compreensão do comportamento de algumas variáveis climáticas na região do Porto nos últimos anos. Estando esta cidade situada à latitude de cerca de 41°10' N, pertence, como atrás se viu, a uma área onde as repercussões do previsível aquecimento global serão particularmente graves. Para além da sua posição em latitude ser susceptível de amplificar os efeitos do aquecimento global médio previsível, tem vindo a associar-se um outro efeito, cuja magnitude e intensidade no subsistema climático, não podemos descurar - **a urbanização**. Enquanto teremos de aguardar algumas décadas, pelas consequências do primeiro tipo de causas, os efeitos da urbanização deverão já ser detectáveis no comportamento de alguns elementos climáticos durante os últimos anos.

III- A ÁREA DE ESTUDO : A CIDADE DO PORTO

1. Caracterização física

A cidade do Porto ocupa uma área de cerca de 4000 ha, entre os paralelos 41°8' N e 41°11' N e entre os meridianos 8°33'W e 8°41'W Greenwich.

Os seus limites administrativos (Fig.10) definem "... *uma forma grosseiramente oblonga, com o seu maior comprimento, cerca de 11.7 km no sentido E -W e a sua maior largura, cerca de 4.9 km, no sentido N -S. Limitam-na respectivamente por W e S o Oceano Atlântico (3.6km) e o rio Douro (9.6km), por E e N confronta com os concelhos de Gondomar, Maia e Matosinhos (20km)...*", (OLIVEIRA,1973) [43].

A cidade desenvolveu-se sobre uma plataforma ligeiramente inclinada para o oceano Atlântico (Fig.11 e Fig. 12) cujas altitudes oscilam entre os 160m (Areosa) e os 0m. O rio Douro e o rio Leça[44] têm, juntamente com o Homem, modelado o substracto físico onde a cidade se foi implantando. A maioria dos afluentes daqueles dois cursos de água, foram reorientados pelas necessidades crescentes de espaço e não são visíveis à superfície, ou são-no apenas em pequenos troços (ex: Ribª Granja, Ribª Lordelo)[45].

Segundo M.A.ARAÚJO (1991)[46], as cotas mais elevadas na área oriental da cidade do Porto, alinhadas segundo um eixo NNE-SSW, desde o

---

[43]OLIVEIRA , J.M.P., O espaço urbano do Porto-condições naturais e desenvolvimento Instituto de Alta Cultura, Centro de Estudos Geográficos, Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, Coimbra, 1973, p.17.

[44] Dois dos afluentes da margem esquerda do Rio Leça têm a sua nascente dentro do concelho do Porto. Um, próximo do Hospital de S.João e o outro, na freguesia de Paranhos perto da Av.Fernão Magalhães.

[45]OLIVEIRA, J.M.P.,1973, p.19, "...A urbanização, em crescendo rápido a partir, sobretudo, do sec.XIX, quase apagou o largo traçado superior dos vales dos pequenos afluentes. Estes na sua maioria foram encanados ou cobertos por fortes aquedutos sobre os quais, não raro, passam algumas ruas portuenses, como as de S.João e de Mouzinho da Silveira, sobre o rio da Vila..."

[46]ARAÚJO, M. ASSUNÇÃO, Evolução geomorfológica da plataforma litoral da região do Porto, FLUP, polic., Porto, 1991.

Fig. 10 - Enquadramento da Área de Estudo (Porto)

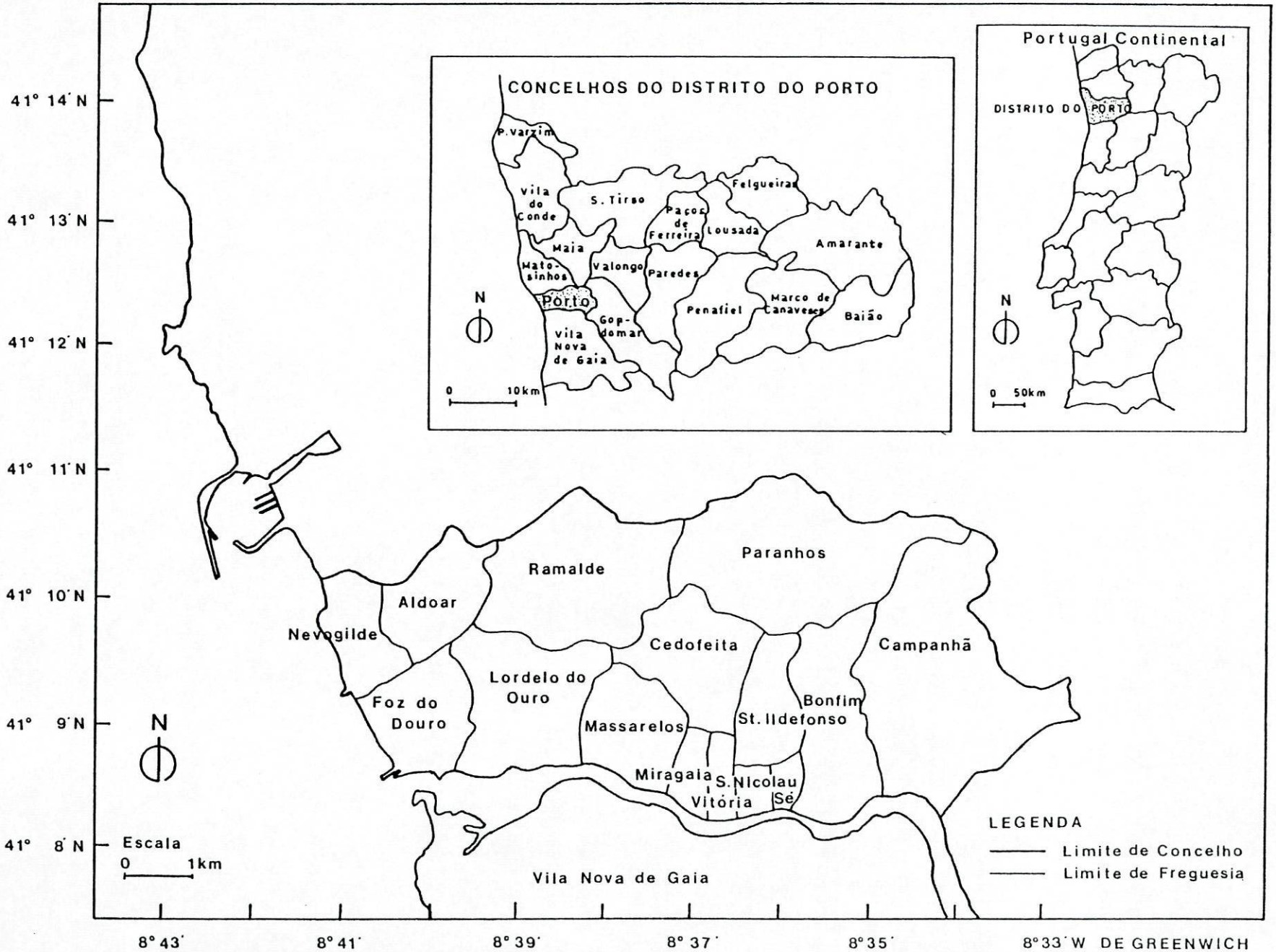
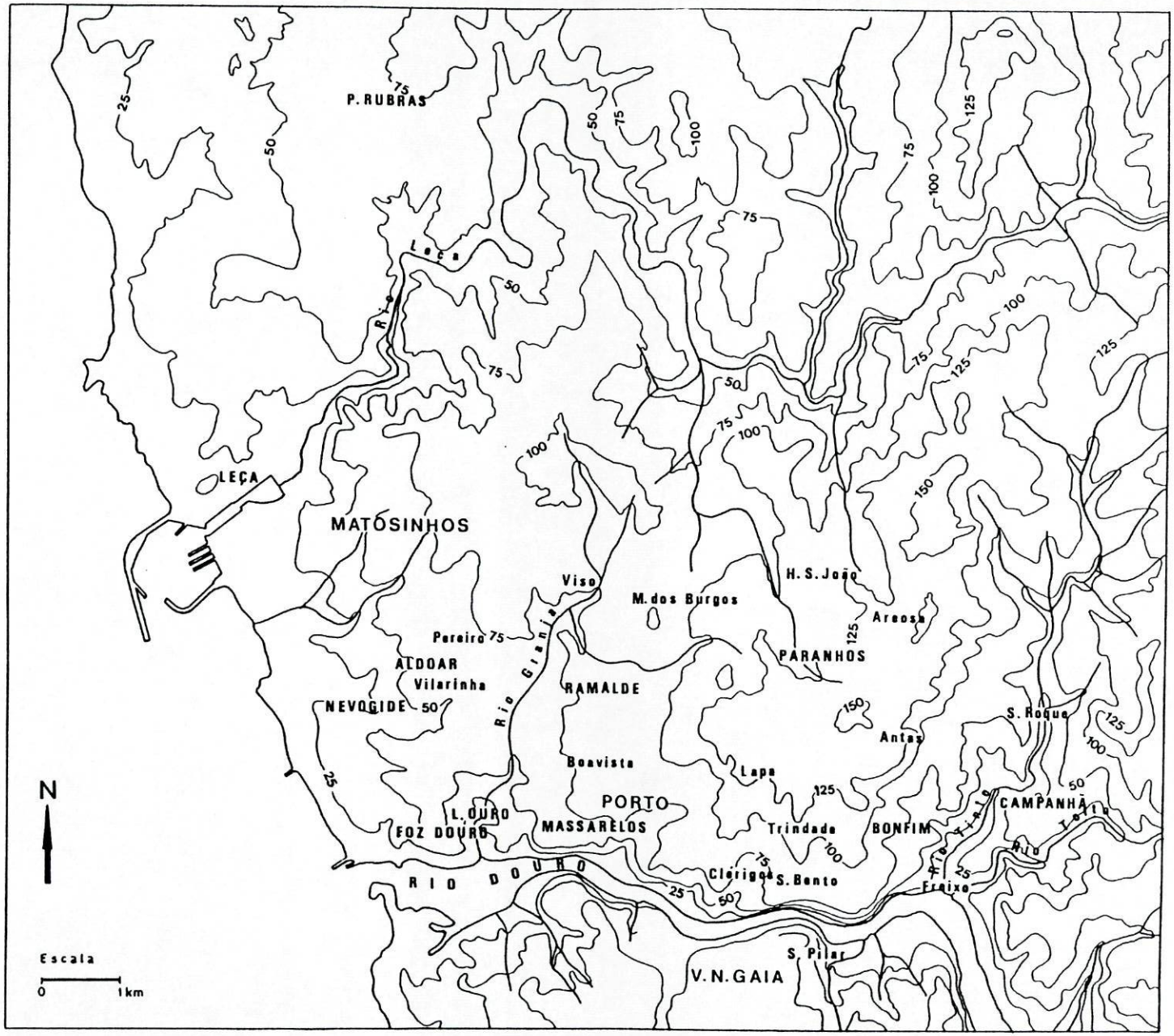


Fig. 11 a) - Corografia da área de estudo (Porto).



Adaptado da Carta Corográfica de Portugal - 9C, Lisboa, 1985

Fig. 11 b) - Hipsometria da área de estudo (Porto).

Fig. 11 c) - Rede hidrográfica da área de estudo (Porto).

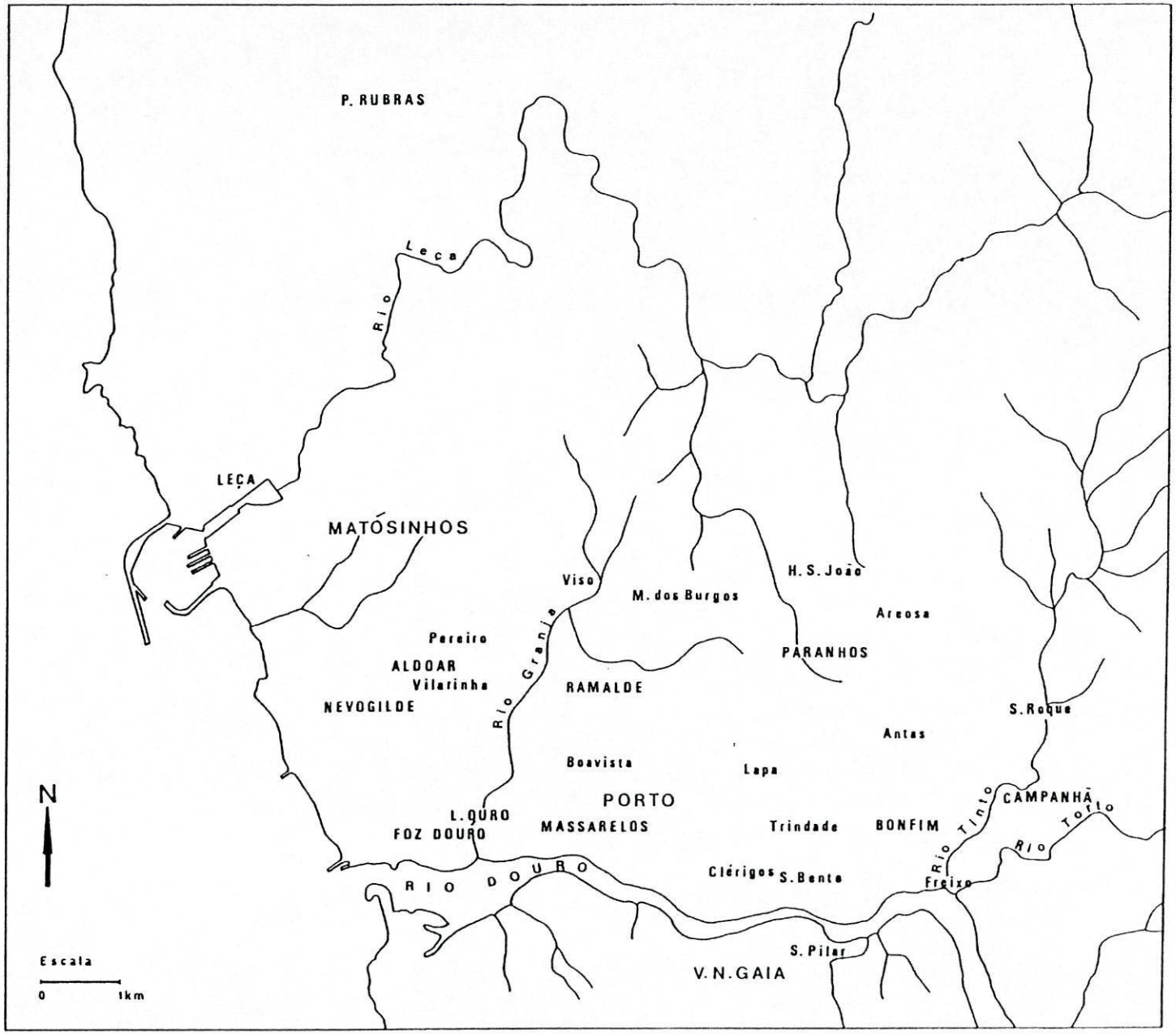


Fig. 12 - Rede rodoviária principal do concelho do Porto.

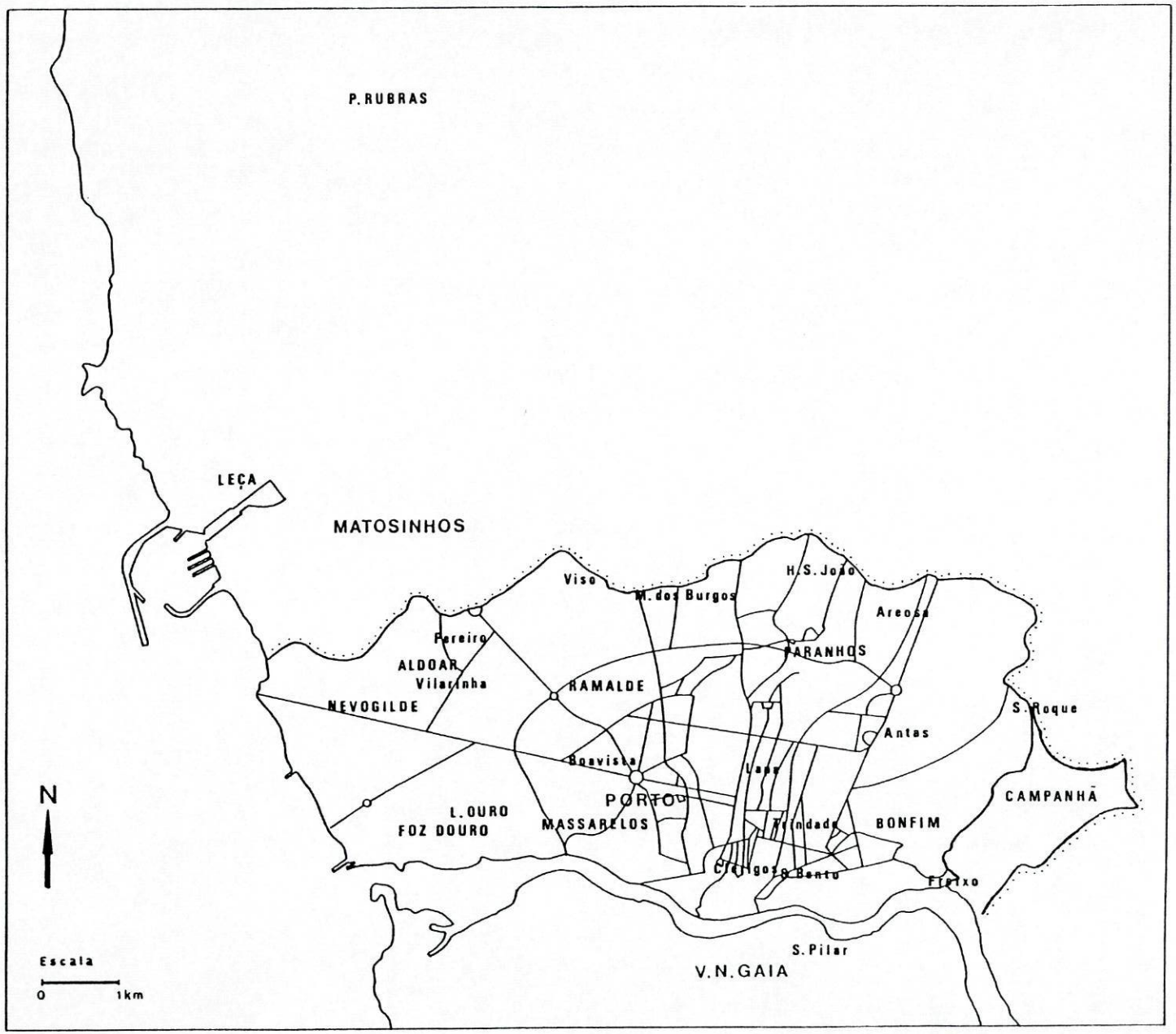
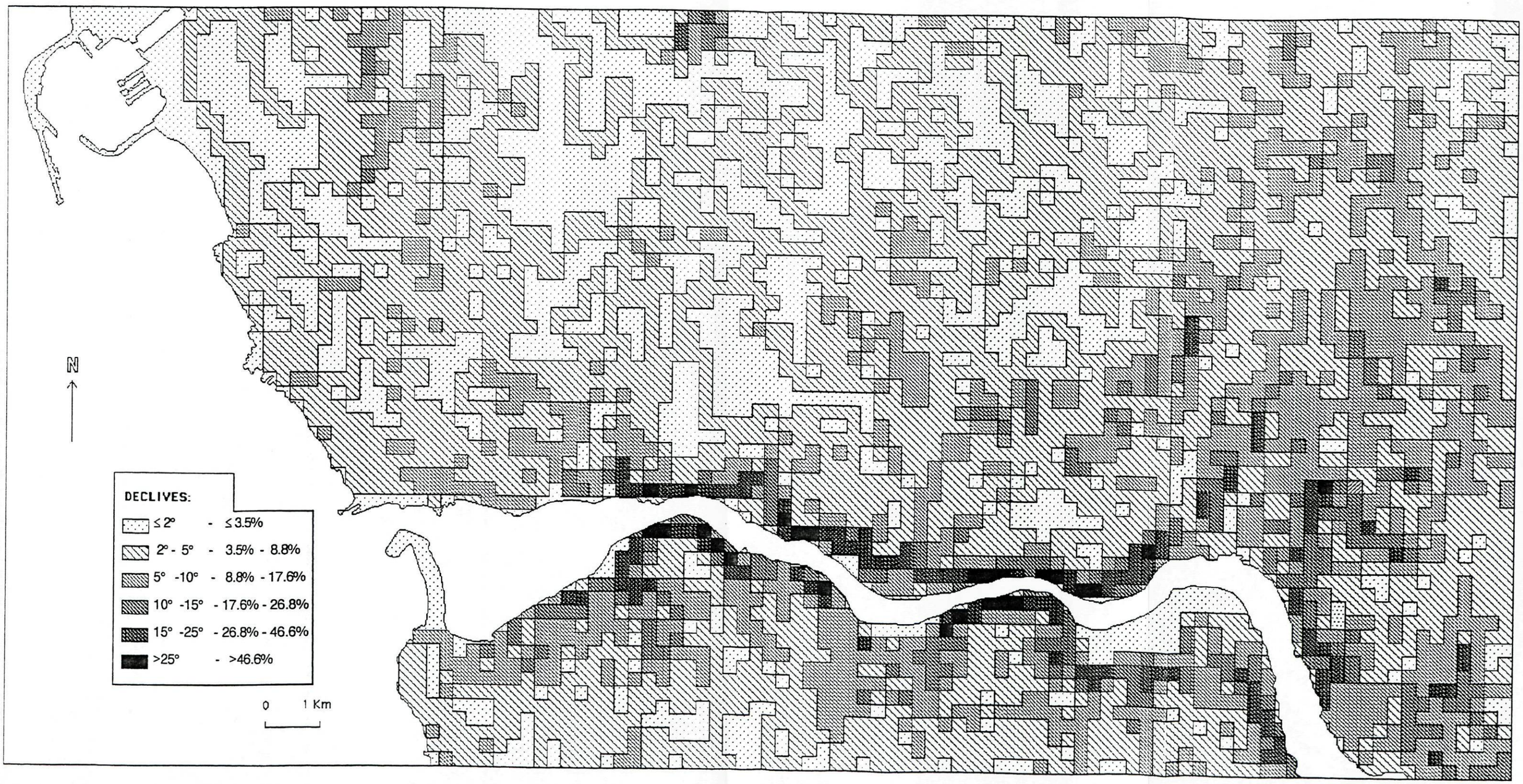


Fig. 13-MAPA DE DECLIVES DA CIDADE DO PORTO

(elaborado a partir do levantamento das curvas de nível à escala 1:25000)



cruzamento da Estrada da Circunvalação, à Areosa, até à Lapa, correspondem ao "relevo marginal"[47], cujo contraste com a plataforma litoral é, a N. do Douro, muito pouco nítido. Enquanto a esta correspondem superfícies extensas e pouco declivosas, àquele correspondem as maiores altitudes, surge normalmente mais estreito, descontínuo e declivoso.

O mapa de declives (Fig.13) e o exemplo da distribuição de algumas classes de declives em alguns perfis dentro da cidade do Porto (Fig.14), elaborado por A.ARAÚJO (1991), mostram uma relação forte entre as altitudes acima dos 100-120 m e os maiores declives encontrados. Repare-se, no perfil Boavista-Lapa-Antas (Fig.14) como os maiores declives, entre 9 e 17.5%, surgem exactamente a altitudes entre os 100 e os 120 metros, o que parece indiciar o *contacto* entre duas áreas diferenciadas.

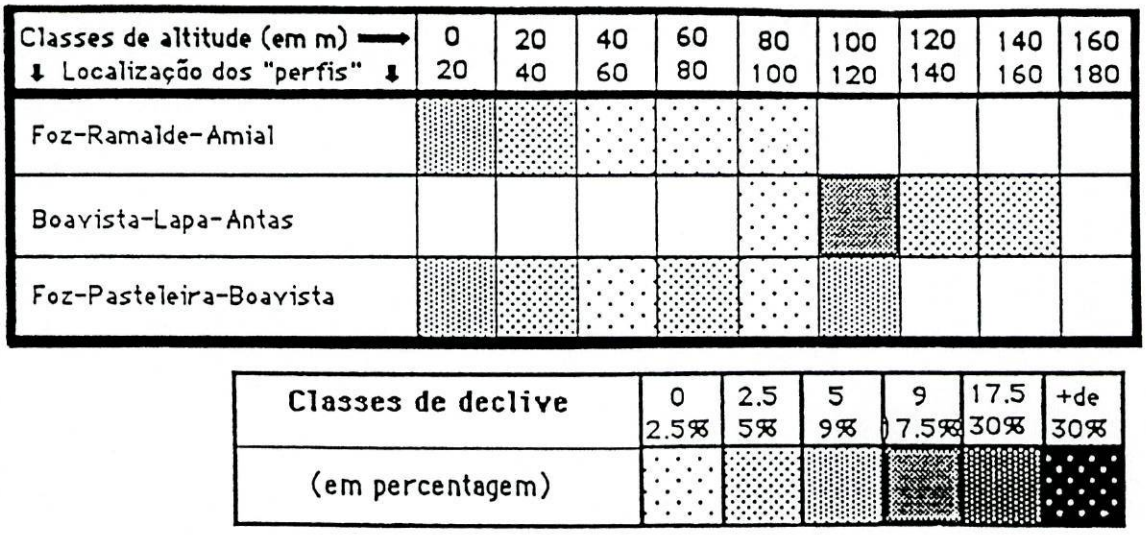


Fig. 14 - Distribuição dos declives em três perfis na área de estudo (extraído e adaptado de A.ARAÚJO, 1991, p.29).

Sobrepondo a representação das ruas principais da cidade (Fig.12) à representação da hipsometria (Fig.11) e/ou ao mapa de declives (Fig.13),

---

[47]Segundo a mesma autora, esta distinção entre "relevo marginal" e plataforma litoral, baseada sobretudo na ausência ou presença de depósitos, não é facilmente aplicável numa área onde a ocupação do espaço é, e tem sido sempre, muito intensa. A análise pormenorizada da morfologia parece confirmar a ideia de que o contacto entre o "relevo marginal" e a plataforma litoral corresponde a uma faixa NNE-SSW desde o cemitério da Lapa até ao Covelo, sensivelmente paralela à Rua Faria Guimarães.

Este "relevo marginal" corresponde, segundo a autora, a uma ou várias escarpas de falha, das quais só as mais ocidentais poderão ter eventualmente sofrido retoque marinho.

visualizam-se, claramente, as dificuldades acrescidas que a topografia impõe à fluência da circulação, indispensável em qualquer cidade.

Principalmente nas áreas oriental e sul, e no núcleo mais antigo da cidade, que é também o de maior densidade populacional, as vias de comunicação de ligação ao CBD, de orientação NNE/SSW, apresentam declives consideráveis em grande número de troços (Fig.13).

Os fortes declives de toda a margem Sul da cidade, área de grande compacidade, com ruas muito estreitas, edifícios antigos e altos, e, a oposição morfológica evidente entre a metade oriental e ocidental da cidade, ajuda-nos a compreender também, as *nuances* em termos de tipologia de ocupação do espaço urbano a que se tem assistido nos últimos anos.

Os fortes declives de toda a margem Sul, confirmando a "inadaptação" do rio Douro[48], não facilitam, contrariamente ao que se tem escrito, o contacto entre a cidade e o *seu rio*, impondo-lhe, pelo contrário, custos adicionais com as crescentes necessidades de manutenção do equilíbrio das vertentes, que com frequência têm entrado em ruptura[49].

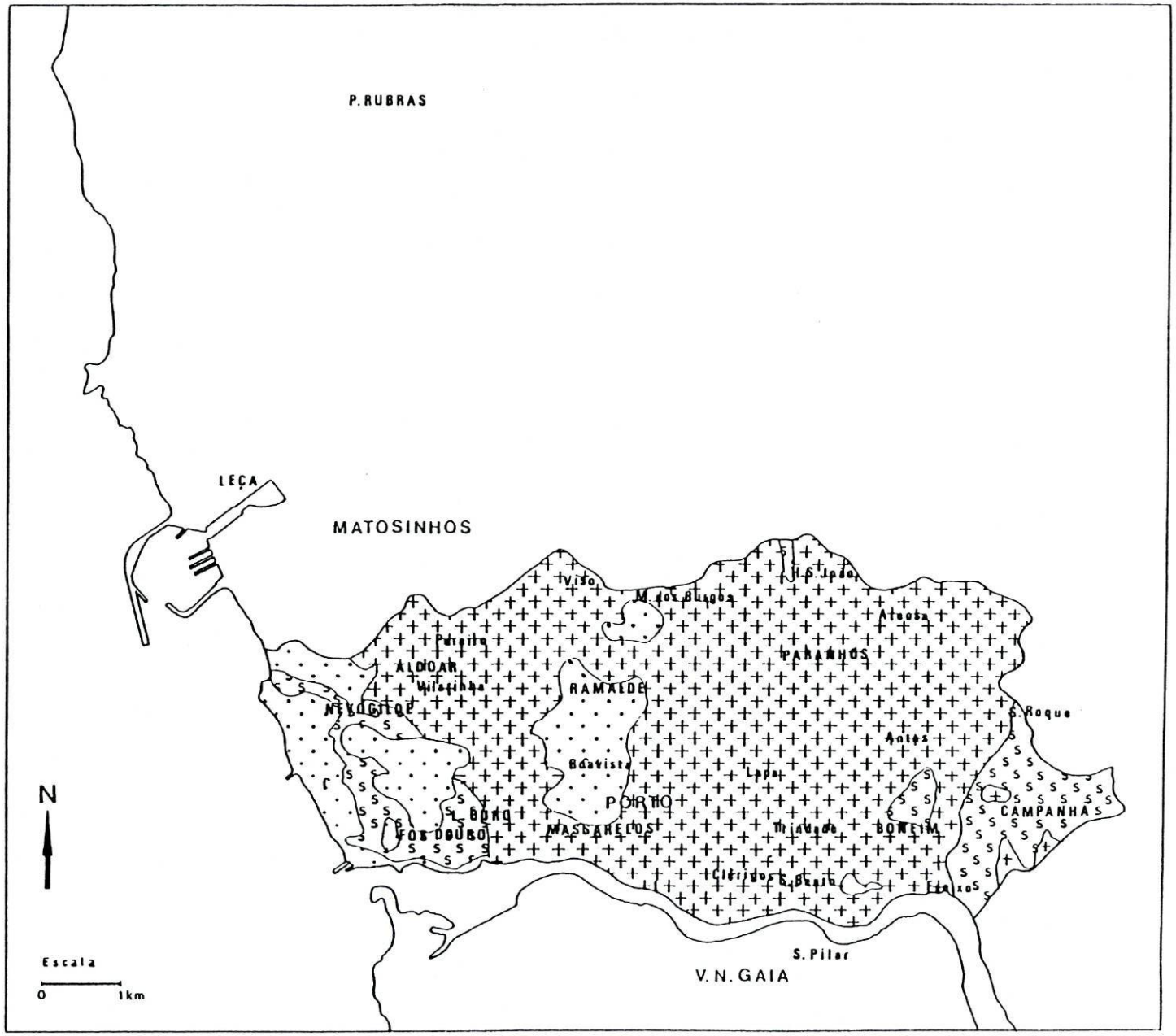
Os grandes declives, associados ao desvio e canalização de uma série de pequenos cursos de água, a uma sobreocupação do solo e, ainda, a uma rede de esgotos e de abastecimento de água muito antiga, incapaz de dar resposta às necessidades crescentes da população, justificam algumas das rupturas de equilíbrio já ocorridas, e alertam para a urgência de definição de estratégias de intervenção no espaço adequadas, de forma a prevenir futuros acidentes.

---

[48] Para este vigoroso encaixe do Rio Douro no seu sector terminal, F.REBELO (1975) admite a possibilidade de *rejogos tectónicos pós-Pliocénicos* por exemplo quando afirma "...Não podemos estar de acordo com C.TEIXEIRA ao considerar imóvel desde o Pliocénico final o bloco em que corre o Douro - decerto que não se verificaram movimentos importantes, mas algo se passou, sem dúvida..." (REBELO, F., Serras de Valongo-estudo de geomorfologia, Biblos, 9, Coimbra, 1975, p.179). S.DAVEAU (1977) também propõe uma *origem antecedente* e A.ARAÚJO (1991) defende que "...localizando-se os cursos de água sobre áreas tectonicamente deprimidas, isso sugere que estão estruturalmente condicionados e que a sua instalação é posterior a uma primeira movimentação de conjunto, o que não quer dizer que eles não sejam *antecedentes* relativamente às movimentações posteriores à sua instalação...", (ARAÚJO, A, 1991, p.37).

[49] Recorde-se, a título de exemplo, os recentes desmoronamentos da escarpa da Restauração e alguns acidentes na escarpa habitada das Fontainhas.

Fig. 15 a) - Geologia da área de estudo (Porto).
Adaptado da Carta Geológica de Portugal -9C, Lisboa, 1957.



LEGENDA

- Granito
- Complexo Xisto-grauváquico
- Formações Superficiais

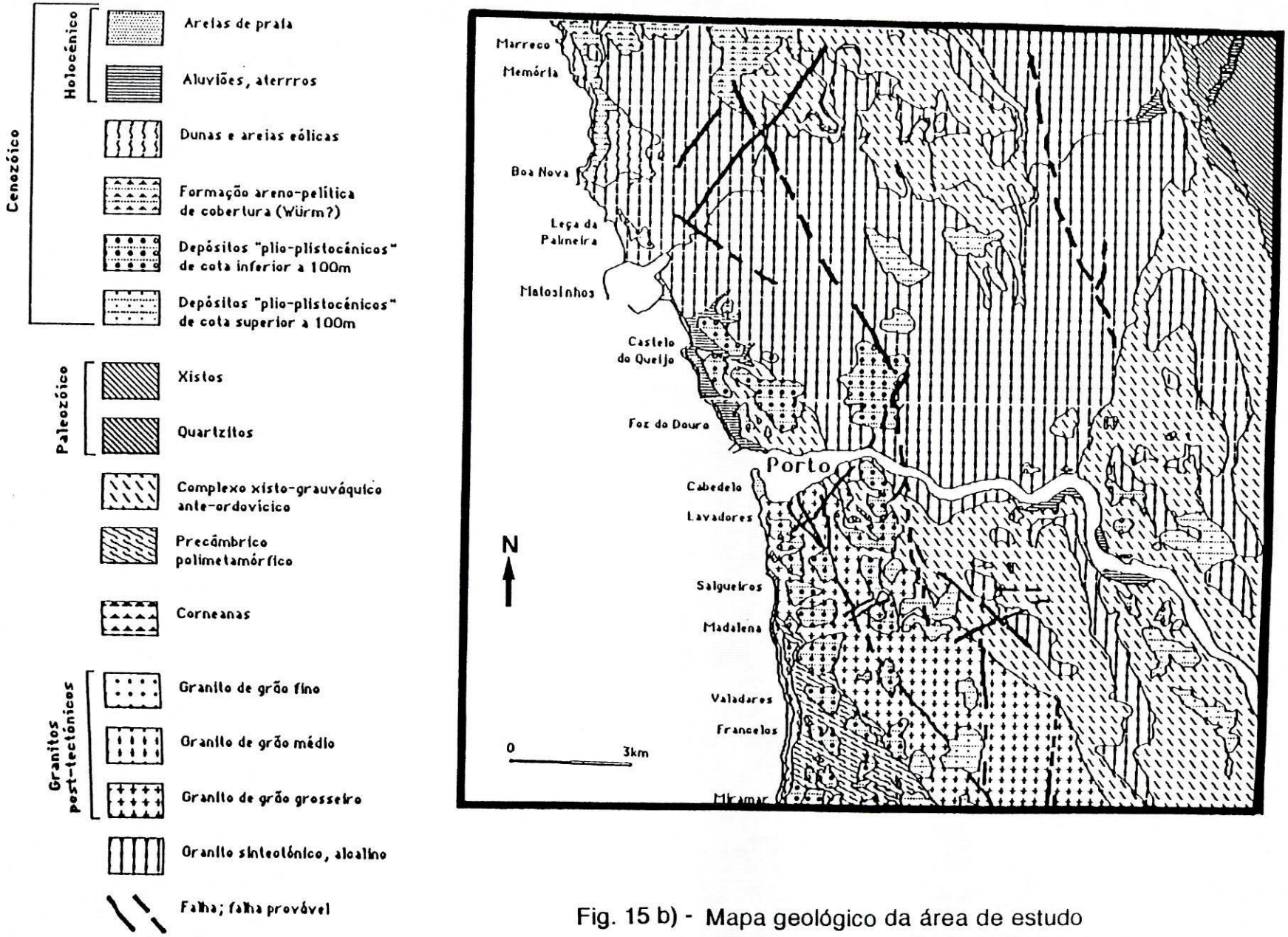


Fig. 15 b) - Mapa geológico da área de estudo

(excerto da figura 6.3 de A.ARAÚJO, 1991, p.85)

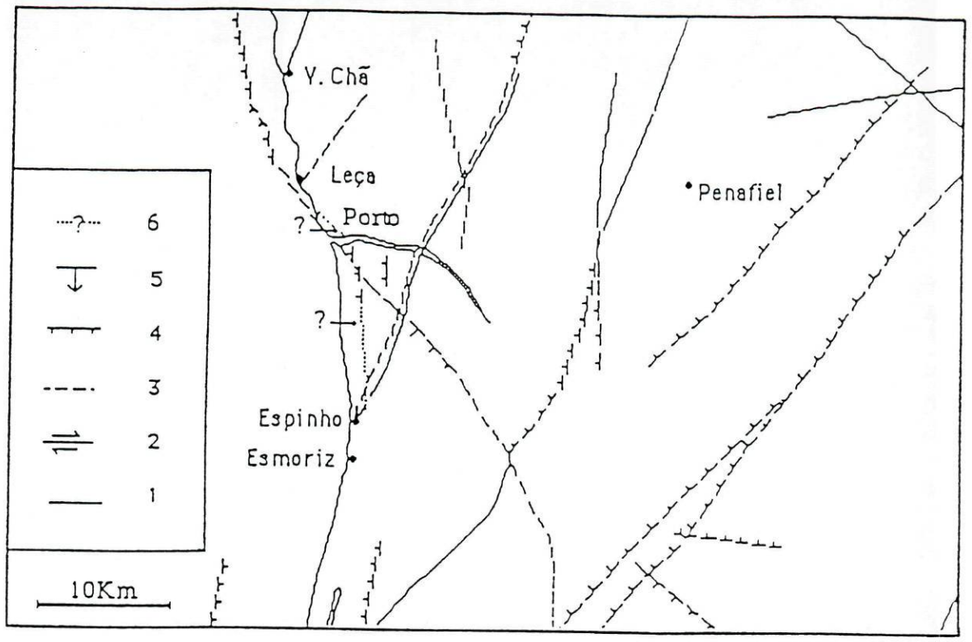


Fig. 16 - Carta neotectónica de Portugal: fragmento da parte norte do país (segundo J. Cabral e A. Ribeiro, 1989, mod.).

Legenda: 1 - Lineamento geológico podendo corresponder a falha activa; 2 - Desligamento; 3 - Falha com tipo de movimentação desconhecido; 4 - Falha com inclinação desconhecida, com componente de movimentação vertical (marcas no bloco inferior); 5 - Basculamento; 6 - Falha hipotética entre os depósitos fluviais e marinhos da plataforma litoral

N. B.: Os traçados interrompidos representam as falhas prováveis

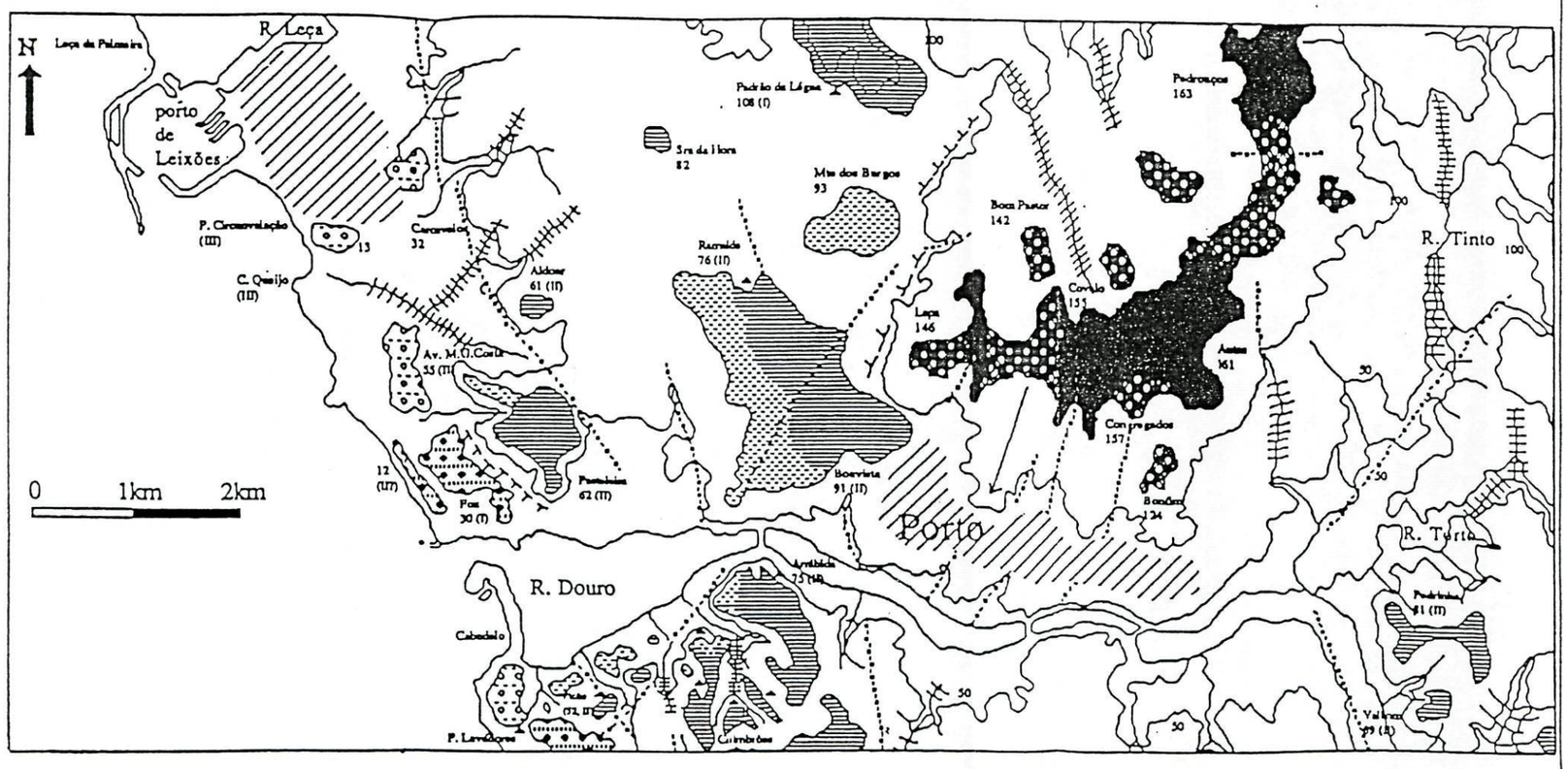


Fig. 17 - Esboço geomorfológico extraído e adaptado de A.ARAÚJO, 1991

- Areias de praia; dunas recentes
- Dunas antigas com horizontes argilo-humosos bem desenvolvidos (fim do Würm? Holocénico?)
- Cota representativa do afloramento mais próximo
- (I); (II); (III) Classificação atribuída aos depósitos fluviais e marinhos (cf. cap. 14)
- Assinala as manchas onde foram observados depósitos fluviais ou marinhos "in situ"
- Depósito marinho remexido
- Depósito marinho bem conservado
- Retalho aplanado com restos de depósitos presumivelmente fluviais, remexidos
- Retalho aplanado com depósito fluvial conservado
- Superfície não culminante do "relevo marginal" (Menos soerguida? Degradada?)
- Superfície culminante do "relevo marginal"
- Áreas em que a ocupação humana impediu a caracterização geomorfológica
- Vale de fundo plano
- Vale de fundo côncavo
- Vale em "V"
- Curvas de nível (equidistância=50m); ponto cotado
- Alinhamento estrutural
- Vale de fractura
- Falha provável

Toda a construção humana portuense assenta numa sucessão de superfícies inclinadas no sentido E-W (Fig.11 a e b), onde dominam os *granitos do Porto* e as formações do Complexo xisto-grauváquico[50](Fig.15 a e b). Sobre estas formações mais antigas aparecem-nos depósitos de praias antigas e terraços fluviais.

O conhecimento geológico da nossa área de estudo sofreu, nos últimos anos, uma evolução significativa (Fig.15 a e b , Fig.16 e Fig.17) influenciada, como reconhece M.A.ARAÚJO (1991), pelo desenvolvimento de técnicas sedimentológicas para o estudo dos depósitos, por investigações sobre a plataforma litoral e pela saudável mas aguerrida "luta" entre correntes de pendor mais "fixista" e de pendor mais "mobilista".

As diferenças evidentes entre a carta geológica 9-C, à escala 1:50 000 datada de 1957 (Fig.15 a), a carta geológica 1:500 000 de 1972[51] e a carta geológica 1.200 000 de1989[52], (das quais resultaram as Fig.15 b e Fig 17), testemunham a evolução que a compreensão da geologia desta área tem tido nos últimos anos, graças, sobretudo, às alterações na datação de alguns materiais rochosos existentes na região.

Tanto a carta geológica 1:500 000, como a 1:200 000, ao datarem os *granitos do Porto*[53] como hercínicos ante-vestfalianos afastam, definitivamente, a hipótese colocada anteriormente (Fig.15 a) de eles poderem ser ante-hercínicos[54]. Além da nova datação dos materiais, sobressai a cartografia de uma série de falhas na região (Fig.15 b), que não apareciam nas cartas anteriores. À publicação deste último instrumento de trabalho não foi alheio o avanço introduzido por J.CABRAL e A.RIBEIRO (1989)[55] quando da publicação da Carta Neotectónica de Portugal Continental.

---

[50]COSTA, CARRINGTON da, TEIXEIRA, C.- Carta geológica de Portugal. Notícia explicativa da folha 9-C (Porto), Lisboa ,1957.

[51]Carta Geológica de Portugal, 1:500 000, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 1972.

[52]Carta Geológica de Portugal, 1:200 000, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 1989.

[53] Segundo CARRINGTON DA COSTA e C.TEIXEIRA (1957), trata-se de um granito alcalino em que a moscovite predomina sobre a biotite e que se distingue de outros (ex: Lavadores e Madalena) pela sua cor mais clara e pela granularidade menos grosseira

[54]Na legenda da Carta geológica de Portugal. folha 9-C (Porto), Lisboa ,1957, os granitos do Porto são rotulados de"...ante-vestefaliano e provavelmente ante-silúrico..."

[55]Carta Neotectónica de Portugal Continental, 1:1000000, Serviços Geológicos de Portugal, Faculdade de Ciências e Gabinete de Protecção e Segurança Nuclear, Lisboa, 1989.

Nesta última (Fig.16), estão inscritas diversas falhas activas e desligamentos, cuja aparente intensificação de actividade, pode ser explicada pela emergência de uma zona de subducção a W do litoral português (A.RIBEIRO e J.CABRAL, 1986)[56]. A ser verdade, esta explicação vem confirmar o que por critérios geomorfológicos havia já sido concluído por F.REBELO (1975), mostrando que, ao contrário do que vulgarmente se pensa, a cidade do Porto não está incólume a movimentações. Facto que, com o devido respeito pela escala temporal destes fenómenos, não pode ser ignorado e deve merecer a maior atenção na definição das estratégias de planeamento e ordenamento do território desta área.

À superfície, constata-se que as formações mais antigas do Complexo xisto-grauváquico[57] foram largamente metamorfizadas e parcialmente assimiladas em granitizações posteriores. Aparecem à superfície nos dois extremos E. e W. da cidade. A E. em duas manchas, uma maior, que se estende desde sensivelmente a Estrada da Circunvalação entre o Freixo e S.Roque até ao Rio Torto, e outra menor, perto do Bonfim. A W. da cidade, estas formações surgem junto à costa, recobertas por depósitos plio-plistocénicos e recentes.

Os granitos ocupam a maior superfície. O "granito do Porto" apresenta-se à superfície com aspectos consideravelmente diferentes. Nuns lugares, surge fortemente caulinizado[58], como próximo do Monte dos Burgos onde é explorado industrialmente, enquanto noutros se apresenta pouco alterado, como na Areosa, sendo aproveitado para a construção civil.

Dentre as formações mais recentes, os depósitos Plio-Plistocénicos aparecem representados desde o nível dos 5-8 m, até ao dos 100-110 m. A maior parte destes depósitos surgem sob uma camada areno-pelítica de cor amarelada. Sucedem-se em manchas de extensão diversa desde a costa até sensivelmente um eixo que atravessa a cidade no sentido N-S desde o Monte dos Burgos até Massarelos, passando pela Boavista. O nível dos 100-110 m surge numa pequena mancha a N. da cidade perto do Monte dos Burgos.

---

[56] RIBEIRO, A., CABRAL, J., "The neotectonic regime of the West Iberia continental margin: a transition from passive to active?", Maleo, vol.2, nº13, Soc.Geol.Portugal, Lisboa, 1986, p.38.

[57] "...o complexo xisto-grauváquico corresponde a uma série de tipo *flysch*, cujos materiais deveriam ter sido transportados de paleo-continentes situados na periferia (SW e NE da Zona Centro-Ibérica)..." e "...algumas circunstâncias apontam para que tenha uma idade essencialmente Câmbrica...", ARAÚJO, A, 1991, p.101.

[58] A densa rede de diáclases facilitou em alguns casos a alteração em profundidade. É a esta apertada rede de diáclases que se deve o bom escoamento das águas pluviais.

Embora, como se disse, ainda esteja envolta em grande controvérsia no seio da comunidade científica especializada nestes temas, gostaríamos de sublinhar, porque é de primordial importância para o nosso trabalho de investigação, a *vitalidade* do substracto físico em que a cidade assenta. Vitalidade, que pode emergir da constatação que a faixa litoral atlântica da Peninsula Ibérica se está a transformar numa *margem activa*[59], realçando a importância da neotectónica nesta área, e do facto de, a partir de meados do século passado, se ter dado início a uma subida do nível do mar[60], responsável pela fase erosiva actual.

O facto da escala temporal a que se processam estes fenómenos ser quase imperceptível, em termos de uma ou várias gerações, tem feito com que se esqueça, ao nível dos instrumentos de planeamento urbanístico, esta vitalidade do substracto físico que nos interessa aqui reter. Ao relembrar, neste capítulo, o dinamismo e a evolução do meio físico, em que se inscrevem todas as acções dos portuenses, pensamos apenas contribuir para *recolocar* os interesses e objectivos do cidadão urbano numa outra dimensão em que as interrelações são complexas, múltiplas e pluridireccionais.

---

[59]RIBEIRO, A., CABRAL, J., 1986

[60]A. ARAÚJO, 1991, p.491.

2. Caracterização sócio-económica

De uma área total de 3985ha, a cidade do Porto tem cerca de 1/5 (752,7ha) a servir de suporte aos cerca de 44 086 edifícios recenseados em 1981 (Fig.18)[61].

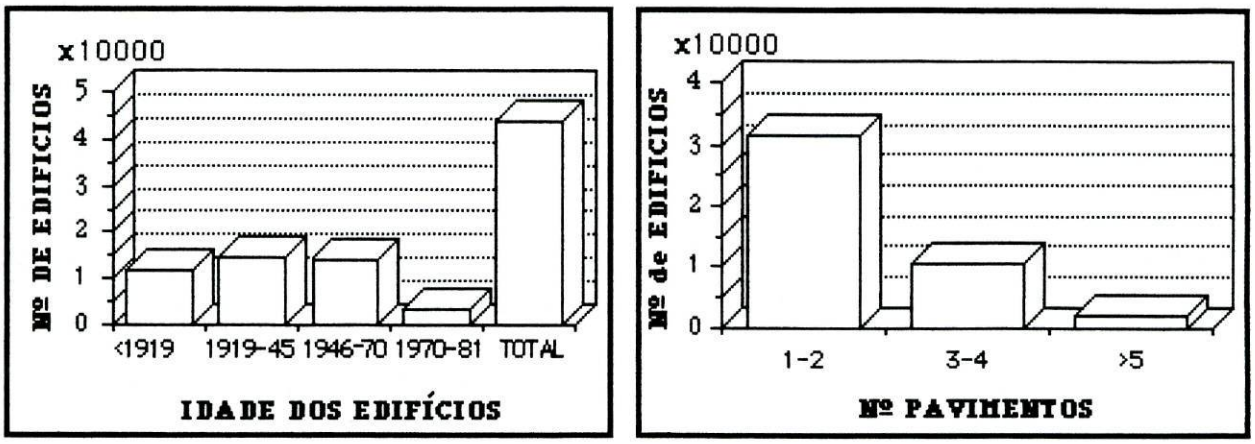


Fig.18 - Idade e altura dos edifícios no concelho do Porto (GPU, 1983)[62].

Os edifícios são, na sua maioria, de construção anterior a 1945 (Fig.18), com dois, três e mais pavimentos. As ruas, na área onde se encontram implantados estes edifícios mais antigos, são normalmente estreitas, o que, associado à exiguidade de espaços verdes, contribui fortemente para a imagem de grande compacidade que a cidade possui.

A cidade do Porto, assiste já ao necrosamento típico noutras grandes cidades europeias. As inovações tecnológicas, especialmente ao nível dos meios de comunicação, retiraram à cidade um dos atractivos principais, que consistia na multiplicidade de ofertas, bem como na rapidez das trocas de bens, serviços e informações. Hoje, com a difusão do telefone, fax e outros meios de comunicação, a matriz de acessibilidades, que fazia do núcleo central de cada cidade um lugar com inúmeras vantagens comparativas, distorceu-se completamente. Os padrões de localização alteraram-se e das cidades emergiu um vasto conjunto de desvantagens sócio-económicas

---

[61] Recenseamento Geral da População, INE, 1981.

[62] GABINETE DE PLANEAMENTO URBANÍSTICO, -Plano Geral de Urbanização, Porto, 1983.

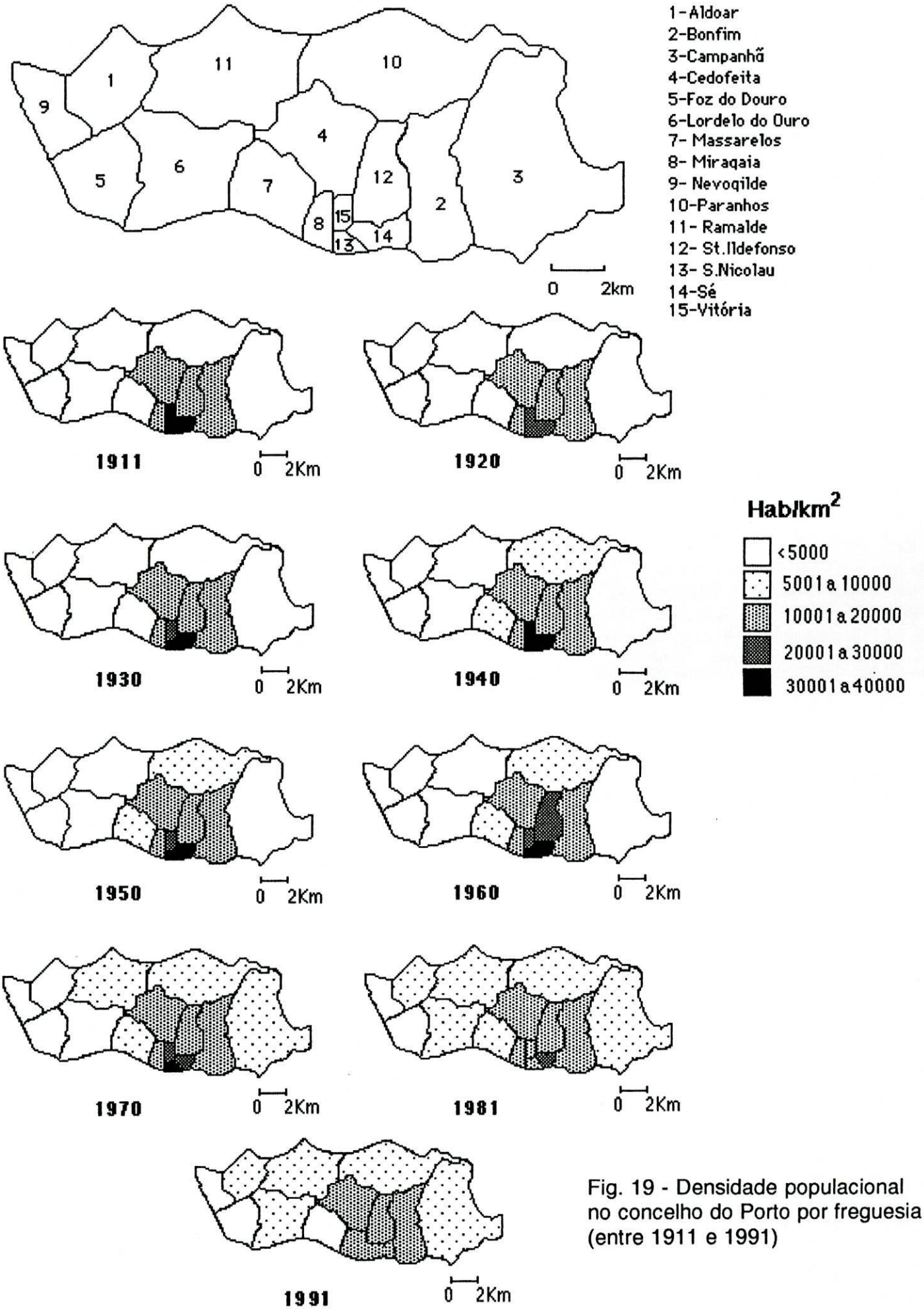


Fig. 19 - Densidade populacional no concelho do Porto por freguesia (entre 1911 e 1991)

Esta perda de atractividade traduz-se por uma diminuição da população, pela proliferação de espaços abandonados dentro da cidade, pelo aumento dos terrenos espectantes, etc. A primeira destas consequências é já óbvia na cidade do Porto. Enquanto em 1981 residiam 327696 habitantes, desigualmente distribuídos pelas 15 freguesias em que se subdivide administrativamente o concelho, em 1991 residiam apenas 297506 pessoas (Fig.19).

Para esta diminuição total da população contribuiram, mais ou menos, todas as freguesias, embora as perdas, em termos relativos, mais significativas tenham ocorrido nas freguesias do *centro*.

O alojamento destas cerca de 300 000 pessoas residentes no concelho, justifica aliás, só por si, o enorme peso relativo do espaço construído, com vista à habitação, que se observa na cidade do Porto (Fig.20).

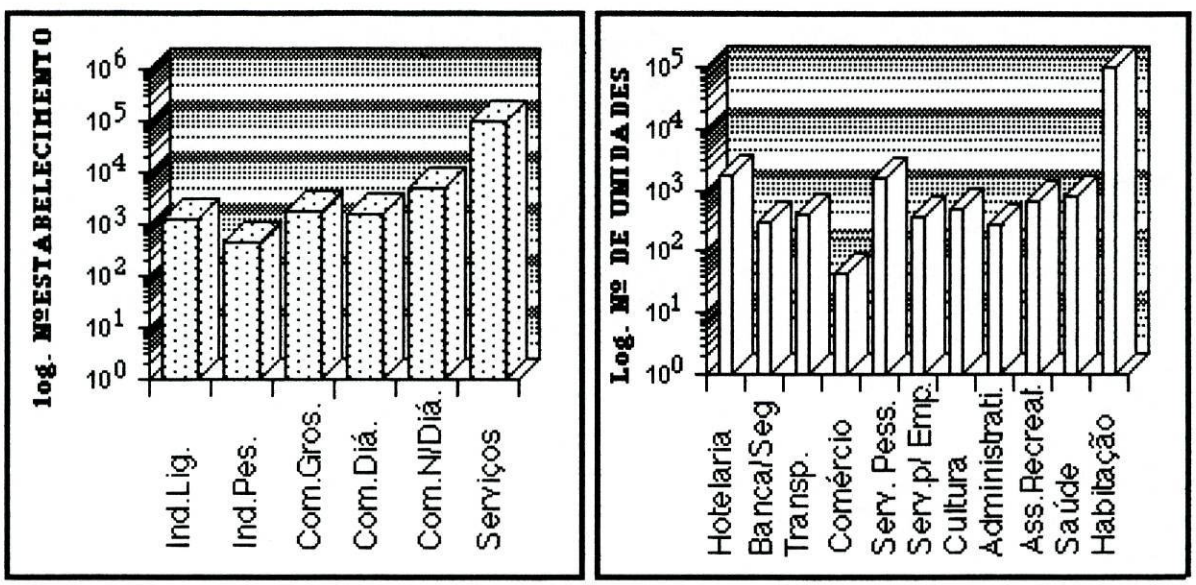


Fig.20 - Número de estabelecimentos (à esquerda) e de edifícios ocupados por algumas funções urbanas (à direita) segundo o relatório elaborado pelo GPU (1983).

Apesar do menor peso relativo na totalidade do espaço construído na cidade (Fig 20), têm grande importância, para este trabalho, as 1719 unidades industriais, subdivididas em 1270 unidades ocupadas pela indústria ligeira e

449 ocupadas pela indústria pesada[63], dentre as quais seleccionamos alguns grupos que nos parecem ser, pelas actividades que desempenham, os que potencialmente mais poderão alterar a composição química da atmosfera portuense (Fig.21)[64].

Exceptuando Cedofeita, são as freguesias periféricas de Ramalde, Paranhos, Bonfim e Campanhã as que concentram o maior número de estabelecimentos industriais potencialmente poluidores (Fig.21).

Optamos por cartografar os valores absolutos, uma vez que a introdução da variável área não nos acrescentaria qualidade à informação sobre o posicionamento dos principais "núcleos de poluição" na cidade.

A localização das principais fontes poluidoras só se conseguiria com uma inventário exaustivo, levado a cabo por uma equipa pluridisciplinar, que conduzisse a uma cartografia por rua e respectivo número de polícia, que obviamente não nos foi ainda possível executar.

Ainda assim, parece que não falsearemos, em demasia, a realidade, se definirmos como fornecedoras das maiores quantidades de efluentes tóxicos para a atmosfera portuense **a área oriental da cidade** e o **núcleo meridional mais antigo**.

Embora, quando observado ao nível do solo, o Porto ofereça, de facto, um aspecto compacto, cinzento, húmido e sombrio, parecendo "...aconchegado no seu grande capote de granito, fumegando independente, no cacimbo dos seus nevoeiros..." (LEITÃO DE BARROS, 1896)[65] numa perspectiva aérea, mais globalizante, a imagem é consideravelmente distinta. Dentro dos quarteirões, muralhados por fachadas imponentes, sobrevivem ainda muitas manchas verdes (Fig.22 e Fotografia 1)[66].

---

[63]Embora não estejamos alheios à controvérsia em torno da utilização desta subdivisão da indústria -ligeira/pesada- limitamo-nos, aqui, a transcrever a subdivisão utilizada pelo GPU, 1983

[64]A lista das indústrias no concelho do Porto foi obtida na delegação do norte do MIn. da Indústria, a cujos responsáveis aproveitamos para agradecer a disponibilidade sempre demonstrada durante a consulta dos ficheiros. Aproveitamos tambem para agradecer a colaboração na recolha da informação das lic. em Geografia Drª Marta Vida, Drª Inês Carrulo e Drª Laura Silva.

[65]Citado por BASTO, A.MAGALHÃES , O Porto, Livraria Bertrand, Lisboa, s/data, p.125.

[66]Este levantamento dos espaços verdes na cidade do Porto foi elaborado a partir do Ortofotomapa à escala 1:10000, IGC, 1988. Aproveitamos para agradecer aos Serviços da Carta da Cidade da CMP a amável cedência de cópias deste instrumento de trabalho.

Para além dos jardins conservados no interior dos quarteirões mantiveram-se, embora sem a funcionalidade[67] e o aproveitamento doutros tempos, os jardins da Cordoaria, do Carregal, da Boavista, da Arca d'Água, etc. Incluídas, parcialmente, nas estratégias de manutenção e redinamização dos *Espaços Verdes* dentro do espaço urbano, estão duas grandes áreas de lazer multifuncionais, o Parque da Cidade, no estremo NW da cidade e o Parque de S.Roque, na área oriental da cidade.[68]

---

[67] "...Dizia-se que esta era a cidade dos jardins. Das flores e das camélias. Os jardins funcionavam como elementos de convivência cívica e da ocupação dos ócios dos portuenses. Ir ao jardim era hábito, prazer, divertimento. Conveniência de saúde no mundo fechado das ruas estreitas e sobrepovoadas dos limites do burgo.

Mais do que pulmões, os jardins foram, até à época das comunicações e dos transportes de massas, centros culturais e organismos vivos no coração do tripeiro..." (PACHECO, HELDER, Porto, col. Novos Guias de Portugal, 3ªed., Ed. Presença, Lisboa, 1988, p. 175).

[68] A análise crítica das estratégias respeitantes aos "espaços verdes" perspectivadas no Plano Geral de Urbanização será levada a cabo no último capítulo.

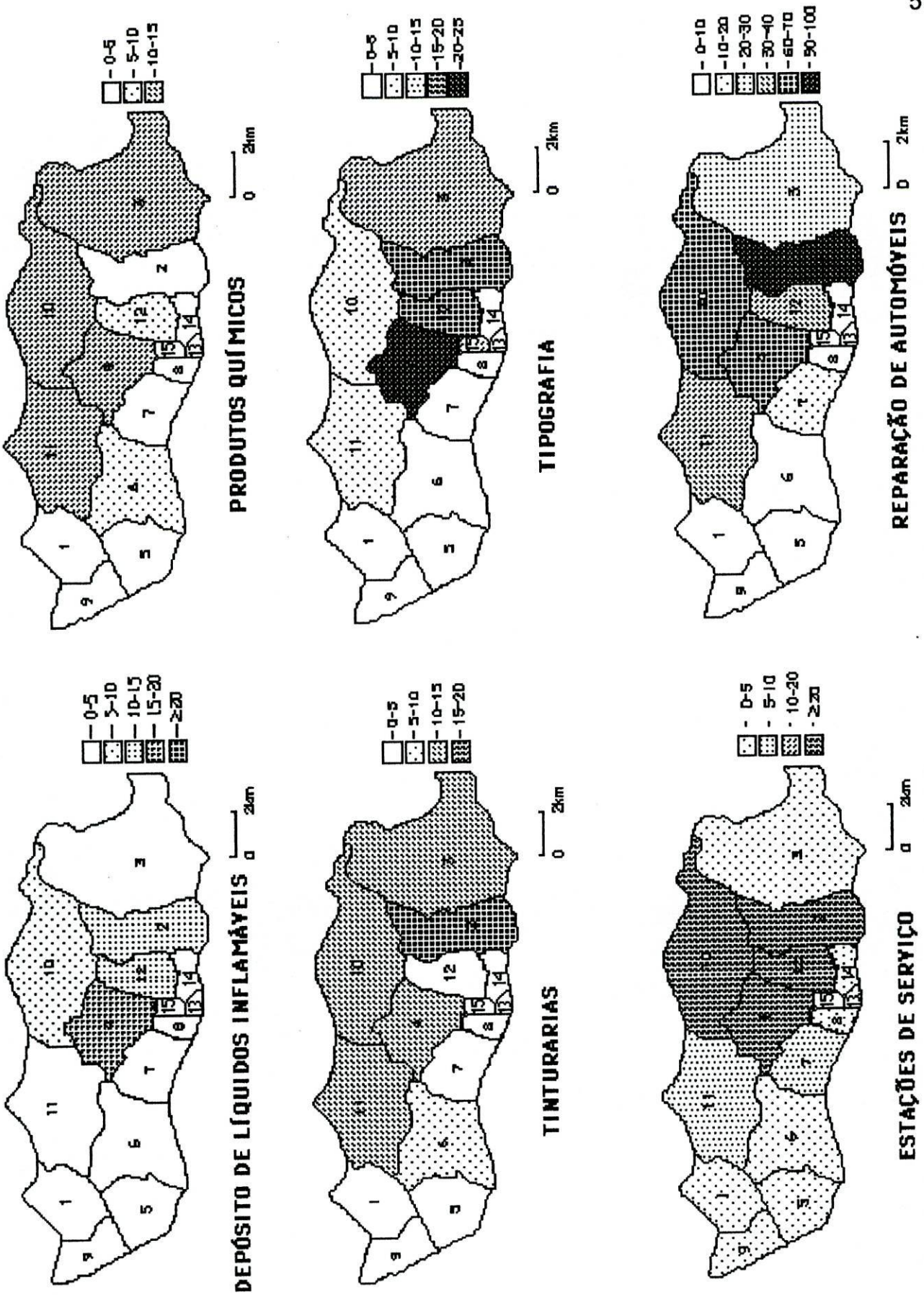


Fig. 21- Número de unidades industriais poluentes, por freguesia, na cidade do Porto
(os números inseridos correspondem aos da figura 19)

a) parte ocidental

FOT.1 - VISTA AÉREA SOBRE A CIDADE DO PORTO

(Setembro 1991)

b) parte oriental

Fig. 23 - Manchas Verdes na cidade do Porto

Fonte: Ortofotomapa gentilmente cedido pela C.M.P.
à escala 1:10000, com base na cobertura fotográfica de Junho 1988

IV- O CLIMA DA ÁREA DO PORTO DESDE O INÍCIO DO SÉCULO XX

1. Adaptação da metodologia em função da informação disponível

Para avaliar, ainda que de uma forma genérica, as dimensões, a dinâmica e as causas do comportamento do subsistema climático portuense, necessitaríamos de registos contínuos, dentro da área urbana, durante um número de anos considerável. Deveríamos ter, também, como referência, várias estações dentro da cidade, aferidas oficialmente com, pelo menos, uma centena de anos de registo, de modo a que as *nuances*, eventualmente expressas nos registos móveis, pudessem ser comparadas e devidamente avaliadas.

Não nos é possível a nós, nem o foi a outros investigadores que se dedicaram a este tema, em países mais desenvolvidos[69], iniciar esta abordagem em Climatologia urbana com a informação que desejaríamos, quer em quantidade, quer em qualidade. Pensamos, no entanto, que, tratando-se de uma primeira tentativa para compreender um pouco melhor este complexo subsistema climático urbano, e não pretendendo nunca ter a veleidade de acreditar que seja possível entendê-lo na íntegra, de uma só vez, avançamos no processo de análise, tentando manter, constantemente, um compromisso coerente entre a informação necessária e a existente. Desta diferença, resultará sempre a impossibilidade de alcançarmos qualquer tipo de conclusão exacta dos processos complexos que nos propusemos entender melhor no capitulo I (Fig.2).

Para testar a nossa hipótese inicial de que o clima portuense reflecte, já, os efeitos do metabolismo urbano, utilizaremos três escalas temporais de análise:

1 - a evolução de alguns elementos climáticos desde o início do século-estação de Porto-Serra do Pilar;

2 - a evolução de alguns elementos climáticos na região durante os últimos 20 anos - Porto-Serra do Pilar, Porto-Pedras Rubras, Porto-Boa Nova, Paços de Ferreira e Santo Tirso;

---

[69]CHANDLER, T.J., DETWYLER,T.R., LANDSBERG, H., LEE, D.O., LOCKWOOD,J., LOWRY, W.P.ou OKE, T.R., entre outros.

3 - o comportamento diário dos elementos climáticos entre 1987 e 1991 na estação de Porto-Serra do Pilar, e dentro do espaço urbano através de registos móveis e fixos.

Na primeira abordagem, analisaremos apenas o comportamento da temperatura, máxima e mínima, e da precipitação, para a única estação, na nossa área de estudo, que possui registos durante os últimos noventa anos, a estação de Porto-Serra do Pilar.

A aproximação seguinte, à escala dos últimos vinte anos, será conseguida com apoio nos registos de 6 estações[70], 4 muito próximas dos limites administrativos da cidade e 2 mais distantes[71] (Fig.23). Nesta análise, serão tratados os registos mensais da temperatura média mínima, da temperatura média máxima, da humidade relativa, do número de dias com nevoeiro, geada e orvalho, da nebulosidade, da evaporação total, da precipitação total, da precipitação extrema diária máxima e do vento (velocidade e rumo).

A terceira escala de análise versará, exclusivamente, os dados diários oficiais do Porto-Serra do Pilar, os registos que obtivemos através de alguns postos fixos que colocamos na área urbana e os registos móveis que efectuamos na cidade.

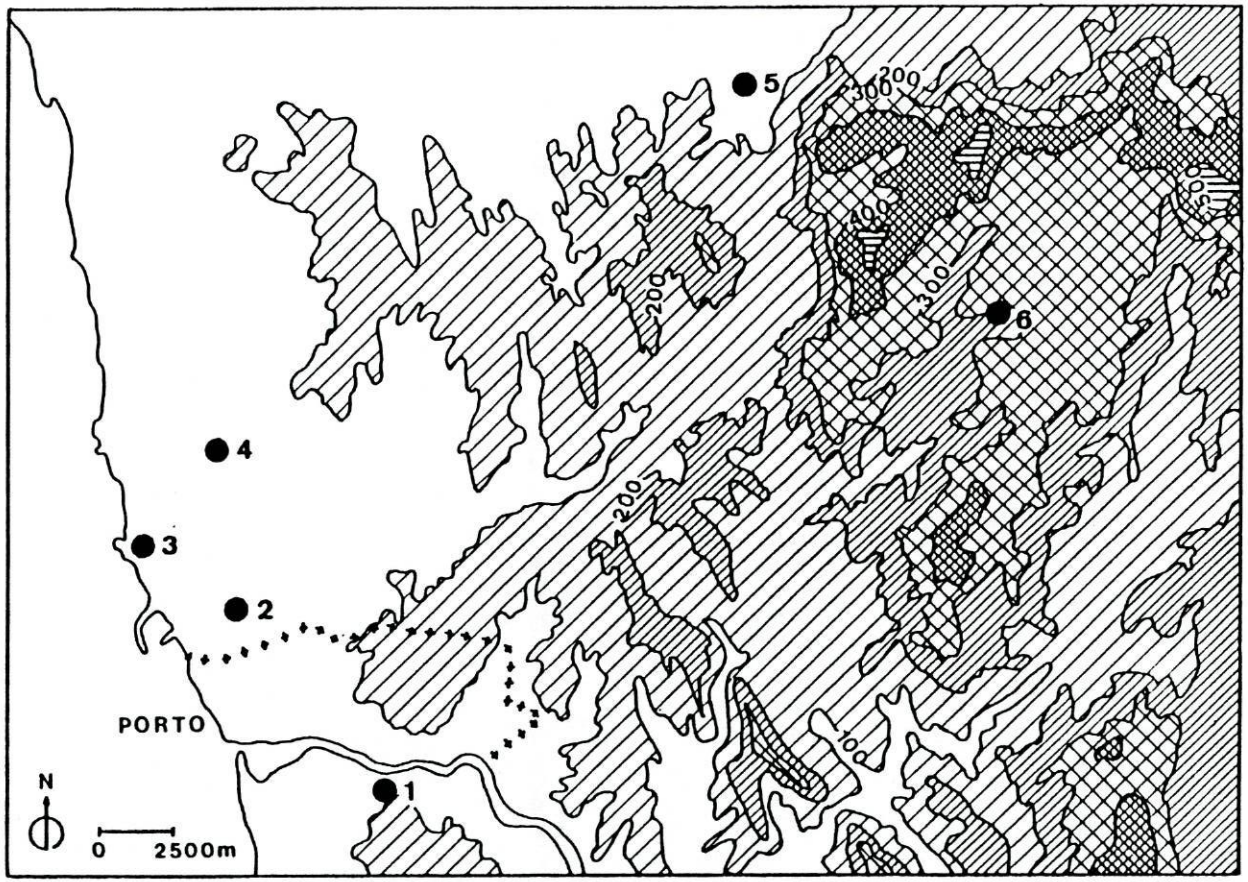
Dispomos, para esta fase dos registos diários efectuados na estação Porto-Serra do Pilar, do mesmo tipo de variáveis climáticas utilizadas na análise anterior, agora, para o período de 1 de Abril de 1987 a 31 de Março de 1991. Nos postos fixos que colocamos na cidade, apenas foi registada a temperatura a várias horas do dia. A partir dos registos móveis efectuados, analisaremos também, fundamentalmente, o comportamento da temperatura e, apenas em alguns casos, o da humidade relativa e o do vento (rumo e velocidade).

---

[70] O diagnóstico da conjuntura climática na nossa área de estudo fica, desde logo, incompleto, pelo facto das estações climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG) não se distribuirem uniformemente pelo espaço. Na margem esquerda do rio Douro dispomos apenas de uma, Porto-Serra do Pilar, enquanto na margem direita existem cinco (Boa-Nova, S.Gens, Pedras Rubras, Paços de Ferreira e Santo Tirso)

[71] A estação de Santo Tirso foi encerrada em 1981 pelo que o período em análise, neste caso, se limitará a 1970-1981.

Fig. 23 - Localização das Estações Climatológicas



LEGENDA

- Limite do Concelho do Porto
- Curvas de Nível

Altitudes: (m)

- > 500
- 400 - 500
- 300 - 400
- 200 - 300
- 100 - 200
- < 100
- Estação Climatológica

1 - Porto - Serra do Pilar
2 - S. Gens
3 - Boa Nova
4 - Porto - Pedras Rubras
5 - S. Tirso
6 - Paços de Ferreira

2. A estação climatológica de Porto-Serra do Pilar: a única série secular disponível na nossa área de estudo

O interesse dos portuenses pela conjuntura climática vivida, sobretudo pelos extremos, abordada no início do trabalho,[72] traduz-se, até, pelo grande número de notícias publicadas nos jornais da cidade, como, por exemplo, no Tripeiro e no Jornal de Notícias.

No primeiro deles, liam-se com frequência na época de viragem do século títulos como:

"*...Apesar da chuva torrencial e ciclónica ventania...*", dias 5 e 6 Junho 1898

"*...A seca que vem flagelando o país começa a ter foros de calamidade nacional, visto já se considerarem perdidas as principais culturas...*", dia 12 de Julho 1898

"*...A Liga Agrária do Norte atendendo a que a terrivel estiagem está a provocar totais prejuízos nas principais culturas pede ao Governo para que seja proibida a queima de cereais importados levada a cabo(dizem) com fins especulativos...*", dia 16 de Julho de 1898

"*...A terrível estiagem continua, antolhando-se catastróficas as suas consequências...*", dia 29 de Julho de 1898

"*...Uma tremenda tempestade desaba sobre a cidade, causando grandes prejuízos em terra e no mar...*", dias 16 e 17 de Outubro de 1898

"*...Cai sobre a cidade um dos mais violentos temporais dos últimos tempos, [...] chuvas torrenciais provocam inúmeras inundações sobretudo no centro e na baixa da cidade...*", dias 7 e 8 de Fevereiro de 1899

"*...Um violento tufão causa graves prejuízos em terra e mar...*", dia 13 de Dezembro de 1899

"*...o tempo, desde há muito siberianamente agressivo...*", dia 1 de Janeiro de 1901

"*...mau grado o frio glacial que os entorpece, os portuenses assistem encantados ao na cidade tão raro como sempre maravilhoso espectáculo duma queda de flocos de neve...*", dia 2 de Março de 1904.

---

[72] Capitulo II.1- A vulnerabilidade dos portuenses às perturbações climáticas impostas pela urbanização.

Ou ainda factos que não se apagaram na memória das gentes e que se passaram de gerações em gerações, como foi o ciclone em 1941 que O Tripeiro também testemunhou escrevendo:

> *"...caíu sobre o Porto um ciclone extraordinário, não havendo memória, nem antes nem depois, de temporal com semelhante violência...",* dia 3 de Fevereiro de 1941

A forma como o comportamento dos elementos climáticos, especialmente quando assumem valores extremos, determina a economia e o bem-estar da população transparece, claramente, nestes excertos.

O interesse pelas relações Clima-Homem não é, portanto, novo. São relações que interessam os investigadores há muito tempo. O considerável número de teses e artigos publicados pela Escola Médica do Porto e pela Faculdade de Ciências, desde finais do século passado, são bem um testemunho, por um lado, da antiguidade do tema, e por outro, da diversidade de formação dos interessados.

Trabalhos de investigação como os de JOAQUIM GUILHERME GOMES COELHO (1861)[73], mais conhecido pelo pseudónimo de Júlio Dinis, que centrou a sua dissertação em torno da importância das condições climatológicas para a compreensão da evolução de determinadas patologias, ou os de RICARDO JORGE (1897)[74], CARLOS B. M. CHAMPALIMAUD (1901)[75] e de ANTÓNIO PEREIRA RAMALHO (1908)[76] ou ainda, os de ÓSCAR SATURNINO (1932)[77], exemplicam o que atrás se disse sobre o grande interesse que o conhecimento das condições climatológicas, vividas na região portuense, sempre despertou.

---

[73]COELHO, JOAQUIM GUILHERME GOMES, Da importância dos estudos meteorológicos para a medicina, Porto, 1861

[74]JORGE, RICARDO, Origens e desenvolvimento da população do Porto - notas históricas e estatísticas, Separata do Annuario Municipal de Saúde e Hygiene, nº140, Typographia Occidental, Porto, 1897.

[75]CHAMPALIMAUD, CARLOS BARREIROS MONTEZ, Foz do Douro e Febre _Typhoide, Dissertação inaugural apresentada à Escola Medico-Cirurgica do Porto,Porto, Julho 1901, p.26-34.

[76]RAMALHO, ANTÓNIO PEREIRA, Pequeno subsídio para o estudo da Climatologia Médica Portuguesa . (Serra de Montemuro, região da Gralheira), Encyclopedia Portugueza, Porto, 1908.

[77]SATURNINO, ÓSCAR, Subsídio para a Climatologia da Cidade do Pôrto (seis meses de observações), em Notas de Estudo, Fac. Ciências, Porto, 1932.

A estação climatológica da Serra do Pilar (Porto) é a única, na nossa área de estudo, que possui uma série de registos secular. Esta estação está localizada na margem direita do rio Douro (Fig.23), fora dos limites administrativos da cidade do Porto, a uma altitude de 90 m, numa área aplanada que domina uma vertente com declive muito acentuado (> 75°).

A sua posição (Fig.24) no troço final do rio Douro impõe-lhe uma conjuntura climática muito particular que, não pode ser de forma alguma generalizada e utilizada como indicador do comportamento dos elementos climáticos em áreas muito próximas, como o Porto, por exemplo[78].

Os elementos climatológicos registados na estação da Serra do Pilar reflectirão, certamente, os efeitos combinados da canalização dos ventos de E. e W. através do vale encaixado e sinuoso do Douro, do arejamento típico associado à sua posição cimeira e do espaço urbano portuense que lhe está imediatamente a N. O desconhecimento do peso relativo de cada uma destas condicionantes, e de muitas outras, impede-nos de, na abordagem que se seguirá, identificar facilmente o comportamento assumido por alguns elementos climáticos nesta estação com o que se verificou na cidade.

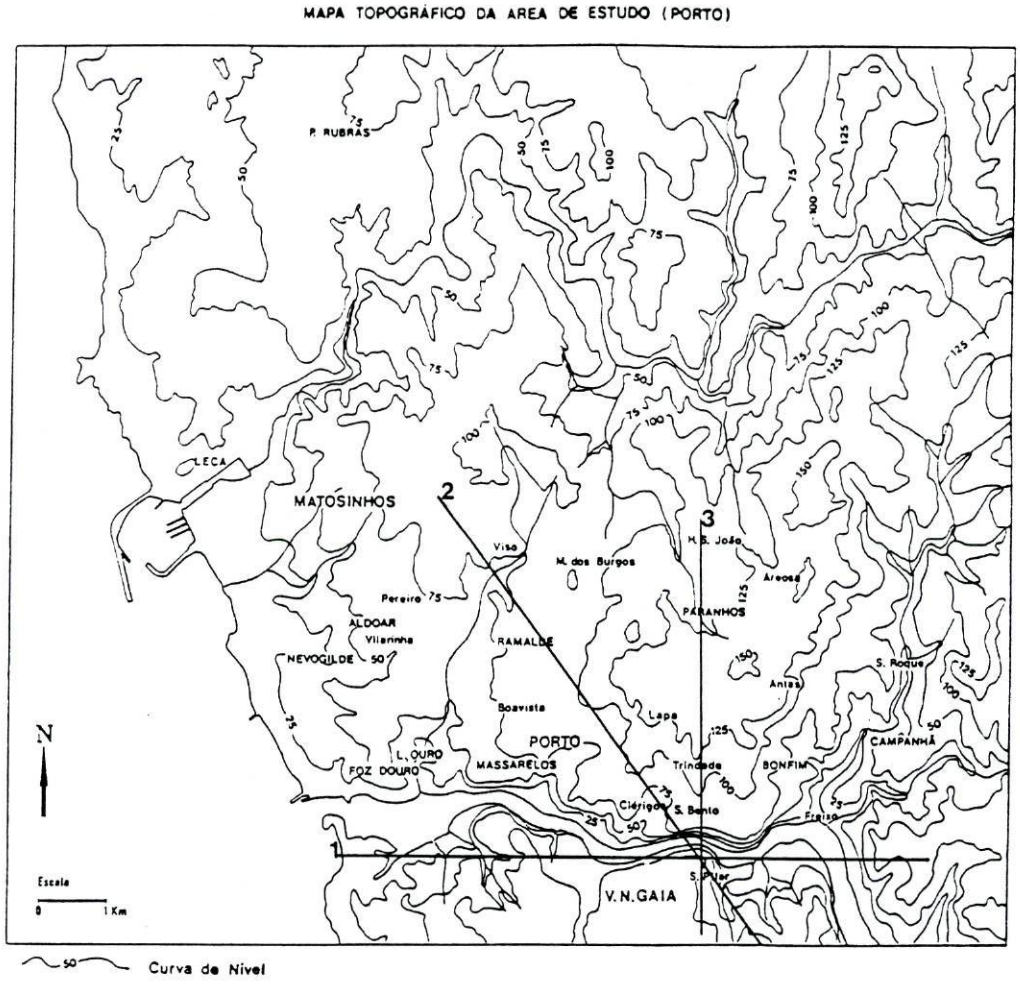
A localização da estação climatológica e a sua utilidade como reflexo das condições climatológicas presentes na cidade estão bem explícitas na história do "Observatório da Serra do Pilar" elaborada por A.COUTINHO LANHOSO (1965)[79].

Este trabalho, cuja razão fundamental é elogiar a perseverança e dedicação do capitão-tenente engenheiro hidrógrafo José Maria de Sousa Soares Andrea Ferreira, o fundador do "Observatório", como então se designava, enumera-nos as sucessivas alternativas e as dificuldades na decisão de localização da estação climatológica da cidade.

---

[78]Ao invocar as razões que o levaram a montar uma estação climatológica no colégio João de Deus, na época em que era observador-chefe no Observatório da Serra do Pilar, Óscar Saturnino diz que "...tinha curiosidade em conhecer até que ponto se fazia sentir a influência do rio na temperatura, tensão de vapor e humidade relativa na margem direita[...] porque o comportamento dos outros elementos é evidentemente análogo..."(SATURNINO,O, 1932, p.8).

[79]LANHOSO, A.COUTINHO, "Observatório da Serra do Pilar", Tripeiro, nº8, VI Série, Ano V, 1965, p.225.



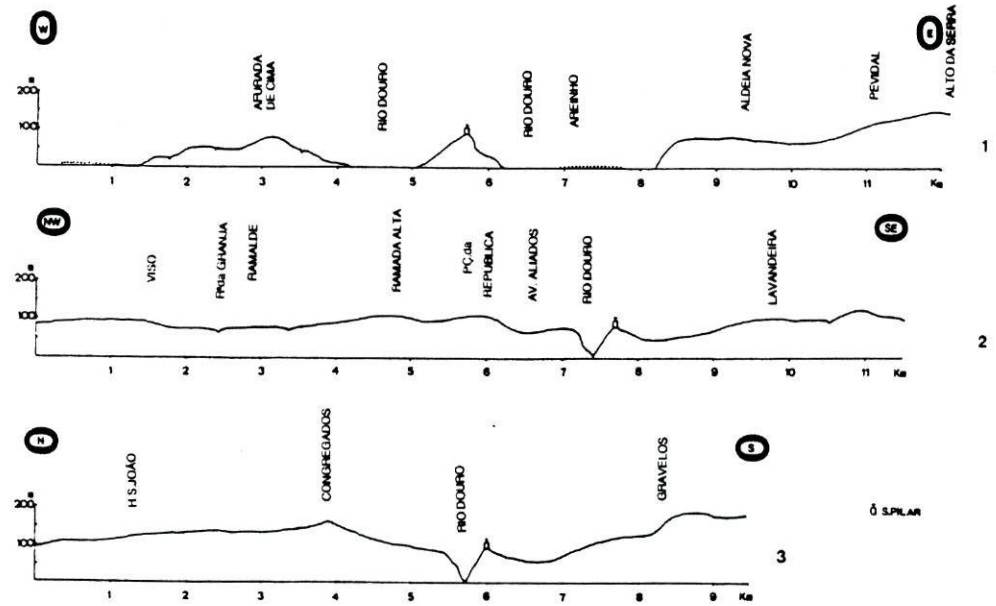


Fig.24 -Perfis topográficos representativos da posição da estação climatológica da Serra do Pilar (Porto).

"*...A razão ou razões porque dois ilustres oficiais da Marinha de Guerra resolveram instalar o Observatório da Serra do Pilar, são desconhecidas e não é fácil descobri-las...*"[80], especialmente porque o Porto possuía desde 1853 um posto meteorológico, o da "Escola Médica do Porto", nos terrenos onde posteriormente se edificou a Faculdade de Ciências. A decisão foi oficialmente tomada em 1 de Fevereiro de 1883, data do ofício em que o Director do Observatório D.Luis, capitão-tenente Brito Capelo, nomeia Soares Andrea como Director do Posto Meteorológico e Magnético do Porto.

O processo de aquisição dos terrenos para a implantação da estação não foi fácil. Entre 1 de Fevereiro de 1883 e 9 de Junho de 1885, altura em que a estação entra em funcionamento, sucede-se um conjunto de peripécias e contrariedades que só foram ultrapassadas pelo "*...infatigável zelo e desmedida dedicação, da doentia carolice do Comandante Soares Andrea...*".

A hipótese de localização no, outrora designado, "Monte de Quebrantões" - Serra do Pilar foi rejeitada inicialmente porque o parecer do inspector de Engenharia Militar foi desfavorável e porque perto deste local havia "*...uma fábrica de sulfureto de carbono que pela sua esguia chaminé, colocada em plano inferior ao futuro observatório, o inundaria constantemente com pestilento e incomodativo fumo, tornando-o doentio e desconfortável, para os seres vivos, e prejudicial, quase calamitoso, para os aparelhos de observação...*". Surgiram várias alternativas: Castelo de Gaia, Palácio de Cristal, Monte da Formiga, Monte dos Congregados, Praça Raínha D.Amélia, etc.. Os entraves de tipo formal, associados à aquisição dos terrenos no curto espaço de tempo pretendido pelo responsável do projecto, fez com que se voltasse à hipótese de localização inicial, onde ainda hoje se encontra.

Já depois da sua instalação e sublinhando as animosidades entre a Marinha de Guerra e os corpos docentes da Academia Politécnica do Porto, futura Faculdade de Ciências, sucedem-se as demissões no cargo de Director do "Observatório"[81]. Destas sucessivas mudanças na direcção resultaram

---

[80]LANHOSO, A.COUTINHO, "Observatório da Serra do Pilar", Tripeiro, nº8, VI Série, Ano V, 1965, p.226.

[81]Testemunho desta oposição são as opiniões opostas de ÁLVARO MACHADO e ÓSCAR SATURNINO.

Enquanto no artigo de ÁLVARO R. MACHADO intitulado Observatório da Serra do Pilar - breves notas históricas, publicado em 1929, o autor afirma que a estação "...nem tam pouco estava em condições de definir o *clima normal* da cidade do Pôrto, porque está situado em V.N.Gaia, à beira do rio..."(MACHADO, A., 1929, p.61), ÓSCAR SATURNINO afirma que"...A esperiência tem afinal demonstrado que é mais prejudicial para o Observatório da Serra do Pilar a visinhança do

algumas interrupções no funcionamento e consequentes lacunas na série de dados registados e, mais importante, foram variando os objectivos do "Observatório".

Passado mais de um século sobre a sua criação, atrevemo-nos a dizer que, o actualmente designado, Instituto Geofísico da Universidade do Porto, (IGUP), continua a ser um projecto incompleto e discutível do ponto de vista da investigação em Climatologia. Pertencendo, institucionalmente, ao Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, e não havendo actualmente naquele departamento investigação dirigida para a Meteorologia, o IGUP vocaciona-se para outras áreas das Ciências da Terra. A área de Climatologia, sob a responsabilidade do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, é literalmente o *parente pobre* da instituição, limitando-se, apenas, ao registo e transmissão dos dados, sem que, na origem, seja adicionada qualquer *mais valia* do ponto de vista científico.

O facto de, como afirmava Coutinho Lanhoso no artigo que temos vindo a citar, caber ao Porto "*...a honra de ter sido a primeira cidade onde se fizeram as primeiras observações meteorológicas realizadas no País, tendo sido o Observatório da Escola Médico-Cirúrgica do Porto a primeira das instituições deste género a estabelecer-se em território português...*"[82], não contribuiu para incrementar o conhecimento da conjuntura climática portuense. Sobretudo, não é motivo, actualmente, de fixação e enriquecimento de informação na área, beneficiando da possibilidade privilegiada de associar os conhecimentos científicos ao empirismo veiculado pela vivência quotidiana na área. Não é utilizado pelos agentes económicos nem pela comunidade científica, como poderia ser, um núcleo de divulgação da climatologia teórica e aplicada capaz de *servir* a área em que se inscreve[83].

A complexidade histórica em que se envolveu a localização da estação climatológica, o abandono a que esteve votada em alguns momentos, e a evolução que a própria instrumentação e técnica de leitura sofreu desde o início do século, sugeriram-nos que a análise secular se circunscrevesse, apenas, aos

---

Quartel de Artilharia 5 por ocasião das perturbações políticas, do que a pacífica proximidade do rio Douro, durante as perturbações atmosféricas..." (SATURNINO,O,1932, p.13).

[82] LANHOSO, A.COUTINHO, "Observatório da Serra do Pilar", Tripeiro, nº8, VI Série, Ano V, 1965, p.282.

[83] Aproveitamos para agradecer à direcção do IGUP a disponibilidade e a autorização de consulta dos registos essenciais para a elaboração do nosso trabalho de investigação.

dois elementos climáticos registados ao longo da série com mais consistência e aferidos por mais de um instrumento[84], a **temperatura** e a **precipitação**. Estes pareceram-nos ser, também, aqueles cujas tendências de comportamento melhor deveremos *conhecer* para avaliar correctamente a importância, à escala regional, das hipotéticas, e tão faladas, *alterações climáticas* ocorridas nos últimos anos.

2.1. A Temperatura

Para a percepção do padrão de comportamento deste elemento climático na área do Porto, recorremos aos registos diários e às médias mensais de temperatura máxima e mínima entre 1900 e 1989.

2.1.1. Médias Mensais de Temperatura Máxima e Mínima

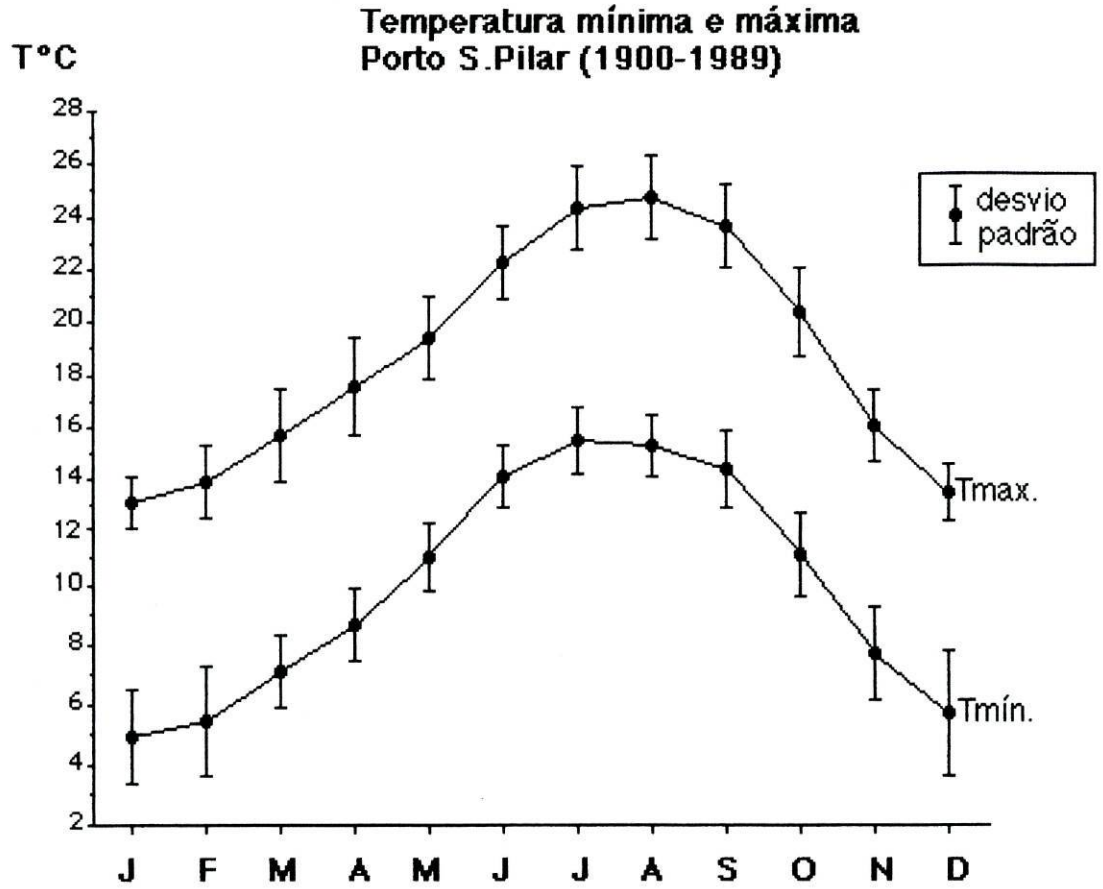
A análise destes registos mostra uma identidade de comportamento entre as linhas representativas da temperatura mínima e máxima (Fig.25). Há uma coincidência perfeita entre os meses, de uma e de outra série, quanto à ocorrência dos valores extremos mais baixos e mais elevados.

As temperaturas médias mensais mínimas oscilaram entre os 4.9°C em Janeiro e os 14.9°C em Julho. As temperaturas médias mensais máximas variaram entre os 13.1°C em Janeiro e os 24.7°C em Agosto.

Enquanto a Janeiro corresponderam os valores mais baixos, quer das temperaturas mínimas quer das máximas, houve um ligeiro atraso entre os valores mais elevados da temperatura média mensal máxima (Agosto) relativamente ao valor mais elevado da temperatura média mensal mínima (Julho).

---

[84] O comportamento intra e interanual de alguns elementos climáticos nesta estação climatológica foram alvo de análise no trabalho inserido na prestação de Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica que apresentamos à Faculdade de Letras da Universidade do Porto em Março de 1987, sob o título Contribuição para o estudo das implicações no clima local, da construção de barragens.



		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T.MIN.	Méd.	4.9	5.5	7.1	8.7	11.0	13.6	14.9	14.7	13.9	11.1	7.8	5.7
	Desv. Pad	1.6	1.8	1.2	1.2	1.2	1.1	1.2	1.1	1.3	1.4	1.6	2.1
	Coef. Var.	32	33	17	14	11	8	8	7	10	12	20	36
T.MAX.	Méd.	13.1	13.9	15.7	17.5	19.4	22.3	24.3	24.7	23.6	20.4	16.1	13.6
	Desv. Pad	1.0	1.4	1.8	1.9	1.6	1.4	1.6	1.6	1.5	1.7	1.4	1.1
	Coef. Var.	8	10	11	11	8	6	6	6	6	8	9	8

< da série > da série

Fig.25 - Temperatura média mínima e máxima no Porto-S.Pilar (1900-1989). Em cima: diagrama linear da temperatura média mensal mínima e máxima; em baixo: média, desvio padrão e coeficiente de variação para as duas séries analisadas.

No que respeita à variabilidade de cada uma das séries (Fig.25), observável tanto na representação gráfica, como nos valores do desvio padrão e do coeficiente de variação, inscritos no quadro adjacente ao diagrama linear, é interessante verificar que esta aparente coincidência, entre os valores mais elevados e mais baixos de cada uma das séries, não se traduz, provavelmente, na realidade. A coincidência ao nível dos valores médios mensais mascara situações anuais particulares muito diversas.

As temperaturas mínimas em Dezembro, Janeiro e Fevereiro, mais no primeiro do que nos dois seguintes, foram sempre as mais baixas do ano e, simultaneamente, aquelas em que a variabilidade interanual foi maior. Repare-se, a título de exemplo, no caso de Dezembro, em que a variabilidade absoluta foi de ±2.1°C. Isto significa que, de facto, neste mês, a temperatura mínima oscilou, ao longo dos 90 anos em análise, entre 7.8°C e 5.6°C. No mês de Janeiro, por exemplo, não foi nunca inferior a 3.3°C nem superior a 6.5°C, enquanto no mês de Fevereiro oscilou entre os 3.7°C e os 7.3°C. Embora muito irregular, o mês de Dezembro, em termos de temperaturas médias mensais mínimas registadas, não assistiu a valores tão baixos como Janeiro ou Fevereiro. Valores de temperatura de 3.3°C, 3.7°C ou 5.6°C traduzem condições diárias substancialmente distintas.

Associando o valor da média dos 90 anos e a variabilidade absoluta e relativa das séries, parece óbvio que o mês regularmente mais frio do ano foi, nos últimos 90 anos, Janeiro.

Nos meses de Verão a variabilidade é muito menor do que no Inverno. Não ultrapassa, em valor absoluto, os 1.1°C, 1.2°C entre Março e Agosto.Estes valores significam em termos de coeficiente de variação 7 a 10%, o que mostra a grande regularidade dos registos.

Contrariamente ao que se verifica com as temperaturas médias mensais mínimas, no caso das máximas, a irregularidade da série, em termos absolutos, aumenta na época do ano em que os valores médios começam a assumir valores mais elevados.

Março e Abril são os meses em que o desvio padrão assume valores mais altos (1.8°C e 1.9°C), seguidos de Outubro (1.7°C), de Maio, de Julho e de Agosto (1.6°C).

A irregularidade inicia-se na Primavera, atenua-se ligeiramente no Verão, volta a aumentar em Outubro e atinge os valores mais baixos durante o Inverno.

A regularidade das temperaturas médias mensais máximas no Inverno está bem patente nos baixos valores do desvio padrão e do coeficiente de variação em Dezembro e Janeiro.

Se, aos resultados obtidos com as medidas de tendência central e de dispersão, adicionarmos a análise da distribuição de frequência das temperaturas médias mensais máximas e mínimas (Fig. 26 e 27) confirmamos, em definitivo, o que atrás se disse.

A diversidade de registos ocorridos em cada um dos meses do ano, quer nas temperaturas médias máximas, quer nas mínimas, oscila entre um máximo de 12°C e um mínimo de 8°C (Quadro I).

Amplitudes	**Tmin**	**Tmax**
10-12°C	Nov, Dez	Ago, Nov
8-10°C	Ja, Fev, Mar, Out	Fev, Mar, Ab, Set
≤ 8°C	Ab, Mai, Jun, Jul, Ago, Set	Ja, Mai, Jun, Jul, Out, Dez

Quadro I - Amplitude de variação da temperatura em cada um dos meses do ano (Porto-Serra do Pilar, período 1900-1989)

Entre Maio e Julho a variabilidade, em qualquer das temperaturas médias mensais analisadas, não ultrapassou, durante os últimos 90 anos, os 8°C.

No caso das temperaturas médias mensais mínimas, esta variação, da ordem dos 8°C, prolonga-se até Setembro, enquanto no caso das máximas ela é interrompida em Agosto e Setembro, meses em que a variabilidade aumenta consideravelmente, voltando em Outubro, Dezembro e Janeiro a não ultrapassar os 8°C.

Novembro e Dezembro, no caso das mínimas, e, Agosto e Novembro no caso das máximas, foram os meses em que os valores registados apresentam maior diversidade.

Esta diversidade global e absoluta da amostra em causa (Fig. 25), oculta em alguns meses situações muito mais regulares do que transparece no Quadro I.

Senão, repare-se, a título de exemplo, na grande regularidade das temperaturas médias mensais máximas de Janeiro e Dezembro, com 90% dos registos incluídos na classe de 12°C-16°C, ou seja com uma variação de apenas 4°C (Fig.26). De igual modo, em Junho, 90% dos valores de temperatura média mensal mínima não ultrapassaram os 16°C, nem foram inferiores a 12°C (Fig.27).

Se alargarmos a nossa análise a 80% da amostra não escasseiam, também, exemplos em que, ao longo dos últimos 90 anos, a variabilidade se circunscreveu aos 4°C. Nas temperaturas médias máximas são testemunho disto os meses de Fevereiro, Junho, Julho, Agosto e Novembro e no caso das mínimas, os meses de Março, Abril, Maio, Junho, Julho, Agosto, Setembro. Em qualquer destes meses 80% da amostra analisada teve uma amplitude de variação de apenas 4°C.

Durante os meses de Inverno, especialmente de Novembro a Março, as temperaturas máximas são moderadamente baixas e muito regulares, enquanto as temperaturas mínimas, embora baixas, são extremamente irregulares.

A latitude da estação, por um lado, e a grande proximidade do mar, por outro, ajudam-nos a compreender esta grande variabilidade da temperatura mínima nos meses de Inverno. O Porto insere-se, nesta época do ano, na faixa de contacto entre a massa de ar tropical e a massa de ar polar estando, portanto, frequentemente, no trajecto das ondulações da frente polar. A constante alternância de massas de ar quentes e frias associada à passagem das ondulações da frente polar, justifica plenamente a grande irregularidade encontrada nas temperaturas mínimas durante os meses de Inverno.

No Verão, as mínimas são elevadas e oscilam muito pouco em torno da média, enquanto as máximas, embora sejam também as mais elevadas da série, apresentam uma grande variabilidade. Esta maior irregularidade só é superada, nas temperaturas médias mensais máximas, pelos meses de transição para a Primavera e para o Outono (Março, Abril e Outubro).

Nesta época do ano a circulação predominante do ar é determinante para justificar a forte variabilidade das temperaturas máximas.

Quando a circulação do ar se faz dos quadrantes W, SW ou NW as temperaturas máximas são mais baixas, devido ao efeito da humidade que transportam.

Quando o ar tem um percurso de E, SE ou NE , significa que é muito quente e seco, propiciando a ocorrência de temperaturas máximas muito elevadas.

A proximidade de dois importantes mosaicos de água não permite que as temperaturas mínimas sejam muito baixas. A grande humidade relativa durante a noite, impede que o ar arrefeça tanto como acontece um pouco mais para o interior, onde a influência da brisa mar-terra já não se faz sentir.

Tanto quanto se pode deduzir da análise desta amostra, a subida das temperaturas máximas inicia-se a partir de Março,e a sua diminuição começa só a partir de Setembro. Nem uma nem outra são pacíficas, lentas, ou sequer graduais. Fazem-se por impulsos, por uma sucessão de extremos diários que a pouco e pouco vão diminuindo e dando lugar a um novo tipo de valores em detrimento dos anteriores.

T°C	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
8-10°C	1	1										
10-12°C	7	7									1	9
12-14°C	68	40	17	1							5	57
14-16°C	24	47	43	19							43	33
16-18°C		5	29	43	17					6	42	1
18-20°C			8	27	49	4				34	8	
20-22°C			3	10	26	35	4	2	18	41	1	
22-24°C					8	50	36	30	37	19		
24-26°C						11	47	50	39			
26-28°C							13	15	5			
28-30°C								2	1			
30-32°C								1				

Fig.26 - Distribuição de frequência (%) das temperaturas médias (1900-1989), máximas durante os 90 anos em análise no Porto-Serra do Pilar. A negro estão realçadas as classes com representatividade relativa mais elevada.

T°C	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0 - 2	1	5										4
2 - 4	23	20	1								2	16
4 - 6	55	33	17	2							12	32
6 - 8	18	33	57	23						2	39	32
8 -10	3	9	24	58	19					11	39	15
10-12			1	17	64	3			5	65	7	1
12-14					16	62	20	24	50	20	1	
14-16					1	32	61	65	35	2		
16-18						3	17	10	10			
18-20							2	1				

Fig.27 - Distribuição de frequência (%) das temperaturas médias mínimas (1900-1989), durante os 90 anos em análise no Porto-Serra do Pilar. A negro estão realçadas as classes com representatividade relativa mais elevada.

2.1.2. Médias Diárias de Temperatura Máxima e Mínima

Os resultados anteriores sugeriram-nos uma comparação com o ritmo diário, o que, para além de eventualmente nos esclarecer melhor sobre o ritmo evolutivo intra-anual da temperatura máxima e mínima, nos permitirá elaborar um Calendário de Probabibilidades para cada um destes elementos.

Este tipo de diagrama é importante nesta fase de diagnóstico já que nos permite conhecer, dentro do possível, os limites de variabilidade admissíveis em cada época do ano. Depois, tornar-se-á mais fácil avaliar correctamente a *importância* e o *significado real* das hipotéticas discrepâncias nos registos dos últimos anos. Será talvez menos discutível a diferenciação entre o que é a

variabilidade intrínseca ao subsistema climático e o que é a variabilidade provocada por *causas externas ao sistema.*

O olhar sobre o perfil *longitudinal* da série, que agora propomos, elaborado com base nos registos diários de temperatura, ao longo dos últimos 90 anos, complementa a análise *transversal* da informação que até agora fizemos (Fig.28).

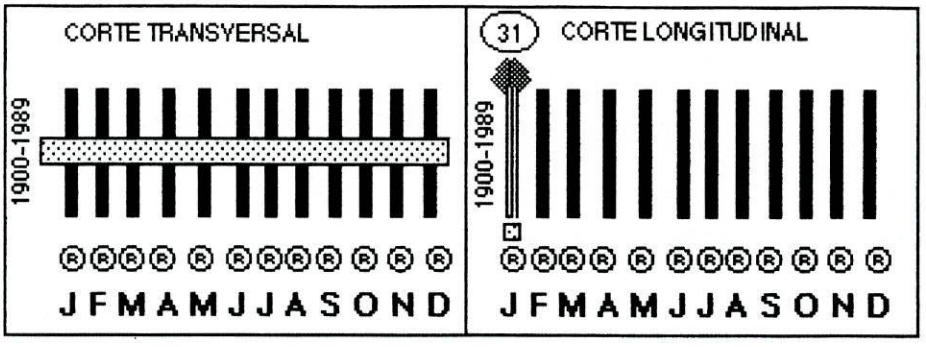


Fig 28- Leituras *transversal* e *longitudinal* da série cronológica em análise[85].

Os valores da média, do desvio padrão e do coeficiente de variação obtidos, depois de submeter os dados diários de temperatura máxima e mínima, registados durante os 90 anos em análise, ao tratamento estatístico adequado (Fig.29), motivam-nos a avançar um pouco mais na caracterização do ritmo a que se processa, nesta região, a variação estacional *natural* da temperatura.

O período de *Verão* [86]inicia-se a partir de finais de Junho e prolonga-se até finais de Agosto. Neste período, as temperaturas mínimas assumem os valores mais elevados do ano e a regularidade da série é apreciável. Relativamente às máximas, a definição deste período é inicialmente brusca e impulsiva. É notória a grande irregularidade de valores entre finais de Junho e princípio de Julho, acompanhada por um *salto* visível na ordem de grandeza das médias. Tendo em atenção este comportamento das temperaturas máximas, arriscaríamos a dizer que o *Verão* só se instala definitivamente, e com alguma

---

[85]Enquanto na análise transversal da informação a nossa matriz era 12X90, na análise longitudinal deveria ser 365 ou 366X90. Seguindo o procedimento de M.J.ALCOFORADO (1988) foram apenas utilizados os dias 1, 11 e 21 de cada mês, pelo que a nossa matriz nesta fase foi de 36X90.

[86]Utilizando a palavra para traduzir apenas a época mais quente do ano.

permanência, entre finais de Julho e finais de Agosto. Só neste período do ano se conjuga uma diminuição brusca da irregularidade com valores médios de temperatura mais elevados.

Depois de finais de Agosto, o valor médio da temperatura começa a diminuir e, embora a irregularidade ainda seja fraca, ultrapassa a do período anterior.

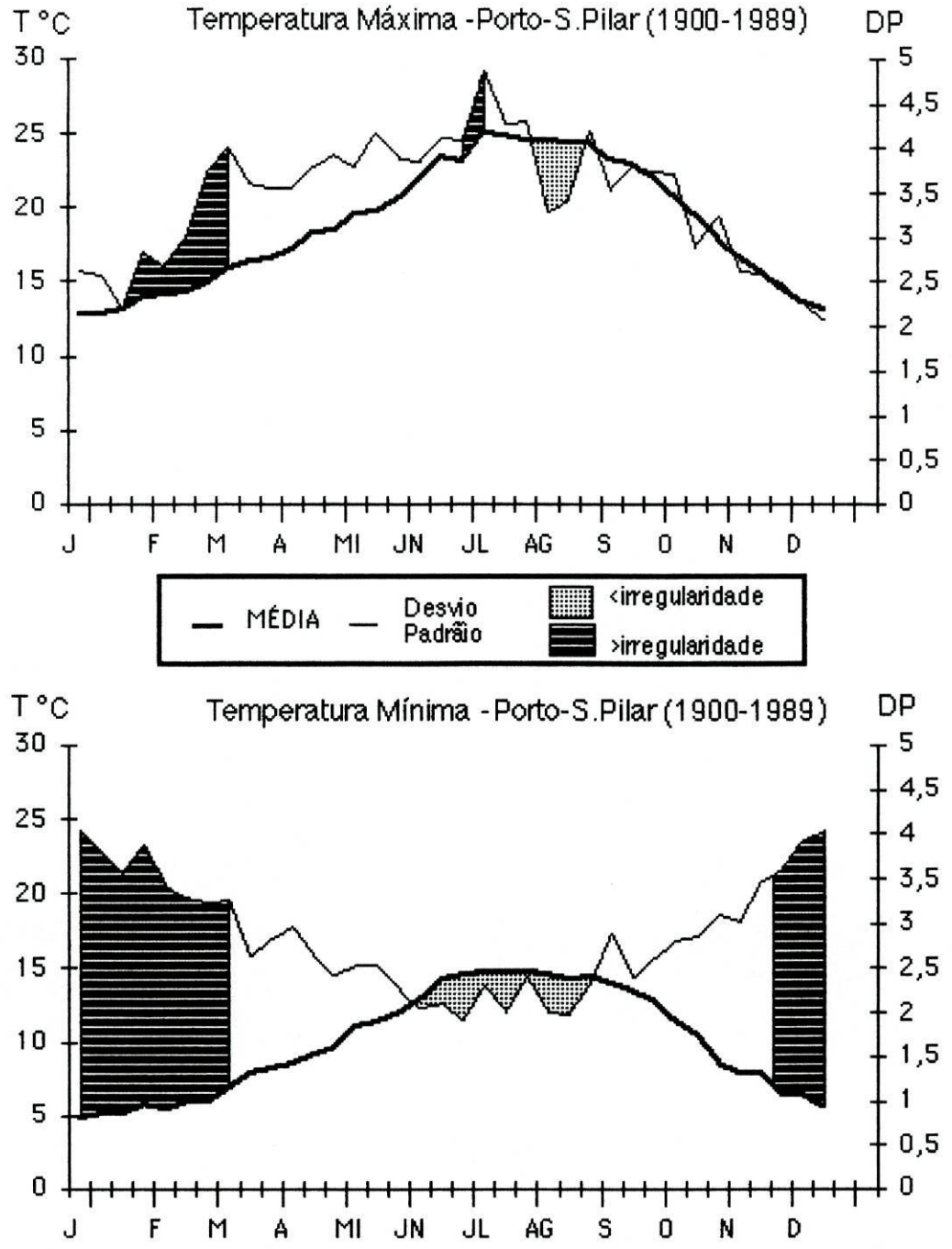


Fig. 29 - Desvio padrão e média dos registos de temperatura média máxima e mínima no Porto-Serra do Pilar (1900-1989).

O período de *Inverno* [87]prolonga-se desde finais de Novembro até ao fim de Fevereiro (Fig.29). É nesta época que a análise combinada do comportamento das máximas e das mínimas define o período mais frio do ano. Enquanto as temperaturas mínimas são as mais baixas, apesar da grande irregularidade (T°= 5°C ± 4°C), as máximas são baixas e muito regulares (T°= 13°C ± 2.5°C).

A transição estacional entre o *Inverno* e o *Verão* decorre de modo diverso, consoante se trate da passagem deste para aquele ou o contrário.

Enquanto a passagem do *Inverno* para o *Verão* é muito perturbada, com uma constante alternância de dias mais quentes e dias mais frios, a transição do *Verão* para o *Inverno* é mais calma, lenta e gradual. O modo intempestivo como se processa a passagem do *Inverno* para o *Verão* surge, com evidência, na análise da curva correspondente ao desvio padrão das temperaturas máximas, quando a partir de 1 de Março se atingem "picos" de grande irregularidade, ao mesmo tempo que se vai assistindo a um aumento progressivo e cadenciado da temperatura média máxima. Março e Maio são dois meses em que a probabilidade de ocorrência de dias com características térmicas muito diversificadas se sucedem "naturalmente".

A compilação dos dados diários de temperatura média máxima e mínima permitiu-nos construir o Calendário de Probabilidades[88] para cada uma destas variáveis[89].

Todavia, antes de iniciar o processo estatístico envolvido na construção deste tipo de diagrama, foi necessário saber se a variável tinha um comportamento *Gaussiano*. Só assim seria possível avançar na elaboração do Calendário.

Tivemos de testar algumas das 36 séries de 90 anos de cada uma das variáveis a fim de comparar o seu comportamento com o de uma distribuição normal. Escolhemos para mostrar aqui, a título de exemplo, o teste elaborado para as temperaturas médias mínimas de todos os dias 1 de Janeiro (Fig.30).

---

[87]Utilizando a palavra para traduzir apenas a época mais fria do ano.

[88]Procedimento sugerido por PÉGUY, Ch.P., "Une nouvelle expression graphique de la variabilité interannuelle des climats: Les Calendriers de Probabilités", Bull. Assoc. Géogr. Franç., nº431, Paris, 1976, p.5 a 16.

[89]Apresentamos este exercício, de forma mais detalhada, no Colloque de Climatologie, organizado pela A.I.C em Fribourg, Suiça, entre 11 e 13 de Setembro de 1991.

É óbvia a semelhança de comportamento entre as duas curvas, a que testámos e a de uma distribuição *Normal*.

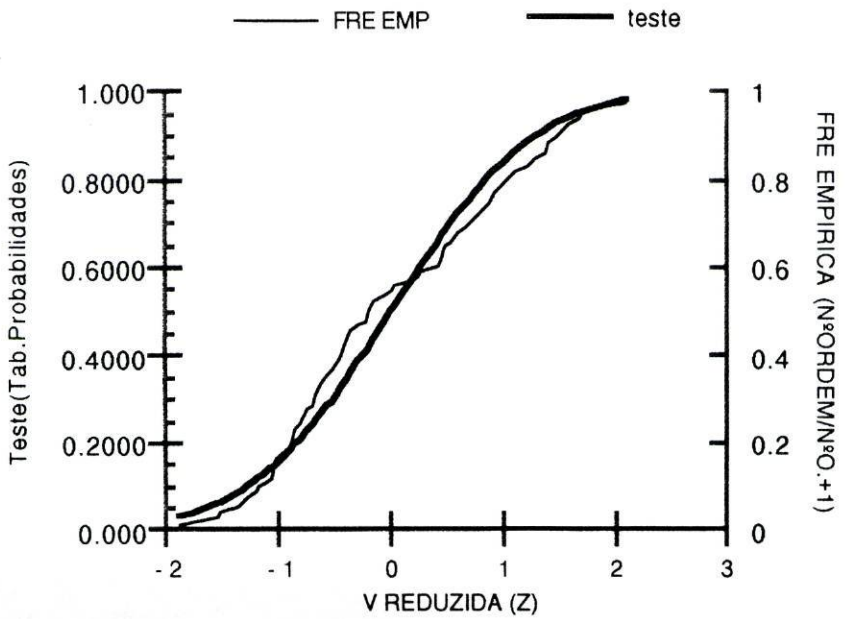


Fig. 30 - Comparação entre a distribuição de frequência das temperaturas médias mínimas dos dias 1 de Janeiro (1900-1989), no Porto-Serra do Pilar e, uma distribuição *Normal* ou *Gaussiana*.

Sentimo-nos, portanto, autorizados a prosseguir no tratamento estatístico dos dados necessários para a construção do Calendário de Probabilidades[90] (Fig.31).

---

[90]Para uma descrição do processo estatístico, remetemos o leitor para o trabalho de Ch.P.PÉGUY intitulado "Une nouvelle expression graphique de la variabilité interannuelle des climats: Les Calendriers de Probabilités", Bull. Assoc. Géogr. Franç., nº431, Paris, 1976, p.5 a 16.

Um outro exemplo da aplicação desta técnica a um caso Português é o trabalho de ALCOFORADO, Mª JOÃO intitulado "Calendários de probabilidade da temperatura em Portugal", Finisterra, 22 (43), Lisboa, 1987, p.213 a 225.

Sabendo que temperaturas mínimas próximas de 4°C no abrigo correspondem a temperaturas muito mais baixas ao nível do solo[91], capazes de favorecer o **aparecimento de geada**, vemos que no Porto a sua **probabilidade** de ocorrência é teoricamente **forte**, especialmente, no período entre **1 de Novembro** e **1 de Abril** (cerca de 40% de probabilidade).

A **temperatura mínima** com maior probabilidade de ocorrência na época de **Inverno** oscila entre os **4°C** e os **6°C**.

A probabilidade das temperaturas mínimas não ultrapassarem os 0°C neste período ronda apenas os 5%. Dias com temperatura mínima acima dos 10°C também têm pouca probabilidade de ocorrer, embora sejam mais prováveis do que os extremos inferiores (<10%).

A **temperatura máxima** mais provável no **Inverno** situa-se entre os **12°C** e os **14°C**.

Valores da ordem dos 8°C têm pouca probabilidade de ocorrer (4%). Raros são também os dias em que se ultrapassam os 16°C (<10%).

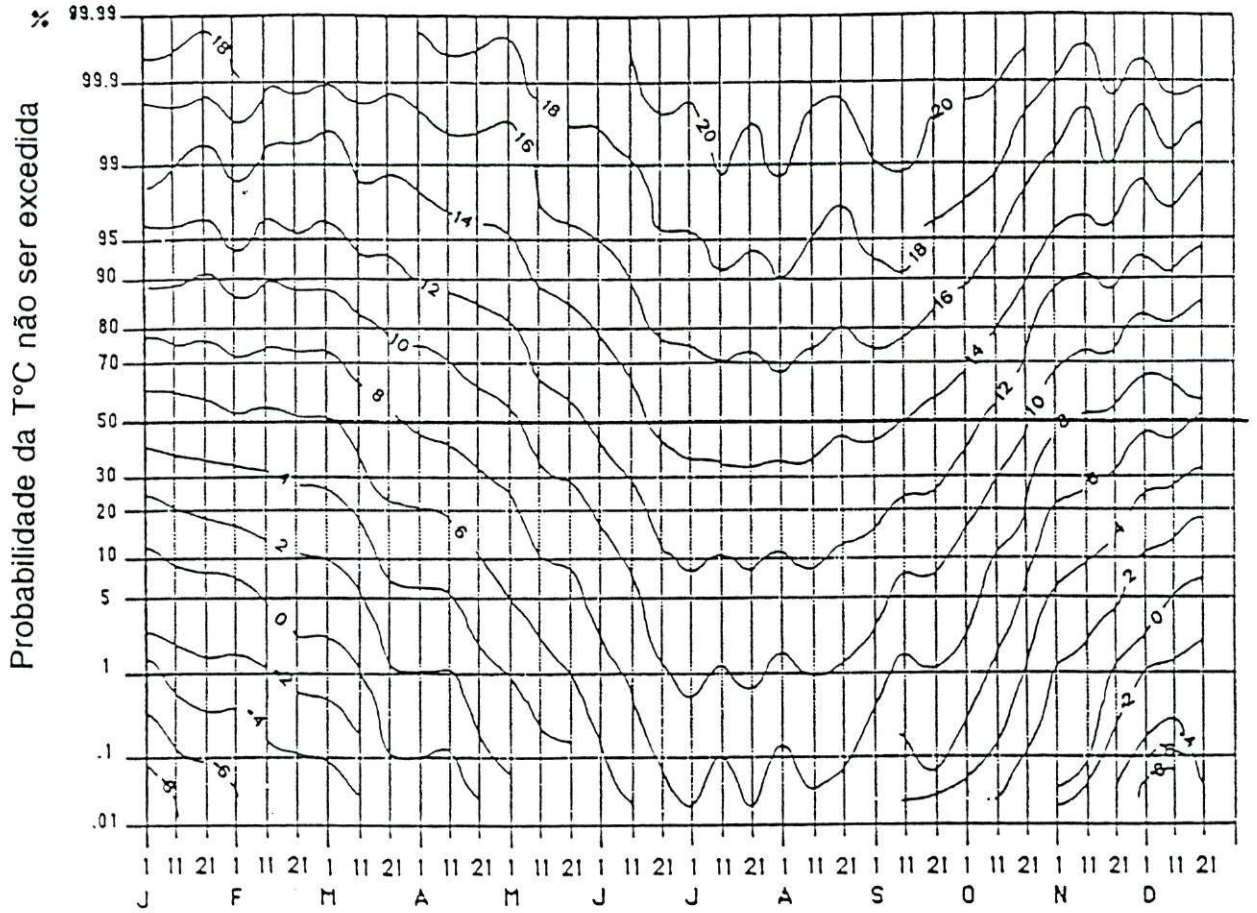
No **Verão**, as **temperaturas mínimas** mais prováveis situam-se entre **14°C** e **16°C**. Entre finais de Junho e meados de Agosto, não têm grande significado, em termos de probabilidade de ocorrência, os valores próximos dos 18°C (≤7%), nem as temperaturas mínimas à volta dos 12°C (10%).

Os valores de **temperatura máxima** mais prováveis no período de Verão rondam os **24°C - 26°C**. Dias com temperatura máxima superior a 32°C e inferior a 18°C são relativamente pouco prováveis (10%).

---

[91]ALCOFORADO,M.J.,1987.

TEMPERATURA MÍNIMA



TEMPERATURA MÁXIMA

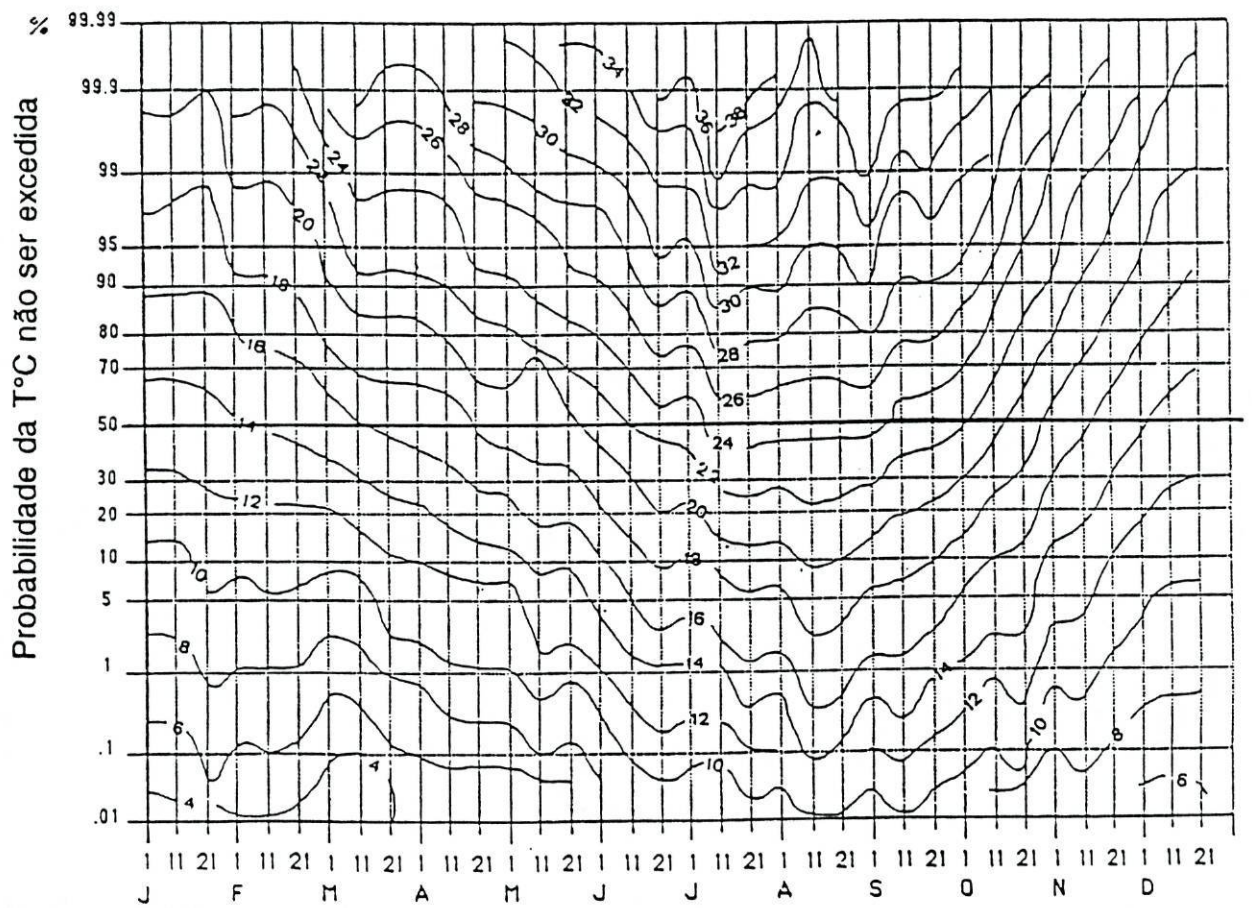


Fig. 31 - Calendário de Probabilidades para a temperatura máxima e mínima do Porto-serra do Pilar

2.2. A Precipitação

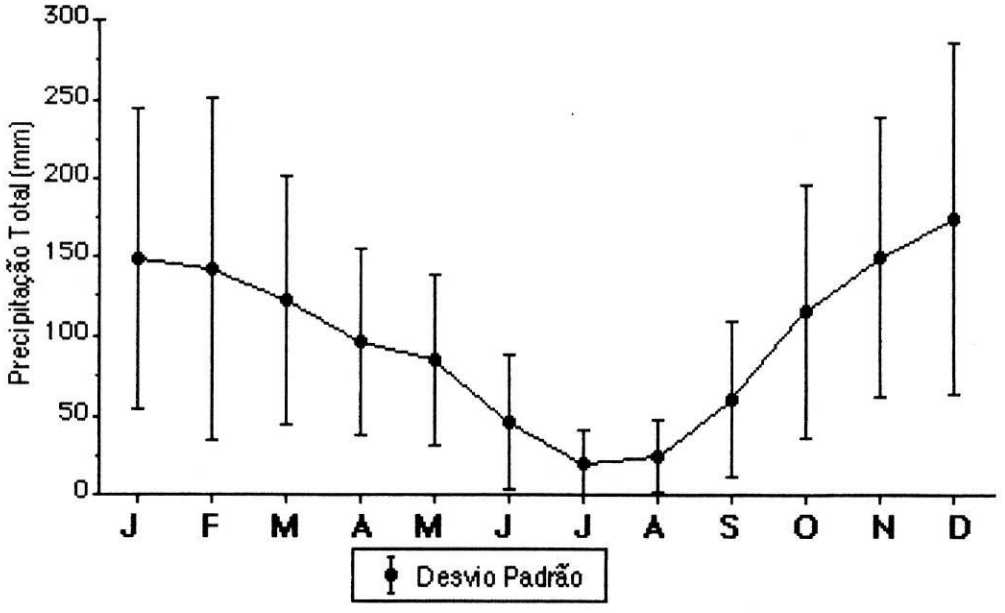
A análise dos totais mensais ao longo dos últimos 90 anos traduz claramente a posição litoral e desabrigada, relativamente à influência do ar húmido proveniente do Oceano Atlântico. A total inexistência de obstáculos à penetração do ar vindo de W , tal como descrevemos no capitulo III (Fig.11), é, nesta área, determinante para entender o comportamento da precipitação (Fig.32).

Só Julho e Agosto registam totais mensais baixos. Todos os outros meses do ano têm, em média, totais mensais consideráveis. A irregularidade da série é muito grande em qualquer época do ano. A leitura dos coeficientes de variação para cada série mensal, demonstra, indiscutivelmente, a grande diversidade de valores ocorridos em qualquer dos meses. Maior, claro, nos meses de Junho, Julho e Agosto porque é a época do ano em que as quantidades de precipitação raramente ultrapassam os 50mm. Alguns anos excepcionais em que este total mensal foi ultrapassado, ainda que em poucos milímetros, são responsáveis pelo elevado valor do coeficiente de variação, um indicador da variabilidade relativa à ordem de grandeza da variável.

A irregularidade que este elemento climático assume nesta área não se limita apenas a diferenças consideráveis nos totais mensais, o que acontece naturalmente em qualquer outra estação e serve para tipificar, anos secos e anos húmidos. Aqui, como sugerem os valores mais elevados e mais baixos registados em cada série mensal (Fig.32), a irregularidade estende-se a qualquer mês do ano.

No período em que se espera que a precipitação ocorra com mais frequência e intensidade, habitualmente designado neste subtipo climático como período *mais pluvioso,* que coincide, sensivelmente, com os meses de Inverno, constata-se que, em alguns anos, não ocorreu sequer precipitação.

Conjugando isto com a análise da distribuição de frequências (Fig.33), vemos que entre Outubro e Março a percentagem de ocorrências na classe de totais mensais de precipitação entre 0 e 50mm é muito semelhante à de 51-100mm, 101-150mm, 151-200mm, 201-250mm ou mesmo 251-300mm. Exceptuando os anos em que os totais mensais ultrapassaram 300mm, que, diga-se, têm uma representatividade inferior a 5% do total, todas as outras classes apresentam frequências relativas muito idênticas.



	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Méd	149	141	122	96	84	46	19	24	60	115	150	174
Desv Pad.	95	108	78	59	54	41	21	24	50	80	89	112
Coef. Var.	63	77	64	62	63	90	107	98	83	69	59	64
Menor Valor	3	4	2	6	3	2	0	0	0	8	0	3
Maior Valor	388	475	359	294	244	253	94	126	289	420	395	627

Fig. 32 - Em cima: precipitação total mensal, média e desvio padrão para a estação de Porto-S.Pilar (1900-1989); em baixo: resultados das medidas de tendência central e de dispersão para a mesma série.

Embora, comparativamente com o resto dos meses do ano, o período de *Inverno* seja aquele em que a classe de totais mensais de precipitação entre 0 e 50 mm tem menor expressão estatística relativa, ainda representa em Novembro e Dezembro 11%, em Janeiro 16%, em Março e Outubro 20% e em Fevereiro 26% do total de ocorrências.

Repare-se, no entanto, que nunca coincidiram no mesmo ano, mais do que um destes casos excepcionais, em que, por exemplo, os 25mm de precipitação total mensal não tenham sido ultrapassados (Quadro II).

P(mm) %	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0-50	16	26	20	24	32	70	92	87	49	20	11	11
51-100	20	21	27	32	36	20	8	12	35	28	21	18
101-150	21	12	16	23	19	7		1	11	26	23	20
151-200	14	10	20	15	8	2			5	15	17	16
201-250	12	14	8	5	5					4	15	13
251-300	10	8	8	1		1				4	6	13
301-350	4	3								1	1	4
351-400	3		1							1	6	3
401-450		1								1		1
>451		1										1

Fig.33 - Distribuição de frequência dos totais mensais de precipitação na estação de Porto S.Pilar (1900-1989). A negro estão realçadas as classes com representatividade relativa mais elevada para cada um dos meses do ano.

Do mesmo modo que não esperaríamos a representatividade desta classe nesta época do ano, também estranhamos a razoável expressão relativa que em Junho, Julho e Agosto tem a classe seguinte, entre os 51 e os 100mm.

Parece poder concluir-se daqui que Junho não pode ser classificado como um mês de pouca precipitação nesta estação. Em 30% dos anos registaram-se, neste mês, valores totais de precipitação superiores a 51mm (Fig.33 e Quadro III). Julho e Agosto registaram na maioria dos anos, totais mensais de precipitação baixos, embora em alguns anos tenham sido ultrapassados os 50mm. Os máximos mais elevados, ocorreram respectivamente, em Julho de 1941(94 mm) e em Agosto de1900 (126mm).

Ano	Nov	Dez	Jan	Fev
1903	22.2			
1907			22.8	
1908				4.3
1911				16.9
1917	7.0			
1931		2.7		
1932				13.4
1934				4.0
1935			2.9	
1943				20.6
1950			13.7	
1952*				19.6
1953*				24.7
1956			22.7	
1958	8.9			
1973	16.0			
1981*	0.1		4.5	
1983			16.3	

*-anos secos[92]

Quadro II - Anos em que o total mensal de precipitação nos meses de Novembro, Dezembro, Janeiro e Fevereiro não ultrapassou os 25 mm na estação de Porto-S.Pilar (período 1900-1989).

Ano	P.Total (mm)
1902	103.4
1910	114.2
1935	111.8
1958*	164.3
1970	128.4
1971*	105.6
1974	253.2
1988	105.8

*-anos secos[93]

Quadro III - Anos em que o total mensal de precipitação no mês de Junho ultrapassou os 100 mm na estação de Porto-S.Pilar (período 1900-1989).

---

[92]São anos referidos por EDITE VELHAS no seu trabalho intitulado A bacia hidrográfica do rio Leça- estudo hidroclimático, FLUP, Porto, 1991, polic, p.19.

Neste trabalho apenas foram estudados os anos hidrológicos entre 1950 e 1986, pelo que a classificação aqui incluída deve ter em conta este facto.

[93]Idem da nota anterior.

Apesar de, na série, surgirem anos mais secos e anos mais húmidos, os totais de precipitação registados, quando observados em sequência, mostram que a variabilidade intra-anual supera em muito a variabilidade interanual. Isto aplica-se, tanto ao período em que se esperariam os maiores como os menores totais mensais.

O comportamento dos totais mensais de precipitação confirma literalmente a ideia transmitida por Suzanne Daveau de que, no caso português, não se aplica a regra, verdadeira à escala do globo, de aumento da irregularidade com a diminuição dos quantitativos de precipitação[94].

---

[94]DAVEAU, S., et al.- Geografia de Portugal, vol.2, Ed.Sá da Costa, Lisboa, 1988, p.416.

V - O CLIMA DA ÁREA DO PORTO NOS ÚLTIMOS 20 ANOS

Pretendemos agora analisar as *nuances* climáticas na nossa área de estudo, e, simultaneamente, avaliar a representatividade de cada uma das estações próximas do Porto, para traduzir a realidade climática vivida na cidade.

Embora fosse provavelmente interessante, não cabe nesta fase do trabalho uma discussão sobre a dimensão real da *região* envolvente da cidade, do ponto de vista da climatologia regional. Assim, mediante a qualidade e quantidade dos dados disponíveis, definimos um quadrado de ±30Km x 30km (Fig.23) onde se incluem as 6 estações que irão ser alvo da nossa análise.

Incluimos as duas estações mais interiores para suprir a necessidade de relativizar o peso e o significado das eventuais diferenças de comportamento dos elementos climáticos que venhamos a encontrar no grupo das outras quatro estações, essas sim, muito próximas da cidade.

Depois de avaliadas as diferenças e semelhanças entre o comportamento dos elementos climáticos em cada estação, elaborada a partir das médias mensais dos últimos 20 anos, avançaremos para uma observação do perfil numa perspectiva evolutiva, de cada série, através da análise dos valores registados ano a ano.

Com este tipo de abordagem pretendemos encontrar argumentos suficientemente consistentes, para fundamentar a ideia, desenvolvida nos capítulos I e III, de que parte da variabilidade climática a que assistimos nos últimos anos deve ser explicada, também, por causas externas ao Sistema Climático. Causas das quais não será de excluir o fenómeno de **urbanização**.

1. Factores geográficos determinantes no comportamento da Temperatura e Precipitação na região durante os últimos 20 anos (1970-1989).

1.1. A regressão múltipla e os coeficientes de correlação

À semelhança da análise elaborada por M.J.ALCOFORADO (1988), submetemos a informação referente ao posicionamento geográfico relativo de cada uma das estações (Quadro IV), e os valores de temperatura média mensal

mínima, de temperatura média mensal máxima, de precipitação total mensal e de humidade relativa, a uma análise de regressão múltipla.

Para complementar esta análise procuramos também os coeficientes de correlação entre cada elemento climático e cada um dos factores geográficos.

Consideraram-se como factores geográficos potencialmente explicativos da diferente conjuntura climática tipificada por cada estação: a latitude, a altitude e a distância ao mar[95].

Além da distância ao mar incluimos também, na nossa análise, a longitude de cada estação climatológica, porque, apesar de serem aparentemente redundantes, de facto a linha de costa tem nesta região uma orientação NNW-SSE (Fig. 23), fazendo com que à mesma longitude, os lugares mais a Norte estejam mais afastados do mar do que os lugares mais a Sul.

ESTAÇÕES	LAT. N	F. LAT	ALT. m	F. ALT	LONG .W	LONG	DIST. MAR	F. DMAR
S.GENS	41°11'	**11**	90	**90**	8°39'	**39**	22	**22**
B.NOVA	41°13'	**13**	17	**17**	8°43'	**43**	2	**2**
P.RUBRAS	41°14'	**14**	70	**70**	8°41'	**41**	16	**16**
S.PILAR	41°08'	**8**	93	**93**	8°36'	**36**	23	**23**
P.FERREIRA	41°16'	**16**	320	**320**	8°23'	**23**	118	**118**
S.TIRSO	41°21'	**21**	55	**55**	8°28'	**28**	98	**98**

* O valor da longitude tem como referência o meridiano de Greenwich.

Quadro IV- Localização das estações climatológicas incluídas na área de estudo e exemplificação da determinação dos valores simplificados correspondentes aos três factores geográficos considerados e à longitude.

---

[95]A latitude e a longitude de cada uma das estações climatológicas foram simplificadas da forma sugerida por M.J.Alcoforado, 1988, p.129. No nosso caso, limitamo-nos a excluir o valor correspondente aos graus (°) e consideramos apenas os respectivos valores em minutos(').

O factor altitude corresponde ao valor real de cada estação em metros.

O factor distância ao mar corresponde à distância em linha recta, medida em milímetros, num mapa à escala 1:50 000. A carta que utilizamos neste caso foi a Carta Corográfica de Portugal, 9-C, publicada pelo Instituto Geográfico e Cadastral, Lisboa, 1981.

Constituimos assim 12 matrizes 6 x 5 para cada um dos 4 elementos climáticos analisados[96]. A cada matriz, correspondente a um mês do ano, aplicou-se o tratamento estatístico adequado, de forma a avaliar o grau de identidade de comportamento entre a coluna Y, correspondente à média mensal dos 20 anos do elemento climático em questão, e as 4 colunas X correspondentes aos factores geográficos considerados.

A análise dos coeficientes de correlação (Quadro V) e dos coeficientes ß (Quadro VI), que conduzem a equações do tipo $Y=a_0+a_1x_1+a_2x_2+a_3x_3+a_4x_4$, m que x_1, x_2, x_3 e x_4 são as variáveis independentes explicativas do comportamento de cada elemento climático considerado, são métodos alternativos, eventualmente complementares, de avaliação do peso explicativo de cada um dos factores geográficos e da longitude no comportamento dos elementos climáticos considerados.

Enquanto a partir dos coeficientes de correlação deduzimos o grau de identidade de comportamento individual de cada factor com cada variável dependente, das rectas de regressão múltipla podemos avaliar o peso relativo de cada um dos factores explicativos no resultado final assumido pela variável dependente.

A longitude/distância ao mar e a precipitação total mensal são as duas variáveis que apresentam coeficientes de correlação mais elevados (Quadro V). Destaque-se a excepcional capacidade explicativa da longitude/distância ao mar na distribuição dos totais de precipitação de Janeiro (±0.99).

De acordo com os coeficientes de correlação encontrados, as estações mais ocidentais registaram, em Janeiro, menores quantitativos totais de precipitação do que as estações mais orientais.

A distância ao mar explica também, com grande eficácia, a variabilidade da precipitação total em Dezembro (0.96), em Fevereiro (0.97) e em Julho (0.96).

Nos meses de Março (0.97) e de Maio (0.94) é, também, a distância ao mar que melhor explica a distribuição da precipitação na região.

Aliás, só em Abril, Agosto e Novembro é que os totais de precipitação não se correlacionam tão fortemente com a distância ao mar.

A capacidade explicativa do factor distância ao mar é, aliás como já se disse, quase sobreponível à de outra variável explicativa considerada, a longitude.

---

[96]Temperatura média mensal mínima, temperatura média mensal máxima, precipitação total mensal média e humidade relativa mensal média (9h).

	TEMP.MÉDIA MÍNIMA			
	LAT	LONG	ALT	DMAR
JAN	-0,51	0,96	-0,76	-0,93
FEV	-0,51	0,93	-0,74	-0,9
MAR	-0,54	0,92	-0,7	-0,9
ABR	-0,59	0,93	-0,71	-0,92
MAI	-0,54	0,9	-0,76	-0,89
JUN	-0,63	0,89	-0,75	-0,91
JUL	-0,72	0,84	-0,74	-0,89
AGO	-0,74	0,87	-0,7	-0,91
SET	-0,66	0,92	-0,71	-0,92
OUT	-0,64	0,94	-0,67	-0,94
NOV	-0,68	0,93	-0,6	-0,94
DEZ	-0,66	0,94	-0,63	-0,94

	TEMP. MÉDIA MÁXIMA			
	LAT	LONG	ALT	DMAR
JAN	-0,27	0,63	-0,95	-0,57
FEV	0,17	0,34	-0,81	-0,29
MAR	0,4	-0,22	-0,37	0,22
ABR	0,47	-0,21	-0,42	0,24
MAI	0,38	-0,62	0,13	0,62
JUN	0,71	-0,88	0,45	0,9
JUL	0,65	-0,88	0,44	0,88
AGO	0,61	-0,89	0,47	0,88
SET	0,53	-0,91	0,59	0,88
OUT	0,47	-0,53	0,02	0,53
NOV	0,48	0,35	-0,82	-0,28
DEZ	-0,06	0,72	-0,98	-0,65

	PREC. TOTAL			
	LAT	LONG	ALT	DMAR
JAN	0,62	-0,99	0,7	0,98
FEV	0,63	-0,97	0,64	0,97
MAR	0,67	-0,09	0,59	0,97
ABR	-0,46	-0,36	0,82	0,23
MAI	0,49	-0,95	0,78	0,94
JUN	0,37	-0,92	0,95	0,88
JUL	0,54	-0,98	0,79	0,96
AGO	-0,39	-0,29	0,76	0,18
SET	0,26	-0,83	0,88	0,64
OUT	0,33	-0,91	0,96	0,87
NOV	-0,42	-0,18	0,77	0,09
DEZ	0,5	-0,98	0,81	0,96

	H.RELATIVA (9H)			
	LAT	LONG	ALT	DMAR
JAN	0,33	-0,86	0,63	0,78
FEV	0,31	-0,62	0,38	0,55
MAR	0,09	-0,35	0,21	0,26
ABR	-0,51	0,38	0,04	-0,46
MAI	-0,41	0,7	-0,35	-0,71
JUN	-0,06	0,8	-0,87	-0,72
JUL	-0,19	0,84	-0,73	-0,78
AGO	-0,26	0,87	-0,81	-0,82
SET	-0,06	0,65	-0,82	-0,62
OUT	0,19	-0,27	-0,06	0,21
NOV	0,51	-0,76	0,35	0,72
DEZ	0,51	-0,86	0,58	0,82

Quadro V - Coeficientes de correlação entre cada elemento climático (1970-89) e os quatro elementos de posição geográfica considerados.

		TEMP.MÉDIA MÍNIMA			
	INTERC	LAT	LONG	ALT	DMAR
JAN	-15,1	-0,18	0,5	0	0,07
FEV	-16,4	-0,2	0,6	0	0,09
MAR	-18,3	-0,28	0,68	0	0,1
ABR	-8,4	-0,21	0,47	0	0,07
MAI	1,5	-0,14	0,26	0	0,04
JUN	11,9	-0,09	0,06	0	0
JUL	14	-0,17	0,07	0	0,02
AGO	12,6	-0,18	0,1	0	0,02
SET	2,35	-0,23	0,34	0	0,05
OUT	-5,5	-0,21	0,47	0	0,06
NOV	-9,2	-0,19	0,49	0	0,05
DEZ	-10,3	-0,18	0,46	0	0,05

		TEMP. MÉDIA MÁXIMA			
	INTERC	LAT	LONG	ALT	DMAR
JAN	13,9	-0,02	0	0	0
FEV	19	0,02	-0,12	0	-0,01
MAR	23,9	0,06	-0,21	0	-0,03
ABR	27,5	0,03	-0,25	0	-0,02
MAI	-0,09	-0,65	0,6	-0,02	0,18
JUN	26,5	-0,03	-0,12	0	0,02
JUL	38,4	-0,04	-0,34	-0,01	0
AGO	43	0	-0,47	-0,01	-0,02
SET	39,6	0,03	-0,4	0	-0,03
OUT	29,8	0	-0,23	0	-0,02
NOV	17,4	-0,04	0	0	0,01
DEZ	16,2	0,04	-0,05	0	-0,01

		PREC. TOTAL			
	INTERC	LAT	LONG	ALT	DMAR
JAN	302,9	-0,77	-3,4	-0,05	0,31
FEV	238,7	-1,27	-1,89	-0,08	0,45
MAR	72	-2	1	-0,08	0,83
ABR	128,8	-2,35	-0,41	0,14	-0,05
MAI	25,7	-2	1,73	0	0,72
JUN	18,67	-0,36	0,62	0,13	0,33
JUL	58,9	0,11	-1,13	0,01	-0,03
AGO	61,7	0,41	-1,11	0,03	-0,24
SET	-124,6	-1,25	4,48	0,06	0,77
OUT	130,3	-0,13	-0,43	0,08	0,07
NOV	25,1	-0,59	2,53	0,3	0
DEZ	310,9	-0,77	-3,24	0,02	0,14

		H.RELATIVA (9H)			
	INTERC	LAT	LONG	ALT	DMAR
JAN	186,9	0,83	-2,67	0	-0,42
FEV	227,4	1,69	-3,86	0,01	-0,7
MAR	239,2	1,9	-4,29	0,02	-0,81
ABR	175,5	1,55	-2,75	0,035	-0,6
MAI	137,5	1,32	-1,74	0,03	-0,44
JUN	99	1,02	-0,71	0	-0,23
JUL	122,9	1,62	-1,44	0,02	-0,42
AGO	150,7	1,71	-2,06	0,01	-0,52
SET	188,7	1,77	-3	0	-0,62
OUT	215,8	1,49	-3,5	0	-0,64
NOV	214,5	1,32	-3,47	0	-0,57
DEZ	177,6	1,09	-2,51	0	-0,43

Quadro VI - Coeficientes ß das rectas de regressão para cada elemento climático (1970-89).

Repare-se que o posicionamento relativo das 6 estações se mantém quer se considere um ou outro indicador de posição geográfica (Quadro IV), a única diferença é a ordem de grandeza das variáveis.

Enquanto a longitude varia entre 23 e 43, o factor distância ao mar varia entre 2 e 118. Daí, talvez, a diferente hierarquização do grau de associação que leva a uma ligeira diferença nas correlações em Março e Dezembro e a um enfraquecimento do coeficiente de correlação em Junho e Outubro.

A total incapacidade da longitude para explicar a distribuição da precipitação nesta região nos meses de Abril, Agosto e Novembro, mantém-se integralmente.

Nestes três meses, a variável que melhor explica a distribuição da precipitação é a altitude (QuadroV). Apesar de não serem tão elevados como os anteriores, os 0.82 em Abril, os 0.76 em Agosto e os 0.77 em Novembro são coeficientes de correlação significativamente elevados (Quadro V)[97].

Assim, e comparando o grau de associação entre as variáveis, a distribuição dos totais mensais de **precipitação** é explicada pelo posicionamento em longitude e/ou pela **distância das estações ao mar** nos meses de **Dezembro, Janeiro, Fevereiro, Março, Maio** e **Julho**.

Em **Abril, Junho, Agosto, Setembro, Outubro** e **Novembro** a **altitude** é o factor geográfico que melhor explica a distribuição da precipitação nesta região.

Igualmente bastante elevados são os coeficientes de correlação entre a temperatura média mensal máxima de Dezembro e a altitude (-0.98) e entre a temperatura média mensal mínima de Janeiro e a longitude (+0.96).

Se considerarmos os coeficientes de correlação entre ±0.90 e ±0.95, encontramos ainda mais algumas identidades de comportamento entre as séries de temperatura, tanto máxima como mínima, e os factores geográficos considerados. É o caso da **temperatura média mensal mínima** com a longitude (de **Fevereiro a Maio** e de **Setembro a Dezembro**) e com a **distância ao mar** (entre **Janeiro e Maio** e entre **Junho e Dezembro**), e o exemplo da **temperatura média mensal máxima** com a **longitude** em **Setembro** e com a **distância ao mar** em **Junho**.

---

[97]Em Abril (0.82), Junho (0.95), Agosto (0.76), Setembro (0.88), Outubro (0.96) e Novembro (0.77) a distribuição da precipitação depende sobretudo da altitude a que se encontram as estações climatológicas.

O comportamento da humidade relativa (9h) nas 6 estações não apresenta coeficientes de correlação tão elevados, com os factores geográficos considerados, como os outros elementos climáticos. Os valores mais elevados são +0.87 (com a longitude em Agosto), -0.87 (com a altitude em Junho), -0.86 (com a longitude em Dezembro e Janeiro), seguindo-se 0.84 (com a longitude em Julho) e -0.82 (com a distância ao mar em Agosto e com a longitude em Setembro).

Note-se que a latitude não tem qualquer capacidade explicativa do comportamento da humidade relativa na região, qualquer que seja a época do ano considerada.

Enquanto o comportamento da temperatura média mensal mínima é, em qualquer época do ano, explicado pela maior ou menor distância ao mar de cada uma das estações, a temperatura média mensal máxima é influenciada nos meses de Inverno pela altitude, nos meses de Verão pela distância ao mar, e, nas outras estações do ano, por outro tipo de factores não incluídos na nossa análise (Quadro VII).

Nas estações do ano de transição, Primavera e Outono, nenhum dos factores geográficos considerados apresenta coeficientes de correlação significativos com a temperatura média mensal mínima.

MÊS	TMMIN	TMMAX	PTOT	HR
Janeiro	long/dmar	alt	long/dmar	long/dmar
Fevereiro	long/dmar	alt	long/dmar	long
Março	long/dmar		long/dmar	
Abril	long/dmar		alt	
Maio	long/dmar		long/dmar	long/dmar
Junho	long/dmar	long/dmar	alt/long/dmar	alt
Julho	long/dmar	long/dmar	long/dmar	long
Agosto	long/dmar	long/dmar	alt	long
Setembro	long/dmar	long/dmar	alt	alt
Outubro	long/dmar		alt/long/dmar	
Novembro	long/dmar	alt	alt	long/dmar
Dezembro	long/dmar	alt	long/dmar/alt	long/dmar

* Consideraram-se apenas r≥ ±0.75

Quadro VII - Indicadores de posição geográfica que revelam maior coeficiente de correlação com os elementos climáticos considerados em cada mês do ano.

Enquanto a altitude a que se encontra a estação influencia a precipitação nos meses de Verão e Outono, a distância ao mar condiciona os hidrometeoros precipitados no Inverno e Primavera.

Os valores de humidade relativa registados às 9h nas 6 estações climatológicas não são explicados por qualquer dos factores geográficos considerados em Março, Abril e Maio. Nos restantes meses do ano, à excepção de Junho e Setembro em que é influenciada fortemente pela altitude, a humidade relativa depende, fundamentalmente, da distância ao mar de cada uma das estações.

Interessante é também verificar o sinal, positivo ou negativo, das correlações encontradas.

A temperatura média mensal mínima varia, em qualquer época do ano, na razão inversa da latitude da estação.

As estações mais a N registam, em qualquer época do ano, temperaturas mínimas mais baixas. Esta relação é, no entanto, mais óbvia no Verão.

As estações mais ocidentais têm, em qualquer época do ano, temperaturas mínimas mais elevadas do que as mais orientais, ou seja, quanto mais afastadas do mar menores foram as temperaturas mínimas registadas.

As estações a maior altitude registaram temperaturas mínimas mais baixas do que as estações localizadas a menor altitude.

O sentido das relações de dependência da temperatura média mensal máxima com os indicadores de posição geográfica considerados é mais complexo.

A latitude das estações não explica, absolutamente nada do comportamento das temperaturas máximas.

A distância ao mar e/ou a longitude, bem como a altitude, estão ora directamente, ora inversamente relacionadas com o valor da temperatura máxima, para além da sua capacidade explicativa se circunscrever apenas a determinadas épocas do ano.

No Verão, as estações climatológicas mais ocidentais registam temperaturas máximas mais baixas do que as mais interiores.

No Inverno, as estações a maior altitude têm temperaturas máximas mais baixas do que as que se localizam a menor altitude.

A diferenciação na precipitação total mensal registada não se deve, na nossa área de estudo, à maior ou menor latitude de cada uma das estações.

Chove mais nas estações mais distantes do mar do que nas mais próximas do litoral. Constituem excepções importantes os meses de Abril, Junho, Setembro, Outubro e Novembro, em que não é a posição relativamente ao mar, mas sim a altitude que condiciona a precipitação registada. As estações a maior altitude são, nestes meses, as que registam maiores valores de precipitação.

No caso da humidade relativa, a posição em latitude não tem, também, qualquer capacidade explicativa. Enquanto em Dezembro e Janeiro os lugares mais ocidentais têm menor humidade relativa do que os mais interiores, em Julho e Agosto acontece precisamente o contrário, as estações mais ocidentais são as que registam maior humidade relativa.

As corrrelações entre a humidade relativa e a altitude são fracas e positivas entre Novembro e Maio. No resto do ano, especialmente entre Junho e Setembro, são elevadas e negativas. Significa isto que, quando este factor geográfico tem maior capacidade explicativa, ou seja, nos meses de Verão, mostra que a humidade relativa é tanto maior quanto menor for a altitude dos lugares.

2. Análise comparativa do comportamento médio de alguns elementos climáticos em cada uma das estações, incluídas na área de estudo, durante os últimos 20 anos (1970-1989).

2.1. Coeficientes de correlação entre as séries de cada uma das estações.

Após a análise do grau de associação entre os elementos climáticos mensais de todas as estações em conjunto com os 4 factores geográficos, que nos pareceram poder diferenciá-las de uma forma mais evidente, prosseguimos a nossa análise, procurando as melhores relações de identidade de comportamento entre as 6 estações climatológicas no conjunto dos 20 anos.

Organizamos para cada elemento climático 12 matrizes com os dados mensais médios nas 6 estações.

A partir de cada uma dessas matrizes de 20x6 (20 anos e 6 estações) calculamos os coeficientes de correlação entre as variáveis.

Dadas as características inerentes aos processos de cálculo envolvidos neste tipo de tratamento estatístico, não incluimos os dados referentes à estação de Santo Tirso onde apenas poderíamos preencher metade das colunas de cada uma das matrizes.

Do conjunto total de matrizes de correlação de x em x seleccionamos apenas os coeficientes de correlação superiores a ±0.95 (Fig.34).

Dada a proximidade das estações, o número de anos considerado e os resultados finais das matrizes de correlação, pareceu-nos que os r=±0.95 seriam o valor charneira a partir do qual poderíamos distinguir entre as maiores e mais significativas relações de identidade e as outras menos importantes.

2.1.1. Temperatura Média Mensal Mínima

Nos meses de Verão, especialmente em Maio, Julho e Agosto, o comportamento das 5 estações não tem nada em comum. As séries dos últimos 20 anos que comparamos apresentam, nesta época do ano, coeficientes de correlação pouco significativos.

Nos restantes meses do ano a sequência[98] dos valores de temperatura mínima de Paços de Ferreira e Pedras Rubras foi sempre muito idêntica.

A estação de Porto-Serra do Pilar apresentou também, nessa época do ano, à excepção de Dezembro, uma grande identidade de comportamento com as duas anteriores.

A estação de Boa Nova associa-se às 3 anteriores em Janeiro e Abril e substitui a estação de Porto-Serra do Pilar em Dezembro, identificando-se completamente com Pedras Rubras e Paços de Ferreira (Fig.34).

Parece, portanto, que o tipo de causas que controlam o comportamento da temperatura mínima na região não são nunca as mesmas para S.Gens e para as restantes estações.

No Verão, excepto para Paços de Ferreira e Pedras Rubras em Junho, a temperatura mínima é mais influenciada por condições locais particulares, do que por qualquer outro tipo de condicionalismos mais abrangentes. Nesta época do ano, lugares pouco distantes entre si apresentam séries de temperaturas mínimas cujo ritmo evolutivo é consideravelmente diferente.

---

[98]Recorde-se que o que aqui estamos a analisar é o *ritmo* das ocorrências ao longo dos 20 anos em análise, o que não significa que a ordem de grandeza dos mesmos seja igual. Estamos a avaliar, unicamente, a *proporção* e o *sentido* das variações em cada série.

Um coeficiente de correlação elevado entre o comportamento de determinado elemento climático significa que, a partir de um valor inicial diferente, em cada estação, o ritmo anual de aumento ou diminuição dos valores se manteve em equidade nas duas séries, de ano para ano.

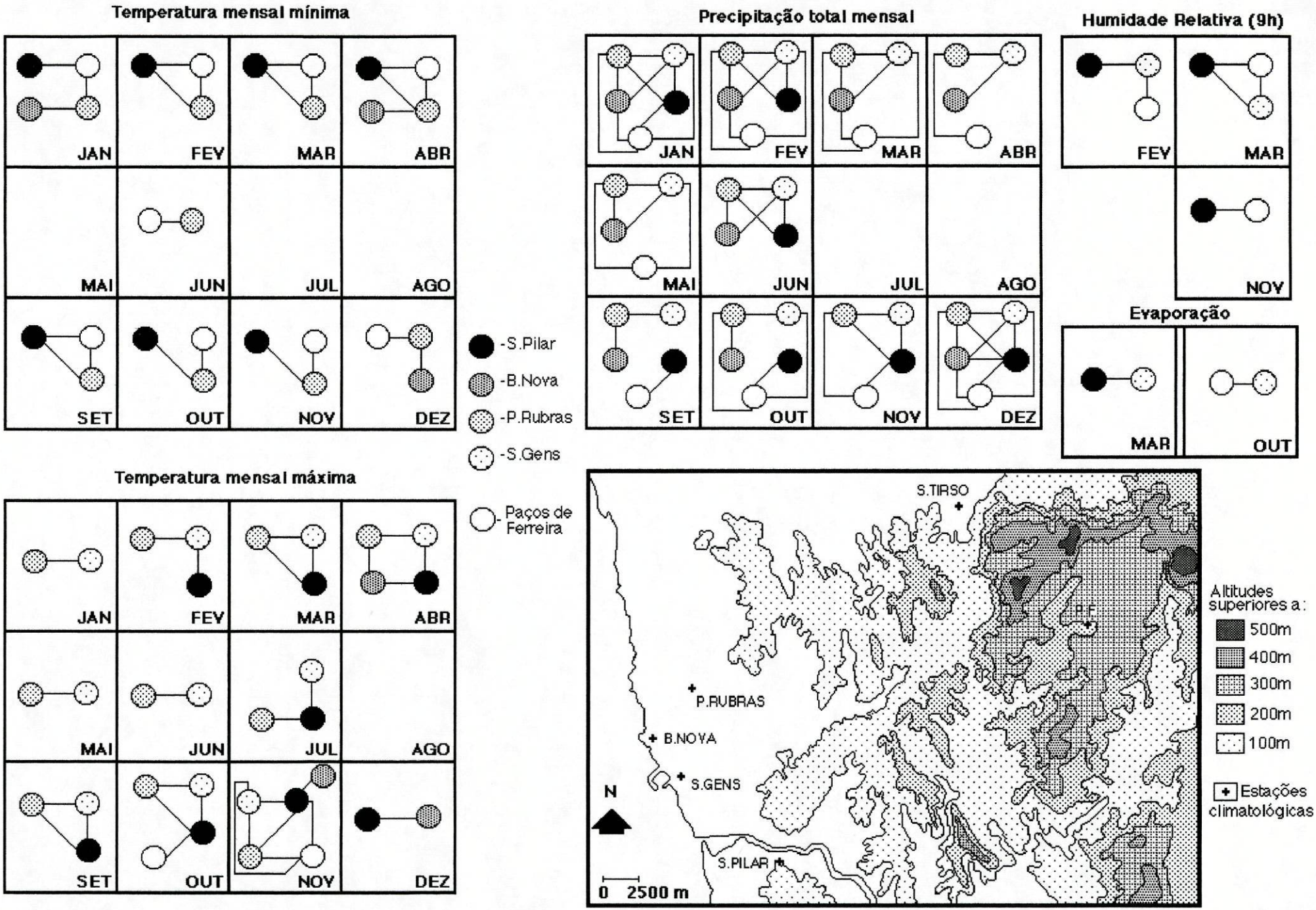


Fig. 34 - Coeficientes de correlação ≥ a ± 0.95 para os valores médios mensais de cada um dos elementos climáticos (1970-89).

No Inverno, a identidade de comportamento entre um maior número de estações, sugere a influência de um tipo de causas diferente que envolve uma área muito mais ampla. As condições de circulação geral da atmosfera sobre esta região e a sua estrutura vertical prevalecem e anulam os condicionalismos locais inerentes à posição geográfica de cada uma das estações. Disto é um bom exemplo a forte associação entre Paços de Ferreira, uma estação mais interior, a 320 m de altitude, e as estações de Pedras Rubras e Serra do Pilar, no litoral e a altitudes de 70 m e 93 m respectivamente.

2.1.2. Temperatura Média Mensal Máxima

O ritmo evolutivo das temperaturas médias máximas não indicia o mesmo tipo de paralelismos de comportamento evidenciados pelos registos das temperaturas mínimas (Fig.34).

No respeitante às temperaturas máximas registadas nos últimos 20 anos, os coeficientes de correlação mostram que o sentido e o grau de variabilidade, em todos os meses do ano, é idêntico em todas as estações próximas do litoral. Paços de Ferreira apenas aparece fortemente correlacionado com Porto-Serra do Pilar em Outubro, e com Pedras Rubras e S.Gens em Novembro.

É, de facto, a maior ou menor proximidade do mar que determina, substancialmente, os valores de temperatura máxima registados em cada uma das estações da nossa área de estudo. Este factor geográfico interfere no ritmo e na ordem de grandeza dos valores registados durante quase todo o ano, embora a sua influência sobressaia mais entre Fevereiro e Julho, e depois em Setembro.

Repare-se que em alguns destes meses, nomeadamente em Janeiro, Maio e Junho, o único coeficiente de correlação superior a 0.95 é entre as temperaturas máximas de Pedras Rubras e S.Gens, duas estações cuja distância à linha de costa é muito idêntica e com características de exposição aos ventos do quadrante W razoavelmente semelhantes.

Não fossem as diferentes condições de exposição aos ventos dominantes e o efeito da sua canalização no vale encaixado do rio Douro, e a estação de Porto-Serra do Pilar deveria surgir, como acontece nos outros meses do ano, incluída no grupo anterior.

A distância, em linha recta, da linha de costa à estação de Porto-Serra do Pilar aproxima-se mais da distância de S.Gens à linha de costa, do que a

desta com a de Pedras Rubras (Quadro IV), e, no entanto, as condições de maior proximidade de um outro mosaico de água -o rio- condiciona mais os valores de temperatura máxima em Janeiro, Maio e Junho, do que a distância ao mar. É, talvez, também este o argumento que justifica o facto de a única identidade de comportamento evidente em Dezembro ser entre Porto-Serra do Pilar e Boa-Nova.

Boa Nova, que se situa praticamente na linha de costa, tem durante todo o ano um comportamento diferente de todas as outras estações, fazendo prevalecer sempre as características próprias que lhe são impostas pela grande proximidade do mar. Em Dezembro, porém, o paralelismo de valores com os de Porto-Serra do Pilar é muito grande e parece-nos que só pode ser atribuido à grande proximidade de qualquer das duas a um importante mosaico de água, o mar numa e o rio na outra.

Emerge da matriz de correlação (Fig.34), um adensar cíclico da teia de interrelações durante o ano.

De Dezembro até Abril vai-se assistindo, progressivamente, a um alargamento espacial das relações de identidade, do qual só fica excluída, nesta época do ano, Paços de Ferreira.

Depois de Abril, começa a diminuir o número de paralelismos de comportamento até Agosto, um mês em que o comportamento das temperaturas máximas foi, ao longo dos últimos 20 anos, diferente em qualquer das estações consideradas.

A partir de Setembro retoma-se com maior expressão, relativamente ao início do ano, um novo adensamento da rede de relações de identidade, culminando em Novembro, mês em que o ritmo das temperaturas máximas foi praticamente sobreponível em estações com características tão distintas como Paços de Ferreira e Boa Nova.

2.1.3. Precipitação Total Mensal

Os factores responsáveis pela quantidade e intensidade da precipitação registada em Dezembro, Janeiro e Fevereiro, foram aparentemente os mesmos, dada a generalização espacial dos efeitos traduzida pelos elevados coeficientes de correlação entre a maioria das estações.

Num tipo de fenómeno tão aleatório e descontínuo, coeficientes de correlação de 0.95, mesmo numa área que não ultrapassa os 30km x30 km, são muito significativos.

Como seria de esperar nos dois meses do pino do Verão, Julho e Agosto, em que rareia a ocorrência de precipitação e, portanto, a variabilidade relativa é muito grande, a probabilidade de encontrar semelhanças de comportamento, ao longo dos últimos 20 anos, entre as várias estações é impossível.

Menos óbvias são, certamente, as razões que justificam a exclusividade na associação entre Porto-Serra do Pilar e Paços de Ferreira em Setembro e Outubro, ou a exclusão daquela da rede alargada de correlações fortes em Março, Abril e Maio.

O carácter marcadamente regional e espacialmente abrangente das condições gerais da atmosfera sobre a região, como causa principal da distribuição da precipitação nesta área, é uma das hipóteses passíveis de justificar também a, aparentemente estranha, persistência com que Paços de Ferreira, a 320 m de altitude e, muito mais afastada do mar do que qualquer outra, surge fortemente correlacionada com as restantes estações em todos os meses do ano, à excepção de Junho, Julho e Agosto.

2.1.4. Humidade Relativa (9h)

A quantidade de vapor de água presente na atmosfera é de capital importância pelos inúmeros fenómenos que desencadeia e pelos que ajuda a compreender. A sua distribuição é, porém, muito irregular. Depende da maior ou menor proximidade de um mosaico de água, da energia disponível para movimentar as moléculas de água e para as fazer mudar de estado físico, e do grau de saturação do volume de ar receptor.

Nem sempre os lugares a maior altitude e mais afastados do mar são os que registam as menores humidades relativas, nem os lugares mais próximos da costa são os que assistem a uma menor variabilidade anual deste elemento climático, bem como, também nem sempre o seu valor diminui na época mais quente do ano.

Talvez resida nesta grande irregularidade intrínseca a explicação para o facto da humidade relativa, contrariamente aos elementos climáticos

anteriormente analisados, não traduzir ritmos de variação, ao longo dos últimos 20 anos, idênticos em nenhuma das estações em qualquer época do ano.

Além disto, importa também não esquecer que, ao analisarmos os valores médios mensais, estamos a mascarar as variações diárias que deveriam, essas sim, estar fortemente correlacionadas entre si, à semelhança do que acontecia por exemplo com os totais diários de precipitação.

Só em Fevereiro e Março existe alguma identidade nas séries de Porto-Serra do Pilar, S.Gens e Paços de Ferreira, e em Novembro nas de Porto-Serra do Pilar e Paços de Ferreira. A proximidade de uma fonte fornecedora de vapor de água, no caso das duas primeiras, e a diminuição de temperatura inerente aos 320 m de altitude a que se situa Paços de Ferreira, devem explicar, pelo menos parcialmente, as fortes correlações em Fevereiro, Março e Novembro.

2.1.5. Evaporação

Com a evaporação sucede algo muito semelhante ao que atrás constatamos com a humidade relativa (9h). As razões, uma vez que a evaporação é parte integrante do processo que conduz ao fornecimento de vapor de água para atmosfera, deverão ser idênticas.

2.2. Análise comparativa dos valores mensais médios nas estações climatológicas (1970-1989)

2.2.1.Temperatura Média Mensal Mínima

A partir da análise comparativa dos valores médios mensais de temperatura mínima dos últimos 20 anos (Quadro VIII[99] e Fig.35 a e b), podemos

---

[99]Voltamos a incluir nesta análise a estação de Santo Tirso apesar de dispôrmos apenas de registos para o período 1970-81. Esta opção deve-se, sobretudo, à necessidade que sentimos de entender e poder comparar a força explicativa que poderá ter o maior afastamento do litoral, protagonizado no grupo apenas por Paços de Ferreira e Santo Tirso.

Embora a análise comparativa entre o ritmo intra-anual dos diversos elementos climatológicos seja elaborada essencialmente para as 5 estações com idêntico período de registo, anexamos neste quadro os valores médios mensais para Paços de Ferreira durante o período 1970-81 de forma a legitimar eventuais comparações com Santo Tirso

afirmar que, em qualquer das estações consideradas, o mês mais frio foi Janeiro e o mais quente Julho.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
S.Gens	5.5	6.3	6.9	8.3	10.1	12.9	14.7	14.1	13.7	11.2	8.4	6.4
Boa Nova	6.9	7.7	8.4	9.8	11.6	13.9	15.1	14.8	14.8	12.7	10.2	7.9
P.Rubras	5.2	5.8	6.3	7.9	9.9	12.8	14.3	13.7	13.2	10.8	8.1	6.1
S.Pilar	4.9	5.8	6.4	8.2	10.4	13.4	15.2	14.7	13.9	11.1	8.3	6.2
P.Ferreira	2.8	3.9	4.5	6.0	8.4	11.6	13.2	12.4	11.7	8.7	5.7	3.9
Sto Tirso	3.7	4.7	5.1	6.6	9.2	12.2	13.9	13.0	12.3	9.1	5.6	4.0
P.Ferreira	2.8	3.8	4.3	5.7	8.3	11.2	12.9	12.1	11.2	8.2	4.8	3.2

Estação com o valor mais:
elevado
baixo
⇒ PERÍODO 1970-81

Quadro VIII - Temperatura média mensal mínima (1970-1989)

Apesar de coincidirem no mesmo mês, a ordem de grandeza dos valores mais baixos e mais elevados é muito distinta.

Paços de Ferreira, a estação que regista em qualquer época do ano as temperaturas médias mínimas mais baixas[100], registou em média ao longo dos últimos 20 anos, valores entre 2.8°C em Janeiro e 13.2°C em Julho.

Boa Nova, a estação em que se atingiram os valores mais elevados em praticamente todos os meses do ano, teve temperaturas mínimas entre os 6.9°C em Janeiro e os 15.1°C em Julho. Só em Julho é que é ultrapassada em 0.1°C pela estação de Porto-Serra do Pilar.

O diagrama linear representativo das médias mensais de temperatura mínima dos últimos 20 anos (Fig. 35 a), mostra um grande paralelismo de comportamento e, até, uma grande proximidade de valores entre a estação de Paços de Ferreira e Santo Tirso.

Porto-Serra do Pilar, Pedras Rubras e S.Gens formam um segundo grupo com valores quase idênticos especialmente entre Outubro e Abril (Fig.35 a). A partir de Abril os valores da estação de Porto-Serra do Pilar distanciam-se do grupo anterior e aproximam-se dos de Boa Nova. Aproximação que apenas perdura durante Julho e Agosto.

---

[100]Se repararmos no Quadro VIII, em Novembro o valor de Santo Tirso é ligeiramente inferior ao de Paços de Ferreira. No entanto, e como já atrás ficou dito, o período de análise em Santo Tirso restringe-se a 1970-1981. A média dos valores registados em Paços de Ferreira durante esse período é de 4.8°C.

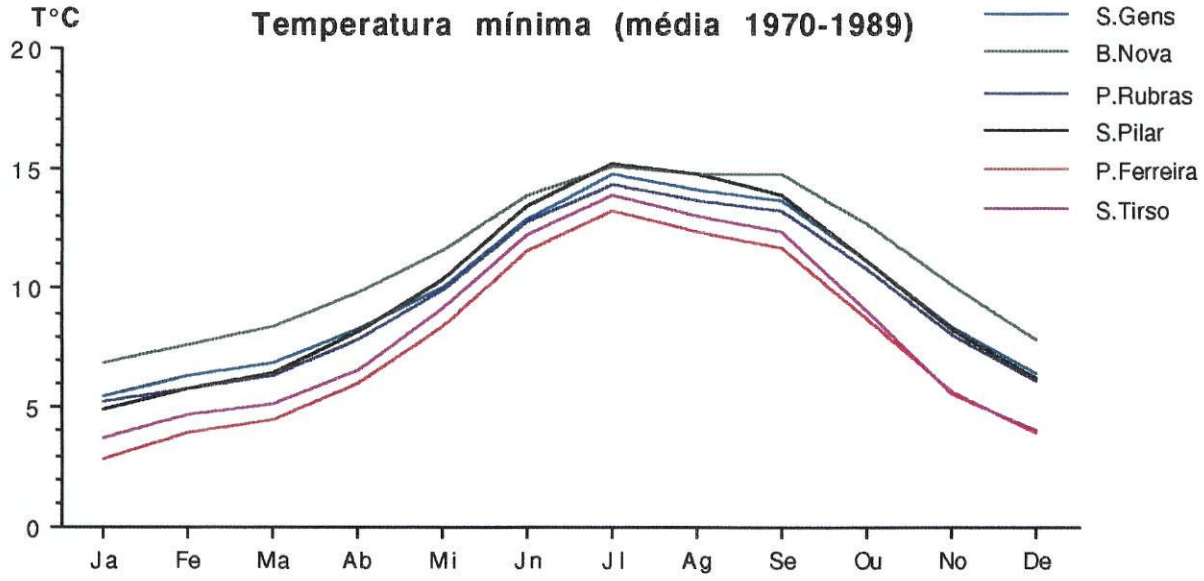


Fig. 35 a) - Temperatura média mensal mínima (1970-1989)

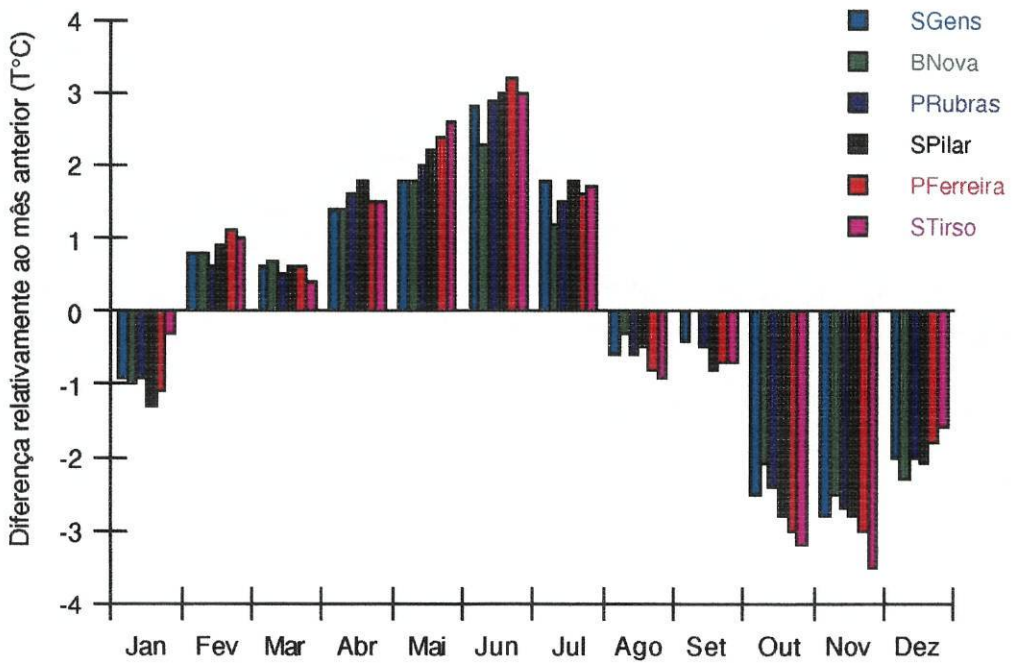


Fig. 35 b) - Temperatura média mensal mínima - ritmo evolutivo intra-anual, (as diferenças relativamente ao mês anterior foram elaboradas com base nos dados do quadro VIII).

Boa Nova distingue-se claramente dos dois grupos anteriores registando, em qualquer época do ano, as temperaturas médias mensais mínimas mais elevadas.

Embora a subida da temperatura mínima se inicie, em qualquer das estações climatológicas, em Fevereiro e se prolongue até Julho, o ritmo a que se processam as mudanças estacionais ao longo do ano é consideravelmente diferente em cada uma delas (Fig. 35 b).

Após um primeiro incremento em Fevereiro, ligeiramente maior em Paços de Ferreira e Santo Tirso do que nas outras estações climatológicas, o aumento da temperatura atenua-se em Março. A subida da temperatura retoma, posteriormente, um ritmo mais acelerado a partir de Abril. Em Abril é a estação de Porto-Serra do Pilar que regista o maior incremento. Depois, em Maio, Junho e Julho, as estações de Paços de Ferreira e Santo Tirso associam-se a Porto-Serra do Pilar, assistindo-se a um aumento mensal médio da ordem dos 2 a 3°C/mês.

Agosto marca nitidamente em todas as estações o início da descida das temperaturas mínimas. Esta diminuição, inicialmente muito lenta em Agosto e Setembro, começa a acentuar-se em Outubro e Novembro com descidas da temperatura de ≥ 3°C/mês. Este ciclo descendente mantém-se até ao fim de Janeiro.

A variabilidade das séries analisadas ao longo do período 1970-1989 é fraca nos meses mais quentes do ano (Quadro IX). Em Junho e Julho os coeficientes de variação raramente ultrapassam os 10% em qualquer estação climatológica. Este é, aliás, à excepção de Porto-Serra do Pilar[101], o mês em que ao longo dos últimos 20 anos houve uma maior regularidade de registos.

Nos meses mais frios do ano, especialmente em Dezembro, mas também em Novembro e Janeiro, a irregularidade dos registos é substancialmente maior do que em qualquer outra época do ano. Em Dezembro, atingem-se coeficientes de variação de 66% em Paços de Ferreira, de 40% em Pedras Rubras, de 37% em S.Gens, de 35% no Porto-Serra do Pilar e de 29% na Boa Nova. Esta ordem decrescente de variabilidade evidencia o efeito amenizador e regularizador, na temperatura mínima, gerado pela presença muito próxima de um mosaico de água.

---

[101]Em Porto-Serra do Pilar o mês mais regular foi Maio com um coeficiente de variação de 10%.

	JAN					FEV					MAR				
	SG	BN	PR	SP	PF	SG	BN	PR	SP	PF	SG	BN	PR	SP	PF
25%	4.6	5.9	4.0	3.5	1.3	5.1	6.8	4.4	4.4	2.5	5.7	7.7	5.7	5.7	3.9
50%	5.5	6.9	5.3	5.2	3.1	6.4	7.6	5.9	5.6	4.0	6.8	8.4	6.1	6.1	4.5
75%	6.4	8.0	6.2	6.0	3.9	7.1	8.7	6.8	6.9	5.0	7.9	9.3	7.3	7.1	5.2
C.V.%	28	20	29	32	63	21	16	25	25	42	23	19	21	18	31
	ABR					MAI					JUN				
	SG	BN	PR	SP	PF	SG	BN	PR	SP	PF	SG	BN	PR	SP	PF
25%	6.9	9.1	7.3	7.5	5.2	8.9	11.1	9.6	9.9	7.9	12.1	13.6	12.4	12.6	11.1
50%	8.4	9.6	7.8	8.2	5.8	10.4	11.4	10.0	10.4	8.4	13.0	13.9	12.8	13.4	11.7
75%	9.3	11.0	8.8	8.8	6.7	11.0	12.1	10.4	11.0	8.9	13.9	14.5	13.4	14.3	12.7
C.V.%	20	14	17	15	21	16	9	9	10	11	12	8	10	13	11
	JUL					AGO					SET				
	SG	BN	PR	SP	PF	SG	BN	PR	SP	PF	SG	BN	PR	SP	PF
25%	14.0	14.7	13.6	14.7	12.3	12.9	13.9	12.7	13.9	11.4	13.0	14.1	12.4	13.1	10.8
50%	14.6	15.0	14.1	15.1	13.2	13.9	14.8	13.6	14.5	12.1	13.9	14.7	13.2	13.8	11.6
75%	15.7	15.6	15.1	15.7	14.0	15.1	15.1	14.2	15.2	13.6	14.6	15.1	14.1	14.7	12.8
C.V.%	9	6	7	15	9	11	7	14	15	10	13	7	13	14	12
	OUT					NOV					DEZ				
	SG	BN	PR	SP	PF	SG	BN	PR	SP	PF	SG	BN	PR	SP	PF
25%	10.4	12.4	10.3	10.6	8.3	6.4	9.1	7.2	7.3	4.4	4.9	7.2	4.8	5.1	1.9
50%	11.3	12.8	11.2	11.1	9.0	8.3	9.9	7.9	7.9	5.3	6.9	8.0	6.2	6.1	3.9
75%	12.4	13.5	11.6	12.0	9.6	10.1	10.7	9.1	9.1	6.7	7.5	9.3	7.9	7.4	5.9
C.V.%	17	13	11	14	18	27	15	22	18	34	37	29	40	35	66

Legenda : SG-S.Gens; BN-Boa Nova; PR-Pedras Rubras, SP-Serra do Pilar; PF-Paços de Ferreira

Quadro IX - 1º, 2º, 3º quartis e coeficientes de variação da temperatura média mensal mínima (1970-1989).

Boa Nova, a estação mais próxima do Oceano Atlântico, teve em qualquer mês do ano a maior regularidade de comportamento.

O segundo lugar, no que respeita à regularidade das séries, foi, todavia, ocupado por diversas estações. Em Janeiro e Fevereiro pertenceu a S.Gens. Em Março, Abril, Maio, Novembro e Dezembro coube a Porto-Serra do Pilar. Em Maio, Junho, Julho e Outubro foi ocupado por Pedras Rubras. Por último, em Agosto e Setembro pertenceu a Paços de Ferreira.

Assim, parece óbvio que a influência regularizadora do ar húmido proveniente do oceano justifica apenas, plenamente, os registos da estação mais litoral.

À medida que penetramos, ainda que pouco, para o interior as causas da maior ou menor regularidade das séries em torno destes valores médios são, obviamente, de outra ordem.

2.2.2. Temperatura Média Mensal Máxima

Embora, tal como no caso anterior, o mês com temperaturas máximas mais baixas seja Janeiro em qualquer das estações, as temperaturas mais elevadas não ocorreram no mesmo mês em todas as estações.

As temperaturas máximas mais elevadas distribuem-se por Julho e Agosto. Em Julho para S.Gens, Boa Nova, Pedras Rubras e Santo Tirso. Em Agosto para Porto-Serra do Pilar, Pedras Rubras e Paços de Ferreira.

Em qualquer mês do ano, Santo Tirso foi a estação que, em média, nos últimos 20 anos, registou as temperaturas máximas mais elevadas (entre 13.8°C em Janeiro e 27.4°C em Julho).

As médias mais baixas das temperaturas máximas repartiram-se, ao longo do ano, por Paços de Ferreira e Boa Nova (Quadro X e Fig. 36). Entre Novembro e Abril, as temperaturas máximas mais baixas registadas foram em Paços de Ferreira, enquanto nos restantes meses do ano ocorreram na Boa Nova.

O paralelismo do ritmo evolutivo intra-anual, entre as 6 estações climatológicas, evidente nas temperaturas mínimas, não se repete com as máximas. Por um lado, porque Paços de Ferreira e Santo Tirso têm as maiores amplitudes térmicas anuais (14°C e 13.6°C, respectivamente), e, por outro, porque as posições relativas entre as 4 estações mais próximas do Porto não são mantidas durante o ano.

Nos meses de Inverno, mais concretamente, de Novembro a Março, há uma grande semelhança, em termos dos valores registados, entre Porto-Serra do Pilar, S.Gens, Pedras Rubras e Boa Nova. Esta identidade de comportamento

mantém-se durante o resto do ano, embora menos vincada, entre as três primeiras estações climatológicas. Boa Nova, a partir de Abril, destaca-se do grupo registando temperaturas máximas muito inferiores às outras estações incluídas na nossa área de estudo.

De Novembro a Março só se destacam da totalidade do grupo os valores inferiores em cerca de 1°C de Paços de Ferreira.

Entre Maio e Setembro distinguem-se, na região, três áreas com características térmicas substancialmente diferentes. A área mais interior, representada por Paços Ferreira e Santo Tirso, com as temperaturas máximas mais elevadas (diferenças de 3 a 4°C), depois uma outra área que inclui Porto-Serra do Pilar, S.Gens e Pedras Rubras, com temperaturas máximas ligeiramente inferiores, e uma faixa muito estreita paralela à linha costeira, representada por Boa Nova, com temperaturas máximas claramente baixas para esta época do ano.

Boa Nova é, aliás, a estação com amplitude térmica mensal média no mês de Julho mais baixa (6.9°C), contrastando com amplitudes muito mais elevadas em Paços de Ferreira (12.9°C) e Santo Tirso (13.5°C), ou até mesmo em S.Gens e Pedras Rubras (9.5°C).

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
S.Gens	13.6	14.2	15.4	17.1	18.5	22.1	24.2	24.1	23.8	20.5	17.1	14.3
Boa Nova	13.5	14.0	15.3	16.7	17.9	20.5	22.0	21.8	21.7	19.4	16.8	14.5
P.Rubras	13.6	14.3	15.6	17.2	18.6	21.8	23.8	23.8	23.6	20.4	17.0	14.5
S.Pilar	13.4	14.2	15.7	17.4	19.0	21.9	24.5	24.6	24.1	20.6	16.9	14.2
P Ferreira	12.2	13.3	15.3	16.6	18.8	23.5	26.1	26.2	25.6	20.3	15.9	13.3
Sto Tirso	13.8	14.7	16.0	18.4	20.3	24.4	27.4	27.3	25.7	21.5	17.6	14.5
P Ferreira	12.0	13.2	15.0	16.9	18.7	23.2	26.0	26.0	25.1	20.0	15.9	13.1

Estação com o valor mais: elevado / baixo

⇒ PERIODO 1970-81

Quadro X - Temperatura média mensal máxima (1970-1989).

No Porto-Serra do Pilar não há coincidência entre o mês com as temperaturas mínimas mais elevadas (Julho) e o que regista as temperaturas máximas mais altas (Agosto), o que se traduz por uma maior amplitude térmica mensal neste do que naquele.

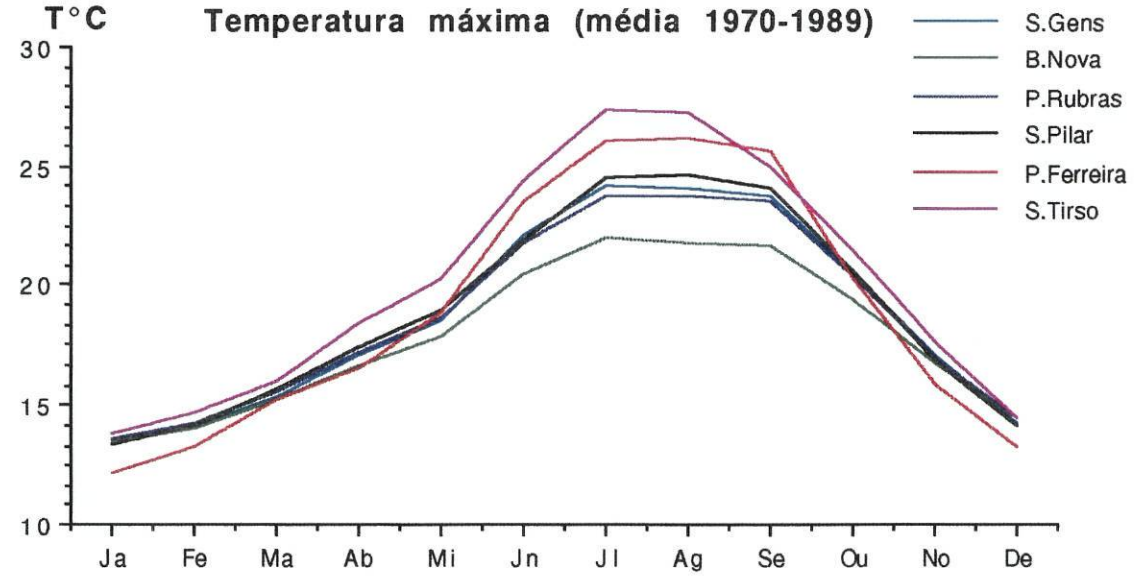


Fig. 36 - Temperatura média mensal máxima (1970-1989)

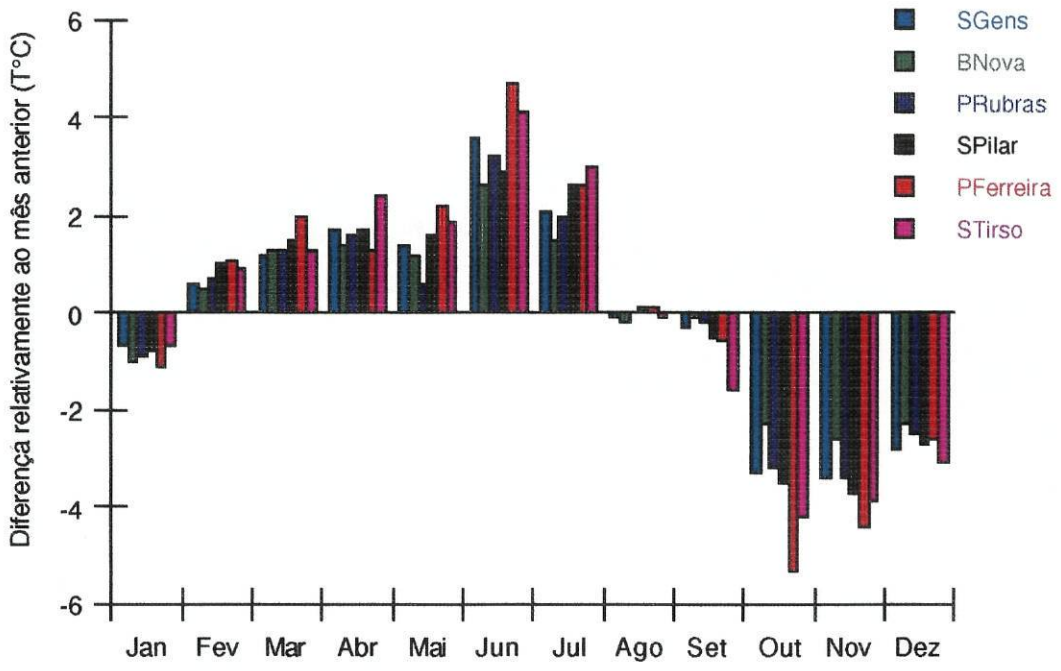


Fig. 37 - Temperatura média mensal máxima - ritmo evolutivo intra-anual, (as diferenças relativamente ao mês anterior foram elaboradas com base nos dados do quadro X).

Especialmente durante Julho e Agosto, mas também em Setembro, os valores registados em quase todas as estações são muito próximos (Quadro X e Fig.36). Os valores normalmente mais elevados atingidos em Julho prolongam-se, depois, por Agosto e Setembro.

Os incrementos médios mensais entre as médias de temperatura máxima registadas nas 6 estações durante os últimos 20 anos (Fig.36) demonstram, precisamente, esta grande identidade de valores de Julho até Setembro. Neste último mês, só Santo Tirso apresenta já uma diminuição significativa da temperatura (-1.6°C relativamente ao mês anterior). As diferenças entre Julho e Agosto não ultrapassam, em qualquer estação, os ±0.1°C, e entre este e Setembro, excepto o caso de Santo Tirso já referido, não excedem os ±0.5°C.

As estações climatológicas mais afastadas do litoral, Paços de Ferreira e Santo Tirso foram as que tiveram, em praticamente todos os meses do ano, as maiores oscilações positivas e negativas (Fig. 37). Esta posição destacada é mais notória em Junho, Outubro e Novembro.

Junho, a marcar definitivamente o início da época mais quente, e Outubro, definindo o começo da descida brusca da temperatura, constituem dois pontos de referência chave para a compreensão do ritmo térmico estacional nesta região. Relembre-se, a propósito, que, no caso das temperaturas mínimas, estes eram também, embora de modo menos vincado, os meses de início e fim da época mais quente do ano.

Ao longo do período em análise, o comportamento da temperatura máxima em cada uma das estações foi irregular (Quadro XI), embora a variabilidade relativa tenha sido, em qualquer mês do ano, consideravelmente mais baixa do que a variabilidade relativa verificada nas temperaturas mínimas (Quadro IX).

Os coeficientes de variação são fracos e situam-se entre um mínimo de 5% em S.Gens, Pedras Rubras e Porto-Serra do Pilar no mês de Agosto, e um máximo de 15% em Paços de Ferreira no mês de Março.

Paços de Ferreira, mais afastada do mar e a maior altitude, teve ao longo do período1970-1989 a maior variabilidade relativa em todos os meses do ano, excepto em Agosto em que foi ultrapassada por Boa Nova.

Nas estações climatológicas de S.Gens, Pedras Rubras e Porto-Serra do Pilar o mês menos irregular é Agosto e os meses com maior irregularidade são Abril e Novembro.

Em Paços de Ferreira a menor irregularidade verificou-se também em Agosto, mas a maior variabilidade surgiu em Março.

	JAN					FEV					MAR				
	SG	BN	PR	SP	PF	SG	BN	PR	SP	PF	SG	BN	PR	SP	PF
25%	12.9	13.2	13.0	12.6	11.4	13.6	13.5	13.7	13.5	12.4	14.6	14.6	14.9	14.7	13.7
50%	13.8	13.5	13.6	13.3	12.1	14.1	13.9	14.2	14.2	13.4	15.4	15.3	15.5	15.4	14.9
75%	14.1	14.0	14.3	14.0	13.2	15.1	14.5	15.0	14.9	14.0	16.4	16.0	16.6	16.7	16.5
C.V.%	7	6	6	7	10	1	6	7	7	8	8	6	7	8	15
	ABR					MAI					JUN				
	SG	BN	PR	SP	PF	SG	BN	PR	SP	PF	SG	BN	PR	SP	PF
25%	16.0	15.7	16.3	16.2	15.8	17.6	17.0	17.6	18.1	17.7	20.9	19.8	20.9	20.7	21.8
50%	17.1	16.5	17.0	17.3	16.7	18.3	17.8	18.4	19.1	18.7	22.2	20.3	21.8	22.3	23.4
75%	17.9	17.8	18.2	18.3	17.3	19.3	18.4	19.3	19.6	20.1	23.0	21.4	23.0	23.0	24.9
C.V.%	10	8	9	10	11	8	7	7	7	10	9	8	8	7	9
	JUL					AGO					SET				
	SG	BN	PR	SP	PF	SG	BN	PR	SP	PF	SG	BN	PR	SP	PF
25%	22.8	20.9	22.7	23.0	24.6	23.5	19.8	23.2	23.8	25.3	22.8	20.7	22.5	23.0	24.2
50%	23.9	21.9	23.7	24.3	26.0	24.2	20.3	23.7	24.9	26.4	23.7	21.6	23.3	24.0	25.4
75%	25.7	23.0	24.8	25.4	27.6	24.8	21.4	24.4	25.4	27.6	25.1	22.6	25.0	25.3	27.3
C.V.%	7	7	6	6	8	5	8	5	5	6	7	6	7	7	9
	OUT					NOV					DEZ				
	SG	BN	PR	SP	PF	SG	BN	PR	SP	PF	SG	BN	PR	SP	PF
25%	19.2	18.7	19.1	19.3	18.8	15.9	15.7	16.0	15.9	14.7	13.6	13.8	13.8	13.5	12.4
50%	20.3	19.2	20.4	20.5	20.1	16.9	16.4	16.5	16.5	15.4	14,4	14.5	14.5	14.3	13.3
75%	21.7	20.0	21.6	22.0	22.2	19.5	17.7	18.3	18.1	17.0	15.1	15.1	15.1	14.9	14.1
C.V.%	9	7	8	9	11	10	9	9	9	10	7	7	7	7	12

Legenda : SG-S.Gens; BN-Boa Nova; PR-Pedras Rubras, SP-Serra do Pilar; PF-Paços de Ferreira

Quadro XI - 1º, 2º, 3º quartis e coeficientes de variação da temperatura média mensal máxima (1970-1989).

Boa Nova comungou com as outras estações da maior variabilidade em Novembro, mas os meses mais regulares foram Janeiro, Fevereiro, Março e

Setembro. Todavia, a diferença entre o maior e o menor coeficiente de variação neste caso não ultrapassa os 3%.

2.2.3. Precipitação Total Mensal

O período mais pluvioso inicia-se, para qualquer das estações, em Outubro, culmina em Dezembro e só atinge totais médios mensais abaixo dos 50 mm em Julho e Agosto (Quadro XII e Fig. 38).

Enquanto o mês mais *seco* [102] para as estações localizadas próximo da costa é Julho, para as mais abrigadas da influência marítima a *maior secura* só acontece em Agosto.

Tal como no caso da temperatura, incluímos, para possibilitar eventuais comparações, os valores médios para Paços de Ferreira considerando apenas o período 1970-81 (Quadro XII).

As estações do interior, Paços de Ferreira e Santo Tirso, têm em qualquer mês do ano, os totais mensais de precipitação mais elevados.

Dentre as estações do litoral, as maiores quantidades de precipitação ocorreram ora no Porto-Serra do Pilar, ora em S.Gens. Porto-Serra do Pilar foi a estação mais chuvosa em Janeiro, Fevereiro, Abril, Julho, Outubro e Dezembro, enquanto S.Gens registou os maiores totais de precipitação em Março, Maio, Junho, Agosto, Setembro e Novembro.

Durante o mês de Agosto todas as estações do litoral registaram totais de precipitação muito idênticos.

Boa Nova, a estação mais próxima da costa, foi a que teve menos precipitação durante a maior parte do ano, exceptuando Abril, Setembro e Novembro.

Entre Julho e Novembro, as 4 estações mais próximas do litoral têm totais de precipitação muito idênticos (Fig.38); no resto do ano elas diferenciam-se nos quantitativos, mas mantêm sensivelmente as mesmas posições relativas - Porto-Serra do Pilar e S.Gens mais próximas e com mais pluviosidade, seguindo-se Pedras Rubras e depois Boa Nova.

---

[102] A utilização deste termo tem apenas o significado mais comum. Serve-nos, exclusivamente, para relativizar os valores de precipitação total mensal ao longo do ano e não surge da aplicação de qualquer critério de classificação de meses secos/meses húmidos.

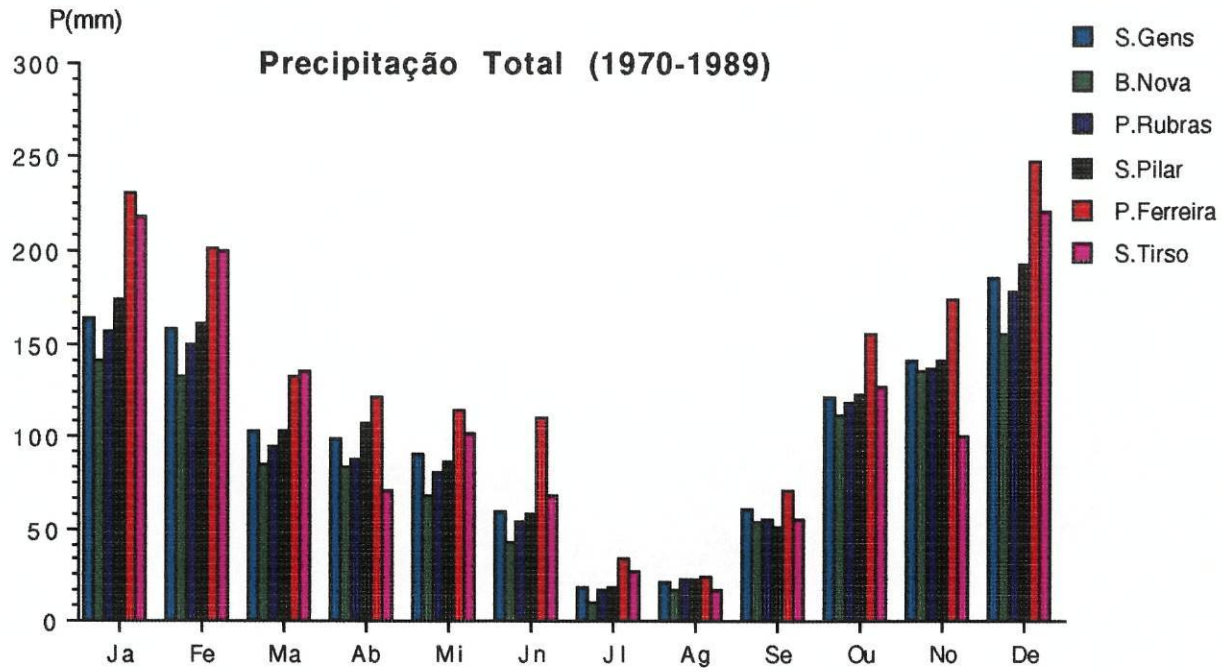


Fig. 38 - Precipitação total mensal (1970-1989).

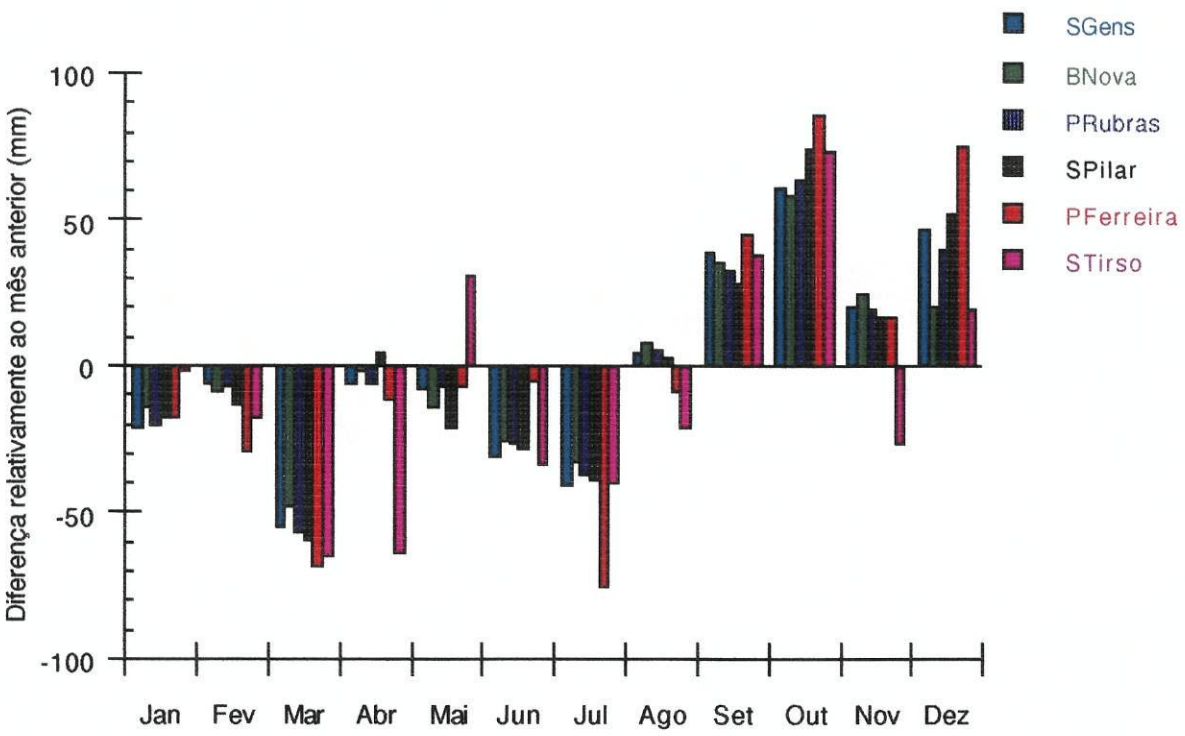


Fig. 39 - Precipitação total mensal - ritmo evolutivo intra-anual (as diferenças relativamente ao mês anterior foram elaboradas com base nos dados do quadro XII)

As estações interiores têm mais precipitação do que as do litoral; no caso de Paços de Ferreira durante quase todo o ano; no caso de Santo Tirso com excepções nos meses de Abril, Setembro e Novembro.

PRECIPITAÇÃO TOTAL (1970-1989)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
S.Gens	165	159	104	98	90	59	18	22	61	122	142	186
Boa Nova	142	133	85	83	69	43	10	18	53	111	136	156
P.Rubras	158	151	94	88	81	54	17	22	55	119	138	178
S.Pilar	175	162	103	107	86	58	19	22	50	124	141	193
P Ferreira	230	201	133	121	114	109	34	25	70	156	173	248
Sto Tirso	218	200	135	71	102	68	28	17	55	128	101	220
P Ferreira	272	205	165	89	124	79	32	21	77	148	130	255

⇒ PERIODO 1970-81

Nº DE DIAS COM P ≥ 10 mm (1970-1989)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
S.Gens	6	6	4	4	3	2	1	1	2	4	5	6
Boa Nova	5	5	3	3	2	1	0	1	2	4	4	5
P.Rubras	6	5	3	3	3	2	0	1	2	4	5	6
S.Pilar	7	6	4	4	3	2	0	1	2	4	5	7
P Ferreira	8	7	5	5	4	2	1	1	2	5	6	8
Sto Tirso	8	7	4	3	3	2	1	1	2	4	4	6

⇒ PERIODO 1970-81

Nº DE DIAS COM P ≥ 0.1 mm (1970-1989)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
S.Gens	16	15	13	12	12	8	5	4	7	12	13	14
Boa Nova	16	15	14	14	11	8	4	4	6	12	13	14
P.Rubras	17	16	15	15	14	10	7	6	8	13	14	16
S.Pilar	17	15	14	15	13	9	7	5	7	13	14	15
P Ferreira	16	15	14	13	12	8	6	5	7	11	12	14
Sto Tirso	17	15	14	11	12	9	5	4	7	12	11	13

⇒ PERIODO 1970-81

Estação com o valor mais:
elevado
baixo

Quadro XII- Precipitação Total, número de dias com precipitação ≥10 mm e número de dias com precipitação ≥ 0.1 mm (1970-1989).

O efeito da altitude é, claramente, mais condicionador dos quantitativos de precipitação, do que a distância ao mar, durante a maior parte do ano.

Observando o ritmo evolutivo intra-anual (Fig. 39), parece poder concluir-se que os meses de transição estacional em qualquer das estações climatológicas consideradas são Março e Outubro.

Senão, repare-se, a este propósito, nos decréscimos do mês de Março relativamente a Fevereiro na ordem dos 50 a 70 mm, ou nos totais mensais de Outubro em média superiores 60 a 80 mm aos de Setembro.

Cada uma destas passagens é, no entanto, subdividida em dois *saltos* com características diversas. Enquanto do período chuvoso para o período seco há uma diminuição gradual e espaçada, na transição deste para o primeiro o aumento da precipitação é contínuo e faz-se em menos tempo (Fig.39).

O primeiro grande impulso para a diminuição da precipitação é em Março, mas depois os valores permanecem muito próximos durante Abril e Maio, voltando a haver uma grande diminuição em Junho e Julho (Fig. 39).

O aumento da precipitação, na transição para o período chuvoso, sofre o primeiro grande acréscimo em Outubro, continua a aumentar durante Novembro e sofre um aumento ainda maior em Dezembro, começando logo a diminuir em Janeiro (Fig. 39).

A estação climatológica de Santo Tirso escapa ligeiramente a este comportamento que acabamos de definir (Fig.39). A irregularidade da precipitação é muito maior. O período mais chuvoso não culmina em Dezembro, mas prolonga-se até Janeiro. Abril, um mês que nas outras estações se enquadra já perfeitamente na fase decrescente dos totais pluviométricos, aqui é um mês em que a precipitação ainda aumenta significativamente. Maio, que nas outras estações é um mês com totais de precipitação semelhantes a Abril e a Março, ainda que ligeiramente inferiores, aqui é um mês em que a precipitação sofre normalmente um aumento brusco. Novembro, perfeitamente inscrito na tendência crescente dos totais de precipitação, aqui é um mês em que a precipitação diminui depois dos grande acréscimos em Setembro e Outubro.

As menores variabilidades relativas ao longo da série de 20 anos analisada verificaram-se em Abril para S.Gens, Boa Nova e Pedras Rubras, e em Março para Porto-Serra do Pilar e Paços de Ferreira (QuadroXIII). É, aliás, entre Janeiro e Abril que a regularidade relativa dos valores de precipitação registados é menor. O mês mais irregular é Julho para todas as estações, excluindo Paços de Ferreira, em que o mês que apresentou maior variabilidade foi Junho.

O período de Junho até Agosto é o período com maior irregularidade relativa, com valores superiores a 90%, seguindo-se-lhe o período entre Setembro e Dezembro em que os coeficientes de variação oscilam entre 70 e

80%, após o qual surge o período mais regular do ano entre Janeiro e Maio (c.v.=50/60%).

	JAN					FEV					MAR				
	SG	BN	PR	SP	PF	SG	BN	PR	SP	PF	SG	BN	PR	SP	PF
25%	108	98	97	108	131	83	70	90	73	99	67	55	58	74	73
50%	159	138	141	169	224	142	123	138	138	171	108	87	100	95	111
75%	230	177	224	240	292	211	161	202	214	254	136	117	132	155	198
C.V.%	59	62	65	60	68	61	56	58	63	69	58	58	57	56	63
	ABR					**MAI**					**JUN**				
	SG	BN	PR	SP	PF	SG	BN	PR	SP	PF	SG	BN	PR	SP	PF
25%	58	57	47	71	58	52	42	50	42	62	27	21	24	28	37
50%	91	83	85	101	119	84	62	78	67	109	42	35	39	42	62
75%	120	102	119	140	162	114	82	105	118	161	64	45	59	68	92
C.V.%	56	55	61	59	65	65	64	61	66	66	99	100	95	98	152
	JUL					**AGO**					**SET**				
	SG	BN	PR	SP	PF	SG	BN	PR	SP	PF	SG	BN	PR	SP	PF
25%	3	2	2	1	5	3	2	4	5	6	13	13	10	15	20
50%	11	9	11	11	20	16	14	16	17	16	53	45	43	61	54
75%	21	13	19	18	52	35	26	33	40	52	98	77	76	86	106
C.V.%	127	123	120	129	108	97	115	106	86	100	82	86	93	81	90
	OUT					**NOV**					**DEZ**				
	SG	BN	PR	SP	PF	SG	BN	PR	SP	PF	SG	BN	PR	SP	PF
25%	45	51	46	50	60	49	62	45	63	67	78	59	68	66	80
50%	101	89	96	105	134	138	133	124	132	152	145	125	139	143	202
75%	163	159	155	170	202	202	185	189	198	271	290	236	283	288	340
C.V.%	83	76	82	77	82	73	71	76	69	77	77	81	83	81	89

Legenda : SG-S.Gens; BN-Boa Nova; PR-Pedras Rubras, SP-Serra do Pilar; PF-Paços de Ferreira

Quadro XIII - 1º, 2º, 3º quartis e coeficientes de variação da precipitação total mensal (1970-1989).

A grande variabilidade das precipitações mensais é, aliás, bem evidenciada pela diversidade na ordem de grandeza dos coeficientes de variação (Quadro XIII).

Sem pretendermos enveredar por uma análise mais exaustiva, já experimentada por E. VELHAS (1991), pensamos, contudo, indispensável sublinhar esta perda de qualidade da informação quando se opta pela utilização das médias dos totais mensais, com a observação do número de anos em que cada um dos meses foi o mais pluvioso do ano (Fig. 40).

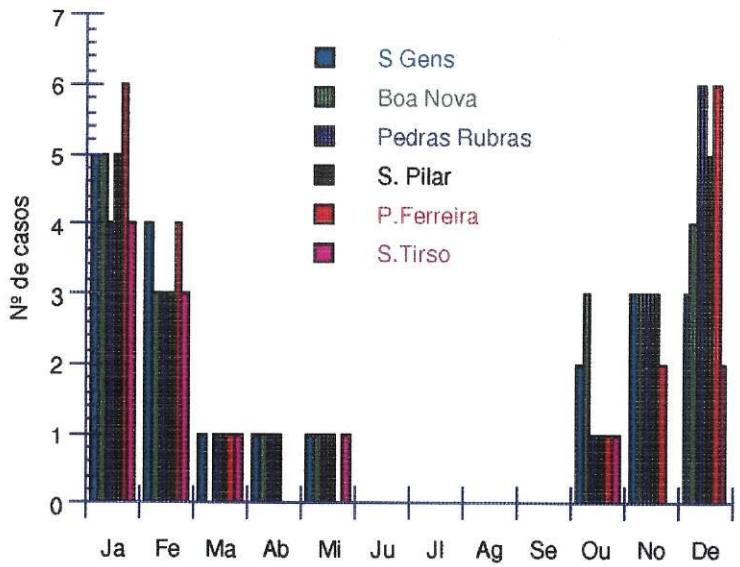


Fig. 40 - Mês mais pluvioso em cada um dos 20 anos estudados (1970-89).

Os resultados destes dois tipos de análise são evidentes. Observando ano a ano, constata-se que não é Dezembro o mês que maior número de vezes foi o mês mais pluvioso. À excepção de Porto-Serra do Pilar em que o foi de facto, em todas as outras estações climatológicas foi Janeiro o mês que com mais frequência foi o mais chuvoso do ano (Fig. 40).

O número de casos em que os totais mensais de precipitação mais elevados ocorreram em Janeiro corresponde a 35% dos anos em análise em S.Gens, a 30% em Paços de Ferreira e a 25% em Boa Nova e Pedras Rubras. No caso de Santo Tirso, como o período de análise é menor, a representatividade dos 42% do mês de Janeiro não é comparável com as restantes estações climatológicas.

Todavia, Dezembro, apesar de não ser o mês que com maior frequência registou as precipitações mais elevadas, ocupa sempre o 2º lugar com um número de ocorrências muito próximo.

Enquanto em S.Gens e Boa Nova os máximos anuais de precipitação ocorreram exclusivamente entre Novembro e Março, em Pedras Rubras o período inicia-se ligeiramente mais cedo, em Outubro, e prolonga-se até Abril. Ainda mais alargado é o leque de possibilidades de ocorrência no Porto-Serra do Pilar, em Paços de Ferreira e em Santo Tirso, onde se encontram exemplos de meses mais chuvosos desde Outubro até Maio.

O número de dias com mais de 10 mm de precipitação (Fig. 41) e o número de dias com mais de 0.1 mm de precipitação (Fig. 42) complementam a nossa compreensão do modo como este elemento climático se comportou, à escala regional, durante os últimos 20 anos.

Assim, pode definir-se o período entre Outubro e Fevereiro como aquele em que foram mais frequentes os dias com totais diários de precipitação iguais ou superiores a 10 mm. Em qualquer das estações, assistiu-se, em alguns anos, a meses em que estes totais diários ocorreram em mais de 1/3 dos dias. De todas as estações, Paços de Ferreira foi a que registou maior número de ocorrências. Nesta estação, o mês de Janeiro teve em 40% dos casos mais de 12 dias com P≥ 10 mm e Dezembro teve em 35% dos anos em análise mais de 10mm de precipitação, tendo, inclusivé, em 1978 e em 1981 registado 20 dias e 18 dias, respectivamente, com P≥10 mm.

Das estações mais próximas do litoral, Porto-Serra do Pilar foi a que teve maior número de registos pluviométricos diários superiores a 10 mm.

Os registos de pluviosidade em S.Gens acompanham os de Porto-Serra do Pilar durante quase todo o ano, constituindo apenas excepção os meses de Janeiro e Dezembro. Uma vez que os totais mensais são muito idênticos nas duas estações, é de pressupor que a intensidade da precipitação em S.Gens foi maior do que no Porto-Serra do Pilar

Pedras Rubras e Boa Nova mantêm entre si e com as outras estações as mesmas posições relativas já referidas na análise dos totais mensais. Boa Nova, que tinha durante o período chuvoso os menores quantitativos, é também a que tem o menor número de dias com P≥ 10 mm.

Relativamente à análise do número de dias em que foi registado qualquer meteoro aquoso (P≥ 0.1 mm) todas as estações têm um comportamento muito semelhante sobretudo no período mais *húmido* do ano.

Janeiro é o mês com maior número de dias com chuva. Em 40% dos anos Janeiro teve mais de 20 dias com precipitação. A grande irregularidade

deste elemento climático, atestada pelo facto de, mesmo neste mês, em alguns anos terem ocorrido apenas 3 ou 4 dias com precipitação, redunda em valores médios bastante menores, oscilando entre os 15 e 17 dias de chuva (Fig.42).

Apesar do número de dias com pluviosidade baixar substancialmente entre Junho e Setembro, não há nenhuma estação climatológica que tenha registado, em média, menos de 5 dias de chuva em qualquer dos meses da época em que se espera menor pluviosidade.

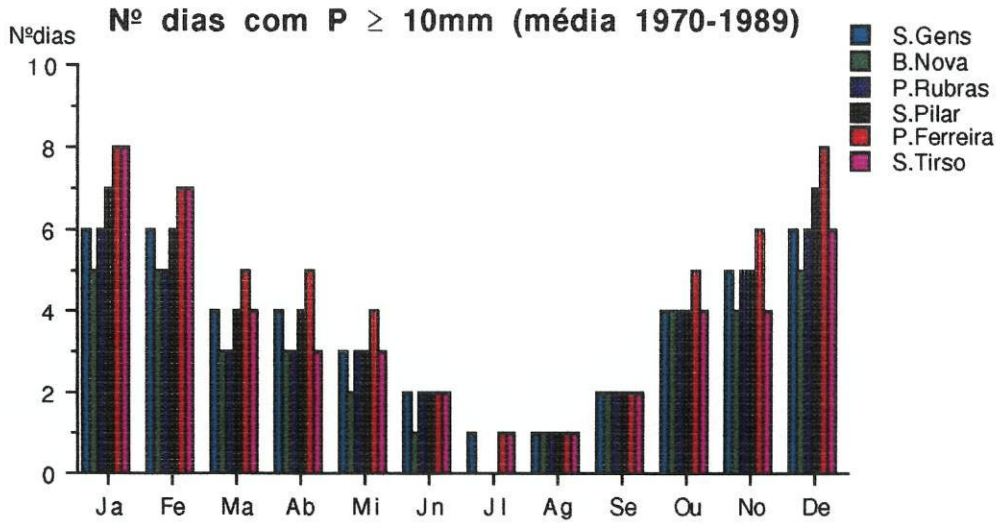


Fig. 41 - Número de dias com precipitação ≥ 10 mm (1970-1989).

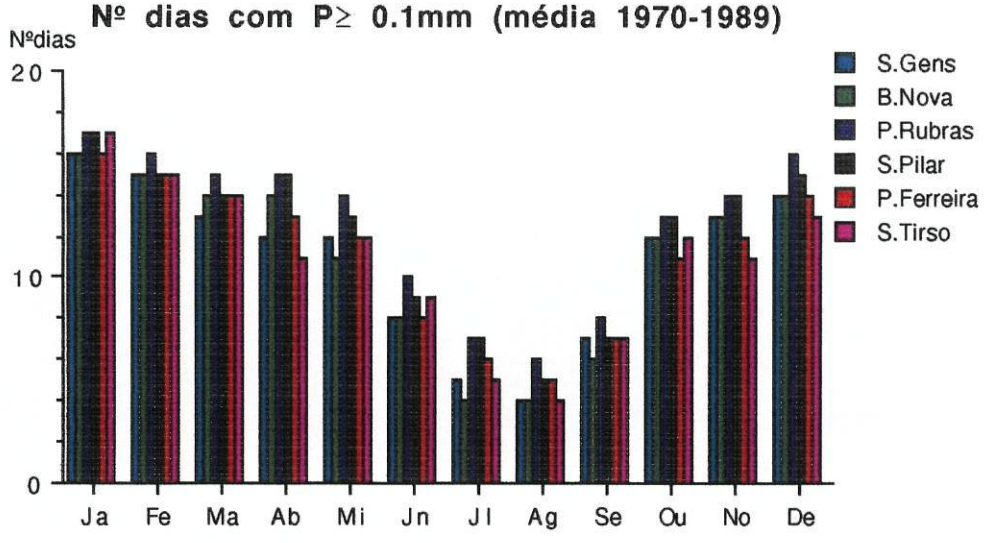


Fig. 42 - Número de dias com precipitação ≥ 0.1 mm (1970-1989).

Contabilizando exclusivamente os casos em que choveram menos de 5 dias por mês, constata-se que a probabilidade deles ocorrerem é de 75% em Julho e Agosto apenas em S.Gens e Boa Nova. Em Pedras Rubras a probabilidade baixa em Agosto para 45% e em Julho e Setembro para 30%. No Porto-Serra do Pilar é de 65% em Agosto e baixa logo para 30% em Julho e Setembro. Na estação de Paços de Ferreira a probabilidade de ocorrerem menos de 5 dias de chuva por mês é de 75% em Agosto e de 55% em Julho.

De todas as estações, Pedras Rubras e Porto-Serra do Pilar são as que apresentam com maior frequência mais de 5 dias/mês com precipitação, mesmo nos meses claramente mais secos do ano como Julho e Agosto. Note-se que nestas duas estações registaram-se, ainda que esporadicamente, nestes dois meses, totais mensais de 70-80 mm[103].

2.2.4. Humidade Relativa e Número de dias com nevoeiro

A humidade relativa às 9h é, em média, sempre muito elevada (>75%), em qualquer das estações climatológicas e em qualquer época do ano (Quadro XIV e Fig. 43), o que se comprende face à grande proximidade do litoral e à inexistência de obstáculos à penetração do ar húmido para qualquer dos postos considerados.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
S.Gens	83	81	77	75	76	77	76	77	77	81	81	82
Boa Nova	83	82	79	77	81	83	83	85	82	81	82	84
P.Rubras	85	86	83	80	81	81	82	84	83	85	85	86
S.Pilar	88	87	83	78	78	77	77	79	80	85	87	87
P.Ferreira	90	87	82	77	77	72	73	73	74	82	87	89
Sto Tirso	88	87	81	74	75	78	76	78	80	85	89	88

Estação com o valor mais: elevado / baixo

⇒ PERÍODO 1970-81

Quadro XIV- Humidade Relativa média mensal às 9h (%) (1970-1989).

---

[103]No caso de Pedras Rubras estamos a pensar em Julho de 1971 (74.9 mm) e em Agosto de 1976 e de 1983 (74.5 mm e 80.4 mm).

No caso de Porto-Serra do Pilar referimo-nos ao Julho de 1980 e de 1988 que registaram 83.8 mm e 72.5 mm, respectivamente.

O modo como, durante o ano, vai variando a humidade relativa permite-nos definir 4 grupos de estações com comportamentos semelhantes (Fig.43).

Um grupo é constituido pelas estações climatológicas mais distantes do mar, Paços de Ferreira e Santo Tirso, em que há uma grande amplitude de variação entre os meses de Inverno (90%) e Verão (72%).

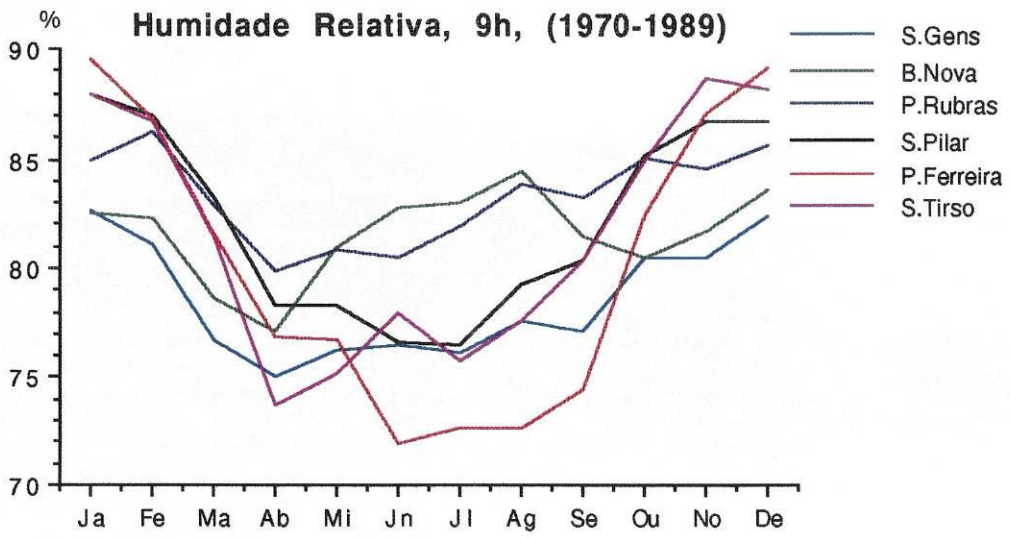


Fig. 43 -Humidade relativa média mensal às 9h (1970-1989).

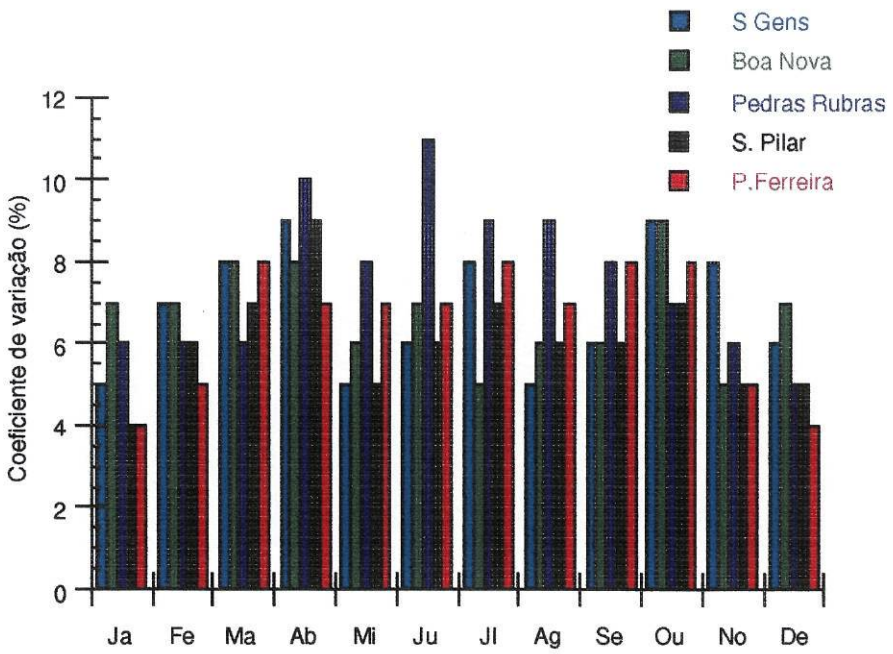


Fig. 44 - Coeficientes de variação das séries mensais de humidade relativa média mensal às 9 h (1970-1989).

Dentre as estações mais próximas do litoral, distinguem-se 3 grupos: Pedras Rubras e S.Gens com um grande paralelismo no ritmo estacional, embora Pedras Rubras mantenha, em qualquer mês do ano, valores superiores a S.Gens; Porto-Serra do Pilar com uma amplitude de variação anual maior que as anteriores, com muito mais humidade nos meses de Inverno e com valores menores nos meses de Verão; Boa Nova com humidade relativa nos meses de Verão maior ou igual à dos meses de Inverno

O quadro regional, genericamente semelhante, expresso nas médias mensais do período 1970-1989, mascara a diversidade patente nos valores médios mensais em cada um dos 20 anos em análise. Apesar dos coeficientes de variação serem sempre inferiores a 10%, o mês mais irregular e a magnitude relativa dessa variabilidade foi diferente em cada uma das estações climatológicas consideradas (Fig. 44).

Enquanto no Porto-Serra do Pilar, em S.Gens e Boa Nova os meses mais irregulares foram Outubro e/ou Abril e Março, em Pedras Rubras o mês mais irregular foi Junho e em Paços de Ferreira a maior irregularidade verificou-se em Março, Julho, Setembro e Outubro (Fig.44).

O número de dias de nevoeiro confirma esta diferenciação regional que acabamos de referir, mostrando a alternância nas posições mais destacadas entre Pedras Rubras e Porto-Serra do Pilar. Esta, com mais dias de nevoeiro entre Outubro e Março e Pedras Rubras com maior número de dias com nevoeiro nos meses de Verão (Fig.45).

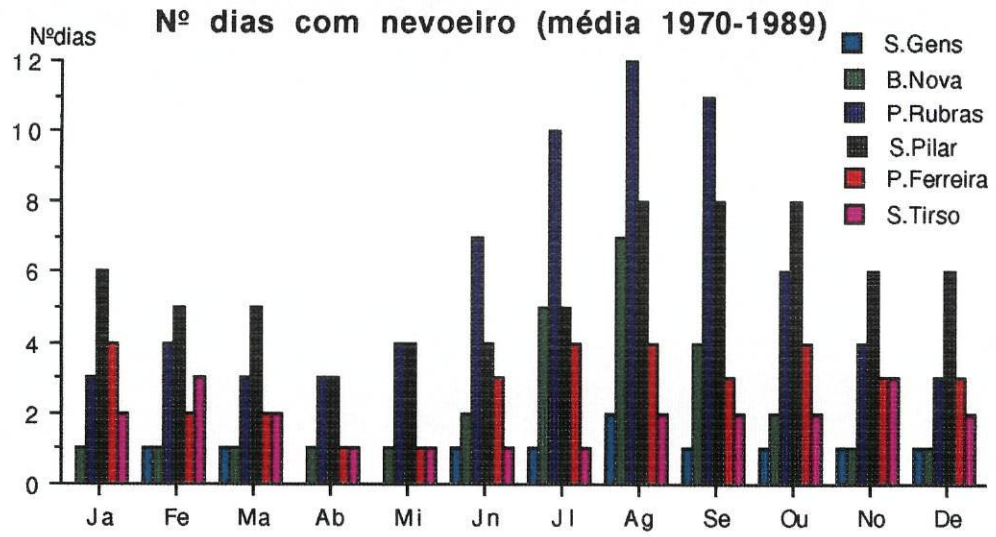


Fig. 45 -Número de dias com nevoeiro (1970-1989).

O notório aumento de dias com nevoeiro observados na Boa Nova em Julho e Agosto, sublinhando os valores elevados de humidade relativa nesta época do ano, atrás referidos, não deixa de a manter sempre abaixo de Pedras Rubras e Porto-Serra do Pilar, que possuem, especialmente esta última, registos de humidade relativa claramente inferiores (Fig. 45).

Durante o resto do ano, Boa Nova, que, recorde-se, é uma estação localizada quase em cima da linha de costa, tem conjuntamente com S.Gens, muito poucos dias com nevoeiro.

O destaque nos valores de humidade relativa em Dezembro e Janeiro, patente em Paços de Ferreira, mais interior e a maior altitude, e em Santo Tirso, também a maior distância do mar, não se traduz por um maior número de dias com nevoeiro, relativamente a Porto-Serra do Pilar ou mesmo a Pedras Rubras.

2.2.5. Evaporação

Apesar das grandes flutuações e da, aparentemente, grande aleatoriedade dos dados, demonstrada e testada por E. VELHAS (1991), não pode deixar de ser verdade que, mesmo numa área restrita como a nossa, a maior ou menor distância relativamente a um potencial fornecedor de água, continua a ser um factor determinante para a poder disponibilizar, no caso de haver a energia necessária para desencadear a mudança de estado físico.

De acordo com a distância medida em linha recta, as estações mais próximas do mar são em primeiro lugar Boa Nova, depois Pedras Rubras, a seguir S.Gens e por último, deste grupo, Porto-Serra do Pilar (Quadro IV). Esta última, no entanto, pelo facto de acumular a relativa proximidade do mar com uma grande proximidade de outro mosaico de água - o rio Douro - tem condições muito particulares que a colocam numa posição privilegiada, passível de justificar os maiores quantitativos de evaporação entre Maio e Setembro (Quadro XV e Fig. 46).

Paços de Ferreira e Santo Tirso, as estações mais interiores, são as que nos meses de Inverno registaram menores quantitativos de evaporação. Nos meses de Verão, só Boa Nova e Pedras Rubras têm quantitativos iguais ou ligeiramente inferiores.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
S.Gens	66	70	93	107	93	93	105	98	92	77	64	62
Boa Nova	74	66	83	87	82	73	75	69	73	81	77	78
P.Rubras	63	62	85	93	95	98	107	97	93	83	67	69
S.Pilar	52	59	88	105	115	130	154	144	121	83	57	57
P.Ferreira	38	44	66	77	89	109	115	110	93	67	44	42
Sto Tirso	38	48	71	90	96	103	120	115	91	66	46	44

Estação com o valor mais:
elevado
baixo
PERIODO 1970-81

Quadro XV- Média mensal da evaporação total (1970-1989).

Boa Nova, S.Gens e Porto-Serra do Pilar assumiram, alternadamente, o protagonismo no que diz respeito à ordem de grandeza dos valores de evaporação. Boa Nova, muito próxima do mar, registou a maior evaporação entre Novembro e Janeiro. S.Gens, menos próxima do litoral, foi a estação com maior evaporação em Fevereiro e Março. Porto-Serra do Pilar teve os maiores valores de evaporação entre Maio e Outubro.

Boa Nova, a estação onde se registaram as temperaturas mínimas mais elevadas durante todo o ano, associa nos meses de Inverno a proximidade da fonte fornecedora de água e a energia disponível para vencer a tensão de vapor.

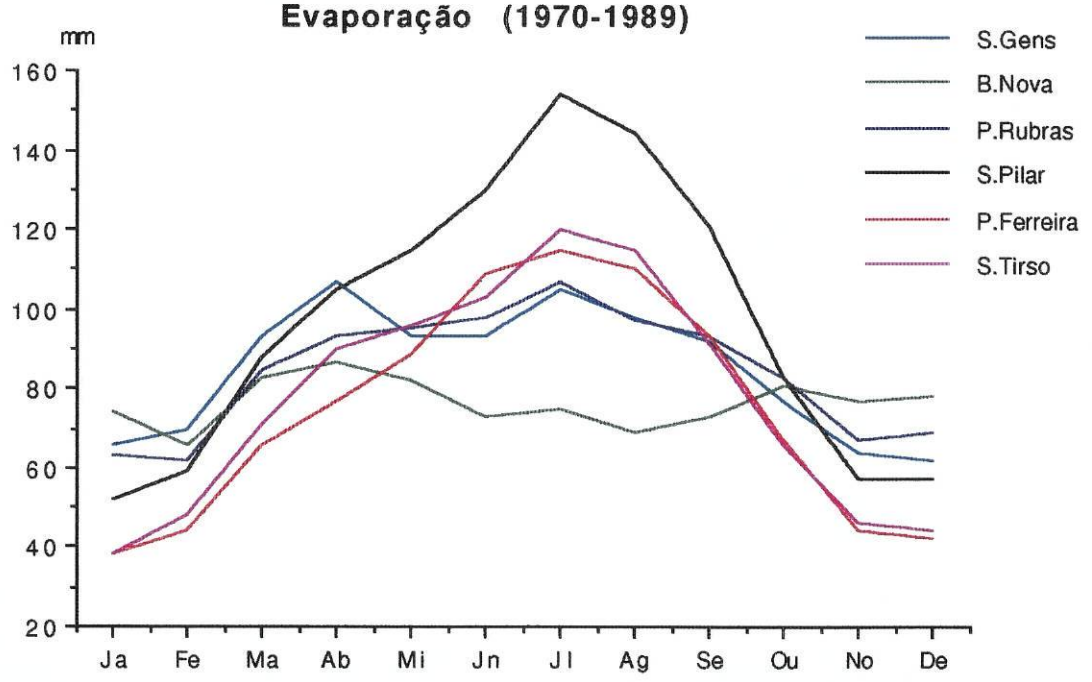


Fig. 46 - Média mensal da evaporação total (1970-1989).

Porto-Serra do Pilar, registando no Verão as temperaturas mínimas e máximas mais elevadas, e estando simultaneamente próxima do rio e do mar, tem condições para possuir os maiores valores de evaporação entre Maio e Setembro (Quadro XV e Fig. 46).

Em qualquer das estações climatológicas, Julho foi o mês em que houve maiores quantitativos de evaporação durante o ano, mostrando a importância da quantidade da energia disponível para o processo de evaporação.

Os mínimos de evaporação variaram consoante a localização da estação climatológica, tendo sido Dezembro para S.Gens, Janeiro para Porto-Serra do PIlar, Paços de Ferreira e Santo Tirso e Fevereiro para Boa Nova e Pedras Rubras.

Enquanto durante o Inverno a ordem de grandeza dos registos de evaporação é muito semelhante entre todas as estações, no Verão a diversidade é bastante significativa. Nesta época do ano distinguem-se claramente 4 grupos de comportamento: Boa Nova com os menores valores; Pedras Rubras e S.Gens com valores ligeiramente superiores; Santo Tirso e Paços de Ferreira com valores ainda mais elevados; Porto-Serra do Pilar com registos muito superiores a qualquer das outras estações climatológicas.

2.2.6. Vento - rumos predominantes e velocidade média mensal

2.2.6.1. Frequência média mensal (1970-1989)

O rumo predominante dos ventos em qualquer época do ano evidencia condições de circulação atmosférica distintas entre as estações de Paços de Ferreira e Santo Tirso e as estações do litoral. Apesar da distância entre elas e a diferenciação topográfica não ser, mesmo à nossa escala espacial de análise, muito grande, o facto é que impõe modificações substanciais na direcção e no sentido do vento (Fig. 47 e Fig. 48)

Em Outubro e Novembro e em Junho, Julho e Agosto a diferenciação entre as 6 estações parece atenuar-se, adivinhando-se em toda a área um sentido e direcção da circulação do vento que envolve todas as estações.

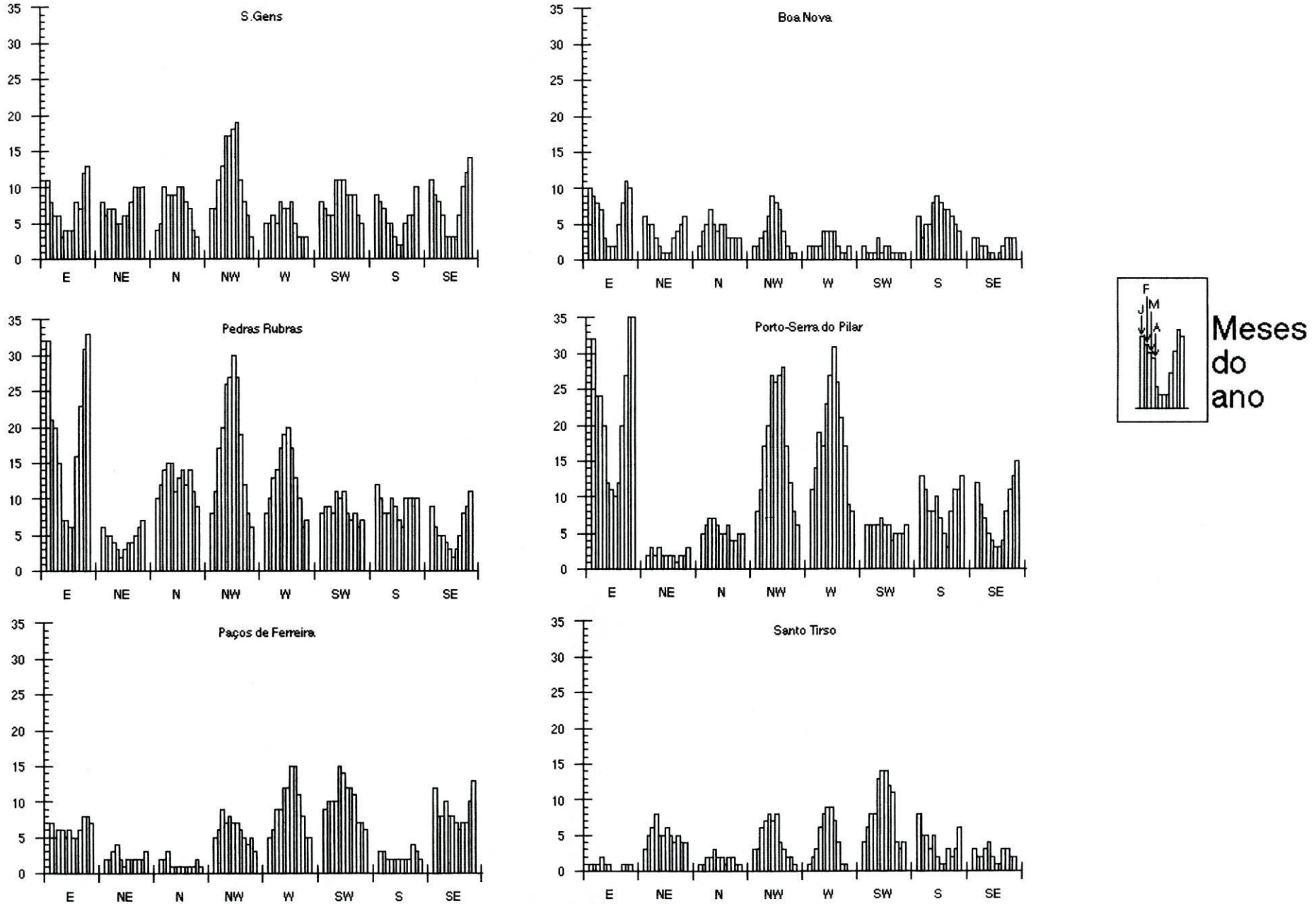


Fig. 47 - Frequência média mensal dos rumos do vento (1970-89).

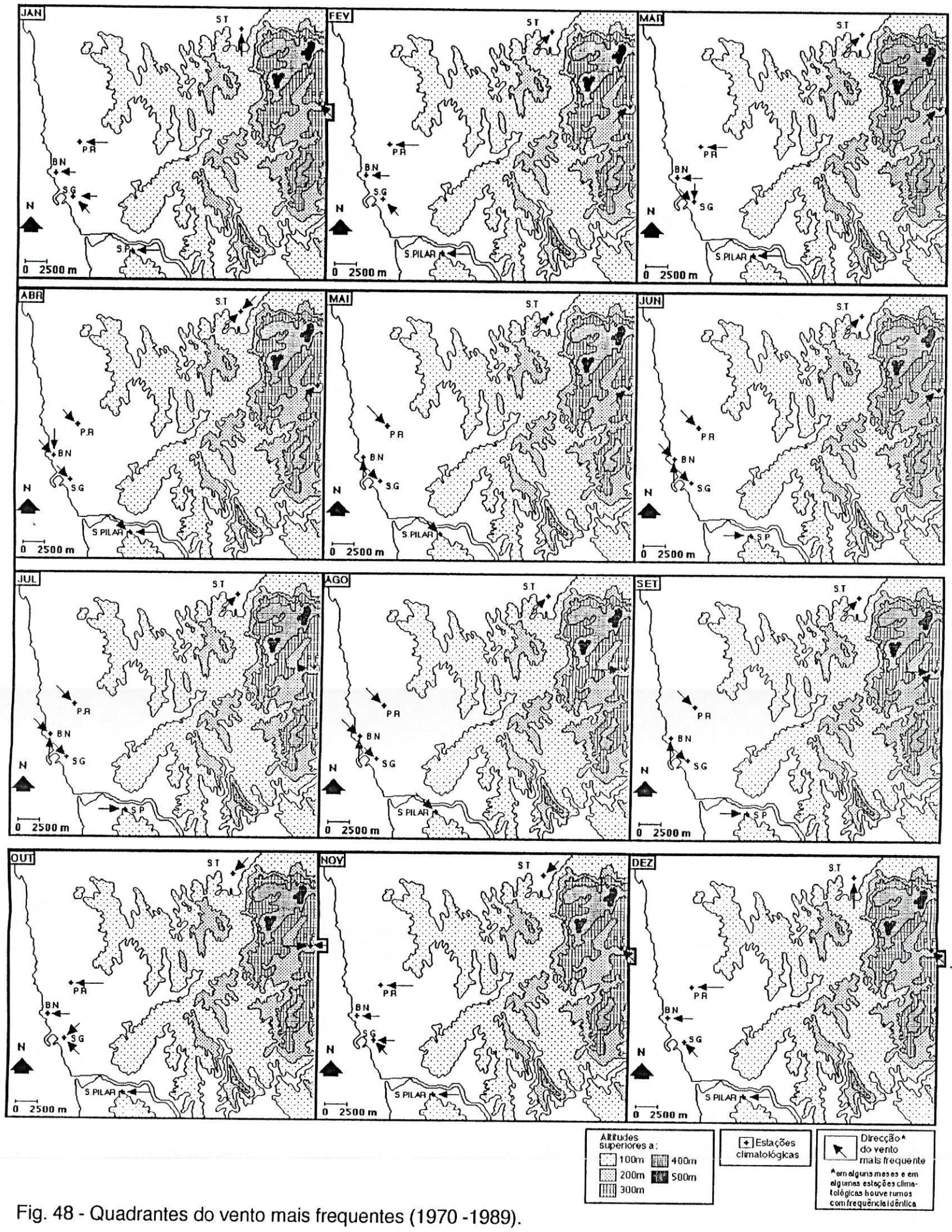


Fig. 48 - Quadrantes do vento mais frequentes (1970 -1989).

Abril e Outubro são os meses que marcam a rotação no sentido e direcção predominantes do vento nesta região. A transição é gradual havendo inicialmente um aumento da frequência dos quadrantes N ou S e só depois passando a prevalecer os rumos de NW, situação que se manterá até Outubro. Nessa altura, o predomínio dos quadrantes de E é também antecedida por um período em que há idêntica frequência deste e de outros quadrantes.

Em Outubro e Novembro, a circulação do ar, predominantemente de E, sofre um ligeiro desvio em S.Gens, Paços de Ferreira e Santo Tirso onde se registam com igual importância ventos de SE e NE (Fig.48).

Entre Junho e Agosto em todas as estações predominam os ventos do quadrante W, NW ou SW (Fig. 48).

Excluindo momentaneamente da nossa análise as estações do interior, é evidente o predomínio dos ventos de NW e W nos meses de Verão e dos de E e SE nos meses de Inverno (Fig. 47). Esta alternância é particularmente evidente no Porto-Serra do Pilar e em Pedras Rubras. Em S.Gens e Boa Nova apesar de se manter esta distinção, ela não é tão notória.

Enquanto a diferença entre as maiores e menores frequências no Porto-Serra do Pilar e em Pedras Rubras rondou em média os 25, em S.Gens e Boa Nova não ultrapassou os 15 e os 8, respectivamente.

2.2.6.2. Velocidade média mensal (1970-1989)

As velocidades médias mensais não ultrapassaram em média os 10Km/h em S.Gens e Santo Tirso, atingiram os 15Km/h nos meses de Inverno em Paços de Ferreira, aproximaram-se e/ou ultrapassaram os 25 Km/h no Inverno em Pedras Rubras e Boa Nova e ultrapassaram os 20Km/h no Porto-Serra do Pilar em todos os meses do ano (Fig. 49).

Os quadrantes em que se registaram as velocidades mais elevadas raramente coincidem com os rumos mais frequentes.

Em S.Gens o maior destaque vai para os ventos de SW e de S em Janeiro e para os ventos de S e de W em Fevereiro com uma velocidade média próxima dos 10Km/h, quando os quadrantes predominantes foram de E e de SE, respectivamente.

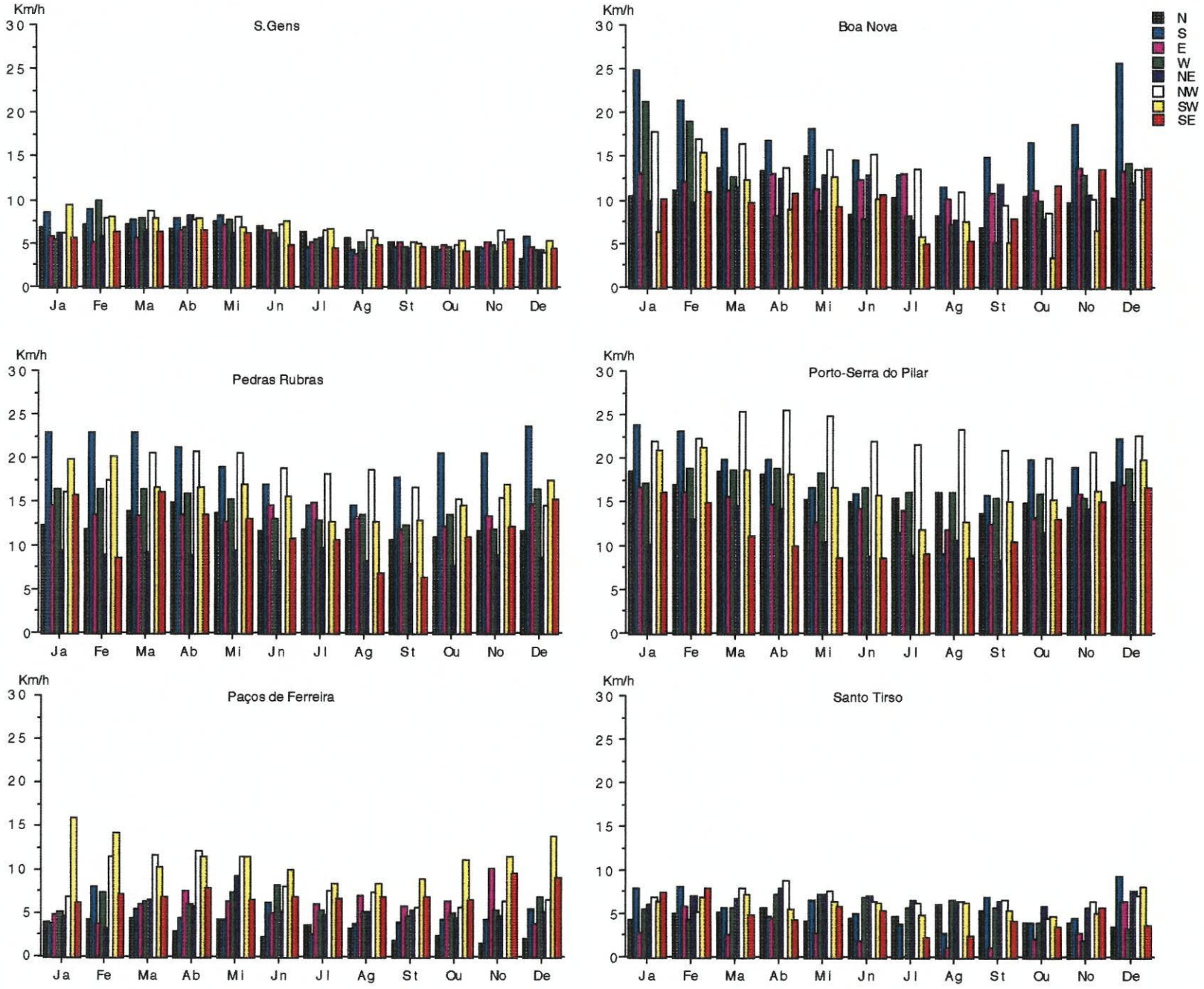


Fig. 49 - Velocidade média mensal do vento (1970-89)

Na Boa Nova os ventos mais fortes foram os que sopraram de S em Dezembro e Janeiro, atingindo em média os 25km/h. Este quadrante permanece o mais veloz até Maio, sendo superado em Junho e Julho pelos ventos de NW. Em Agosto os ventos de S e os de NW têm velocidades semelhantes e depois os ventos de S voltam a ser claramente os de maior velocidade. Há uma diminuição gradual da velocidade do vento durante a época de Verão, com um mínimo em Agosto. A coincidência entre os rumos mais frequentes e as maiores velocidades só ocorreu entre Maio e Setembro.

Em Pedras Rubras a velocidade do vento mantém-se à volta dos 20 Km/h durante todo o ano. Entre Setembro e Março é protagonizada pelos ventos de S. Em Abril as maiores velocidades estão associadas tanto a ventos de S como de NW. No resto do ano os ventos mais fortes são os de NW. Exceptuando os ventos de NE que são sempre os mais fracos, todos os outros rumos sopraram na região com velocidades médias superiores a 10Km/m, atingindo velocidades muito próximas dos mais velozes (S e NW).

No Porto-Serra do Pilar os ventos que sopraram com maior velocidade foram os de S em Janeiro e Fevereiro e os de NW no resto do ano. Desde Abril até Setembro os ventos de NW são os mais fortes e os mais frequentes. As maiores velocidades não ocorreram no Inverno como aconteceu nas outras estações climatológicas, mas em Março, Abril e Maio. As velocidades atingidas nos meses de Verão, por exemplo em Agosto, são idênticas às atingidas nos meses de Inverno e superiores às do Outono.

Tal como aconteceu na análise dos ventos predominantes, a velocidade média atingida em cada um dos rumos em Paços de Ferreira e Santo Tirso reflecte os efeitos da topografia e da maior distância ao mar que caracteriza estas duas estações.

Em Paços de Ferreira os ventos mais velozes são na maior parte do ano os de SW, rumo que aliás era o predominante entre Fevereiro e Setembro. Em Novembro os ventos de SE e E e em Dezembro os ventos de SE atingiram velocidades próximas dos de SW. Em Março, Abril e Maio é notória a aproximação, em termos de velocidades, entre os ventos de NW e SW. De qualquer forma, mesmo na época em que sopram com mais velocidade, os ventos raramente ultrapassam os 10Km/h.

Em Santo Tirso não sobressai nenhum quadrante no que diz respeito à velocidade média atingida. Os ventos, qualquer que seja o rumo, rondaram os 5 -8Km/h.

3. Ritmo evolutivo interanual dos valores médios mensais durante o período 1970-1989.

À semelhança do que procuramos fazer na análise secular dos dois elementos climáticos essenciais para a caracterização climática duma região- a temperatura e a precipitação.- tentaremos, nesta fase, *perceber*, através de uma leitura *longitudinal* dos registos médios mensais, alguma *ordem* no modo como os valores se sucederam ao longo dos últimos 20 anos nesta região.

3.1. Temperaturas Médias Mensais

3.1.1. Temperatura Média Mensal Mínima

O mês com as temperaturas médias mínimas mais elevadas foi maioritariamente Julho para qualquer das estações climatológicas consideradas. Anos houve, porém, em que tal sucedeu em Junho, Agosto ou Setembro (Fig. 50 e Quadro XVI).

Em S.Gens, 50% dos casos ocorreram em Julho, 25% em Agosto e 25% em Setembro.

Na Boa Nova, os meses com temperatura mais elevada foram também em 50% dos anos Julho, em 20% dos casos Agosto e Setembro e em 10% dos anos Junho.

Em Pedras Rubras, as temperaturas mínimas mais altas ocorreram em 45% dos casos em Julho, em 30% dos casos em Agosto, em 25% dos casos em Setembro e só em 10% dos casos em Junho.

No Porto-Serra do Pilar a probabilidade das temperaturas mínimas mais altas serem em Julho ou em Agosto é idêntica (40%), Setembro representa apenas 20%.

As estações mais interiores, Paços de Ferreira e Santo Tirso, embora tenham registado também um maior número de ocorrências no mês de Julho, 50% e 45% dos casos, respectivamente, tiveram, ocasionalmente, os valores mais elevados do ano em Agosto, Setembro ou Junho.

Em 45% dos anos estudados, o mês mais quente do ano foi comum a todas as estações (Fig.50 e Quadro XVI). Isto só aconteceu porém, quando os meses mais quentes foram Julho (1970, 1971, 1974, 1976 e 1979), ou Setembro (1977, 1978, 1986) ou Agosto (1980). Junho nunca correspondeu, em simultâneo, ao mês mais quente em toda a área.

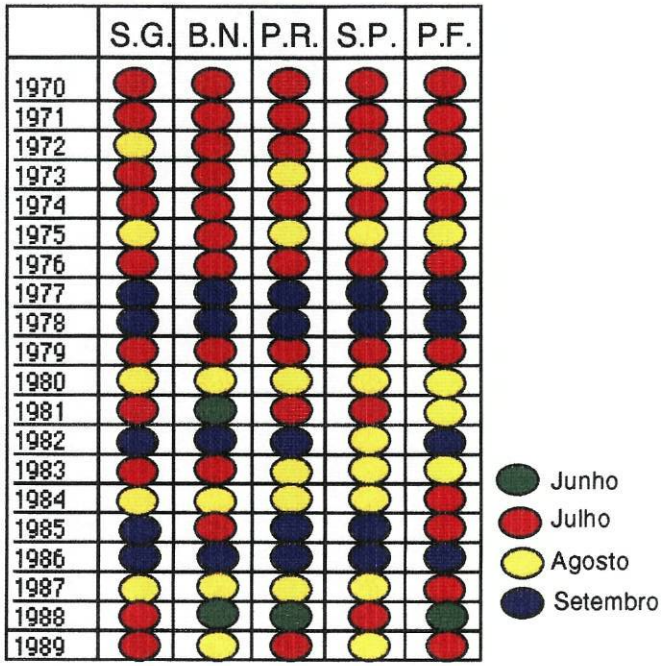


Fig. 50 - Temperatura média mensal mínima mais elevada do ano

Temperaturas médias mínimas

Média mensal mais elevada

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
S.Gens	0	0	0	0	0	0	10	5	5	0	0	0
Boa Nova	0	0	0	0	0	2	10	4	4	0	0	0
P.Rubras	0	0	0	0	0	2	9	6	5	0	0	0
S.Pilar	0	0	0	0	0	1	8	8	4	0	0	0
P Ferreira	0	0	0	0	0	1	10	5	4	0	0	0
Sto Tirso	0	0	0	0	0	0	9	3	0	0	0	0

Média mensal mais baixa

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
S.Gens	10	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Boa Nova	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
P.Rubras	10	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6
S.Pilar	11	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	6
P Ferreira	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Sto Tirso	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5

Quadro XVI - Número de ocorrências dos mínimos e máximos do ano (1970-1989)

Os valores **mais elevados das temperaturas mínimas** ocorreram **todos na década de 80.**

O mês de Janeiro em 1974 no Porto-Serra do Pilar e em 1970 em Paços de Ferreira, e o mês de Junho em 1976 no Porto-Serra do Pilar foram as únicas excepções. Nos restantes 57 casos[104] os valores mais altos ocorreram sempre após 1980.

Só aos anos de **1988 e 1989** correspondem **45% dos valores mais elevados** de cada série de 20 anos.

As temperaturas médias mínimas mais altas dos últimos 20 anos, nos meses de Maio, de Julho, e de Dezembro, em qualquer das estações, ocorreram em 1988 ou 1989. O mesmo sucedeu com as de Agosto em S.Gens, Boa Nova, e Paços de Ferreira, com as de Outubro na Boa Nova, em Pedras Rubras, no Porto-Serra do Pilar e Paços de Ferreira e com as de Janeiro em S.Gens, Boa Nova e Paços de Ferreira.

Curiosamente, foram as duas estações climatológicas mais afastadas do ponto de vista dos factores geográficos potencialmente condicionantes, Boa Nova e Paços de Ferreira (Quadro IV), as que melhor evidenciaram o aumento das temperaturas mínimas nos dois últimos anos.

Em qualquer das duas, os meses de Janeiro, Maio, Junho, Julho, Agosto, Outubro e Dezembro de 1988 e/ou 1989 foram os que registaram as temperaturas mínimas mais elevadas dos últimos 20 anos.

Este facto **não se justifica por uma maior irregularidade** nos últimos anos, já que as temperaturas mínimas mais baixas só em 7 dos 60 casos é que aconteceram após 1980.

A maioria das médias mensais mais baixas dos últimos 20 anos ocorreram entre 1970 e 1980. As únicas excepções foram os meses de Fevereiro e Maio de 1984 em S.Gens, Pedras Rubras e Paços de Ferreira, o mês de Julho de 1982, e o mês de Agosto de 1985 em que as mínimas mais baixas do período em análise ocorreram na década de 80.

Parece portanto, haver uma *ordem* nos valores extremos de temperatura mínima em todas as estações. Apesar de ser demasiado arriscado afirmá-lo, com a informação disponível, adivinha-se como que uma *tendência* para o aumento das temperaturas mínimas nos últimos anos.

---

[104]A nossa matriz é constituída por 12 meses x 5 estações o que perfaz 60 variáveis. A estação de Santo Tirso como só tem praticamente dados da década de 70 foi eliminada nesta análise.

Este comportamento poderá reflectir eventuais *distorções* no Sistema Climático provocadas por causas exógenas de âmbito local e regional[105] , uma vez que abrangeu, simultaneamente, estações tão distantes como Boa Nova e Paços de Ferreira.

Apesar de não esperarmos coeficientes de correlação altos, o que nos retira de imediato a possibilidade de poder projectar com fiabilidade o comportamento futuro, pensamos útil procurar, através da regressão linear, uma melhor visualização deste comportamento que nos foi sugerido pela análise anterior (Fig. 51).

À semelhança do que fizemos noutras etapas anteriores do nosso trabalho excluimos a estação de Santo Tirso por insuficiência de dados.

Consideramos, exclusivamente, e a título meramente exemplificativo, as séries em que $r^2 \geq 0.29$[106] (Fig. 51).

De acordo com a tabela do grau de significância do coeficiente de correlação, para uma amostra com n=20, como é o nosso caso, deveríamos, no mínimo, ter um coeficiente de correlação ≥ 0.3598 [107] para que a correlação tivesse algum significado.

---

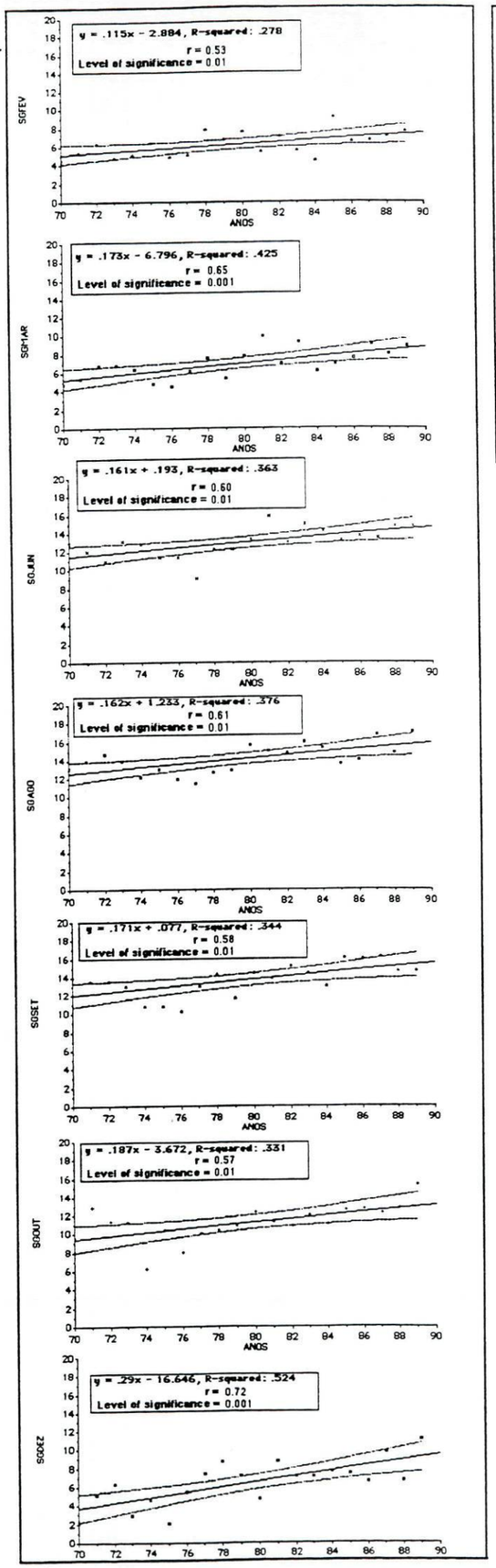
[105]A testemunhar esta ideia estão inúmeros trabalhos científicos recentes como os de COHMAP, (1988), DETTWILLER, J. (1970), ou de FLOHN, H., FANTECHI, R. (ed), (1984), do qual citamos: "...The frequency of occurrence of temperature extremes in Europe since 1940 has been somewhat higher than in the first 40 years of this century [...] For large European cities the city effect on temperature during this century amounts to about 1°C..." FLOHN, H., FANTECHI, R. (ed), The Climate of Europe: past, present and future, D. Reidel Publishing Company, Lancaster, Dordrecht, 1984, p.65.

Além destes e de outros trabalhos, razoavelmente divulgados na comunidade científica interessada nesta área de investigação, não podemos deixar de sublinhar a proliferação, nos últimos anos, de um vasto conjunto de publicações em torno desta temática, destinadas a um público menos especializado, mas com um grande impacte na divulgação desta problemática na sociedade, como por exemplo o texto da Science & Vie, nº174, Mars, 1991, p.132: "...la France n'a jamais eu si chaude depuis trente ans. Entre Septembre 88 et Octobre 89, la moyenne des relevés pour l'ensemble du pays a été de 12.7°C. Soit un degré de plus que pour la période équivalente 75-76. Pour 1990, il suffit de se remémorer les records battus l'été dernier...".

[106] O que significa $-0.55 \leq r \geq +0.55$

[107]r=0.3598 para p=0.1; r=0.4227 para p=0.05; r=0.4921 para p= 0.02; r=0.5368 para p=0.01; r=0.6524 para p=0.001.

O valor de p indica-nos a probabilidade da relação que procuramos ocorrer aleatoriamente. Por exemplo p=0.1 significa que 10 em cada 100 casos analisados têm um comportamento aleatório. Se p= 0.001 então apenas 1 em cada 1000 casos tem probabilidade de comportar-se aleatoriamente.



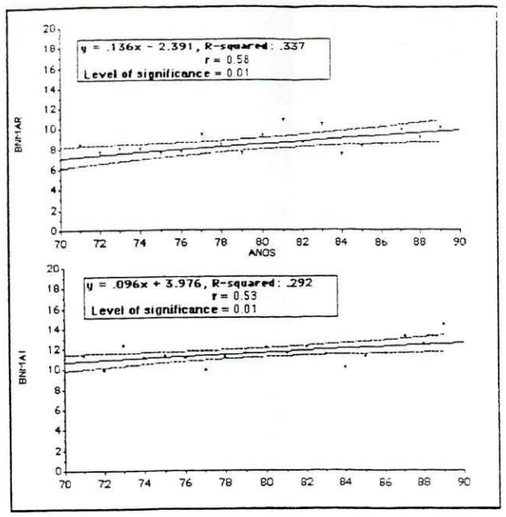
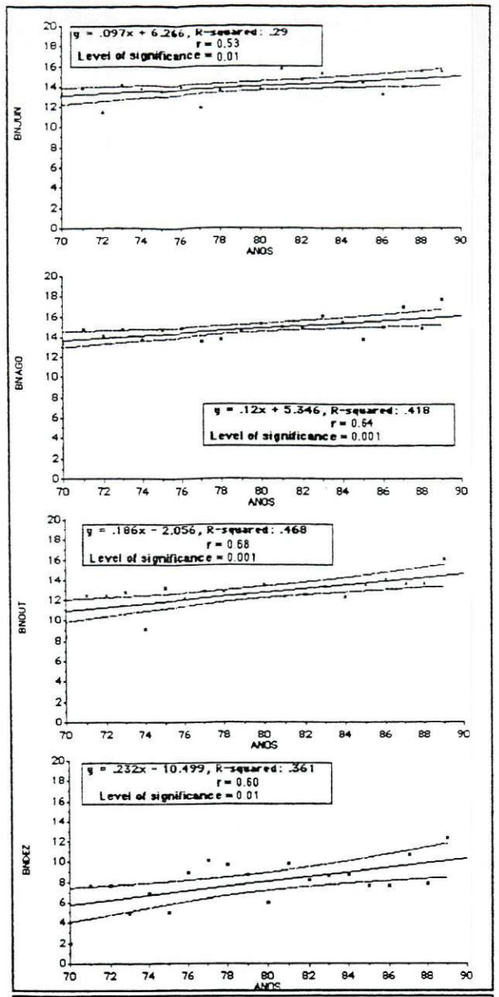
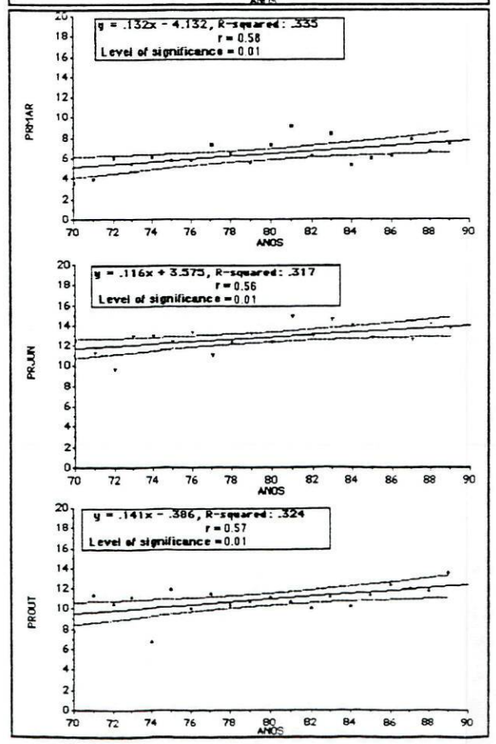
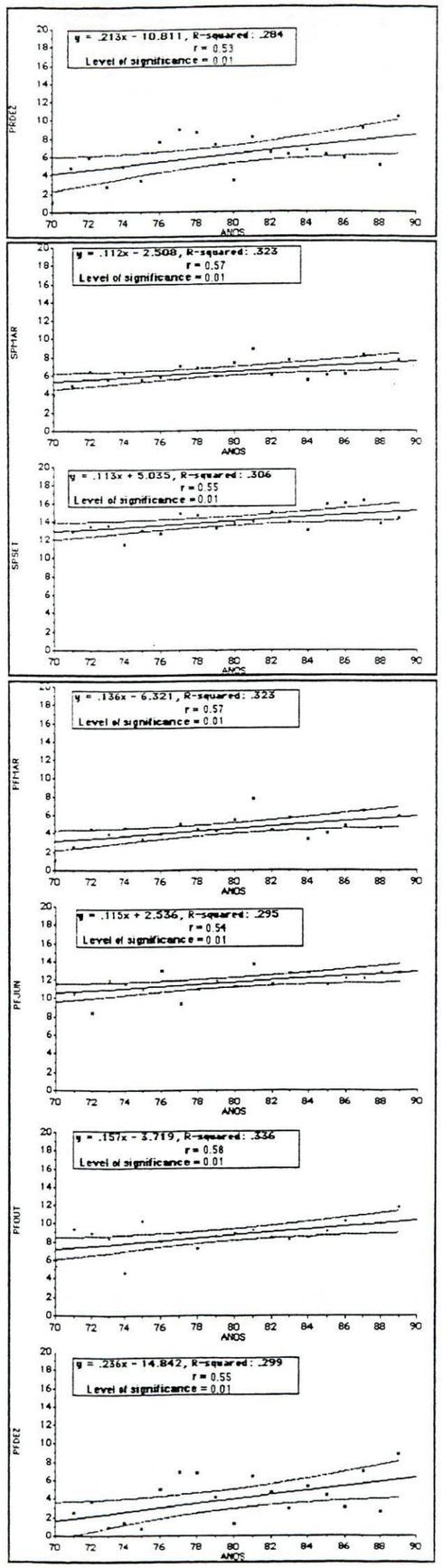


Fig. 51 - Rectas de regressão para os valores de temperatura média mensal mínima (r≥ 0.50)







A leitura conjunta da nuvem de pontos, da inclinação da recta que melhor se lhe ajusta e dos limites que satisfazem 95% das ocorrências, associada ao pressuposto de que uma inclinação positiva significa uma maior probabilidade dos valores assumirem números próximos do limite máximo do que de se aproximarem do limite mímimo, leva-nos a concluir que o comportamento deste elemento climático nos últimos 20 anos foi **tendencialmente positivo**, nalgumas estações, durante determinados meses do ano (Fig.51).

O Porto-Serra do Pilar é dentre todas as estações aquela em que a tendência para uma maior probabilidade de ocorrência de valores mais elevados nos últimos anos se restringe a apenas 2 meses - Março e Setembro. Ainda assim com valores para *r* pouco significativos.

Em Pedras Rubras e Paços de Ferreira sucede exactamente o mesmo. Dezembro, Outubro, Junho e Março registaram valores ao longo dos últimos 20 anos que se ajustam a uma recta inclinada positivamente, mas o significado das correlações é pouco significativo ($\leq +0.57$).

Nas restantes estações, a probabilidade dos valores de temperatura mínima ter vindo a aumentar tem mais significado para alguns meses do ano.

O melhor ajustamento da recta de regressão no conjunto analisado corresponde às temperaturas médias mínimas em S.Gens no mês de Dezembro (0.72).Segue-se o exemplo do mês de Outubro em Boa Nova (0.68), o mês de Março em S.Gens (0.65), o mês de Agosto em Boa Nova (0.64), e em S.Gens (0.61), o mês de Junho em S.Gens e de Dezembro em Boa Nova (0.60).

3.1.2. Temperatura Média Mensal Máxima

O mês em que se registaram com mais frequência as temperaturas médias máximas mais elevadas não foi o mesmo para todas as estações.

Enquanto em S.Gens foi Julho o mês com temperaturas mais altas, na Boa Nova, Pedras Rubras, Paços de Ferreira e Santo Tirso foi o mês de Agosto. No Porto-Serra do Pilar tanto Julho como Agosto registaram em média 40% dos registos de temperatura mais elevados (Fig. 52 e Quadro XVII).

As ocorrências restringem-se na maior parte das estações a Julho, Agosto e Setembro. Só na Boa Nova (1973 e 1981) e em Paços de Ferreira e Santo Tirso (1976) é que os valores mais altos do ano ocorreram no mês de Junho (Fig.52).

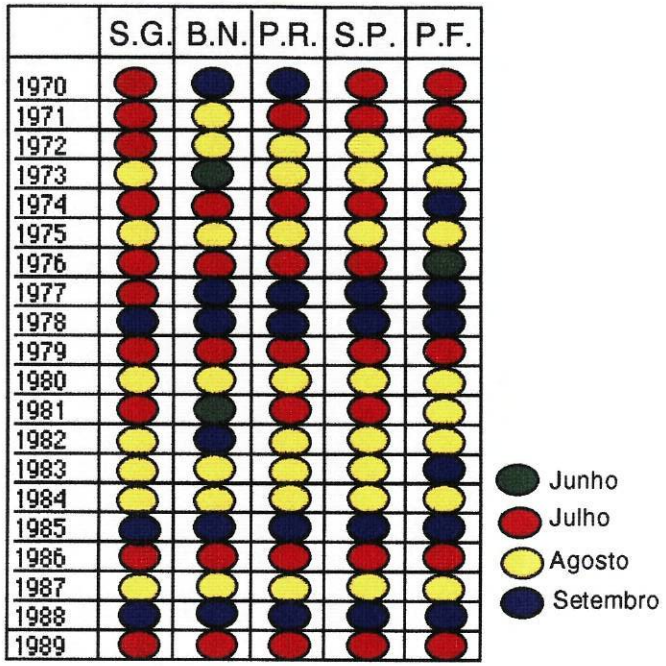


Fig. 52 - Temperatura média mensal máxima mais elevada do ano.

Temperaturas médias máximas

Média mensal mais elevada

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
S.Gens	0	0	0	0	0	0	10	8	3	0	0	0
Boa Nova	0	0	0	0	0	2	5	7	6	0	0	0
P.Rubras	0	0	0	0	0	0	7	8	5	0	0	0
S.Pilar	0	0	0	0	0	0	8	8	4	0	0	0
P.Ferreira	0	0	0	0	0	1	6	8	6	0	0	0
Sto Tirso	0	0	0	0	0	1	3	5	3	0	0	0

Média mensal mais baixa

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
S.Gens	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Boa Nova	10	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5
P.Rubras	10	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7
S.Pilar	12	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6
P.Ferreira	13	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Sto Tirso	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5

Quadro XVII - Número de ocorrências dos mínimos e máximos do ano (1970-1989)

Até 1980, os casos em que o mês mais quente do ano foi o mesmo em todas as estações climatológicas são raros e distanciados. Aconteceu em 1975 (Agosto), em 1978 (Setembro), 1979 (Julho).

A partir de 1980 há, aparentemente, uma **maior homogeneidade no ritmo interanual de variação** da temperatura máxima em toda a região. Em 1980 (Agosto), 1984 (Agosto), 1985 (Setembro), 1986 (Julho), 1987 (Agosto), 1988 (Setembro) e 1989 (Julho) o mês mais quente foi o mesmo para todas as estações (Fig. 52).

O mês com as temperaturas máximas mais baixas foi, na maior parte dos anos, Janeiro que totalizou mais de 50% das ocorrências em todas as estações climatológicas à excepção de S.Gens em que Dezembro e Janeiro tiveram o mesmo número de ocorrências.

Tal como havíamos constatado com as temperaturas médias mensais mínimas, também as **máximas mais elevadas ocorreram na década de 80** (51 casos num total de 60).

As 9 excepções em que a máxima mais alta dos últimos 20 anos não foi na década de 80 correspondem a Maio de 1970 no Porto-Serra do Pilar, em S.Gens e Pedras Rubras, a Fevereiro de 1971 em S.Gens e Porto-Serra do Pilar, a Agosto de 1975 em S.Gens, a Junho de 1976 em S.Gens e Paços de Ferreira, e a Janeiro de 1976 em Paços de Ferreira.

Dos 51 casos restantes em que as temperaturas médias mensais mais altas ocorreram na última década, **45% aconteceram em 1988 e 1989**. Foi o caso do mês de Julho e de Outubro em todas as estações climatológicas, o mês de Janeiro na Boa Nova, o mês de Fevereiro na Boa Nova, Pedras Rubras e Paços de Ferreira, o mês de Março em Pedras Rubras, os meses de Junho e Agosto na Boa Nova, o mês de Novembro em Pedras Rubras e o mês de Dezembro no Porto-Serra do Pilar.

Boa Nova, foi a única que teve todos os valores mais altos na década de 80 e também a que assistiu, nos últimos dois anos, às temperaturas máximas mais elevadas durante maior número de meses (Janeiro, Fevereiro, Junho, Julho, Agosto e Outubro).

Uma vez mais, não parece lógico justificar esta tendência para o aumento de frequência de valores mais elevados nos últimos anos, exclusivamente com o argumento da variabilidade inerente a este elemento climático, já que, na maior parte das séries mensais (50 num total de 60), os valores mais baixos ocorreram antes da década de 80.

Se se tratasse apenas de uma maior irregularidade, esperaríamos, certamente, encontrar também na última década, um número significativo de

valores menores dentro das médias mensais de temperatura máxima dos últimos 20 anos, o que de facto, não acontece.

Os coeficientes de correlação entre as nuvens de pontos e a recta de regressão linear que efectuamos são, no entanto, bastante inferiores aos encontrados para a temperatura média mensal mínima, o que significa que, neste caso, a percepção de qualquer *tendência* é mais dificil, e as projecções, quanto ao comportamento futuro deste elemento climático na área, mais duvidosas.

Apesar da grande dificuldade em distinguir entre a variabilidade intrínseca ao Sistema Climático e a que lhe é imposta por causas exteriores parece, pelo menos, legítimo deixar aqui o testemunho deste *somatório de coincidências* e compará-las com outras do mesmo tipo, noutros lugares.

Tal como J. HANSEN (1989) afirmou para estações climatológicas dos EUA[108]após a análise de mais de um século de registos "*...Estamos a entrar num nível em que se torna improvável que o aquecimento seja um fenómeno acidental...*", também na nossa área de estudo é possível que o facto das temperaturas mínimas mais elevadas terem ocorrido nos últimos 10 anos, não seja um comportamento absolutamente aleatório e casual, mas pelo contrário, traduza já os **efeitos conjuntos do constante crescimento e expansão da Área Metropolitana do Porto e do Aquecimento Global** provocado pelo incremento na composição da atmosfera de componentes minoritários promotores do efeito de estufa.

3.2. Precipitação

Como anteriormente tinhamos observado, a variabilidade deste elemento climático ao longo dos últimos 20 anos foi sempre muito elevada em qualquer das estações climatológicas analisadas (Quadro XIII). Maior, em termos relativos, entre Junho e Agosto do que nos restantes meses do ano.

Os maiores totais mensais de precipitação nestas estações climatológicas ocorreram, todos, no mês de Dezembro. Em S.Gens e em Paços de Ferreira o maior total registado foi em 1981 (439 e 754 mm, respectivamente),

---

[108]McKIBBEN, BILL, O fim da Natureza, Terramar, Mem Martins, 1989, p. 39.

na Boa Nova foi em 1976 (526 mm), no Porto-Serra do Pilar e em Pedras Rubras foi em 1978 (627 e 594 mm, respectivamente).

Máximos do ano

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
S.Gens	5	4	1	1	1	0	0	0	0	2	3	3
Boa Nova	5	3	0	1	1	0	0	0	0	3	3	4
P.Rubras	4	3	1	1	1	0	0	0	0	1	3	6
S.Pilar	5	3	1	1	1	0	0	0	0	1	3	5
P Ferreira	6	4	1	0	0	0	0	0	0	1	2	6
Sto Tirso	4	3	1	0	1	0	0	0	0	1	0	2

Mínimos do ano

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
S.Gens	0	0	0	0	2	2	10	9	3	2	1	0
Boa Nova	1	0	0	0	0	2	12	5	3	0	1	0
P.Rubras	0	0	1	0	2	1	8	8	3	0	1	0
S.Pilar	0	0	0	0	1	2	11	6	3	0	1	0
P Ferreira	1	0	0	0	2	3	9	10	4	1	1	0
Sto Tirso	0	0	0	0	1	2	6	6	0	0	1	0

Quadro XVIII - Número de ocorrências dos totais mensais máximos e mínimos de precipitação em cada ano (1970-1989).

Apesar de ter sido, de facto, o mês que ao longo dos últimos 20 anos, totalizou os maiores totais de precipitação, Dezembro não foi o mês mais chuvoso do ano na maioria dos anos nestas estações climatológicas (Quadro XVIII).

Só em Pedras Rubras é que o mês de Dezembro foi maioritariamente o mês mais chuvoso, ainda assim, com apenas 30% das ocorrências (Fig. 40).

O mês que, com mais frequência, foi o mais chuvoso do ano em todas as outras estações foi Janeiro, com uma frequência relativa de 20 a 30% (Fig.40).

Não há neste elemento climático, como acontecia com a temperatura, mínima e máxima, picos ou mínimos circunscritos a uma época particular do ano.

Os picos de precipitação ocorreram frequentemente entre Novembro e Fevereiro, mas anos houve, em que ocorreram em Outubro ou em Março, ou ainda em Abril ou em Maio.

A ideia sustentada por S.DAVEAU (1977) [109] de que Fevereiro corresponderia dentro da época das chuvas a "*...uma curta estação seca durante o Inverno português...*" não se confirma nas séries dos últimos 20 anos que analisamos. Fevereiro só coincidiu com um 2º mínimo de precipitação dentro da estação mais chuvosa em 20 a 30 % dos anos estudados (Quadro XIX).

Também não se confirmam nestes últimos anos, os resultados obtidos por E. VELHAS (1991)[110] , para as mesmas estações, relativamente a uma série muito mais longa (1950-86).

Fevereiro não foi, em nenhuma estação climatológica, o mês em que com maior frequência, se registaram os maiores totais mensais de precipitação (Quadro XX).

Entre 1970 e 1989, Fevereiro registou o máximo anual apenas em 3 ou 4 anos (1972, 1977, 1979 e 1986), ocupando, na maioria das estações climatológicas, o 3º lugar em termos de número de anos em que foi o mês mais chuvoso do ano, sempre a seguir a Janeiro e Dezembro (Quadro XX).

Na Boa Nova, em Pedras Rubras e no Porto-Serra do Pilar o 3º lugar em termos da frequência de ocorrências é, inclusivamente, partilhado com o mês de Novembro.

Estações	Anos	
S.Gens	1971, 1976, 1980, 1984	4/20
B.Nova	1973, 1975, 1976, 1980, 1984	5/20
P.Rubras	1971, 1973, 1975, 1980, 1984	5/20
P.S.Pilar	1970, 1971, 1973, 1975, 1980, 1984	6/20
P.Ferreira	1971, 1973, 1975, 1976, 1978, 1980, 1984	7/20
S.Tirso	1971, 1973, 1975, 1976	4/12

Quadro XIX - Anos em que o mês de Fevereiro registou um total mensal de precipitação menor do que Janeiro e do que Março (1970-1989).

Uma vez que o período que analisamos está em grande parte incluído no período mais alargado estudado por E.VELHAS (1991), os diferentes

---

[109]DAVEAU, S., Répartition et rythme des précipitations au Portugal., CEG, Lisboa, 1977, p.49.

[110]"...O mês de Fevereiro é aquele que mais frequentemente se constitui como o mês mais pluvioso...", E.VELHAS, p.24.

resultados alcançados indiciam o fraco contributo das duas últimas décadas nos 37 anos estudados.

Estações	Anos	
S.Gens	1972,1977, 1979, 1986	4/20
B.Nova	1977, 1979, 1986	3/20
P.Rubras	1972, 1979, 1986	3/20
P.S.Pilar	1977, 1979, 1986	3/20
P.Ferreira	1972, 1977, 1979, 1986	4/20
S.Tirso	1972, 1977, 1979,	3/12

Quadro XX - Anos em que Fevereiro foi o mês mais chuvoso do ano (1970-1989).

O destaque com que o mês de Fevereiro surge no conjunto dos meses que mais frequentemente foram os mais pluviosos para o período 1950-86[111], deveu-se, provavelmente, ao seu comportamento nas décadas de 50 e 60, uma vez que nos últimos 20 anos ele foi o mês mais pluvioso 2 ou 3 vezes durante a década de 70[112] e apenas uma vez na década de 80[113].

Apesar da grande variabilidade que caracteriza o comportamento deste elemento climático mesmo na época do ano mais chuvosa, em que Fevereiro se inclui, o facto de nos 37 anos que analisou, E.VELHAS ter encontrado 10 casos, dos quais constatamos agora, 6 ou 7 ocorreram nos primeiros 20 anos e só 3 ou 4 nos últimos 20 anos, leva-nos a pensar numa presumível alteração do ritmo de distribuição anual da precipitação nesta região.

Esta ideia ganha ainda mais fundamento quando, ao compararmos os coeficientes de variação ao longo do ano no período 1950-86 com os do período 1970-89, verificamos que Fevereiro é um dos poucos meses em que a variabilidade relativa da série dos últimos anos é menor do que a do período 1950-86, em qualquer das estações climatológicas (Quadro XXI).

Embora saibamos que este índice de variabilidade[114] depende do tamanho da amostra e, portanto, não esperássemos coeficientes de variação exactamente iguais para os dois períodos, é interessante verificar que Fevereiro é o único mês em que a variabilidade relativa da série foi menor nos últimos 20

---

[111]O mês de Fevereiro foi em10 vezes o mais pluvioso em Paços de Ferreira e em 7 vezes o mais pluvioso em Pedras Rubras no período 1950-86 (Fonte: E.VELHAS, 1991, p.25).

[112]Em 1972, 1977 e 1979.

[113]Em 1986.

[114]C.V.= (desvio padrão/média) x 100.

anos do que no período mais amplo de cerca de 40 anos em que estes 20 anos se incluem quase totalmente.

A menor variabilidade das últimas duas décadas relativamente à totalidade do período só volta a ocorrer em Março na estação de Pedras Rubras, em Abril nas estações de S.Gens, Pedras Rubras e Paços de Ferreira e em Maio na estação de S.Gens. No resto dos meses do ano, a variabilidade relativa dos totais mensais de precipitação no período 1970-89 foi sempre superior à variabilidade relativa no período 1950-86.

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
SG	1950-86	58	67■	57	65■	67■	97	115	89	69	79	64	71
	1970-89	59■	61	58■	56	65	99■	127■	97■	82■	83■	73■	77■
PR	1950-86	60	64■	59■	64■	60	94	124■	93	77	75	61	72
	1970-89	65■	58	57	61	61■	95■	120	106■	93■	82■	76■	83■
SP	1950-86	59	69■	54	65	64	95	112	85	71	78■	61	70
	1970-89	60■	63	56■	69■	66■	98■	129■	86■	81■	77	69■	81■
PF	1950-86	68	74■	62	68■	66	102	110■	86	73	78	70	79
	1970-89	68	69	63■	65	66	152■	108	100■	90■	82■	77■	89■

Os valores do C.V.% de 1950-86 foram retirados de E.YELHAS, 1991, p.26
Os valores do C.V.% de 1970-89 foram retirados do Quadro XIIIdeste trabalho

■ C.V. maior

Quadro XXI - Comparação dos coeficientes de variação da precipitação total mensal no período 1950-86 e 1970-89.

Tal como acontece com os meses mais chuvosos do ano, os meses mais secos do ano também se distribuiram, com maior ou menor frequência, por quase todos os meses do ano (Quadro XVIII).

Julho e Agosto foram com mais frequência os mais secos do ano. Todavia, em alguns anos, o menor total mensal de precipitação ocorreu em Maio, Junho, Setembro, Outubro, Novembro e, até, Janeiro ou Março.

Em alguns anos, Julho e Agosto, os meses que mais frequentemente foram os mais secos do ano, registaram totais mensais iguais, pelo que o somatório do número de casos é superior a 20 na maioria das estações (Quadro XVIII)

Os únicos meses que, de facto, ao longo dos últimos 20 anos nunca foram os mais secos do ano foram Fevereiro, Abril, e Dezembro.

Se em lugar de observarmos o mês mais seco do ano, que em alguns anos pode ter sido um mês em que ainda choveu ± 20 mm, extrairmos da nossa amostra todos os meses em que a precipitação foi ≤ 0.5 mm, constatamos que, apesar de toda a região estar incluída na área de influência directa das massas

de ar húmidas provenientes do oceano, a inexistência de qualquer meteoro aquoso durante alguns meses do ano não foi tão rara como seria de esperar (Quadro XXII).

Estações	Anos	
S.Gens	Junho (1976), Julho (1978), Agosto (1973, 1976, 1978) Setembro(1985) Novembro (1981)	7/20
B.Nova	Julho(1978, 1989), Agosto (1978), Novembro (1981)	4/20
P.Rubras	Agosto(1978), Setembro(1985), Novembro(1981)	3/20
P.S.Pilar	Julho (19789, Novembro (1981)	2/20
P.Ferreira	Maio(1976), Julho(1978), Agosto(1974, 1975, 1978), Setembro(1989), Novembro(1981)	7/20
S.Tirso	Julho(1978, 1981), Agosto(1975, 1978), Novembro(1981)	5/12

Quadro XXII - Meses em que o total de precipitação foi ≤ 0.5 mm (1970-89)

Os casos em que o total de precipitação mensal foi ≤ 0.5 mm, não se circunscreveram aos meses de Julho e Agosto, época em que se centra nitidamente nesta região a secura estival (Quadro XXII).

S.Gens e Paços de Ferreira foram as estações que registaram uma maior frequência de meses literalmente secos. A estação de Porto-Serra do Pilar foi, pelo contrário, a que teve menor número de meses sem qualquer precipitação.

Estes casos ocorreram, normalmente em simultâneo, em mais do que uma estação da região.

No ano de 1976 não choveu durante todo o mês de Maio em Paços de Ferreira e durante Junho em S.Gens. Durante 1978 não choveu em Julho em nenhuma estação, situação que se prolongou por Agosto em Pedras Rubras, na Boa Nova, Paços de Ferreira e Santo Tirso.

1981 foi o único ano na série estudada em que não ocorreu qualquer precipitação num mês tipicamente pluvioso como é Novembro. A este Novembro extraordinariamente seco, seguiu-se, no entanto, um mês de Dezembro particularmente chuvoso, com mais de 400 mm, em todas as estações climatológicas da região.

O ano de 1981 foi, aliás, um ano extraordinário de seca em todo o território continental português. A região do Porto, apesar de não ser uma das mais afectadas, registou apenas 70-80% do total médio anual[115].

Embora os critérios para definição da gravidade das secas sejam diversos e sempre muito discutíveis[116], procuramos prolongar o diagnóstico elaborado por M.FEIO (1986) para os anos de 1980-81 e 1982-83 até ao ano de 1989 (Quadro XXIII).

Ano (Set/Ago) Estação	1983/84	1984/85	1985/86	1986/87	1987/88	1988/89
S.Pilar	110%	119%	99%	89%	121%	59%
P.Rubras	88%	112%	91%	88%	115%	50%
S.Gens	103%	128%	104%	104%	135%	63%
Paços de Ferreira	91%	116%	94%	74%	115%	51%

X% = (Precipitação do ano Z/média)x100

Quadro XXIII - Intensidades das secas, de acordo com a metodologia utilizada por M. Feio, V. Henriques, 1986.

A aplicação desta metodologia permite-nos constatar que o ano de 1988-89 foi um ano de grande secura. Choveu, nesta região, apenas 50 a 60% do normal. Valores que se aproximam dos registados nesta região durante as maiores secas anteriores, em 1944-45 e em 1948-49[117]. Durante a seca de

---

[115]FEIO, MARIANO, HENRIQUES, VIRGÍNIA, As secas de 1980-81 e de 1982-83 e as principais secas anteriores - intensidade e distribuição regional, Memórias do CEG, nº10, Lisboa, 1986, p.94.

[116]O autor define a intensidade da seca através da relação entre a precipitação do ano considerado e a precipitação média em cada estação. A precipitação média anual encontrada depende do período de funcionamento de cada posto.

Por exemplo, no nosso caso, a média de Paços de Ferreira reporta-se a 45 anos, a de Santo Tirso a 52 anos, a de S.Gens a 46 anos, a de Pedras Rubras a 33 anos e a de Porto-Serra do Pilar a 87 anos.

O facto dos resultados serem expressos em percentagem, torna possível comparar postos com totais médios muito diversos.

[117]Segundo os cálculos de Mariano Feio, 1986:

1980-81, por exemplo, os valores de precipitação nesta região rondaram os 70-80%.

Recorde-se que este ano de 1988-89 foi antecedido por um ano em que se assistiu a uma situação catastrófica grave a nível nacional, originada pelas precipitações extraordinariamente intensas registadas durante Junho e Julho de 1988[118].

Como vimos em capítulos anteriores, os processos de resolução no Sistema Climático acontecem aparentemente por *impulsos*. O desacelerar dos processos de entropia não é conseguido, no seio do Sistema Climático, por sucessivas soluções de causa-efeito. O sistema não reage imediatamente a cada *intromissão*. As respostas surgem tardiamente e resultam da acumulação de um conjunto de causas diversas, o que dificulta a avaliação da representatividade de cada acção nas *respostas* finais.

Se associarmos esta enorme diferença nos totais anuais de precipitação de 1987-88 e 1988-89, que originaram catástrofes de idêntica gravidade, mas de sinal oposto, com o comportamento da temperatura mínima e máxima no mesmo período, a que nos referimos anteriormente, parece que nos podemos questionar se não estaremos perante uma tentativa de *resposta impulsiva* do Sistema Climático à escala regional.

Embora neste final dos anos 80 tudo pareça apontar para importantes *manifestações de mudança* ao nível da conjuntura climática regional, a grande irregularidade deste elemento climático não nos permite, no entanto, visualizar facilmente qualquer *tendência* ao longo destes últimos 20 anos.

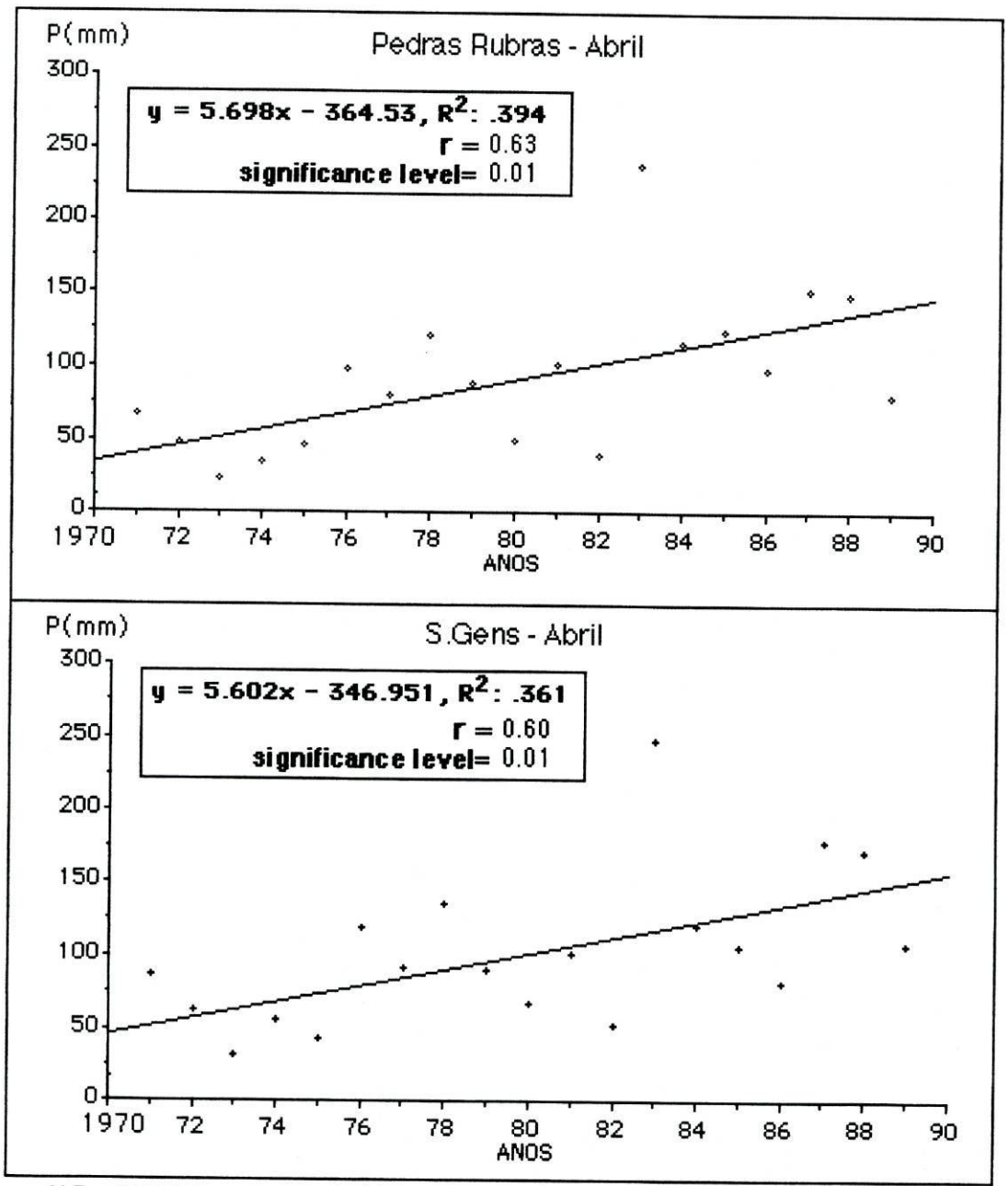
A análise conjunta dos resultados da regressão linear (Fig. 53) e das médias móveis de 5 anos (Fig. 54), para todas as séries mensais de precipitação mostrou, no entanto, que o mês de Abril tem vindo a ter sucessivamente totais mensais mais elevados e que o mês de Novembro, depois do mínimo, já

Na seca de 1944-45 S.Gens teve 57%, Porto-Serra do Pilar 58%, Paços de Ferreira 65%.Na seca de 1948-49 S.Gens teve 51%, Porto-Serra do Pilar 55%, Paços de Ferreira 51%.Na seca de 1975-76 S.Gens teve 57%, Porto-Serra do Pilar 65%, Paços de Ferreira 50%.Na seca de 1980-81 S.Gens teve 63%, Porto-Serra do Pilar 75%, Paços de Ferreira 63%.Na seca de 1982-83 S.Gens teve 113%, Porto-Serra do Pilar 110%, Paços de Ferreira 113%.

[118]GANHO,N., MONTEIRO, A., "Nota sobre a anomalia climática de 1 de Junho a 10 de Julho de 1988 em Portugal Continental", Biblos, vol.LXV, Coimbra, 1989, p.165-188.

referido, no ano de 1981, passou a registar quantitativos de precipitação superiores aos que registara na década de 70.

A tendência sugerida pela inclinação da recta que melhor se ajusta aos registos de precipitação do mês de Abril durante os últimos 20 anos, tanto em Pedras Rubras como em S.Gens, não nos permite ir mais além do que esta simples constatação, uma vez que o grau de significância da correlação ainda é baixo (p=0.01).



N.B. - Foram apenas reproduzidos os casos cujo quadrado do coeficiente de correlação é superior a 0.30.

Fig. 53 - Rectas de regressão para os totais mensais de precipitação (1970-89).

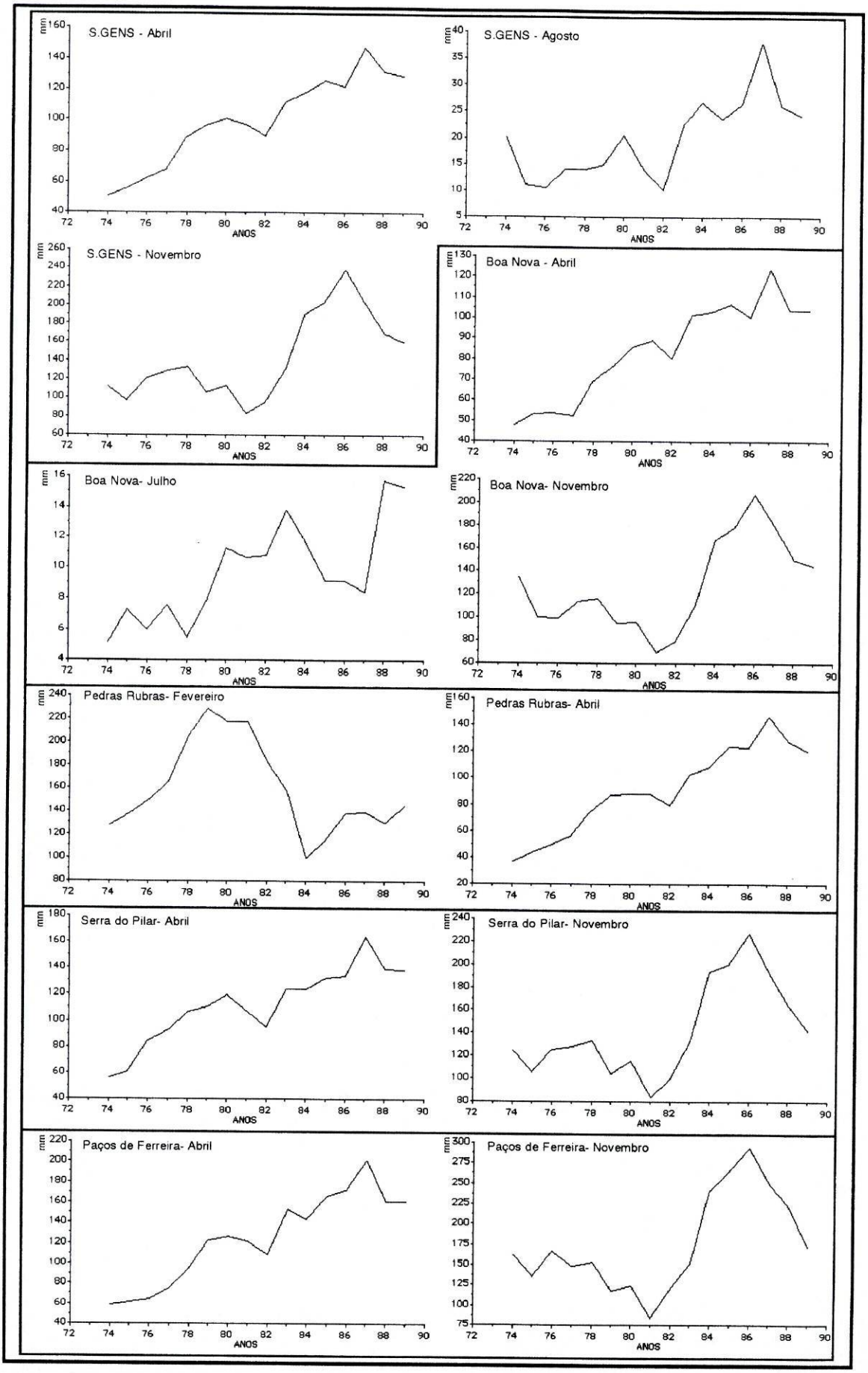


Fig. 54 - Médias móveis de 5 anos dos totais mensais de precipitação (1970-89)

* foram reproduzidas aqui apenas as que melhor evidenciavam um comportamento tendencial nítido.

Se, no entanto, em vez deste processo, procurarmos a existência de alguma *ordem* no ritmo a que se sucederam os totais mensais de precipitação nos últimos anos, recorrendo à análise das médias móveis de 5 anos, encontramos alguns exemplos sugestivos (Fig. 54).

É notória a semelhança entre os diagramas lineares das médias móveis da precipitação de Abril de Porto-Serra do Pilar, Boa Nova, Pedras Rubras e Paços de Ferreira (Fig. 54). Em qualquer deles evidencia-se um ritmo ascendente com grande regularidade. Abril, parece portanto, estar a tornar-se cada vez mais num mês de *águas mil*.

Outro mês que tem vindo a registar maiores totais mensais de precipitação é Novembro. Existe uma clara diferença entre os totais de precipitação registados durante a década de 70 e os que ocorreram na década de 80. Diferença comum às estações de S.Gens, Boa Nova, Porto-Serra do Pilar e Paços de Ferreira (Fig. 54).

Apesar de Abril e Novembro terem registado muito mais precipitação na década de 80 do que na de 70, o ritmo a que se foi observando este aumento foi distinto. Enquanto em Abril o aumento tem sido gradual, em Novembro houve uma abrupta mudança a partir do mínimo registado em 1981.

Embora com muito menor expressividade visual, pela maior irregularidade apesentada, seleccionamos os registos de precipitação de Julho (Boa Nova) e de Agosto (S.Gens) que nos parecem ter vindo a sofrer um aumento consideravelmente significativo[119] ao longo das 2 décadas analisadas.

4. O padrão de comportamento de alguns elementos climáticos na área do Porto durante os últimos 20 anos - *nuances* detectadas

Pretendíamos, nesta fase do trabalho, compreender as *nuances* climáticas no seio da região envolvente da área do Porto e avaliá-las de modo a saber se alguma das estações climatológicas reflectiu, melhor do que as outras, os efeitos da acutilante presença de um espaço urbano em grande crescimento nos últimos 20 anos.

---

[119]Apesar do aumento dos totais de precipitação nestes dois meses ser, obviamente, em valor absoluto, muito baixo, o facto de se efectuar numa época do ano em que os totais de precipitação são fracos, pode traduzir uma importância relativa muito maior.

Concluimos que alguns factores geográficos -altitude, distância ao mar e latitude- contribuem decisivamente para criar sub-regiões climáticas dentro da nossa área de trabalho.

As estações mais afastadas do mar e a maior altitude têm temperaturas médias mínimas mais baixas do que as que estão mais próximas do litoral e a menores altitudes.

Enquanto nos meses de Verão a temperatura média máxima é mais elevada quanto mais afastada do mar estiver a estação, nos meses de Inverno é tanto maior quanto menor for a altitude.

Enquanto os totais mensais de precipitação no Inverno são tanto maiores quanto mais afastadas do mar estiverem as estações, em Abril, Junho, Agosto, Setembro, Outubro e Novembro ela aumenta à medida que a altitude aumenta.

O comportamento dos diversos elementos climáticos mostrou ao longo dos últimos 20 anos, algumas identidades de comportamento entre as estações climatológicas analisadas.

Ao nível da temperatura média mínima há grande paralelismo de comportamento entre todas as estações climatológicas durante os meses de Inverno. Esta identidade de comportamento desaparece completamente no Verão.

No Verão, as condições locais influenciam mais a temperatura mínima do que qualquer outro tipo de condicionalismos mais abrangentes. Nesta época do ano, lugares pouco distantes entre si apresentam séries de temperaturas mínimas com ritmo diferente.

No Inverno, a identidade de comportamento entre um maior número de estações sugere a influência de um tipo de causas diferente que envolve uma faixa litoral mais ampla. As condições de circulação geral da atmosfera sobre esta região e a sua estrutura vertical sobre a região prevalecem e anulam os condicionalismos locais inerentes à posição geográfica de cada uma das estações.

S.Gens é a única em que os registos de temperatura média mínima não se assemelha, em nenhuma época do ano, a qualquer outra. Parece, portanto, que as causas que controlam o comportamento da temperatura mínima na região não são, nunca, as mesmas para S.Gens e para as restantes estações.

A temperatura média máxima é substancialmente determinada na nossa área de estudo pela maior ou menor proximidade do mar.

Este factor geográfico interfere no ritmo e na ordem de grandeza dos valores registados durante quase todo o ano, embora a sua influência sobressaia mais entre Fevereiro e Julho, e depois em Setembro.

Boa Nova, que se situa praticamente na linha de costa, tem durante todo o ano um comportamento diferente de todas as outras estações, fazendo prevalecer sempre as características próprias que lhe são impostas pela grande proximidade do mar. Em Dezembro, porém, o paralelismo de valores com os de Porto-Serra do Pilar é muito grande e, parece-nos, só pode ser atribuído à grande proximidade que qualquer das duas tem de um importante mosaico de água, o mar numa e o rio na outra.

De Dezembro até Abril vai-se assistindo progressivamente a um alargamento espacial do mesmo padrão de comportamento, do qual só fica excluída, nesta época do ano, Paços de Ferreira. Depois de Abril começa a diminuir o número de paralelismos de comportamento até Agosto, um mês em que o comportamento das temperaturas máximas foi, ao longo dos últimos 20 anos, diferente em qualquer das estações consideradas. A partir de Setembro retoma-se com maior expressão, relativamente ao início do ano, um novo adensamento da rede de comportamentos semelhantes, culminando em Novembro, mês em que o ritmo das temperaturas máximas foi praticamente sobreponível em estações com características tão distintas como Paços de Ferreira e Boa Nova.

O carácter marcadamente regional e espacialmente abrangente das condições gerais da atmosfera sobre a região são, com certeza, a causa principal da distribuição da precipitação nesta área. Uma hipótese passível de justificar também a, aparentemente estranha, persistência com que Paços de Ferreira, a 320 m de altitude e, muito mais afastada do mar do que qualquer outra, surge fortemente correlacionada com as restantes estações em todos os meses do ano, à excepção de Junho, Julho e Agosto.

A análise dos valores médios mensais dos últimos 20 anos mostrou comportamentos análogos entre as estações climatológicas, preferencialmente em determinadas épocas do ano.

Ao nível das temperaturas médias mínimas, o mês mais frio foi Janeiro e o mais quente foi Julho em qualquer das estações.

Boa Nova é a estação com as temperaturas mínimas mais altas ao longo de todo o ano.

Porto-Serra do Pilar é a estação com as temperaturas mínimas mais baixas no Inverno e uma das mais altas no Verão.

De acordo com os registos de temperatura média mínima, a região subdivide-se em 3 sub-regiões. Uma, definida por Paços de Ferreira e Santo Tirso com as mínimas mais baixas durante todo o ano, outra, incluindo Pedras Rubras, S.Gens e Porto-Serra do Pilar com valores intermédios e, finalmente, outra, apenas com Boa Nova, cujos registos foram sempre mais elevados do que qualquer das restantes.

Embora o mês com temperaturas médias máximas mais baixas tenha sido Janeiro para todas as estações, esta simultaneidade não se repetiu no que respeita aos valores mais elevados. Enquanto o mês com os valores mais elevados para S.Gens, Boa Nova, Pedras Rubras e Santo Tirso foi Julho, para Porto-Serra do Pilar e Paços de Ferreira foi Agosto.

Santo Tirso é a estação que registou, durante todo o ano, os valores mais elevados.

Boa Nova registou, durante a maior parte do ano, os valores mais baixos, sendo, apenas, ultrapassada por Paços de Ferreira nos meses de Inverno.

A distribuição das precipitações apresenta um mínimo em Julho, nas estações mais próximas do mar, e em Agosto, nas estações mais interiores. O máximo é, em termos de valores médios mensais, em Dezembro.

Relativamente à ordem de grandeza dos totais de precipitação registados, as estações podem organizar-se em 4 grupos distintos. Os maiores totais pertencem às duas estações mais interiores. Porto-Serra do Pilar e S.Gens apresentam totais médios também elevados, mas mais baixos do que os anteriores. Segue-se Pedras Rubras e, por último, com os menores totais de precipitação em qualquer época do ano, Boa Nova.

Qualquer das estações tem, durante todo o ano, humidade relativa elevada, sempre acima dos 75%.

As estações têm, todavia, ao longo do ano, diversas variações. Paços de Ferreira e Santo Tirso apresentam a maior amplitude de variação anual.Segue-se, a estação de Porto-Serra do Pilar. Pedras Rubras e S.Gens têm valores sempre muito idênticos apresentando, portanto, uma distribuição mais regular. A estação de Boa Nova tem uma evolução, ao longo do ano, absolutamente oposta a qualquer das outras, com valores de humidade relativa no Verão maiores ou iguais aos do Inverno.

Relativamente aos quadrantes predominantes do vento, as estações apresentam diferenças entre si especialmente durante o Inverno e a Primavera. Estas diferenças são mais notórias entre as estações do interior e as do litoral, do que entre estas.

No Verão predominam os ventos de NW e no Inverno os ventos de E. Abril e Outubro, meses em que se inicia a transição de um para outro quadrante, são meses com uma grande variabilidade nos quadrantes donde predominantemente sopra o vento.

Em termos de velocidade do vento as estações com ventos mais fracos são S.Gens e Santo Tirso, seguindo-se-lhes Paços de Ferreira. Com velocidades médias superiores a 25Km/h no Inverno, estão as estações de Pedras Rubras e Boa Nova. Porto-Serra do Pilar tem durante quase todo o ano velocidades acima dos 20 Km/h.

Se o objectivo desta análise era escolher a estação que melhor poderá reflectir o clima da cidade do Porto e os efeitos do fenómeno de urbanização que lhe estão associados, e estando excluídas à partida as estações interiores, parece que podemos desde já eliminar a estação de Boa Nova. A forte influência que a sua maior proximidade do mar impõe na maior parte dos elementos climáticos analisados aconselha-nos a eliminá-la claramente.

Pela distância a que já está da cidade parece-nos que também será de eliminar, entre as 3 restantes, a estação de Pedras Rubras.

A leitura longitudinal das séries estudadas indiciou-nos um comportamento tendencial ao longo destes últimos 20 anos, o que, obviamente, nos anima a prosseguir na busca das causas explicativas para tais *manifestações de mudança climática* ao nível regional.

Constatamos que as temperaturas mínimas mais elevadas de qualquer série mensal, tanto nas estações litorais como nas interiores, ocorreram na década de 80 e em 45% dos casos em 1988 e 1989.

Esta tendência para as temperaturas mais altas da série ocorrerem depois de 1980 também se verifica ao nível das temperaturas médias máximas, com idêntica percentagem de ocorrências em 1988 e 1989.

Este comportamento não se justifica, nem num nem noutro caso, por um aumento da irregularidade, já que os valores mais baixos das séries foram todos registados antes de 1980.

Relativamente ao comportamento da precipitação não conseguimos evidenciar comportamentos tão distintos entre as duas décadas, embora os exemplos catastróficos dos anos de 1987-88 e 1988-89, associado ao aumento

nítido da precipitação em Abril, ou à diferença entre os totais de precipitação registados em Novembro, antes e depois de 1981, em qualquer das estações, mostrem que o ritmo de distribuição da precipitação tem vindo a sofrer alterações substanciais nos últimos anos.

Tendo restado do leque de 6 estações, com que iniciamos esta abordagem-diagnóstico à climatologia regional portuense, apenas S.Gens e Porto-Serra do Pilar, optámos por esta, em detrimento daquela, face à melhor qualidade e quantidade de informação disponível.

A diversidade de elementos climáticos e a regularidade dos registos diários é indispensável na análise que nos propomos fazer seguidamente para o período 1987-91.

5. Ruído associado à variabilidade intrínseca ao Sistema Climático ou manifestações de mudança?

Ao detectar, na nossa análise anterior, manifestações de mudança de comportamento de alguns elementos climáticos ao longo dos últimos 20 anos ficámos obrigados a tentar avaliar a representatividade do período que escolhemos.

Os riscos associados à hipótese que sistematicamente temos colocado das alterações no comportamento, especialmente da temperatura máxima e mínima, se tratarem já de provas da irreverência do Homem face à maior parte das componentes ambientais, nas quais se inclui o Clima, são inúmeros, o que implica que tentemos, na medida do possível, *experimentar* outras explicações plausíveis.

O facto de admitirmos como uma das principais causas para o aumento das temperaturas mínimas e máximas, durante os últimos anos, na região portuense, o extraordinário crescimento económico[120] a que a região assistiu, sobretudo a partir dos anos 80, implica que, antes, testemos outras hipóteses explicativas igualmente possíveis.

As hipóteses alternativas assentam na justificação desta variabilidade como apenas mais um *ciclo* dentro da irregularidade intrínseca ao Sistema

---

[120]Traduzido por um reforço das pressões sobre as componentes ambientais, tanto no que respeita à exploração directa de recursos naturais, como no que se refere à degradação da qualidade dos mesmos.

Climático, ou como mais uma manifestação do *Aquecimento Global* do Planeta, particularmente expressivo nas latitudes temperadas.

Se a distinção entre o que é *ruído* e o que é, de facto, *mudança* ou *tendência* não tem sido pacífica na história recente da Climatologia[121], a compreensão das relações de causalidade no seio do Sistema Climático é muito mais controversa.

Tentamos ultrapassar e atenuar os riscos da hipótese explicativa que sugerimos, por um lado, comparando os dados médios do nosso período com o de outros períodos anteriores, e por outro, analisando o comportamento da temperatura da água do mar, num ponto próximo do Porto, durante o período que estudamos.

Com a análise comparativa dos valores médios para os períodos 1931-60, 1951-80 e 1960-89 pretendemos avaliar o *peso* relativo do aumento da temperatura verificado no final dos anos 80, no comportamento médio ao longo dos últimos 60 anos.

A partir da análise das temperaturas da água do mar próximo do Porto procuraremos saber se o aumento dos registos de temperatura verificados no ar encontram algum paralelismo, também, nas águas do mar. Se tal acontecer, o peso das alterações provocadas pelas mudanças à escala global será, obviamente, o mais importante. Se, pelo contrário, não houver qualquer relação evidente entre o ritmo térmico no continente e no mar a hipótese explicativa, fundamentada, sobretudo, nos efeitos provocados pelo aumento da poluição atmosférica inerente ao tipo de crescimento económico vivido na região depois de 1980, será muito mais verosímil.

5.1. Caracterização do período estudado relativamente às Normais Climatológicas publicadas para 1931-60 e 1951-80 - o Porto-Serra do Pilar.

A comparação entre as médias de 30 anos publicadas pelo INMG para 1931-60 e 1951-80 (Quadro XXIV) mostra que, quer as temperaturas médias mínimas, quer as temperaturas médias máximas foram, especialmente nos meses de Inverno, mais elevadas no período 1951-80.

---

[121]HARE, F.K., "Climatic Variability and Change", Climate Impact Assessment, KATES, R.W., AUSUBEL, J.H., BERBERIAN, M., (ed.), John Wiley & Sons, Chichester, 1986, p.37-69.

Quadro XXIV - Comparação das Normais Climatológicas de 1931-60, 1951-80 e 1960-89 para Porto S.Pilar

		TEMP.MÉD.MAX	TEMP.MÉD.MIN	PREC.TOTAL
JANEIRO	NORMAL 31-60	13,2	4,7	158,8
	NORMAL 51-80	13,4	5,2	179,3
	NORMAL 60-89	13,4	5,1	173,4
FEVEREIRO	NORMAL 31-60	14,2	5	111,6
	NORMAL 51-80	14	5,5	166,9
	NORMAL 60-89	14,2	5,8	175,6
MARÇO	NORMAL 31-60	16,3	7,5	147,2
	NORMAL 51-80	15,9	7	144,7
	NORMAL 60-89	16	6,8	120,3
ABRIL	NORMAL 31-60	18,4	8,8	86,1
	NORMAL 51-80	17,9	8,3	92,8
	NORMAL 60-89	17,5	8,3	106,4
MAIO	NORMAL 31-60	19,6	10,8	86,8
	NORMAL 51-80	20	10,4	87,2
	NORMAL 60-89	19,5	10,6	90
JUNHO	NORMAL 31-60	22,6	13,4	41,2
	NORMAL 51-80	22,6	13,2	51,6
	NORMAL 60-89	22,5	13,5	51,9
JULHO	NORMAL 31-60	24,7	14,6	19,6
	NORMAL 51-80	24,8	14,8	16,5
	NORMAL 60-89	24,6	14,9	17,1
AGOSTO	NORMAL 31-60	25	14,6	26,2
	NORMAL 51-80	24,8	14,3	27,5
	NORMAL 60-89	24,9	14,6	23,6
SETEMBRO	NORMAL 31-60	23,7	13,6	50,6
	NORMAL 51-80	23,7	13,5	61,6
	NORMAL 60-89	23,9	13,8	64,9
OUTUBRO	NORMAL 31-60	20,8	10,8	105,2
	NORMAL 51-80	21	11,1	124,3
	NORMAL 60-89	20,9	11,4	131,3
NOVEMBRO	NORMAL 31-60	16,7	7,8	147,9
	NORMAL 51-80	16,6	7,5	118,8
	NORMAL 60-89	16,6	8	163
DEZEMBRO	NORMAL 31-60	13,7	5,4	168,4
	NORMAL 51-80	13,8	5,5	164,3
	NORMAL 60-89	13,8	5,7	187,6

As Normais de 1931-60 e de 1951-80 são valores oficiais publicados pelo INMG.
As Normais de 1960-89 foram obtidas por nós com base nos valores mensais fornecidos pelo INMG.

As temperaturas médias mínimas foram superiores no período mais recente em Dezembro (+0.1°C), em Janeiro (+0.5°C), em Fevereiro (+0.5°C) e em Julho (+0.2°C).

As temperaturas médias máximas foram superiores entre 1951-80 nos meses de Dezembro (+0.1°C), de Janeiro (+0.2°C), de Maio (+0.4°C), de Julho (+0.1°C) e de Outubro (+0.2°C).

Para actualizar esta informação, incluindo já os últimos anos da década de 80, elaboramos, a partir dos dados mensais disponíveis, as médias de 30 anos para o período 1960-89 . Este tem os primeiros 20 anos em comum com as Normais Climatológicas oficiais de 1951-80.

Com isto pretendemos entender um pouco melhor a extensão, a continuidade e o peso relativo das variações encontradas.

O aumento dos valores médios de temperatura mínima, detectável quando comparamos os períodos 1931-60 e 1951-80, é ainda muito maior quando estabelecemos a comparação imediatamente com 1960-89 (Fig.55).

Os incrementos, sobretudo nas temperaturas mínimas entre Setembro e Fevereiro e em Julho, são particularmente relevantes.

Fevereiro registou nos últimos 30 anos, temperaturas mínimas **0.8°C** superiores às verificadas durante 1931-60.

As temperaturas mínimas de **Outubro** foram, em média, superiores **0.6°C** às registadas durante 1931-60.

Em Setembro, Novembro, Dezembro, Janeiro e Julho as temperaturas mínimas foram também mais elevadas do que no período anterior.

Pelo contrário, **Março, Abril e Maio** têm vindo a assistir a uma **diminuição** das temperaturas mínimas durante os últimos anos, em Março, por exemplo, a diminuição rondou os **0.7°C**.

A mudança no ritmo térmico inter-estacional é particularmente evidente em Fevereiro e Março. Enquanto para Fevereiro se assistiu nos últimos 30 anos a um aumento das temperaturas mínimas de ±0.8°C, em Março as temperaturas mínimas desceram ± 0.7°C, o que aproximou muito as temperaturas nos dois meses. A transição de um para outro mês, que se traduzia por um aumento médio de 2.5°C, passou a ser de apenas 1.0°C (Quadro XXIV e Fig.55).

Os dados parecem apontar para o "desaparecimento das estações de transição" que tão frequentemente nos foi mencionado durante o inquérito à perceptibilidade climática dos portuenses, cujos resultados apresentamos no Capítulo II .1 (Fig. 5). Há um nítido aumento das diferenças entre o Inverno e o Verão.

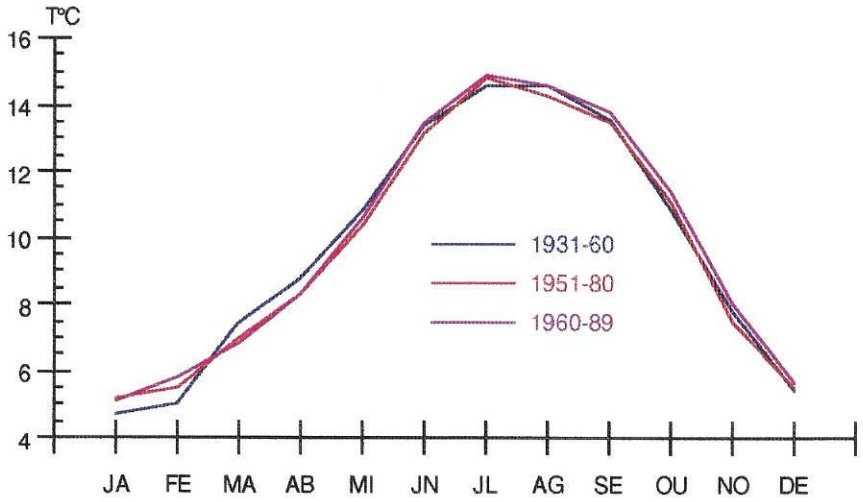


Fig. 55 - Comparação das temperaturas médias mínimas nos períodos 1930-60, 1951-80 e 1960-89.

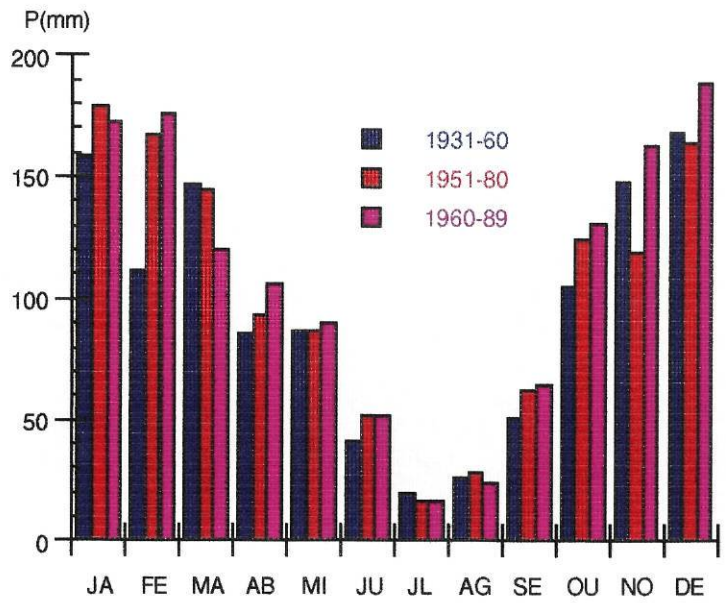


Fig. 56 - Comparação da precipitação total mensal nos períodos 1930-60, 1951-80 e 1960-89.

Esta *mudança* é bastante mais evidente nas temperaturas mínimas do que nas temperaturas máximas.

A precipitação total mensal tem vindo, também, a aumentar nas últimas três décadas. Esta tendência crescente da precipitação, muito evidente em Fevereiro (+60 mm), estende-se a quase todos os meses do ano. Só Julho e Agosto é que totalizaram, em média, nos últimos 30 anos, menos precipitação do que no período 1931-60 (Fig. 56).

A tendência para um agudizar das situações extremas, que apontamos para a temperatura, parece também ser válida no caso da precipitação. Houve nos últimos anos, por um lado, um aumento da precipitação nos meses em que ela normalmente já ocorria com maior frequência e intensidade e, por outro, uma diminuição nos meses mais secos do ano.

A irregularidade anual das temperaturas médias mínimas e máximas anuais no período que analisamos confirma, de igual modo, uma *tendência* para um aumento progressivo das médias anuais.

Repare-se na sequência de valores sempre crescentes resultantes das médias anuais de 4 em 4 anos no Porto-Serra do Pilar desde 1970 até 1990 (Quadro XXV).

Período	Tmínima	Tmáxima
1971-74	9.25	18.6
1975-78	9.75	18.5
1979-82	9.90	18.9
1983-86	10.0	18.9
1987-90	11.0	19.5

Quadro XXV - Valores médios anuais de temperatura no Porto-Serra do Pilar (médias de 4 em 4 anos entre 1970 e 1990).

Se, como acabamos de constatar, as manifestações de mudança emergem mesmo numa análise tão *grosseira* , como esta que fizemos em torno dos valores médios de 30 em 30 anos, e se, o sentido e a direcção dos comportamentos que detectáramos na análise das médias mensais dos últimos 20 anos surge num encadeamento perfeito da tendência visível de 1931-60 para 1951-80, parece que não restarão dúvidas que a amostra que seleccionámos não patenteia situações *extraordinárias* ou *casuais*.

5.2. Análise comparativa das temperaturas da água do mar registadas em dois pontos do Oceano Atlântico próximos da área do Porto[122]

Apesar do período para o qual dispusemos de parte da informação não coincidir totalmente entre si nem com o da nossa amostra anterior (1970-1989), não a deixámos de utilizar, uma vez que neste tipo de análises, quanto mais e de melhor qualidade for a informação, mais habilitados nos sentiremos para verificar se o aumento da temperatura do ar tem sido, ou não, acompanhado por idêntico comportamento ao nível da temperatura das águas oceânicas próximas do Porto.

A temperatura da água do mar é normalmente mais baixa em Janeiro e Fevereiro e mais elevada em Agosto e Setembro, embora com uma amplitude de variação anual muito inferior à que ocorre no ar.

S.DAVEAU (1991)[123]cita valores para a temperatura média mensal da água do mar ao largo do Porto da ordem dos 14.1°C em Janeiro e dos 20.4°C em Agosto. Estes valores, segundo a autora, traduzem diferenças relativamente à temperatura do ar de +2.4°C em Janeiro e de -0.8°C em Agosto.

A magnitude das diferenças entre a temperatura em terra e no mar é de grande relevância na conjuntura climática das regiões costeiras como o Porto. A elas se devem, por exemplo, o desencadear de inúmeras situações de instabilidade ou a manutenção de estados de tempo estáveis.

Embora não esperássemos aumentos na temperatura da água do mar tão significativos como os que constatámos no ar, seria de pensar que os valores indiciassem já um comportamento semelhante ao que se viveu, nos últimos anos, na área do Porto. A existir algum paralelismo, o aumento das temperaturas do ar poderia ser, ainda que parcialmente, justificado por uma alteração climática à escala zonal que se enquadraria facilmente nas teorias do *Aquecimento Global.*

Para tal resolvemos observar o ritmo a que se sucederam os registos de temperatura da superfície oceânica em dois pontos distintos, quanto ao

---

[122]JONES, P.D., WIGLEY, T.M.L., "Marine and land temperature data sets: a comparison and a look at recent trends", Greenhouse-gas-induced climatic change: a critical appraisal of simulations and observations, SCHLESINGER, M.E.(ed.),Elsevier Science Publishing Company, New York, 1991, p.153-172.

[123]DAVEAU, S.et al., Geografia de Portugal I. Posição Geográfica e o Território, Edições João Sá da Costa, Lisboa, 1987, p.61-65.

afastamento da linha de costa e quanto à proximidade à cidade do Porto - um ponto localizado a 40°N 10W de Gr. e outro no porto de Leixões localizado a 41°10'N e 8°45'W de Gr..

5.2.1. Temperatura da água do mar ao largo da cidade do Porto [124]

O grande número de lacunas e o tamanho da série não nos permitiu, para os registos obtidos no ponto mais afastado da costa portuense (40°N e 10'W), outra abordagem para além da regressão linear (Fig.57 a).

Nenhuma das séries analisadas evidencia qualquer comportamento tendencial nítido (Fig. 57 a). Embora haja, aparentemente, uma maior dispersão dos valores nos últimos anos, pelo menos em alguns meses, a sua relevância atenua-se quando observamos a globalidade das séries.

O grau de ajustamento, da nuvem de pontos à recta encontrada, é muito pouco significativo (p=0.1), excepto no caso das temperaturas da superfície oceânica registadas em Junho que apresenta uma recta inclinada negativamente cujo grau de significância é ligeiramente superior (p=0.05).

Apesar da amostra disponível para este ponto de registo no mar, não ser integralmente coincidente com a que analisamos para a temperatura do ar, no Porto-Serra do Pilar, uma vez que não inclui a década de 80, não parece haver qualquer semelhança no ritmo evolutivo das temperaturas em terra e no mar.

---

[124] Para este ponto de observação no mar ao largo da cidade do Porto (40°N e 10W de Greenwich), os valores médios mensais da temperatura da superfície oceânica foram obtidos através do ficheiro SAS System. Estas listagens, que nos foram gentilmente cedidas pelo Professor YVES RICHARD, do Instituto de Geografia da Universidade de Aix-en-Provence, são cópia de um ficheiro americano -COADS- e apenas incluem os registos entre 1950 e 1979.

Aproveitamos para agradecer, também, ao Professor GERARD BELTRANDO do Laboratoire de Météorologie Dynamique du CNRS, Paris, a amabilidade de nos ter tornado possível a obtenção destes dados, bem como o interesse que sempre demonstrou pela resolução das dúvidas que se nos têm levantado em torno do tema .

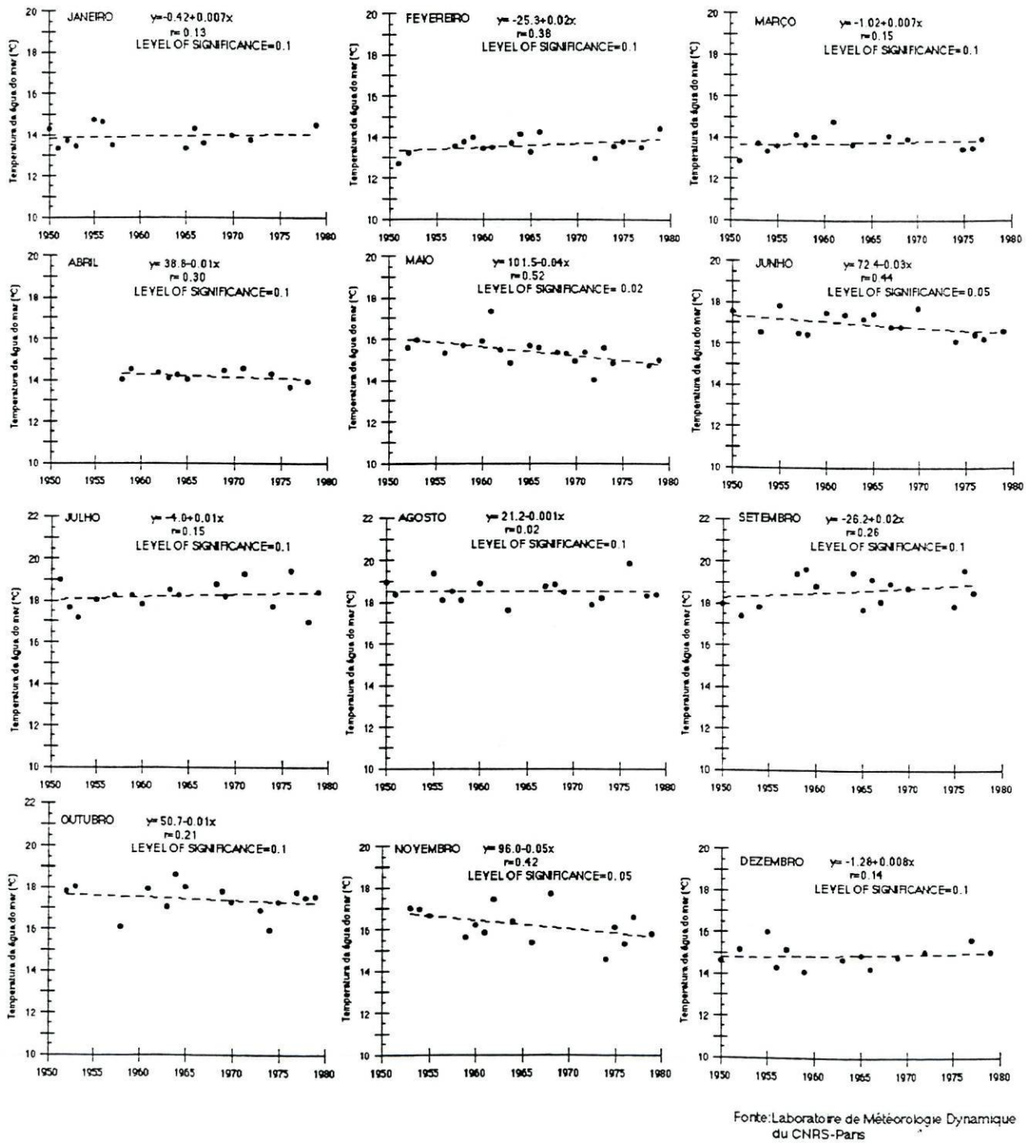


Fig. 57 a) - Rectas de regressão para a temperatura da água do mar (1950-70) a 40°N e 10'W de Gr..

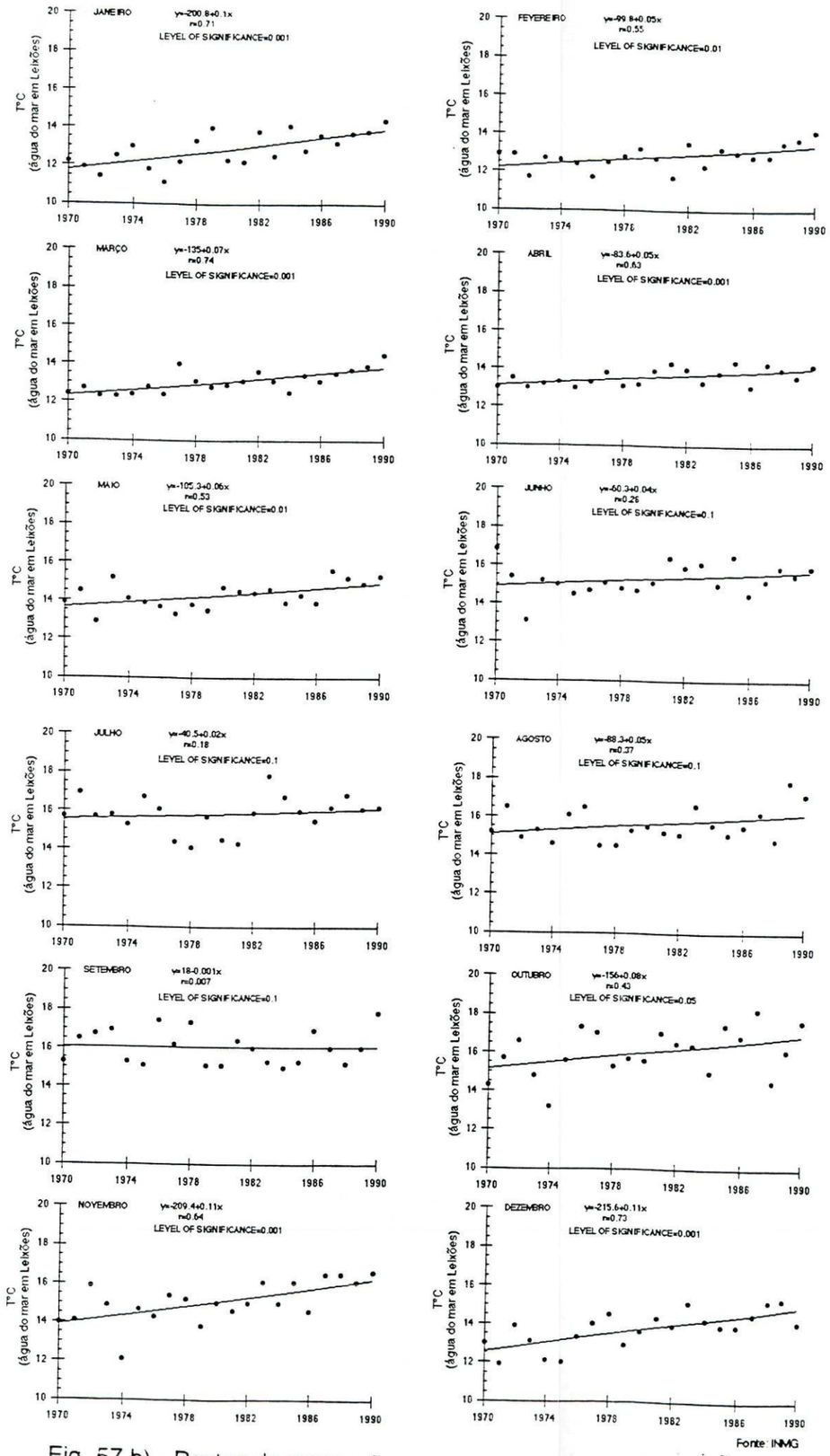


Fig. 57 b) - Rectas de regressão para a temperatura da água do mar (1970-90) no porto de Leixões.

Desta constatação poderemos concluir que não sendo, ainda, evidentes as manifestações do *Aquecimento Global* neste ponto de registo, a 40°N e 10'W de Gr., o aumento verificado nas temperaturas em terra se deverá provavelmente mais a causas de índole local como, por exemplo, a presença nas proximidades, de um importante fenómeno de urbanização, como é o Porto, do que a manifestações de mudanças climáticas à escala regional, zonal ou mesmo global.

5.2.2. Temperatura da água do mar no porto de Leixões [125]

Não havendo qualquer comportamento tendencial, ao nível das temperaturas da superfície da água do mar, neste ponto relativamente afastado da linha de costa, procurámos, para outro ponto de medição disponível mais próximo da área urbana do Porto - o porto de Leixões - observar se os registos entre 1970 e 1990 evidenciam alguma *tendência* no seu comportamento (Fig. 57 b).

Em primeiro lugar, constatamos que o ajustamento das rectas esboçadas está, genericamente, mais ajustada à nuvem de pontos, em qualquer mês do ano, o que torna a correlação obtida muito mais significativa. À excepção dos meses de Junho, Julho, Agosto e Setembro, em que o comportamento das temperaturas da superfície da água do mar não expressa qualquer tendência ao longo dos últimos 20 anos, todos os outros meses do ano têm vindo a registar temperaturas da superfície da água oceânica, sucessivamente mais elevadas.

Seguidamente, observamos que esta tendência de aumento da temperatura foi, especialmente, evidente nos meses de Novembro, Dezembro, Janeiro, Março e Abril ($r \geq + 0.63$ e $p=0.001$). Dentre estes ressaltam, inequivocamente, Dezembro e Janeiro com coeficientes de correlação acima dos 0.70 (Fig.57 b).

---

[125]Agradecemos ao Ex.mo Sr. Dr. Oliveira Pires, da Divisão de Meteorologia Marítima, do INMG, a boa vontade, o interesse e a celeridade com que atendeu o nosso pedido de dados de temperatura média mensal das águas do mar no porto de Leixões (41°10'N e 8°42'W de Greenwich) entre 1970 e 1990.

5.3. Hipóteses explicativas

O facto das águas do mar próximo da linha de costa terem estado, como acabamos de ver, a aquecer ligeiramente ao longo dos últimos 20 anos, especialmente nos meses de Inverno, influiu, certamente, nas temperaturas registadas, pelo menos nas estações mais litorais. Afectando a humidade relativa e a evaporação na faixa de contacto entre uma massa continental mais arrefecida do que o mar, no Inverno, potenciou com certeza, ainda mais, os habituais efeitos amenizadores na temperatura de que a costa portuense beneficia nesta época do ano.

Todavia, como este aquecimento sucessivo da temperatura das águas do mar não foi extensivo a outros pontos da superfície oceânica mais afastados da costa e da cidade do Porto, parece confirmar-se a ideia de que se trata de um efeito local e não zonal. Assim, terá sido a maior proximidade à costa portuense a justificar este comportamento tendencialmente positivo e relativamente regular das temperaturas da superfície oceânica, e não o inverso.

Embora não possamos colocar inteiramente de lado a hipótese de já se estarem a manifestar, na temperatura da água do mar, os efeitos do *Aquecimento Global* , mencionados por outros autores para as nossas latitudes, o facto de não ter havido qualquer identidade de comportamento ao nível dos registos dum e doutro ponto de medição não contribui para a consolidar.

Parece tornar-se muito mais plausível a outra hipótese que levantamos de que o aumento sucessivo das temperaturas da água do mar são uma das inúmeras consequências associadas ao fenómeno de urbanização que lhe está próximo. Claro que, uma vez iniciado, este aumento propicia efeitos multiplicadores que se repercutem também nas temperaturas do ar dos lugares mais próximos do litoral, ao alterarem a humidade, a evaporação e/ou as condições de estabilidade e instabilidade do ar.

As causas que justificam os **incrementos sucessivos** a que se tem vindo a assistir nas temperaturas de Porto-Serra do Pilar parecem, portanto, dever-se principalmente ao **agravamento do efeito de estufa local**, causado pelo fenómeno de urbanização acelerado que a área envolvente da estação tem vivido, especialmente nas duas últimas décadas.

A maior quantidade de calor emitido pelo crescente número de máquinas utilizadas, tanto na indústria como nas tarefas domésticas, a alteração do balanço energético criada pela maior superfície de absorção da energia solar e pelo tipo de materiais utilizados na construção dos edifícios, com grande

capacidade de absorção e retenção do calor, a quase total impermeabilização do solo, a presença quase constante de uma *carapaça* de poeiras e poluentes sobre a cidade, têm sido os principais responsáveis pelo aumento das temperaturas observado nos registos de Porto-Serra do Pilar.

VI. ANÁLISE DOS REGISTOS DIÁRIOS DE ALGUNS ELEMENTOS CLIMÁTICOS NA ESTAÇÃO DE PORTO-SERRA DO PILAR ENTRE, 1 DE ABRIL 1987 E 31 DE MARÇO DE 1991

Os resultados da análise anterior motivam-nos a prosseguir a nossa tentativa de compreensão da conjuntura climática regional portuense no final dos anos 80. Agora, *restringindo* o período de análise aos anos 1987, 1988, 1989, 1990 e 1991.

Dentro desse período, tentaremos entender, o mais *pormenorizadamente* possível, o comportamento de um maior número de elementos climáticos diários. Esta abordagem-diagnóstico à conjuntura climática regional a partir dos registos diários de Porto-Serra do Pilar, ultrapassa os objectivos puramente descritivos que caracterizaram os pontos 2 e 3 do capítulo anterior.

Uma vez que já não nos restam dúvidas sobre as *alterações* climáticas patenteadas durante estes últimos anos da década de 80, a nossa perspectiva de análise é já, nesta fase, influenciada pela busca das causas que lhes terão dado origem[126].

A nossa matriz de trabalho passará a ser então, a partir de agora, constituída por 22 variáveis climatológicas X 1461 dias (Quadro XXVI e XXVII)[127].

Embora a *utilidade,* em termos explicativos, desta informação climatológica só seja maximizada no Capítulo seguinte, através da avaliação do tipo, da qualidade e da força das relações entre o comportamento dos elementos climatológicos diários e a concentração de poluentes na atmosfera, não quisemos avançar sem antes fazer uma breve descrição do ritmo evolutivo intra e interanual ao longo destes últimos 4 anos.

---

[126]Uma das principais causas, que atrás apontamos, para o agravamento do efeito de estufa local foi o aumento da poluição atmosférica que será objecto central de estudo do Capítulo VIII, deste trabalho.

[127]Uma vez que a informação sobre a concentração diária de SO_2 e Fumos Negros disponível tem início em 1 de Abril de 1987, e os períodos de análise têm sido sempre de Abril a Março do ano seguinte, pareceu-nos que só teria interesse seleccionar os dados climatológicos diários para os quais existisse, simultaneamente, informação sobre a qualidade do ar.

Reduzimos, portanto, já nesta fase, a nossa amostra ao período entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991, o que perfaz um total de 1461 dias.

Quadro XXVI - Valores médios mensais de alguns elementos climáticos para Porto-Serra do Pilar (entre Abril de 1987 e Março de 1991).

	ABRIL				MAIO				JUNHO				JULHO				AGOSTO				SETEMBRO			
	87	88	89	90	87	88	89	90	87	88	89	90	87	88	89	90	87	88	89	90	87	88	89	90
PRES.ATM.MÉD	753	752	752	754	754	752	753	754	754	751	754	754	753	755	754	755	753	754	753	755	754	756	754	755
PRES.ATM.DIU	753	752	752	754	754	752	753	754	754	752	754	754	753	755	753	755	753	754	753	755	754	756	754	755
PRES.ATM.NOC	754	752	752	754	754	752	753	754	754	751	754	754	753	755	754	755	753	754	753	755	754	756	754	755
TEMP.MÉD.	14	12	11	13	16	15	16	17	17	18	19	18	20	19	22	22	21	19	21	21	20	19	19	21
TEMP.MÉD.MAX	18	16	15	18	21	18	21	22	22	23	23	22	25	23	28	27	26	24	25	26	26	26	24	26
TEMP.MÉD.MIN	10	8,8	7,6	8,6	11	11	13	13	13	14	15	14	16	15	17	17	17	14	17	16	16	14	14	16
EVAPOR.(tina)	2,4	2,5	2	2,8	3,8	2,8	3	3,7	3,9	3,6	4,1	3,5	4,4	3,8	4,8	4,7	4,1	3,7	3,3	4,1	2,6	3,6	3,9	4,1
VEL.MÉD.VEN	18	18	21	21	17	17	14	16	16	16	17	16	15	15	16	16	14	16	13	14	15	16	17	14
VEL.MAX.VEN	32	34	38	40	34	30	27	31	31	29	33	31	29	31	30	32	28	36	28	29	27	29	33	29
RUMO RAJADA	WNW	NNW	NNW	NNW	SW	NNW	NNW	NNW	SW	NNW	NNW	NW	WNW	NNW	NNW	NNW	WNW	NNW	NW	NNW	NNW	SW	NNW	NNW
RUMO DOMIN.	WNW	NNW	ESE	NNW	WNW	ESE	WNW	WNW	WNW	ESE	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	NW	NW	WNW	ESE	ESE	WNW	WNW
PREC.TOTAL	6,8	6,3	3,3	1,8	1,8	3,5	1,6	0,5	1,9	3,7	0,6	0,5	0,8	2,6	0	0,3	1,8	0,7	1,5	1,2	2,9	1,3	0	1,2
PREC. 1HORA	2,8	2	1	0,5	0,8	1,6	1,3	0,4	0,6	1,6	0,4	0,4	0,2	1,3	0	0,1	1,2	0	1	0,8	1,2	0,2	0	0,8
PREC.10MIN.	1	1	0,5	0,3	0,6	0,9	0,7	0,2	0,3	0,7	0,2	0,2	0	0,9	0	0	0,7	0	0,4	0,5	0,5	0,1	0	0,5
NEB.MÉD.	7	7	8	6	5	8	6	5	5	7	4	5	4	4	3	3,6	5	4	5	3,9	5	2	4	3,9
NEB.9HORAS	8	9	8	6	4	8	6	5	5	6	5	6	4	5	3	4	6	6	6	4	6	2	5	4
NEB.15HORAS	7	7	8	6	5	7	5	5	5	6	4	5	4	3	3	3	4	4	4	5	5	2	4	5
INSOLAÇÃO(%)	41	41	39	52	67	42	53	63	59	52	65	57	64	59	67	64	59	70	55	63	54	72	67	63
T.MAX.IRRAD.	49	44	46	52	53	48	52	56	53	53	55	55	54	51	58	57	55	52	56	56	49	51	53	56
R.SOL-7-8H	84	70	73	98	127	100	102	127	136	194	124	120	117	111	121	113	90	98	81	99	66	79	78	99
R.SOL-12-13H	234	245	234	235	317	264	278	322	316	296	339	322	309	304	323	303	300	311	286	289	238	270	260	289
R.SOL-14-15H	183	205	176	198	253	222	252	254	266	230	291	264	265	264	259	268	238	254	228	224	161	209	203	224

	OUTUBRO				NOVEMBRO				DEZEMBRO				JANEIRO				FEVEREIRO				MARÇO			
	87	88	89	90	87	88	89	90	87	88	89	90	88	89	90	91	88	89	90	91	88	89	90	91
PRES.ATM.MÉD	752	752	755	752	756	753	750	755	754	762	749	757	755	763	760	760	756	773	759	754	758	756	760	750
PRES.ATM.DIU	752	752	755	752	756	754	749	756	753	762	749	756	755	762	760	760	756	759	760	754	758	756	760	751
PRES.ATM.NOC	751	752	755	752	756	754	749	755	753	762	749	757	755	763	760	760	756	759	759	754	758	756	760	750
TEMP.MÉD.	15	15	18	16	12	14	14	11	12	9,4	13	9,2	10	8,3	8,7	9	10	11	13	8,7	11	12	14	12
TEMP.MÉD.MAX	19	21	24	20	17	19	17	16	15	14	16	13	14	14	13	13	15	16	16	13	17	17	19	15
TEMP.MÉD.MIN	12	12	14	12	8,4	10	11	7,2	9,1	5,8	11	6,3	7,8	4,1	5,5	5,5	6,2	5,9	9,7	4,5	6,8	7,8	8,8	8,2
EVAPOR.(tina)	1,6	2,4	2,9	2,4	1,4	1,7	1,5	1	1,6	2	1,9	2	1,4	1,5	1,3	0,9	2,6	1,9	1,5	1	1,9	2,2	3,1	1,9
VEL.MÉD.VEN	20	16	18	20	16	21	19	16	21	22	27	22	22	25	19	20	19	22	18	20	17	19	20	19
VEL.MAX.VEN	33	29	30	33	28	30	37	29	32	33	39	33	35	30	29	31	31	34	30	33	32	35	34	34
RUMO RAJADA	ESE	S	ESE	NNW	NNW	ESE	NNW	SE	S	E	SSW	E/ESE	S	SE	SE	ESE*	ESE	ESE	SSW	SSW	NNW	NNW	E	SW
RUMO DOMIN.	ESE	ESE	ESE	E	ESE	ESE	ESE	E	ESE	ESE	ESE	E	ESE	ESE	ESE	E	ESE	ESE	SSW	E	ESE	ESE	ESE	E
PREC.TOTAL	11	5,4	3,6	10	3,4	2,8	9,2	3,3	6,6	0,7	11	3,7	7,1	2,2	5,6	5,3	5,6	5,6	2,7	5,3	1,2	2,8	0,1	6,8
PREC. 1HORA	3,7	2,2	1,2	5,6	0,7	1,1	3	1,1	2,4	0,2	4	1	2,4	0,6	1,9	2	2,6	2	1,3	1,5	0,3	1,2	0,1	2,6
PREC.10MIN.	2	0,9	0,6	2	0,3	0,5	1,7	0,4	1	0,2	2	0,4	1,1	0,2	0,9	0,8	1,2	0,8	1	0,7	0,2	0,5	0	1
NEB.MÉD.	8	7	7	7	7	6	8	6	8	4	9	7	8	5	7	7	6	6	8	7	5	6	5	7
NEB.9HORAS	9	8	6	7	8	6	9	7	9	4	9	7	8	5	7	7	7	7	8	7	6	6	5	7
NEB.15HORAS	8	7	7	7	7	7	8	6	9	4	9	7	8	5	7	7	6	6	8	7	5	5	6	8
INSOLAÇÃO(%)	26	45	53	41	45	56	25	51	25	70	12	43	22	61	39	42	48	47	31	44	59	56	58	37
T.MAX.IRRAD.	42	42	52	48	38	39	45	43	31	34	40	36	29	34	38	40	38	36	43	42	44	44	50	48
R.SOL-7-8H	21	32	33	34	12	11	6	11	4	3	2	2,6	5	6	4	5	20	20	20	18	56	55	66	47
R.SOL-12-13H	164	158	183	149	132	138	100	136	96	135	73	100	88	134	107	119	159	60	124	171	235	234	228	162
R.SOL-14-15H	108	120	124	115	89	85	62	94	48	86	41	63	53	89	70	72	116	106	92	112	189	168	172	127

* e SSW; ** e NNW

Unidades : pressão Atmosférica (mm de Hg), temperatura (°C), velocidade do vento (Km/h), precipitação (mm), nebulosidade (x/10), insolação (%), radiação solar (langley).

1. Temperatura

As temperaturas mínimas e máximas foram, em quase todos os meses, superiores às médias do período 1960-89 (Quadro XXIV e XXVI).

Especialmente em Maio, Outubro, Dezembro e Janeiro as temperaturas mínimas foram consideravelmente mais elevadas do que as médias de 30 anos em que se inserem, em qualquer dos anos estudados.

A irregularidade das temperaturas mínimas foi maior do que a das máximas. Enquanto nas primeiras a dispersão relativa foi de ± 41%, nas segundas foi de ± 28% (Quadro XXVII)

Comparando os valores da média e mediana, para a globalidade do período estudado, conclui-se que a probabilidade de ocorrência de valores superiores aos 11°C de média nas temperaturas mínimas foi mais elevada. No entanto, no caso das temperaturas máximas, foram em maior número, os dias com temperatura inferior à média (19.5°C).

Embora incorrendo em alguns erros no grau de rigor da representação gráfica escolhida, tentamos comparar os valores registados, de facto, nos dias 1, 11 e 21 de cada mês, ao longo dos últimos anos, com a probabilidade que esses valores de temperatura assumem no quadro dos últimos 90 anos (Fig. 58, Fig. 59 e Fig. 60).

As temperaturas mínimas e máximas registadas em 1988, 1989 e 1990 incluem-se no grupo de valores pouco prováveis, na maioria dos casos, por excesso.

Considerando os registos acima da faixa dos 60-70%, como valores com fraca probabilidade de ocorrerem e/ou serem ultrapassados, parece óbvia a *excepcionalidade* dos últimos 3 anos.

Em 1988 destacam-se as temperaturas mínimas de 1 e 21 de Fevereiro, as de Outubro e as de Novembro que assumiram valores bastante acima dos prováveis nessa época do ano. Pelo contrário, as temperaturas mínimas em 1 e 11 de Abril, em 11 e 21 de Agosto e em 21 de Setembro enquadraram-se num grupo de valores bastante abaixo dos considerados mais frequentes no quadro da série dos últimos 90 anos (Fig. 58).

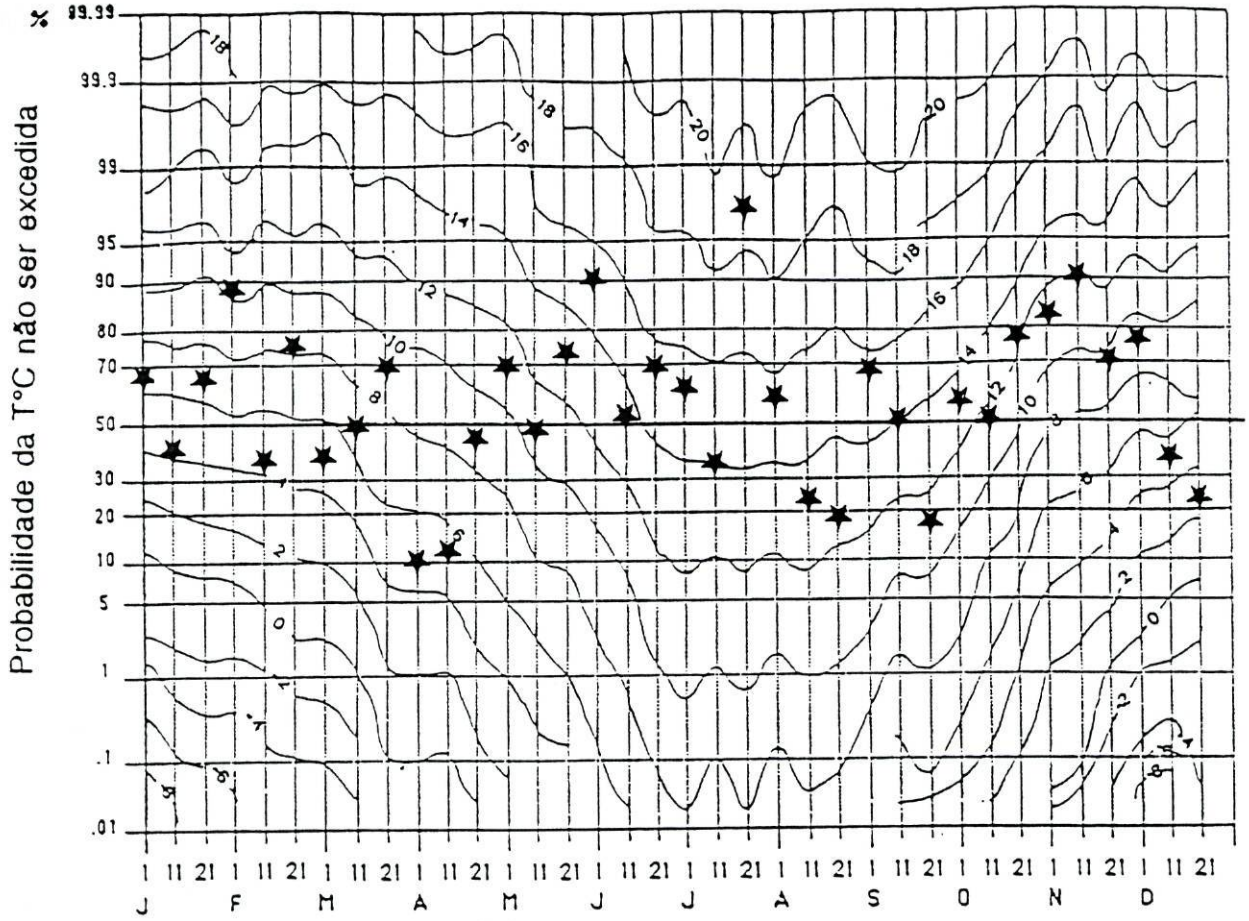
Em 1989 a situação excepcional descrita anteriormente multiplica-se e alastra-se a um maior número de casos ao longo de todo o ano (Fig. 59).

	Média	Desvio padrão	Variância	Coeficiente variação	Mediana	Moda	Nº de casos
Pressão atmosférica média	755	5.1	26.5	9.4	755	752	1461
Pressão atmosférica diurna	755	5.4	29.4	9.9	755		1461
Pressão atmosférica nocturna	755	5.1	26.2	9.4	754	753	1461
Temperatura média diária	14.9	4.6	21.4	31.0	14.8	13.2	1461
Temperatura média máxima	19.5	5.4	29.0	27.6	19.1		1461
Temperatura média mínima	11.0	4.5	20.4	40.9	11.4	14.0	1461
Evaporação (tina)	2.7	2.0	4.1	73.9	2.3	1.0	1461
Velocidade média do vento	18	7.8	60.6	43.2	16.3	13.8	1461
Velocidade máxima do vento	31.7	10.8	117.8	34.2	29	22	1461
Rumo rajada						WNW	1461
Rumo vento						ESE	1461
Precipitação total	3.5	7.9	62.7	223.7	0.1	0	1461
Precipitação máxima 1 h	1.4	3.3	11	238.9	0	0	1461
Precipitação máxima 10min	0.7	1.5	2.4	232.0	0	0	1461
Nebulosidade média	5.9	3.3	10.6	55	7	10	1461
Nebulosidade 9horas	6.3	3.8	14.6	61	8	10	1461
Nebulosidade 15 horas	5.8	3.6	13.2	62	7	9	1461
Insolação %	50.4	31.1	969.3	61.7	56.8	0	1461
Temp máxima de irradiação	46.7	9.3	87.0	19.9	49	54	1461
Radiação solar 7-8 horas	62	57.9	3361.5	93.4	46		1461
Radiação solar 12-13 horas	213.3	109.3	11943.7	51.2	219	338	1461
Radiação solar 14-15 horas	165.8	95.6	9131	57.6	162	280	1461

Quadro XXVII - Medidas de dispersão e de tendência central para alguns elementos climáticos diários no Porto-Serra do Pilar no período 1 Abril de 1987/31 de Março de 1991

Unidades : pressão Atmosférica (mm de Hg), temperatura (°C), velocidade do vento (Km/h), precipitação (mm), nebulosidade (x/10), insolação (%), radiação solar (langley).

TEMPERATURA MÍNIMA



★ 1988

TEMPERATURA MÁXIMA

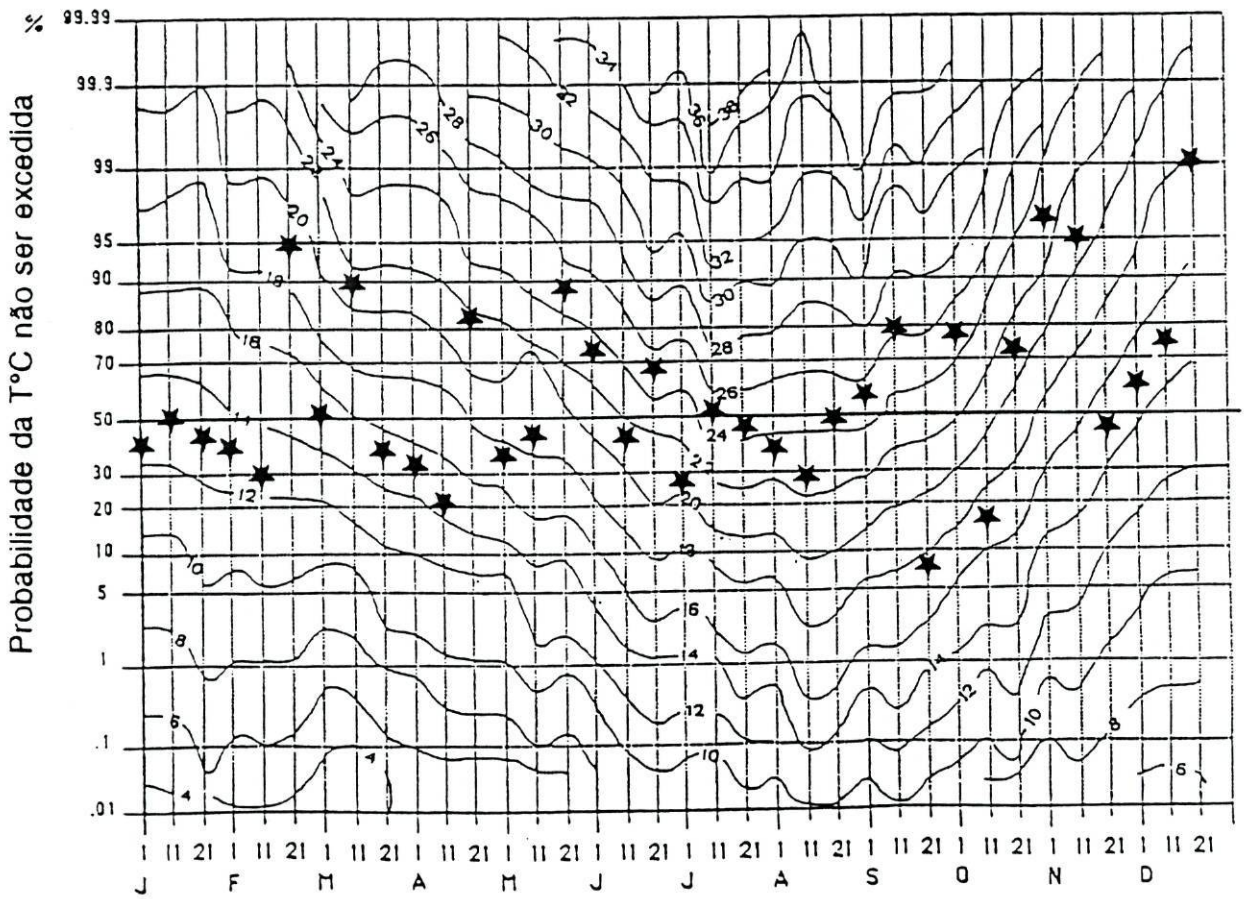
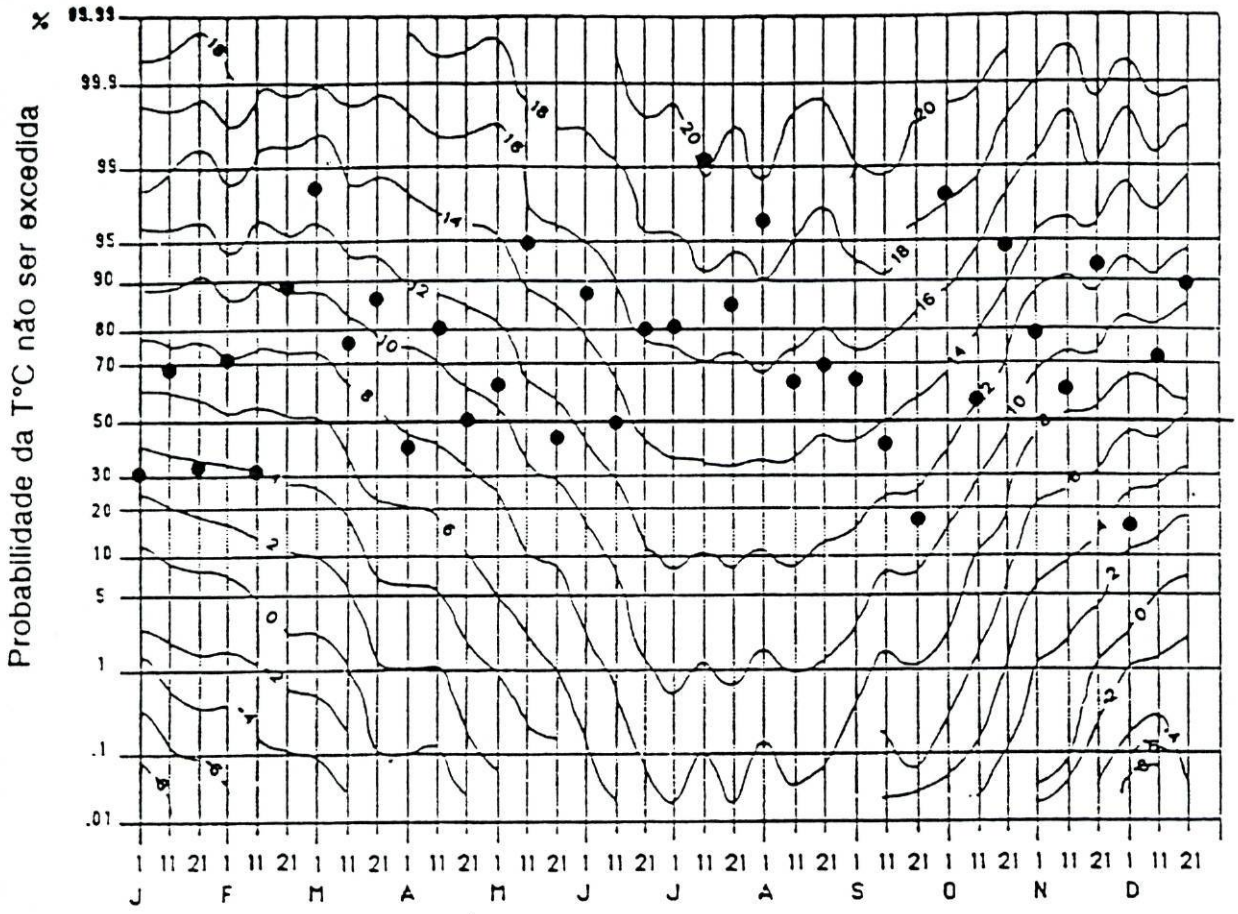


Fig. 58 - Valor de temperatura registado no Porto-Serra do Pilar nos dias 1, 11 e 21 de cada mês no ano de 1988.
(o calendário de probabilidades onde foram inscritos os respectivos valores de temperatura corresponde à figura **31** apresentada anteriormente)

TEMPERATURA MÍNIMA



© 1989

TEMPERATURA MÁXIMA

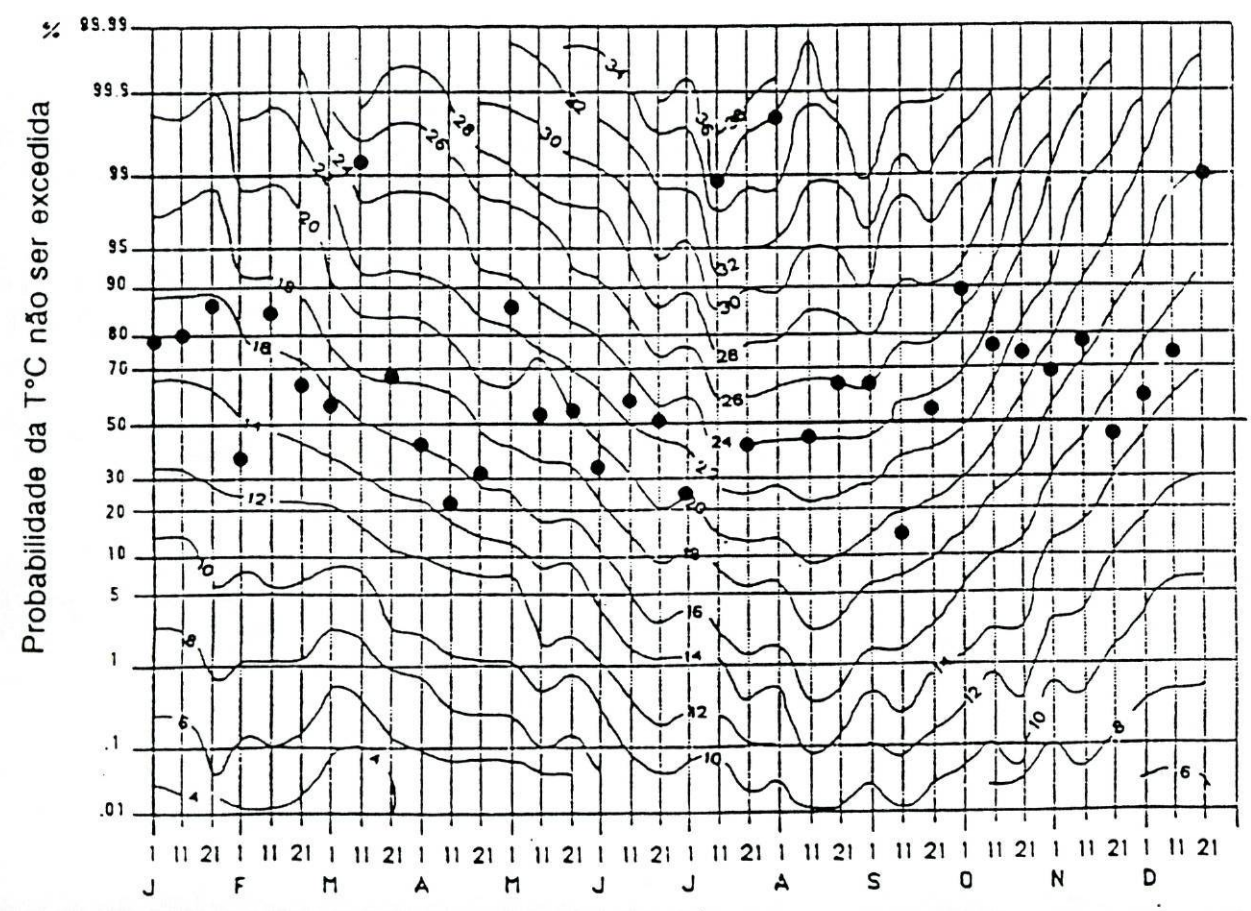
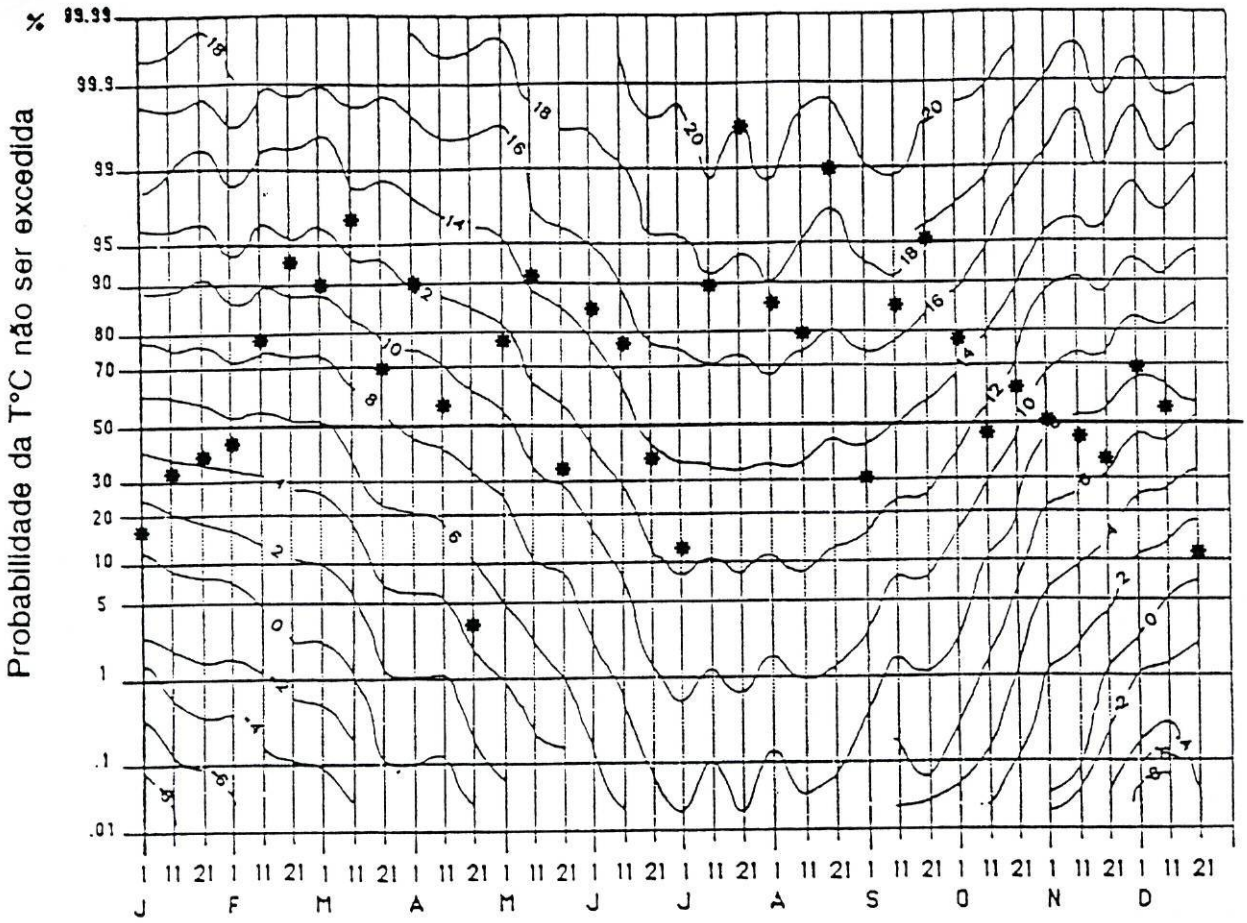


Fig. 59 - Valor de temperatura registado no Porto-Serra do Pilar nos dias 1, 11 e 21 de cada mês no ano de 1989.
(o calendário de probabilidades onde foram inscritos os respectivos valores de temperatura corresponde à figura 31 apresentada anteriormente)



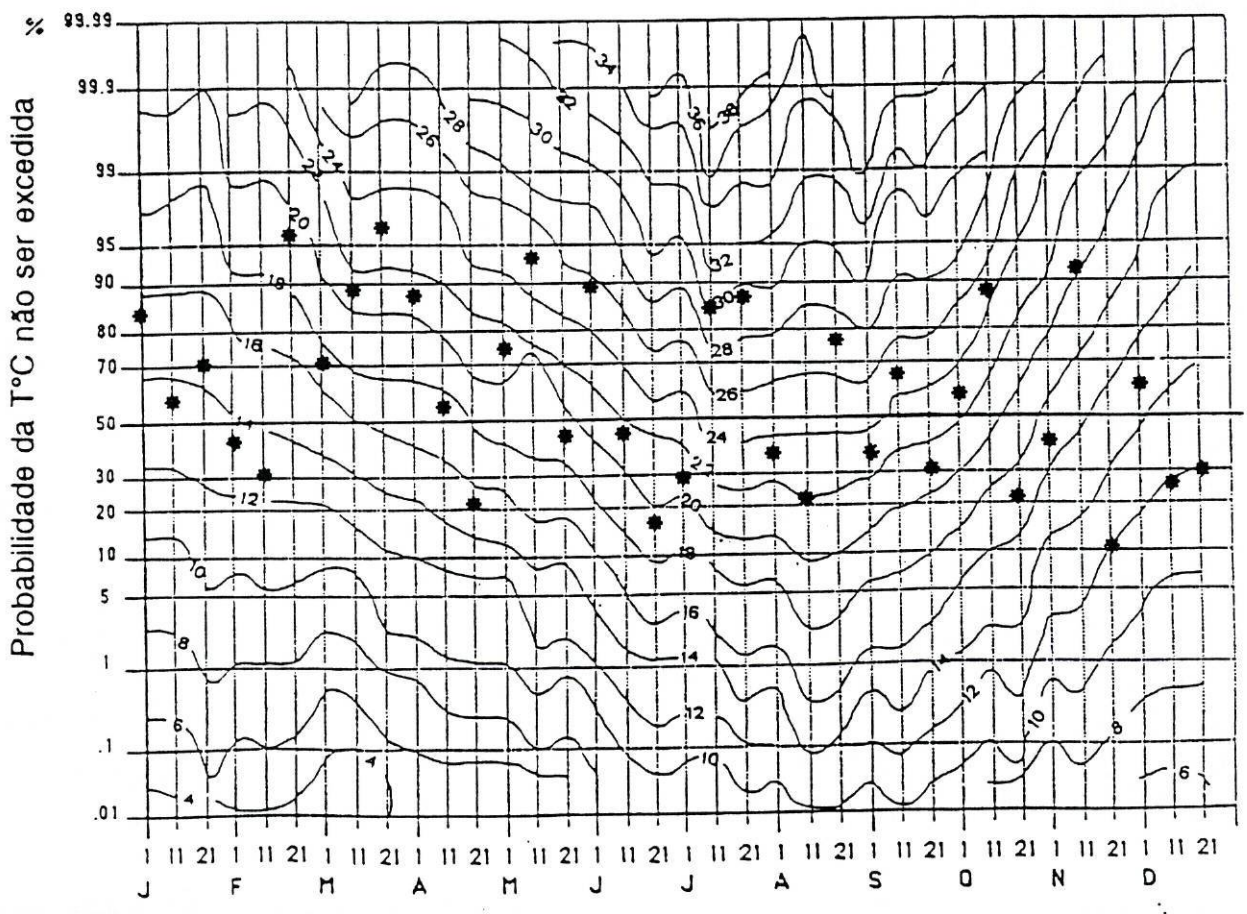


Fig. 60 - Valor de temperatura registado no Porto-Serra do Pilar nos dias 1, 11 e 21 de cada mês no ano de 1990.
(o calendário de probabilidades onde foram inscritos os respectivos valores de temperatura corresponde à figura 31 apresentada anteriormente)

Dias com pressão atmosférica ≥ 760 mm/Hg

ANOS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1987				6	0	1	0	0	0	0	7	10
1988	8	5	14	0	0	0	0	0	2	0	3	25
1989	24	16	4	2	0	0	0	0	0	3	3	1
1990	21	13	15	5	0	0	0	0	0	0	6	7
1991	15	1	4									

e Dias com pressão atmosférica ≤ 745 mm/Hg

ANOS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1987				3	0	0	0	0	0	1	1	3
1988	2	0	0	0	2	2	0	0	0	3	0	0
1989	0	3	0	6	0	0	0	0	0	0	10	8
1990	1	0	0	2	0	0	0	0	0	2	1	0
1991	0	3	3									

Dias com temperatura mínima ≤ 3°C

ANOS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1987				0	0	0	0	0	0	0	6	0
1988	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5
1989	7	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1990	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	4
1991	8	9	0									

e Dias com temperatura máxima ≥ 35°C

ANOS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1987				0	0	0	1	0	0	0	0	0
1988	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1989	0	0	0	0	0	0	5	1	0	0	0	0
1990	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
1991	0	0	0									

Dias com mais de 20mm de precipitação

ANOS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1987				5	0	0	0	0	2	7	1	5
1988	2	2	0	2	0	1	2	0	0	2	1	0
1989	1	3	0	0	0	0	0	1	0	2	3	6
1990	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1
1991	2	1	3									

e Dias com mais de 30mm de precipitação

ANOS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1987				0	0	0	0	0	0	2	0	2
1988	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
1989	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	2	2
1990	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1991	1	1	2									

Quadro XXVIII - Valores extremos de pressão atmosférica, temperatura e precipitação
(registos diários de Porto-Serra do Pilar entre 1 de Abril de 1987 e 31 Março de 1991)

Em 1990 e, especialmente, no que se refere às temperaturas mínimas, a ordem de grandeza dos valores registados ao longo do ano distancia-se, quase em absoluto, dos valores mais prováveis. Ainda que alarguemos a *margem dos valores mais prováveis* a uma faixa entre os 30% e os 70% de probabilidade da temperatura não ser excedida, constata-se que poucos foram os dias em que as temperaturas mínimas registadas se incluiram nesta faixa de probabilidade (Fig.60).

Apesar dos erros cometidos quanto à exactidão e rigor da representação gráfica dos valores entre as duas linhas de probabilidade de ocorrência de determinada temperatura, que não escamoteamos, até pelo tamanho exagerado dos símbolos escolhidos, pareceu-nos um exemplo visualmente muito expressivo e útil para avaliar e equacionar a representatividade dos valores da temperatura mínima e máxima dos últimos anos face aos que podemos considerar *normais* , apenas por serem os mais *prováveis* .

No que diz respeito aos valores extremos menores registados durante o período analisado, e considerando dias com temperatura média mínima abaixo de 3°C, como extremamente frios e pouco comuns no Porto-S.Pilar, constatamos que eles ocorreram, invariavelmente, entre Novembro e Março (Quadro XXVIII). Dentro deste período, porém, destacam-se, claramente, duas sequências particularmente excepcionais, uma entre Dezembro de 1988 e Fevereiro de 1989 e outra entre Novembro de 1990 e Fevereiro de 1991, durante as quais ocorreram um grande número de dias com temperaturas anormalmente baixas.

As máximas extremamente altas (acima dos 35°C), foram raras e surgiram, indiferenciadamente, em Julho, Agosto e Setembro. Em 1989 e 1990 o número de ocorrências aumentou, tendo o mês de Julho registado 5 e 4 casos, respectivamente.

2. Precipitação

A precipitação na área do Porto ocorreu de forma muito irregular (Quadro XXVII), alternando muitos dias sem ou com pouca precipitação, com poucos dias de chuva muito intensa. Quando ocorreu precipitação, ela foi circunscrita no tempo, mas forte.

A comparação dos totais mensais deste período com os totais mensais médios dos últimos 30 anos não se revelou demonstrativa de qualquer comportamento tendencial.

Pareceu-nos possível experimentar a análise desta série temporal utilizando como critério para qualificar a intensidade da precipitação, o limite dos 20mm/dia. Os dias com mais de 20mm/dia ocorreram em quase todos os meses. Só o mês de Maio não teve nenhum dia com mais de 20mm de precipitação. Apesar de dias com estas características terem ocorrido em quase todos os meses do ano foram mais frequentes, tanto em número como em regularidade, no período de Outubro a Fevereiro (Quadro XXVIII).

Se contabilizarmos os dias com mais de 30 mm/dia, vemos que são muito raros. Surgiram 1 ou 2 dias invariavelmente em Outubro e. esporadicamente, nos restantes meses do ano. Só em Maio, Julho e Setembro é que não se registou qualquer dia com 30mm ou mais de precipitação (Quadro XXVIII)

Os totais de precipitação em 10 minutos e em 1 hora acompanharam o ritmo irregular dos totais diários, embora a variabilidade relativa tenha sido menor naqueles do que nestes (Quadro XXVII).

3. Vento

Em média, a velocidade rondou os 18Km/h, tendo ocorrido valores inferiores a 20Km/h durante mais de 77% dos dias (QuadroXXVII). Os ventos com velocidade média entre os 20 e os 43 Km/h tiveram ainda uma razoável frequência (21%).

A velocidade de rajada rondou os 30Km/h, tendo soprado predominantemente de NNW entre Março e Setembro, e de ESE nos restantes meses do ano.

Os rumos predominantes do vento foram do quadrante E ou ESE, entre Outubro e Março, e de NW, W ou SW, no resto do ano.

A variabilidade relativa na velocidade do rumo predominante é maior do que na de rajada, demonstrando uma maior regularidade nos quadrantes preferencialmente associados às rajadas.

4. Nebulosidade, Insolação Relativa e Radiação Solar

A nebulosidade média foi, em mais de 50% dos dias, superior a 7/10, tendo sido os dias de céu totalmente coberto de nuvens, os que mais se repetiram durante os 4 anos.

O céu esteve, na maioria dos dias, mais encoberto às 9 horas do que às 15horas.

A grande frequência de ocorrência de dias com forte nebulosidade é sublinhada pelos valores da insolação, onde se constata que 50% dos dias beneficiaram menos de 57% do total de horas de Sol possível.

A energia recebida no Porto foi, obviamente, mais elevada às 12-13horas, hora em que também a dispersão relativa de valores registados foi mais fraca. A maior diversidade relativa de quantitativos de energia recebida ocorreu às 7-8horas, altura do dia em que predominaram os valores inferiores à média (62 langleys).

5. Situações sinópticas mais frequentes[128]

5.1. Situações sinópticas à superfície

As situações anticiclónicas foram, claramente, predominantes durante o período Abril de 1987 / Março 1991. Foram as mais frequentes em 35 dos 48 meses que analisamos.

Apreciando a irregularidade da sua frequência, nos meses em que foram predominantes, ao longo destes 4 anos, constatamos que apenas sobressaiem os meses de Março, Julho, Agosto e Setembro (Fig.61, Fig. 62 e Quadro XXIX).

---

[128]Esta análise foi elaborada a partir da informação fornecida nos Boletins Meteorológicos Diários publicados pelo INMG.

	ABRIL				MAIO				JUNHO				JULHO				AGOSTO				SETEMBRO				OUTUBRO				NOVEMBRO				DEZEMBRO				JANEIRO				FEVEREIRO				MARÇO				Total
SITUAÇÕES SINÓPTICAS À SUPERFÍCIE	87	88	89	90	87	88	89	90	87	88	89	90	87	88	89	90	87	88	89	90	87	88	89	90	87	88	89	90	87	88	89	90	87	88	89	90	91	88	89	90	91	88	89	90	91	
SITUAÇÕES CICLÓNICAS																																															
21- perturbações de oeste						2		1						1											1	1		4	1								2				1			1				1	**16**
22- perturbações de oeste afastadas		4	6	3	1	6		3		1		4		2		2	1	2			2	2	3	2	4	6	4	7		1	4	2	3	1	9	5	7		9	6	3	1	6	5	4	4	1	2	**138**
23- perturbações de oeste próximas	4	3	4	2		4						1		1										1	11	4	1	5	1	1	4	1	2		8		8		5	2	4	6	1	4				8	**96**
24- perturbações de norte				1									1	1															1						2		1											**7**
25- perturbaçõesde noroeste	3	1	1		1	1			3					1			1	1										1	1		2	5	1									3		1	1	2		1	**31**
26- perturbações de sul																																																**0**
27- perturbações de sudoeste	4	2							1																						3	1	5															**16**
28 - centros depressionários estacionários	6	3	8	4	9	6	10	2		13	2	4	6	1	4	4	11	3	3	6	4		2	5	8	6	3		6	8	11	1	6	1	8	3	4	3	1		2			5	2		2	3	**199**
SITUAÇÕES ANTICICLÓNICAS																																															
29 - anticiclone atlântico zonal																1									2																								**3**
30 - anticiclone atlântico misto	2	4	3	4	4	1	1	3	5		7	3			2			1	1					2			2		4			5		4		1	5			5	2		1	2	5	4	2	1	**86**
31 - anticiclone atlântico misto com apófise polar		1			5	2			2		5											4					2	1	3	2		8		1		3				3	6			2	2		1		**53**
32 - anticiclone atlânt. misto estendido pela Europa	5	1	2	5	5	2	8	4	6						2			5	5	3	1	8	7				8	4	2	2	1	1	5	10		3	4	2	4		5	4	1	2	7	12	8	3	**157**
33 - anticiclone atlânt. misto ligado ao A. térmico da Europa																			2									1	1	7	1	1	2	2			8	10	6		5		1		1			**48**
34 - anticiclone europeu							2	4								1					1			1		1		1			1		3	3	1		6		7			2					**34**
35 - anticiclone ibero - mediterrânico	2																					4					4			3		1	5	5		2		8	2			6	5			2	6		**55**
36 - anticiclone ibero - africano																						2				4	2		2					2								1	1	2	1	1	4		**22**
37 - anticiclone atlântico subtropical					2	2		2	10	11	8	12	18	21	15	17	8	17	9	18	11	7	10	6	1	4		1	3						1							7		4		1		**226**
38 - margens anticiclónicas	2	8	5	11	3	5	8	11	1	5	3	4	5	1	7	6	3	1	5	1	5	2	7	13	3	5	4	5	4	5	4	3	2		1	10	1	3		2	6	1	2	1	4	5	6	8	**207**
COLOS E PÂNTANOS BARMÉTRICOS																																															
39 - colos	1	3						1			2	1		1			3			2	3	1	1		1		1	2						2		1						1	1	1	1			1	**31**
40 - pântanos	1		1		1		1		1		1	1	1	1	1		4	1	4		3									1					1												2	**26**

Quadro XXIX - Nº de ocorrências de cada um dos tipos de situações sinópticas entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991.
(A tipologia de classificação das situações sinópticas baseou-se nos critérios utilizados por CATARINA RAMOS, 1986, p.74-81)

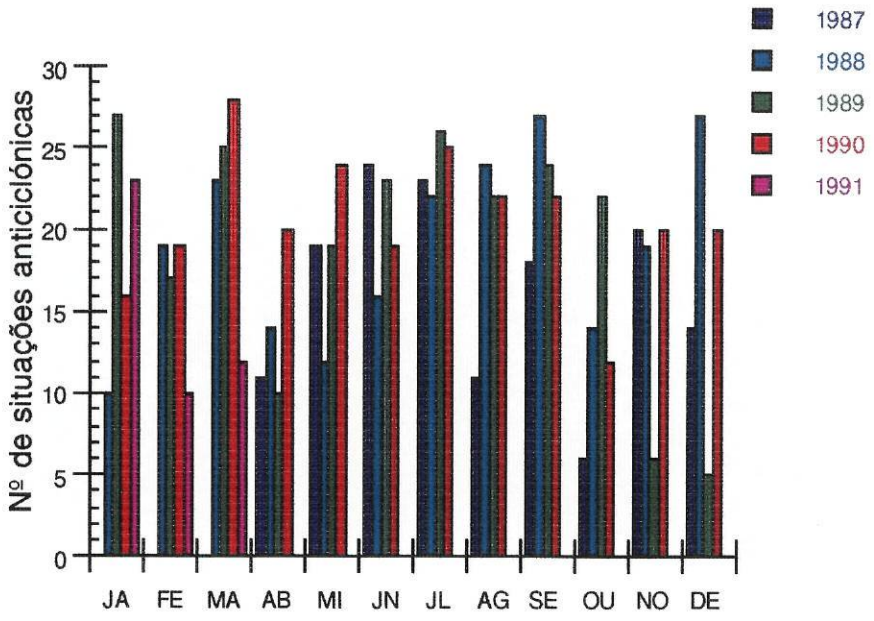


Fig. 61 - Número de situações anticiclónicas (entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991).

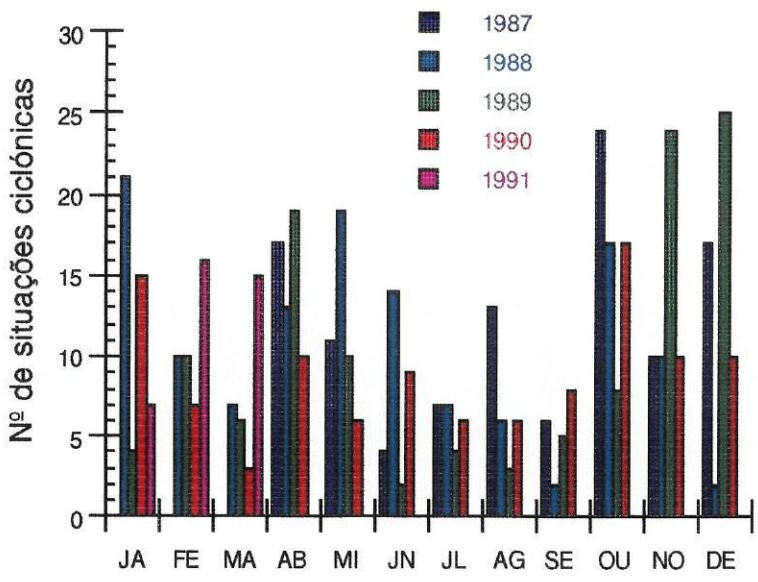


Fig. 62 - Número de situações depressionárias (entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991)

Nestes meses, qualquer que seja o ano analisado, as situações anticiclónicas permaneceram por mais de 20 dias/mês.

Embora, de facto, Março, Julho, Agosto e Setembro se destaquem, nitidamente, quanto à regularidade com que predominaram os dias sob a acção de situações anticiclónicas, não foram os únicos meses em que isso aconteceu.

Abril e Maio de 1990, Junho de 1987 e de 1989, Outubro de 1989, Novembro de 1987 e de 1990, Dezembro de 1988 e de 1990, e Janeiro de 1989 e de 1991 também totalizaram 20 ou mais dias por mês sob a influência de situações anticiclónicas (Quadro XXIX e Fig.61).

As situações depressionárias, pelo contrário, não ocorreram, preferencialmente, em nenhum mês, embora em Abril e Outubro elas tenham predominado em 3 dos 4 anos estudados. Estes são, aliás, as únicas excepções, já que nos restantes meses em que foram mais frequentes, tal ocorreu em apenas 1 ou 2 anos (Quadro XXIX e Fig. 62).

Outubro de 1987, Janeiro de 1988 e Novembro e Dezembro de 1989 foram os únicos meses, absolutamente excepcionais, em que se sucederam mais de 20 dias/mês sob a acção de situações depressionárias (Quadro XXIX e Fig.61).

Escalpelizando um pouco mais a informação disponível e considerando que, dada a menor representatividade das situações depressionárias no total da amostra, podemos considerar que mais de 10 dias por mês sob influência de situações depressionárias constitui, já, uma frequência relativamente significativa, observamos que tal só aconteceu, com alguma regularidade, em Fevereiro, Abril, Maio, Outubro, Novembro e Dezembro (Quadro XXIX e Fig.62).

5.2. Situações sinópticas em altitude

Relativamente à análise das situações sinópticas em altitude e considerando apenas os dois grandes tipos de circulação - zonal e meridiana- constatamos que houve, ao longo do período 1 Abril 1987- 31 Março 1991, o predomínio claro desta última sobre a outra (Fig. 63, Fig. 64, Fig. 65 e Quadro XXX).

	ABRIL				MAIO				JUNHO				JULHO				AGOSTO				SETEMBRO				OUTUBRO				NOVEMBRO				DEZEMBRO				JANEIRO				FEVEREIRO				MARÇO				Total
TUAÇÕES SINÓPTICAS EM ALTITUDE	87	88	89	90	87	88	89	90	87	88	89	90	87	88	89	90	87	88	89	90	87	88	89	90	87	88	89	90	87	88	89	90	87	88	89	90	88	89	90	91	88	89	90	91	88	89	90	91	
RCULAÇÃO ZONAL																																																	
Fluxo zonal rápido de W	2	5	2					1																	4			1	2				1	1	5		4		3	2	3	1	1	1				5	44
Fluxo zonal com ondul. para dorsal		5	2				1	3			3		1	1		1	5		2	1			4	2		2		1		2		5	3		6	1	2		3	2			3	6	3	2	1	2	75
Fluxo zonal com ondul. para vale	5		7	1		2	3	2	4		3	5	8	4	1	3	2	2	1	1	1	2	4	2	3			8	2	1	2	3	2		1	2	4	2	1	3	2	5	2	5		2		2		115
Flanco sul do fluxo zonal	5	2		1	3	6	1	4	14	1	6	3	4	8	1	9	6	12	5	8	6	7	5	2	3	5	2	1	3		3	1	1			2	2		1	8	4	1	5		6	4	2		173
faixa de altas pressões subtropicais				1		1			1	1	1	2	4	9	7	7	2	7	3		11	6					2												1			2		1	2				71
IRCULAÇÃO MERIDIANA - C. ONDULATÓRIAS																																																
Dorsal planetária ou crista anticiclónica	3		2	2	3	1	6	3		1	4				5	5				8		5	2				5		3	6		2	4	4	3	4	2	5	11	2	1	2	2	1	5	4	8	3	127
Vertente Este de dorsal	3	1	4	5	4			3		2	4	1	2		2			2	1	3		6	1	3			3	2	4	3	3	4		4		4	5	2	4	2	4	1		2	3		6		103
Vertente Oeste de dorsal	2	1					2	3	1		1	3		1	1		1	2	2		3			1		6	2		1	1			1	4			1	1	2	2	2	1	9			4	1	2	64
Vale planetário ou talvegue	1	2	1	3	2	4			4	3	1	4	4	1			2	1	2		1	1	4	1	5	4	2	5	2		3	1	3	2	1	1	3		2		1	6	1	1	3	2	1	1	92
- Vertente Este de vale	1		1	2		2	3		3		1	2	1	1	3	1	5	3	4	3	6		1	2	5		4	3		3	1	1	2		5	2	4	3	1	1	1	1		1	2	1	2	88
- Vertente Oeste de vale		3	3	2		3				1		3					1	1		2		1			4	2	1	1	3		1	2				2	1				1	2		3	1			3	47
IRCULAÇÃO MERIDIANA -SIT. DE BLOQUEIO																																																
- Anticiclone de bloqueio difluente																												4				1	4	4			4	1	2		5	3		2	2			32
- Anticiclone de bloqueio em ómega					4		3	2			1				3								1				1		3	2		5		9		1		2							1			38
- Anticiclone de bloqueio em cut-off-high				1	1																	2					2		1	2			2								2							13
- Gota de ar frio de bloqueio difluente		1		2		1		2		3		2			2		3		2	1			2	4			1		2		2		3		3	1		2		4	1	1		1			5		51
- Gota de ar frio de bloqueio em ómega										2																																							2
- Gota oriental de bloqueio em ómega										3																																							3
- Gota ocidental de bloqueio em ómega					2		9								1															2	8				5	2		1			1	1						2	34
- Gota de ar frio de bloqueio em cut-off-low	7	5	4	5		4		3	2	6		2		2			2		3	4				2	5	4	3	1	1	4	2		1				3	2	1		1			4		1	3	1	88
- Ramos do fluxo zonal	1	5	4	5	11	7	3	5	1	7	5	3	7	4	5	5	2	1	6		2		6	11	2	7	3	3	3	4	5	5	6	1	2	9		7		3	5	1		3	6	5	3	8	197

Quadro XXX - Nº de ocorrências de cada um dos tipos de situações sinópticas entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991.
A tipologia de classificação das situações sinópticas baseou-se nos critérios utilizados por CATARINA RAMOS, 1986, p.74-81)

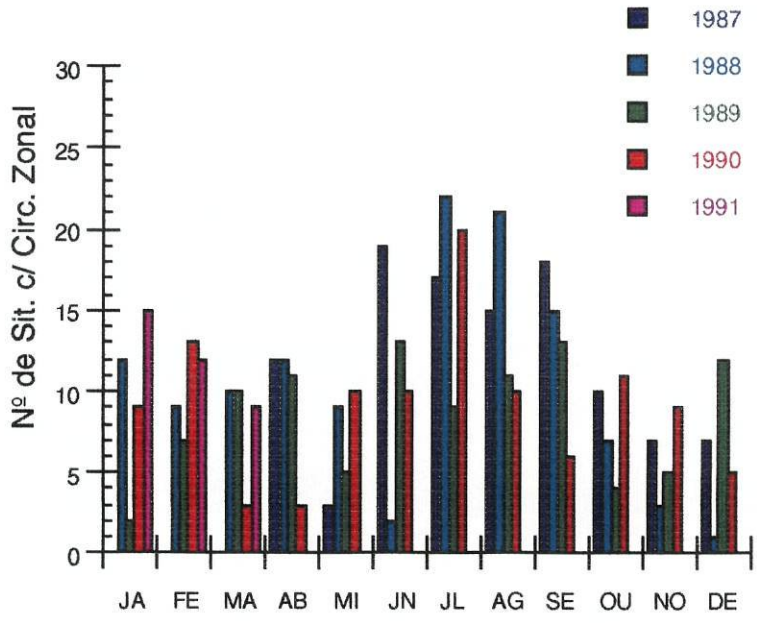


Fig. 63 - Número de situações com circulação zonal
(entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991)

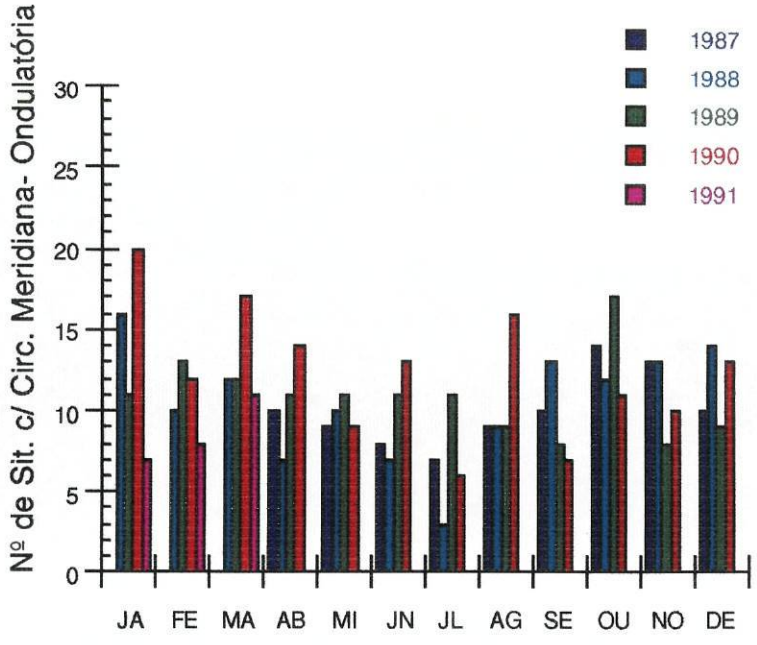


Fig. 64 - Número de situações com circulação meridiana
- corrente ondulatória (entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991)

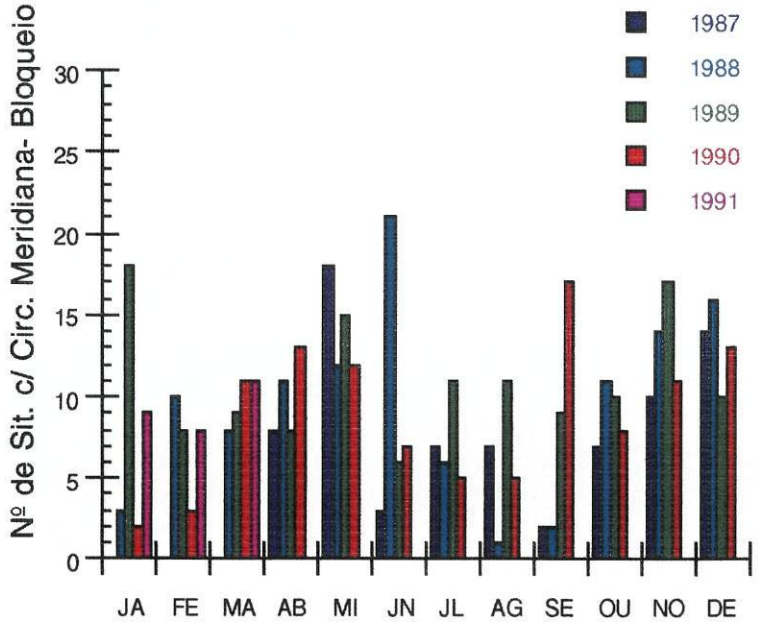


Fig. 65 - Número de situações com circulação meridiana
- situação de bloqueio (entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991)

Ao longo dos 48 meses analisados, a circulação zonal predominou em 18 meses e a circulação meridiana em 36 meses. Destes últimos, em 19 meses foram mais frequentes as correntes ondulatórias, enquanto nos restantes 17 foram mais frequentes as situações de bloqueio[129].

Apesar da irregularidade de ocorrência de cada um dos tipos de circulação do ar em altitude, evidenciada aliás, pelo coeficiente de variação de 65% (Quadro XXXII), emergem, ainda que não de uma forma inequívoca, algumas *regularidades* de comportamento.

Se não procurarmos regularidades absolutas, extensivas aos 4 anos analisados, parece haver uma certa *ordem* no ritmo de sucessão intra-anual dos tipos de circulação em altitude (Quadro XXX).

Embora com uma frequência relativa abaixo dos 16%, em Março e Outubro predominaram, no período estudado, situações de circulação do ar em altitude do tipo meridiana com correntes ondulatórias. Em Maio, Novembro e Dezembro, surgiram com regularidade circulações meridianas de bloqueio. Em Julho, Agosto e Setembro a circulação do tipo zonal em altitude foi a

---

[129]A totalidade ultrapassa os 48 meses porque em Fevereiro de 1988, em Julho e Agosto de 1989, em Outubro e Dezembro de 1990 e em Março de 1991 houve idêntico número de dias com dois tipos de circulação em altitude diversa.

predominante, ainda que a sua representatividade relativa tenha oscilado entre os 20% e os 25%.

5.3. Relação entre as situações sinópticas à superfície e em altitude

Dentro de cada um dos grandes blocos-tipo de situações sinópticas à superfície e em altitude individualizamos, como seria natural, alguns dos principais subtipos.

O grau de pormenorização com que os subtipos foram individualizados permitiu reconhecer as eventuais tipologias de circulação do ar mais frequentes, sem cair numa lista demasiado exaustiva de possibilidades que nos retirasse, de todo, a possibilidade de encontrar alguma *ordem* .

Assim, e perante a controversa e variada bibliografia disponível[130] sobre o tema, onde têm vindo a ser testados diversos critérios classificativos e respectivas subdivisões, optamos por uma subdivisão semelhante à utilizada por INOCENCIO TULLOT, 1983, e CATARINA RAMOS, 1986, aliás muito semelhantes entre si.

A adopção do mesmo tipo de critério[131] classificativo utilizado por CATARINA RAMOS na análise dos Boletins Meteorológicos Europeus que efectuou para o período 1974-1980 facilitou-nos, apesar da subjectividade inultrapassável neste tipo de análises, comparar os resultados obtidos para dois períodos diferentes.

As constatações genéricas que salientamos nos pontos 5.1 e 5.2 para a série que estudamos (1 de Abril de 1987/31 de Março de 1991) não divergem das alcançadas por CATARINA RAMOS para os 5 anos da década de 70 que analisou.

Também durante o período que analisamos, as situações anticiclónicas predominaram sobre as depressionárias e a circulação meridiana foi mais

---

[130]Dada a extensa lista bibliográfica sobre este tema a que nos referimos remetemos o leitor para as referências bibliográficas, não podendo, no entanto, deixar de salientar aqui os trabalhos de: CUNHA, L.(1983), FERREIRA, A.; FERREIRA, D.(1981), GANHO, N.(1991), HUFTY, A (1971, 1973, 1974, 1976, 1981), MOLINA, C.(1981), MOUNIER, J.(1977), RAMOS, C.(1986), TULLOT, I.(1983), cuja leitura foi decisiva na opção sobre o grau de pormenor que aparentemente melhor serviria os nossos objectivos.

[131]Quadros XXIX e XXX

frequente do que a zonal[132]. Até mesmo no que se refere à distribuição preferencial de cada um destes grandes grupos, ao longo dos meses do ano, os anos que analisamos não se distinguiram dos da década anterior (Quadro XXXI).

Todavia, quando avançamos para uma análise mais detalhada das situações mais frequentes em cada um dos meses do ano, ressaltam algumas diferenças ao nível do subtipo com maior frequência relativa (Quadro XXXI)[133].

A selecção dos dois subtipos de circulação em altitude mais frequentes em cada um dos meses mostra que houve, em qualquer deles, uma grande variabilidade (Quadro XXXI e XXXII). As frequências relativas mais elevadas raramente correspondem a mais de 30% dos dias possíveis, o que significa que, em média, surgiram em menos de 9 dias/mês.

Em Março, Abril, Maio, Novembro e Dezembro, ao longo dos últimos quatro anos, predominaram os dias sob a acção de circulação meridiana de bloqueio, protagonizadas ora por ramos do fluxo zonal, ora por gotas de ar frio em cut-off-low (Quadro XXXI).

Entre Junho e Setembro, predominaram os dias sob influência do flanco sul do fluxo zonal ou sob a acção da faixa de altas pressões (Quadro XXXI).

De Outubro a Janeiro fez-se sentir com mais persistência a acção de dorsais planetárias ou cristas anticiclónicas, ou, ainda, de vales planetários ou talvegues (Quadro XXXI).

À superfície, o estado de tempo, entre Junho e Setembro, foi frequentemente condicionado pela presença do anticiclone atlântico subtropical (Quadro XXXI).

Em Abril, foram mais frequentes os dias sob a acção de margens anticiclónicas. Estas, conjuntamente com a acção dos centros depressionários estacionários, foram também muito frequentes em Maio (Quadro XXXI).

Outubro e Fevereiro assistiram com mais frequência à presença próxima ou afastada de perturbações de W.

---

[132]"...a circulação em altitude, na Europa Ocidental, seria grandemente influenciada pelas Montanhas Rochosas, as quais provocam oscilações no fluxo zonal. Estas correntes ondulatórias traduzem-se, geralmente, pela formação de dorsais sobre o W dos E.U.A., Atlântico Ocidental e Oriental, e vales, no interior do continente americano, Atlântico central e Europa Ocidental..." segundo PÉDELABORDE, P, (1957) e STARK, L. (1965), citados por RAMOS,C., Tipos de anticiclones e ritmo climático de Portugal, CEG, Lisboa, 1986, p.88.

[133]RAMOS,C., Tipos de anticiclones e ritmo climático de Portugal, CEG, Lisboa, 1986, p.105-110.

	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR
SITUAÇÕES SINÓPTICAS EM ALTITUDE												
CIRCULAÇÃO ZONAL												
1-Fluxo zonal rápido de W												
2- Fluxo zonal com ondul. para dorsal												
3- Fluxo zonal com ondul. para vale											13	
4- Flanco sul do fluxo zonal		12	20	18	25	17						
5- faixa de altas pressões subtropicais				22								
CIRCULAÇÃO MERIDIANA - C. ONDULATÓRIAS												
6- Dorsal planetária ou crista anticiclónica									13	16		16
7- Vertente Este de dorsal								12		11		
8- Vertente Oeste de dorsal											11	
9- Vale planetário ou talvegue							13					
10- Vertente Este de vale					12							
11- Vertente Oeste de vale												
CIRCULAÇÃO MERIDIANA -SIT. DE BLOQUEIO												
12- Anticiclone de bloqueio difluente												
13- Anticiclone de bloqueio em ómega												
14- Anticiclone de bloqueio em cut-off-high												
15- Gota de ar frio de bloqueio difluente												
16- Gota de ar frio de bloqueio em ómega												
17- Gota oriental de bloqueio em ómega												
18- Gota ocidental de bloqueio em ómega												
19- Gota de ar frio de bloqueio em cut-off-low	18											
20- Ramos do fluxo zonal	13	21	13			16	12	14	15			18
SITUAÇÕES SINÓPTICAS À SUPERFÍCIE												
SITUAÇÕES CICLÓNICAS												
21- perturbações de oeste												
22- perturbações de oeste afastadas							17		15	18	14	
23- perturbações de oeste próximas							17				13	
24- perturbações de norte												
25- perturbações de noroeste												
26- perturbações de sul												
27- perturbações de sudoeste												
28 - centros depressionários estacionários	18	22	17		19		14	22	15			
SITUAÇÕES ANTICICLÓNICAS												
29 - anticiclone atlântico zonal												
30 - anticiclone atlântico misto												
31 - anticiclone atlântico misto com apófise polar												
32 - anticiclone atlântico misto estendido pela Europa		15							15			25
33 - anticiclone atlântico misto ligado ao A. térmico da Europa										19		
34 - anticiclone europeu												
35 - anticiclone ibero - mediterrânico												
36 - anticiclone ibero - africano												
37 - anticiclone atlântico subtropical			34	57	42	28						
38 - margens anticiclónicas	22	22		15		23	14	14	11			19
COLOS E PÂNTANOS BAROMÉTRICOS												
39 - colos												
40 - pântanos												

As duas situações sinópticas mais frequentes em cada mês

22 Frequência relativa correspondente (%)

Quadro XXXI- Situações sinópticas mais frequentes em cada mês
(1 de Abril de 1987/31 Março de 1991)

	CV%	10%	25%	50%	75%	90%	Moda
SITUAÇÕES SINÓPTICAS À SUPERFÍCIE	18	22	28	32	37	38	37
SITUAÇÕES SINÓPTICAS EM ALTITUDE	65	3	4	8	15	20	20

*Os números inscritos nas colunas dos percentis correspondem às situações sinópticas do quadro acima

Quadro XXXII- Coeficiente de variação e percentis entre 1 de Abril de 1987
e 31de Março de 1991.

Situação sinóptica à superfície	Situação sinóptica em altitude		
	Zonal	M. Ondulat.	M.Bloqueio
SITUAÇÕES DEPRESSIONÁRIAS	154	160	191
SITUAÇÕES ANTICICLÓNICAS	302	339	250
COLOS E PÂNTANOS BARMÉTRICOS	17	25	15

Quadro XXXIII a)

	Situação sinóptica em altitude		
	Zonal	M. Ondulat.	M.Bloqueio
SITUAÇÕES SINÓPTICAS À SUPERFÍCIE			
SITUAÇÕES CICLÓNICAS			
21- perturbações de oeste	7	4	5
22- perturbações de oeste afastadas	70	60	8
23- perturbações de oeste próximas	47	33	16
24- perturbações de norte	2	2	3
25- perturbações de noroeste	9	19	5
26- perturbações de sul			
27- perturbações de sudoeste	5	4	7
28 - centros depressionários estacionários	14	38	147
SITUAÇÕES ANTICICLÓNICAS			
29 - anticiclone atlântico zonal	2	1	0
30 - anticiclone atlântico misto	37	27	22
31 - anticiclone atlântico misto com apófise polar	11	32	10
32 - anticiclone atlântico misto estendido pela Europa	26	77	54
33 - anticiclone atlântico misto ligado ao A. térmico da Europa	10	22	14
34 - anticiclone europeu	1	11	22
35 - anticiclone ibero - mediterrânico	8	33	14
36 - anticiclone ibero - africano	4	14	4
37 - anticiclone atlântico subtropical	151	53	22
38 - margens anticiclónicas	52	69	86
COLOS E PÂNTANOS BAROMÉTRICOS			
39 - colos	8	16	7
40 - pântanos	9	9	8

Quadro XXXIII b)

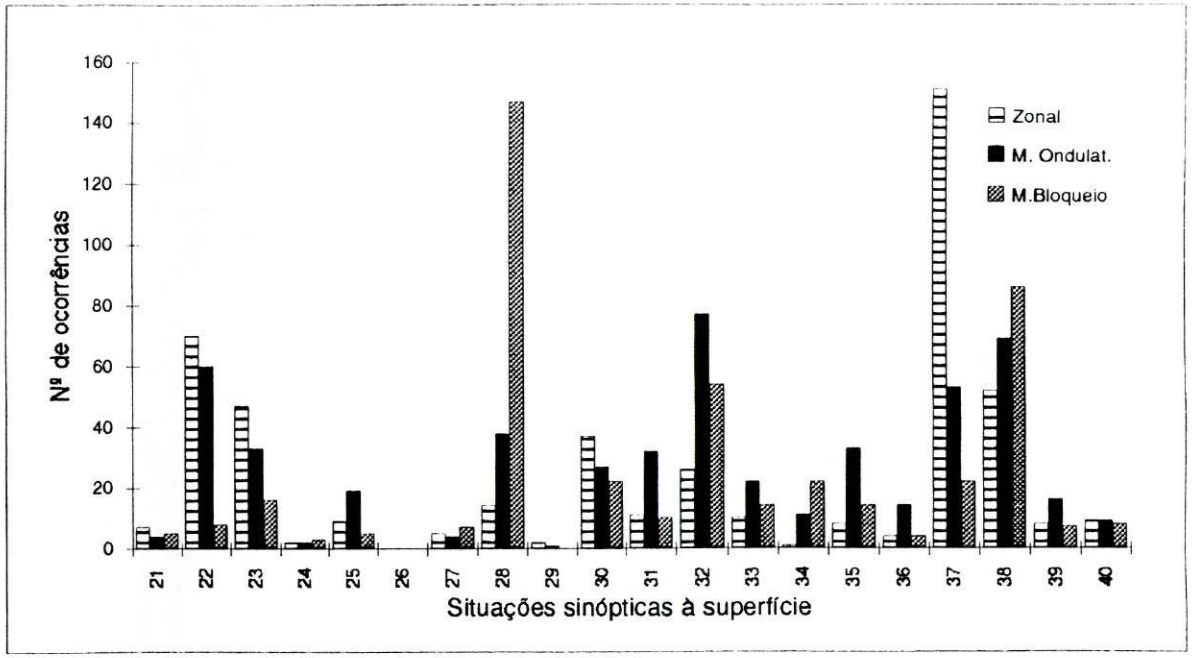


Fig. 66 - Relação entre a situação sinóptica em altitude e a situação à superfície (1/4/87 a 31/3/91)

Quadro XXXIII a) e b) - Relação entre o tipo de circulação em altitude e a situação sinóptica à superfície entre1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991.

Em Novembro e Dezembro, sobressaíram, em termos de frequência relativa, os dias sob a acção de centros depressionários estacionários, ou sob influência de perturbações de W, tendo tido alguma representatividade, também, os dias em que se fez sentir a acção do anticiclone atlântico misto estendido pela Europa (Quadro XXXI).

As perturbações de W afastadas e o anticiclone atlântico misto ligado ao anticiclone térmico da Europa foram predominantes em Janeiro.

Em Março predominaram os dias com a presença do anticiclone atlântico misto estendido pela Europa.

Pela inegável importância, em termos explicativos, que terá para a compreensão das situações sinópticas mais favoráveis à concentração de poluentes (Capítulo VIII), não poderíamos deixar de tentar observar a relação existente, neste período, entre a situação sinóptica à superfície e a circulação do ar em altitude (Quadro XXXIII a e b e Fig. 66).

Face ao claro predomínio das situações anticiclónicas sobre as perturbadas, torna-se óbvio que, quer em termos absolutos, quer em termos relativos , qualquer que seja o tipo de circulação em altitude, a probabilidade de ter coincidido com uma situação anticiclónica à superfície é grande.

Não sendo, no nosso período, inteiramente verdade que a circulação zonal e as correntes ondulatórias ocorram sempre associadas a situações anticiclónicas à superfície, e que as situações de bloqueio coincidam, normalmente, com situações depressionárias, como afirma C.RAMOS (1986) [134], não podemos, também, deixar de aceitar, ainda que parcialmente, a veracidade destas relações.

De facto, apesar dos 64% de casos de circulação zonal, ou dos 65% de casos de circulação ondulatória, ou dos 55% de casos de situação de bloqueio que coincidiram com situações anticiclónicas à superfície, sobressai, na nossa análise, o grande número de dias com situação depressionária à superfície que coincidiu com situações de bloqueio em altitude (Quadro XXXIII a).

Dentro de cada um destes grandes grupos que utilizamos para classificar o estado da atmosfera no nosso período de análise, destacaram-se, como já referimos, alguns subtipos mais frequentes (Quadro XXXI), pelo que não será estranho encontrarmos agora, em termos absolutos, algumas relações preferenciais entre as situações em altitude e à superfície.

---

[134]"...Um outro facto interessante é o de que, em Portugal, o abrigo aerológico ocorre fundamentalmente em circulação zonal e de correntes ondulatórias, enquanto as situações de bloqueio originam, na maior parte das vezes, tipos de tempo depressionários...", RAMOS,C., Tipos de anticiclones e ritmo climático de Portugal, CEG, Lisboa, 1986, p.86.

A circulação zonal coincidiu, predominantemente, com dias em que a situação à superfície foi dominada pelo anticiclone atlântico subtropical, um anticiclone dinâmico, homogéneo e marítimo. Embora em muito menor número de dias, surgiu, também, frequentemente associada a perturbações de W afastadas (Quadro XXXIII b e Fig. 66).

As correntes ondulatórias coexistiram com a presença à superfície do anticiclone atlântico misto estendido pela Europa Ocidental, de margens anticiclónicas e de perturbações de W afastadas (Quadro XXXIII b e Fig. 66).

As situações de bloqueio coincidiram, predominantemente, com a existência à superfície de centros depressionários estacionários (Quadro XXXIII b) e Fig. 66). Houve, porém, um número significativo de dias em que foi este tipo de situações em altitude que favoreceu a presença à superfície de situações de margem anticiclónica.

5.4. Relação entre as situações sinópticas à superfície e o comportamento de alguns elementos climáticos no Porto-Serra do Pilar.

Como dissemos, a maximização, do ponto de vista explicativo, da informação sobre as situações sinópticas à superfície e em altitude, que recolhemos e analisámos, só surgirá no Capítulo VIII dedicado à compreensão das condições subjacentes à degradação da qualidade do ar no Porto durante os últimos anos.

A mudança substancial de escala de análise que implica a aplicação desta informação, inventariada a partir dos Boletins Meteorológicos Diários, publicados pelo INMG, à região do Porto, obriga-nos, no mínimo, a ter alguma prudência em eventuais extrapolações.

Uma hipótese para ultrapassar esta dificuldade, minimizando, na medida do possível, o *ruído* introduzido na informação com o *salto* na escala espacial de análise, é comparar as consequências, ao nível do solo, genericamente atribuídas a cada uma das situações sinópticas, com o comportamento de alguns elementos climáticos na estação de Porto-Serra do Pilar (Quadro XXXIV).

Seleccionámos como indicadores significativos a temperatura mínima, a temperatura máxima, a nebulosidade, a insolação e o rumo predominante dos ventos no Porto-Serra do Pilar e procurámos, em cada um dos tipos de situação sinóptica à superfície, definir os limites entre os quais cada um deles variou.

Na análise que se segue não podemos deixar de recordar, mais uma vez, que as situações anticiclónicas foram as mais frequentes, tendo-se distinguido dentre elas, dois subtipos: as de margens anticiclónicas e as de anticiclone atlântico subtropical.

Não devemos também esquecer que, embora menos frequentes, as situações perturbadas foram protagonizadas especialmente pelos centros depressionários estacionários e pelas perturbações de oeste.

Terão sido, portanto, as combinações de elementos climáticos determinadas por estes 4 tipos de posicionamento dos campos de pressão que, mais fielmente, deverão descrever a conjuntura climática vivida no período estudado.

Se relembrarmos o que se disse nos pontos 1, 2, 3 e 4 do presente capítulo, verifica-se que, como aliás seria de esperar, há uma coincidência entre a análise do comportamento dos elementos climáticos elaborada a partir dos registos diários e o resultado das associações preferenciais obtidas para cada uma das situações sinópticas mais frequentes.

Os ventos foram predominantemente de ESE em qualquer das duas situações sinópticas mais frequentes - margens anticiclónicas e centros depressionários estacionários (Quadros XXXI e XXXIV).

A insolação não ultrapassou, na maioria dos dias com situações perturbadas, os 20%. É curioso verificar que, no caso das situações perturbadas de W e de SW, mais de 75% dos dias não tiveram sequer 20% da insolação possível.

Nos dias com situações anticiclónicas a insolação foi muito variável, embora predominem, inequivocamente, os dias com mais de 80% da insolação total possível.

Dentro deste tipo de situação sinóptica, constituem uma interessante excepção os poucos dias em que dominou a acção do anticiclone atlântico zonal, um anticiclone muito fugaz, fundamentalmente térmico, ligado frequentemente a uma circulação zonal rápida que conduz a passagem das perturbações frontais à superfície. Durante estes dias registaram-se, com a mesma frequência, valores de insolação relativa muito diversos, o que patenteia a importância da posição geográfica da estação de Porto-Serra do Pilar, especialmente no que diz respeito à sua grande proximidade do mar.

	Rumo Predom.			Insol. %		Nebulosidade(1/10) %				T mínima (°C) %					T.máxima (°C) %				
	1º	2º	3º	Moda	(Moda/total)%	<4	4\6	6\8	≥8	0-5	5\10	10\15	15\20	20\25	5\10	10\15	15\20	20\25	25\30
SITUAÇÕES SINÓPTICAS À SUPERFÍCIE																			
SITUAÇÕES CICLÓNICAS																			
21- perturbações de oeste	SSW	WSW	WNW	<20	44			38	63		25	75				37	63		
22- perturbações de oeste afastadas	WNW	SSW	ESE	<20	55			21	78		40	46				33	57		
23- perturbações de oeste próximas	SSW	ESE	WNW	<20	70			17	82		36	50				48	48		
24- perturbações de norte	WNW	NNW		40-60	40		40	20	40		40	40				40	20	40	
25- perturbações de noroeste	WNW	NNW	ESE	<20	47			23	68		59	21				59	29		
26- perturbações de sul																			
27- perturbações de sudoeste	ESE	SSW	S	<20	75			6	94		37	63				25	69		
28 - centros depressionários estacionários	ESE	WNW	SSW	<20	31			18	60		21	42	30				35	32	
SITUAÇÕES ANTICICLÓNICAS																			
29 - anticiclone atlântico zonal	ESE			0-20\ 60-80\ 80-100		33		33	33		66		33				66		33
30 - anticiclone atlântico misto	ESE	NNW	E	60-80	29	30	21		32		37	33				26	44	23	
31 - anticiclone atlântico misto com apófise polar	NNW	E	ESE	80-100	42	49		21		28	40	25				30	45		
32 - anticiclone atlântico misto estendido pela Europa	ESE	E	WNW	80-100	56	56	22				39	34					34	31	17
33 - anticiclone atlântico misto ligado ao A. térmico da Europ	ESE	E	ENE	80-100	51	47	22			53	34					58	30		
34 - anticiclone europeu	ESE	E	ENE	80-100	53	55			19	50	15	26				35	24	27	
35 - anticiclone ibero - mediterrânico	ESE	SE	E	80-100	36	34		20	35		46	26				27	36	29	
36 - anticiclone ibero - africano	ESE	E	SE	80-100	32	18		23	45		41	37					28	46	
37 - anticiclone atlântico subtropical	WNW	NNW	ESE	80-100	37	54	16		16			48	45					48	29
38 - margens anticiclónicas	ESE	WNW	E	60-80	31	24		21	38		22	44	23			19	35	31	
COLOS E PÂNTANOS BAROMÉTRICOS																			
39 - colos	ESE	WNW	E	80-100	29	36		26	29			35	29				23	52	
40 - pântanos	WNW	ESE	NW	40-60	44	26	41		22			30	56				15	67	11

Situações sinópticas mais frequentes durante o período estudado

Quadro XXXIV - Comparação dos valores assumidos por alguns elementos climáticos, no Porto-Serra do Pilar, consoante cada um dos tipos de situações sinópticas, entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991.
(A tipologia de classificação das situações sinópticas baseou-se nos critérios utilizados por CATARINA RAMOS, 1986, p.74-81)

A nebulosidade registada no Porto-Serra do Pilar evidencia uma grande associação entre os dias com menos de 4/10 do céu coberto e as situações anticiclónicas. Todavia, sob este tipo de situação sinóptica verificou-se um considerável número de dias com fortes nebulosidades (6 a 8/10 e >8/10), facto a que, mais uma vez, não é alheia a posição geográfica da estação, a cerca de 90 m de altitude, a 7Km do oceano Atlântico, mas, sobretudo, mesmo ao lado de um outro importante mosaico de água - o rio Douro.

Nos dias sob a acção de situações depressionárias, a nebulosidade foi quase sempre superior a 8/10. Destacam-se neste grupo os dias sob influência de perturbações de SW em que 94% dos casos assistiram a céu quase totalmente encoberto.

No caso das temperaturas, verifica-se que foi sob a acção de situações anticiclónicas que se registaram as temperaturas mínimas mais baixas e as temperaturas máximas mais elevadas.

As temperaturas mínimas mais baixas registadas no Porto-Serra do Pilar, entre 0 e 5°C, surgiram mais frequentemente associadas a dias sob a influência do anticiclone atlântico misto ligado ao anticiclone térmico da Europa, ou sob a acção do anticiclone Europeu. O que se compreende, uma vez que, qualquer deles está associado a massas de ar polar que, apesar de, inicialmente, puderam ser oceânicas, foram perdendo estas características durante a permanência sobre o continente europeu, alcançando Portugal do quadrante de E, já extremamente frias e secas.

As temperaturas máximas mais elevadas, entre 25 e 30°C, ocorreram sobretudo em dias sob a acção do anticiclone atlântico zonal ou do anticiclone atlântico subtropical.

VII - O CLIMA URBANO DO PORTO: INTENSIDADE E FORMA DA "ILHA DE CALOR"

A constatação das mudanças no **ritmo** e na **ordem de grandeza** a que os valores de alguns elementos climatológicos, especialmente das temperaturas, se sucederam na estação do Porto-Serra do Pilar, ao longo dos últimos 20 anos e, muito particularmente, no final da década de 80, fez emergir, de imediato, como uma das possíveis hipóteses explicativas, o facto da estação climatológica se incluir na *área de influência* dos impactes gerados pelo processo de urbanização portuense.

Não considerámos conveniente na altura, nem o espírito científico recomendou que enveredássemos, prioritariamente, pelas hipóteses explicativas mais óbvias, antes de testar todas as outras. Por isso, só agora *exploramos* esta potencial causa das mudanças climáticas observadas, depois de ter ficado claro nos capítulos V e VI que as relações de causalidade indiciadas apontam para uma maior proximidade espacial entre as *causas* e os *efeitos*.

Assim, e partindo do princípio que uma parte significativa da explicação para estas mudanças climáticas, verificadas nas estações localizadas na área envolvente da cidade do Porto, reside mais em fenómenos de índole local, do que regional, zonal ou, mesmo, global, propomo-nos procurar encontrar e definir, dentro dos limites da cidade, testemunhos comprovativos destas *modificações*.

1. Considerações gerais sobre os efeitos das áreas urbanas no clima local

CHANGNON (1973)[135] compara a magnitude dos efeitos de uma cidade no clima local com os impactes provocados, por exemplo, por um vulcão ou por um deserto na área envolvente. De facto, ao modificar o balanço energético, o balanço hidrológico, a geomorfologia e o ciclo geoquímico, o *modus vivendi*

---

[135]CHANGNON, S.A., "Atmospheric alterations from man-made biospheric changes", Modifying the weather : a social assessment, W.R.D. Sewell (ed.), Univ. Vitória, Adelaide, 1973, p.146.

urbano tem vindo a intervir de forma acutilante no ecossistema urbano, recriando-o totalmente.

Qualquer subsistema climático depende, integralmente, dos processos de *resolução* encontrados em cada uma das suas componentes: atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera.

O processo de urbanização, ao provocar mudanças radicais na **natureza da superfície** e nas **propriedades da atmosfera**, afecta, inequivocamente, as condições de funcionamento de cada uma destas componentes do subsistema climático.

A complexa geometria das superfícies urbanizadas, a forma e orientação dos edifícios, as propriedades térmicas dos materiais utilizados, a impermeabilização do solo ou o calor libertado pelas diversas actividades antrópicas, são alguns dos contributos decisivos para alterar o balanço energético nas cidades (Quadros XXXV e XXXVI).

A grande aglomeração de pessoas, a profusão de actividades produtivas, a constante necessidade de trocar, o mais eficazmente possível, bens, serviços e informações, faz com que nos meios urbanos ressalte com redobrada importância um segundo fluxo de circulação de energia - artificial - que se associa ao fluxo natural, com origem na radiação solar, tornando a compreensão do subsistema climático urbano consideravelmente mais complexa.

O balanço energético, que para o meio urbano pode ser definido por **Qs+Qf+Qi = Ql+Qg+Qe**[136] (DOUGLAS, 1983, p.40), varia de cidade para cidade, consoante a morfologia da área, a volumetria do espaço construído, a cor e os materiais de construção dos edifícios, o tipo de pavimento das ruas (Quadro XXXVI). A dimensão da cidade, em termos de população, o tipo de tecido industrial e a fluidez de circulação do tráfego interferem, também, no resultado final desta equação (Quadro XXXVII e XXXVIII).

Enquanto o **Qf** é sempre superior na cidade, relativamente à sua periferia, o **Qs** e o **Ql** são normalmente mais baixos.

O **Qs** é menor nas áreas urbanizadas porque a quantidade de partículas presentes na baixa troposfera urbana é muito maior, e, portanto, a radiação solar vai sendo absorvida e /ou reflectida, chegando à superfície em menor quantidade (Quadro XXXVIII).

---

[136]Sendo **Q s**- energia radiante recebida do sol, **Q f**-energia gerada por combustão, metabolismo e energia dissipada nos processos industrias, **Q i**-calor emitido pelo interior da terra, **Q l**- perda de calor por evaporação, **Q g**- perda de calor por condução no solo, nos edifícios e nas ruas, **Q e**- perda de calor por irradiação.

As perdas de calor por evaporação (**Ql**) são, também, inferiores no meio urbano, pela simples razão de que neste não há tanta água disponível para evaporar. O bom funcionamento do metabolismo urbano não se compadece com a presença da água precipitada muito tempo à superfície, sob pena de provocar congestionamentos na circulação de bens, serviços e informações, de todo indesejáveis.

Da importância relativa que o total de energia libertada, tanto pelos seres humanos e outros animais, como pelas actividades económicas (**Qf**),[137]tiver face ao total de energia proveniente da radiação solar (**Q S**) e do interior da terra (**Qi**), dependerá a ordem de grandeza do *excedente energético* disponível para ser transportado, por condução e/ou perdido por irradiação.

Como não estão facilitadas as perdas por evaporação (**Ql**), e a capacidade de armazenamento no seio do espaço construído é grande, quer pela densidade de ocupação, quer pelo tipo de materiais, quer pela geometria, parece óbvio que o balanço final entre as perdas e os ganhos, nos meios urbanos, não é nulo.

Favorecendo um leque mais diversificado de *entradas* de energia e bloqueando algumas das possíveis vias de *saída* da mesma, a cidade cria condições para se tornar, no seu todo, ou em parte, naquilo que vulgarmente se tem designdo por **"ilha de calor"**.

Embora os reflexos do fenómeno de urbanização na temperatura, especialmente nas mínimas, sejam os mais estudados e comprovados na extensa bibliografia disponível sobre o tema[138], as consequências das inúmeras

---

[137]T.R.OKE, 1990, p. 276, refere alguns valores do **Q f** /ano para algumas cidades, dos quais salientamos a título de exemplo: **New York (Manhattan)** - 40°N- 1967- 117 W/m^2; **Sheffield** - 53°N-1952-19 W/m^2; **Los Angeles** - 34°N-1970- 21 W/m^2; **Fairbanks**, Alasca - 64°N - 1970 - 19 W/m^2.

Estes valores de **Q f** foram obtidos a partir dos consumos de energia (electricidade, gás, carvão, madeira, carvão, gasolina, etc.) para aquecer os espaços interiores, para os processos de fabrico, para transportar bens e pessoas e para iluminação. O valor do **Qf** depende, como facilmente se deduz, do desenvolvimento económico do país em primeiro lugar, e só depois da dimensão da cidade e das características climáticas da área.

[138]No que se refere a Portugal apenas foram desenvolvidos trabalhos de investigação, neste domínio, para Lisboa (ALCOFORADO, 1988) e para Coimbra (GANHO, 1992).

O tema tem vindo, no entanto, a ser explorado por diversos investigadores, dos quais não podemos deixar de salientar CHANDLER (1963, 1965, 1967, 1976), LEE (1975,1977, 1984), OKE (1973, 1981, 1982, 1990), LANDSBERG (1970, 1974, 1981), ESCOURROU (1986), GÓMEZ (1984, 1985, 1990, 1991), SWEENEY (1987), WANNER (1984), UNWIN (1980), ZURITA (1991), DJEN (1992), etc.

artificialidades típicas de qualquer meio urbano, bem como do *excedente energético* que lhe está associado, repercutem-se, também, noutros elementos climáticos (Quadro XXXIX e XL).

Radiação Solar

A maior concentração de poluentes, na baixa troposfera urbana, impede a passagem de uma parte considerável da radiação de pequeno comprimento de onda (Quadro XL)[139].

Além disto, e pelo facto do *design* urbano criar um maior número de espaços de sombra, a chegada de radiação solar directa até ao nível do solo fica, parcialmente impedida, tanto mais quanto maior for o *ratio* altura do edifício/ espaço entre edifícios.

Esta diminuição do total de radiação solar directa recebida à superfície é tanto mais importante quanto maior for a inclinação dos raios solares. Assim, no Inverno, as áreas urbanas podem receber menos 30% da radiação ultravioleta potencialmente disponível[140].

Se nos recordarmos, por exemplo, das propriedades químicas bactericidas deste tipo de radiação, compreende-se o inconveniente que esta alteração representa em termos de saúde pública, nomeadamente no que diz respeito à facilidade de difusão de doenças contagiosas (vírus, bactérias) transmissíveis pelas partículas transportadas no ar.

Estas modificações no leque espectral da radiação solar recebida, para além de condicionarem o crescimento das plantas, impedindo a fotossíntese, podem afectar o normal crescimento dos seres humanos, dificultando a produção de vitamina D.

A maior absorção, reflexão e dispersão da radiação solar ao atravessar a atmosfera mais poluída dos meios urbanos, aumenta a radiação difusa, afectando a visibilidade e a percepção das cores dos objectos.

---

[139]Como afirmam CHANDLER, T.J. (1965) p.244-250, LANDSBERG, H.E. (1981), p.53-84, DOUGLAS, I. (1983) p.33-50, OKE, T.R. (1990) p. 280 ou GOTOH, T.(1993), p.121-128, para mencionar apenas alguns dos inúmeros exemplos de estudos de caso sobre este tema, em que os impactes da modificação da composição química da atmosfera na radiação solar recebida à superfície ficou demonstrada.

[140]GOUDIE, A.1990, p.278.

Alterações no balanço energético conducentes a anomalias térmicas positivas	Características urbanas que condicionam o balanço energético
"CANOPY LAYER" *	
1. Maior absorção de radiação de onda curta	Geometria dos canais de escoamento do ar da área exposta e reflexões múltiplas
2.Chegada de mais radiação de grande compr. de onda	Poluição atmosférica - maior absorção e re-emissão
3. Menor perda de radiação de grande compr. de onda	Geometria dos canais de escoamentodo ar redução do "sky-view factor"
4. Fontes de calor antrópicas	Perdas pelos edifícios e pelo tráfego
5. Aumento da capacidade de armaz. de calor sensível	Materiais de construção - maior capacidade de absorção
6. Diminuição da evapotranspiração	Materiais de construção - aumento da impermeabilidade
7. Diminuição do transporte de calor por turbulência	Geometria dos canais de escoamento do ar - redução da velocidade do vento
"BOUNDARY LAYER" **	
1. Maior absorção de radiação de onda curta	Poluição atmosférica - aumento da absorção pelos aerossóis
2. Fontes de calor antrópicas	Perdas pela chaminé e pelo efeito de aglomeração
3. Aumento das entradas de calor sensível (de baixo)	Aumento do fluxo de calor do "Canopy Layer" e dos telhados
4. Aumento das entradas de calor sensível (de cima)	Ilha de calor, rugosidade - arrastamento por turbulência

Adaptado de OKE, 1990, p.294 e p.300.

*** "Canopy Layer" é passível de ser traduzido para Português pela camada de ar que engloba toda a "Copa Urbana", estabelecendo uma analogia entre a rugosidade gerada pelo tipo de ocupação nos espaços urbanizados e a irregularidade dos limites observáveis numa área com um coberto vegetal diverso e denso.**

Segundo OKE, 1990, p.6, o "canopy layer" corresponde, sensivelmente, ao "roughness layer" - uma camada de ar que pode atingir entre 1 e 3 vezes a altura do topo dos elementos existentes à superfície. Caracteriza-se por uma turbulência intensa de pequena escala, dependente da rugosidade da superfície.

**** Segundo OKE, 1990, p.4, "boundary layer" corresponde, neste exemplo, à camada de ar acima do "canopy layer". É uma camada onde existem boas condições de mistura. A sua altura é variável e dependente da capacidade da superfície do solo para promover a movimentação do ar, podendo atingir menos de 100m, durante a noite, quando a superfície do solo arrefece mais depressa do que a Atmosfera e, 1 a 2 Km, durante o dia, quando as correntes convectivas são mais vigorosas.**

Quadro XXXV - Características dos meios urbanos passíveis de alterar o balanço energético

	ALBEDO	EMISSIVIDADE
1- RUAS		
asfalto	0.05-0.20	0.95
2-PAREDES		
betão	0.10-0.35	0.71-0.90
tijolo	0.20-0.40	0.90-0.92
pedra	0.20-0.35	0.85-0.95
madeira		0.90
3-TELHADOS		
alcatrão e areia	0.08-0.18	0.92
telha	0.10-0.35	0.90
lousa	0.10	0.90
colmo	0.15-0.20	
alum. ondulado	0.10-0.16	0.13-0.28
4-TINTAS		
branco	0.50-0.90	0.85-0.95
verm.; cast; verde	0.20-0.35	0.85-0.95
preto	0.02-0.15	0.90-0.98
Meio Urbano		
Int. Variação	0.10-0.27	0.85-0.96
Média	0.15	0.95

Adaptado de OKE, 1990, p.281

Quadro XXXVI - Albedo e emissividade de alguns materiais

POPULAÇÃO	CONCENTRAÇÃO (µg/m3)		
	Part.Susp.	SO 2	NO 2
NAO URBANA	25	10	33
<10000	57	35	116
10000	81	18	64
25000	87	14	63
50000	118	29	127
100000	95	26	114
400000 *	100	28	127
700000	101	29	146
1000000	134	69	163
3000000	120	85	153

Adaptado de GOUDIE, 1990, p.283.

*Concentração de poluentes na nossa área de estudo (305358 hab.)

Quadro XXXVII- Concentração de poluentes consoante o tamanho da cidade

TIPO DE POLUIÇÃO (µg/m3)	M. URBANO	M. NÃO URBANO		
		PRÓXIMO	INTERMÉDIO	REMOTO
Partículas suspensas	102.0	45.0	40.0	21.0
Benzeno	6.7	2.5	2.2	1.1
Amónia	0.9	1.22	0.28	0.15
Nitratos	2.4	1.40	0.85	0.46
Sulfatos	10.1	10.0	5.29	2.51
Cobre	0.16	0.16	0.08	0.06
Ferro	1.41	0.56	0.27	0.15
Manganésio	0.07	0.02	0.01	0.01
Níquel	0.02	0.01	0.0	0.0
Chumbo	1.11	0.21	0.10	0.0

Adaptado de GOUDIE, 1990, p.283.

Quadro XXXVIII- Concentração de poluentes consoante o tipo de ocupação do espaço

Fenómeno	Consequência
Produção de calor	mais precipitação/temperatura mais elevada
Retenção da radiação reflectida pelas paredes dos edificios e telhados escuros	temperatura mais elevada
Aumento da rugosidade	menos vento/ mais redemoinhos
Aumento das poeiras	mais nevoeiro/ mais precipitação

Adaptado de GOUDIE, 1990, p. 278.

Quadro XXXIX - Consequências do fenómeno urbano no comportamento de alguns elementos climáticos

ELEMENTO	PARÂMETRO	MEIO URBANO*
RADIAÇÃO	Superfície horizontal	< 15%
	Ultravioleta	Inverno - < 30%
		Verão - < 5%
TEMPERATURA	Média anual	> 0.7ºC
	Máximo de Inverno	>1.5ºC
	Duração da estação s/gelo	> 2 a 3 semanas
VEL. VENTO	Média anual	<20 a 30 %
	Extremos	<10 a 20%
	Frequência de calmas	>5 a 20%
HUM.RELATIVA	Média anual	<6%
	Média estacional	Inverno - <2%
		Verão - < 8%
NEBULOSIDADE	Frequência de dias nebulosos	> 5 a 10%
	Nevoeiros	Inverno - >100%
		Verão - < 30%
PRECIPITAÇÃO	Totais	> 5 a 10%
	Nº de dias	> 10%
	Dias de Neve	< 14 %

* relativamente ao meio rural

Adaptado de GOUDIE, 1990, p.278

Quadro XL - Alterações de alguns parâmetros climatológicos nos meios urbanos

Vento

Apesar de receber menor quantidade de radiação solar directa, a cidade tem um albedo menor do que a sua periferia (Quadro XXXVI), o que lhe confere um balanço térmico positivo, especialmente de noite e no Inverno (Quadro XLI).

Nascer do sol	Durante a manhã	Ao meio dia	Durante a tarde	À noite
O sol incide com um ângulo fraco	O sol está mais alto	O sol está alto	Começa a diminuir o ângulo de incidência dos raios solares	O sol deixa de incidir
Muita energia é reflectida	Diminui a reflexão dos raios solares	A diferença entre a cidade e a periferia é fraca	A diferença de temperatura entre a cidade e a periferia aumenta	Há uma camada de ar frio ao nível dos telhados e de ar mais quente junto ao solo
A camada de atmosfera a atravessar é maior	O ar na cidade começa a aquecer rapidamente porque há outras fontes de calor além do Sol. Vai havendo num aprisionamento da radiação solar no espaço construído. O calor começa a concentrar-se no centro da cidade	A circulação do ar é ainda fraca	Aumenta a circulação do ar	A subida do ar fica impedida
As paredes dos edifícios começam a absorver calor	Inicia-se uma corrente de ar ascendente no centro da cidade. O ar do centro da cidade começa a ser substituido por ar mais frio vindo da periferia	As paredes dos edifícios continuam a interceptar a radiação solar e a absorvê-la	A diferença de temperatura, ao fim da tarde, entre a cidade e a periferia é a mais forte do dia	A cidade arrefece mais lentamente.

Adaptado de LOWRY, W., 1967, p.182-184.

Quadro XLI - Diferenças de temperatura entre a cidade e a sua periferia ao longo do dia

Destas diferenças de temperatura dentro da cidade, e entre esta e a sua periferia, resultam circulações do ar muito diversas, quer em direcção, quer em velocidade (Quadro XL).

Ao nível do solo a velocidade do vento é, normalmente, mais fraca do que na periferia à mesma altitude. Isto não é, no entanto, sempre verdade, uma vez que consoante o tamanho, a altura e o espaçamento dos edifícios entre si, podem criar-se impedimentos à passagem do ar e/ou facilitar-se o seu escoamento, a muito maior velocidade, nos espaços abertos entre os obstáculos[141].

Em situações calmas e estáveis (anticiclónicas), quando não há circulação regional, em especial durante a noite, o gradiente térmico define um campo de baixa pressão na cidade, propiciando a afluência de ar da periferia. O fluxo de ar mais frio chega à cidade, de todas as direcções, e vai alimentando as perdas de ar mais quente em altitude, criando um movimento, em tudo semelhante, à brisa mar-terra[142].

Sob a acção de situações de instabilidade com forte gradiente barométrico, os espaços urbanizados podem, no entanto, exercer excelentes condições de abrigo e protecção à circulação regional do ar, promovendo, dentro da cidade, uma fraca movimentação do ar.

Humidade

Na ausência de água disponível para evaporar, compreende-se que a atmosfera sobre a cidade seja menos húmida do que a da periferia (Quadro XL). O fenómeno é, no entanto, mais complexo e as diferenças de humidade, entre a cidade e a sua periferia, nem sempre favorecem esta em detrimento daquela.

Durante o dia, o ar da periferia da cidade tem probabilidade de adquirir maiores quantidades de vapor de água, do que o da cidade, uma vez que tem disponíveis mais fontes de fornecimento, tanto pelo tipo de revestimento do solo como pela maior diversidade e densidade de vegetação.

---

[141]Recorde-se, apenas, a título de exemplo o desconforto proporcionado pelos parques no meio de blocos de edifícios, ou o extraordinário incremento na velocidade do vento nas galerias abertas sob esses blocos de edifícios, ou ainda os "jets" canalizados através de ruas com a mesma orientação do fluxo de ar.

[142]ALCOFORADO, M.J., "Brisas estivais do Tejo e do Oceano na região de Lisboa", Finisterra, vol. XXII, nº 43, Lisboa, 1987, p.71-112.

FALLOT, J.M., ALCOFORADO, M.J., "Mesures de l'influence de l'îlot de chaleur de Lisbonne sur les écoulements régionaux en été", Actes des Journées de Climatologie de Liège, Liège, 1988, p.57-74.

ALCOFORADO, M.J., "Influence de l'advection sur les champs thermiques urbains à Lisbonne", Actes du Colloque de Climatologie de Fribourg, A.I.C., Fribourg, 1991, p.29-35.

Durante a noite, sofrendo uma mais rápida diminuição da temperatura, o ar da periferia fica saturado e impedido de adquirir mais vapor de água. A água presente nas camadas de ar junto ao solo vai-se esgotando à medida que se atinge o ponto de orvalho.

Na cidade, apesar de haver menor evaporação, a temperatura, durante a noite, é mais elevada, o que reduz o ponto de orvalho e permite a manutenção de um ar, relativamente, mais húmido. OKE (1990, p.295) lembra, aliás, a possibilidade de, em analogia com o comportamento térmico, se falar, também, numa **"ilha de humidade"** nocturna no centro da cidade.

A dificuldade em definir um comportamento padronizado para a repartição espacial da humidade entre a cidade e a periferia, face à complexidade de interrelações envolvidas, repete-se no que diz respeito à nebulosidade e ao número de dias com nevoeiro (Quadro XL). Contrariamente ao que se poderia pensar, a cidade nem sempre tem maior número de dias com nevoeiro. Embora a visibilidade no centro da cidade seja quase sempre menor do que na periferia, a densidade do nevoeiro é quase sempre menor. Isto porque, apesar de haver maior quantidade de núcleos de condensação, a pequena dimensão das gotas de vapor não permite a formação de um nevoeiro demasiado cerrado.

Precipitação

Aparentemente, a presença da "ilha de calor", ao favorecer os movimentos ascendentes do ar no centro da cidade, cria as condições necessárias para desencadear a ocorrência de precipitação de tipo convectivo. Para que ocorra este tipo de precipitação é, no entanto, fundamental que as gotas de água se formem em torno dos núcleos de condensação e cresçam o suficiente para precipitarem. É, portanto, pouco provável que o efeito do fenómeno de urbanização se repercuta, imediatamente, sobre a cidade que o origina. Parece mais verosímil que as consequências se façam sentir fora dela, quando a circulação do ar é descendente.

Trabalhos de investigação realizados, nomeadamente, por CHANGNON (1971, 1981)[143] e por CHANDLER (1976), para St.Louis e La Porte[144],

---

[143]CHANGNON, S.A. Jr., HUFF, F. A., SEMONIN, R.G., "Metromex: an investigation of inadvertent weather modification", Bull. Amer. Meteorol. Soc., 52, 1971, p.958-967.

CHANGNON, S.A.Jr., "Metromex: a review and summary", Meteorol.Soc., 18, 40, Amer. Meteorol. Soc., Boston, 1981.

respectivamente, demostraram que os efeitos da cidade nos totais, na intensidade e na frequência da precipitação não se reflectiram sobre elas próprias, mas antes, surtiram efeitos nas áreas, com movimentação descendente do ar, localizadas fora do principal núcleo urbano.

1.2. O fenómeno urbano portuense - magnitude e intensidade dos impactes no clima local

No caso da cidade do Porto, os seus mais de 300 000 residentes, alojados em cerca de 45 000 edifícios distribuídos, espacialmente, em arranjos geométricos muito diversos, construídos , os mais antigos em granito, e os mais modernos, em tijolo, betão e outros materiais, as mais de 1 700 unidades industriais, e os constantes congestionamentos de tráfego, originados pelos cerca de 306 000 veículos/dia[145] que nela circulam, elucidam bem os potenciais impactes no clima local.

CIDADE	POPULAÇÃO	ΔT(u-r)observ.	PREVISTA	AUTOR
LONDRES	8500000	10°c	9.9°C	CHANDLER, 1965
BERLIM	4200000	10°C	9.3°C	GRUNOW, 1936
VIENA	1870000	8°C	8.5°C	SCHMIDT, 1927
SHEFFIELD	500000	8°C	11.5°C	GARNETT, 1966
MALMO	275000	7.4°C	7.4°C	LINDQVIST, 1972
LISBOA	830000	4°C-5°C	7.8°C	ALCOFORADO,1988
COIMBRA	98000	5°C	6.0°C	GANHO, 1992
PORTO	300000	*	**6.9°C**	

Adaptado de OKE, T.R. (1973), para as 5 cidades estrangeiras e complementado por nós com os 3 exemplos de cidades portuguesas para as quais já existem publicados resultados da magnitude e intensidade da "ilha de calor".

* O preenchimento desta coluna só será possível no final deste capítulo.

Quadro XLII - Comparação entre a intensidade da "ilha de calor" observada e a calculada através da fórmula de OKE, 1973.

---

[144]"...La Porte, a 50Km de dois importantes pólos industriais -Chicago e Gary- registou mais 38% de tempestades, 246% de saraiva e 31% de precipitação do que outros lugares na vizinhança..." IAN DOUGLAS, 1983, p.51.

[145]STCP, Contagem de tráfego, 1992.

Levando apenas em conta, para avaliar a **potencial intensidade da "ilha de calor" portuense**, os seus mais de 300 000 residentes[146] poder-se-ia esperar, segundo o modelo de OKE (1973), uma diferença máxima de temperatura, relativamente à sua periferia, de **6.9 °C** (Quadro XLII).

A morfologia da cidade e a presença de dois importantes mosaicos de água muito próximos (Fig. 67), assim como a diversidade na cor, na altura, na densidade e no tipo de materiais de construção dos edifícios de cada um dos bairros, consoante a estratégia de planeamento, as necessidades e os conceitos estéticos da época em que foram criados, afectam, contudo, este valor teórico extrapolado, apenas, em função do número de habitantes.

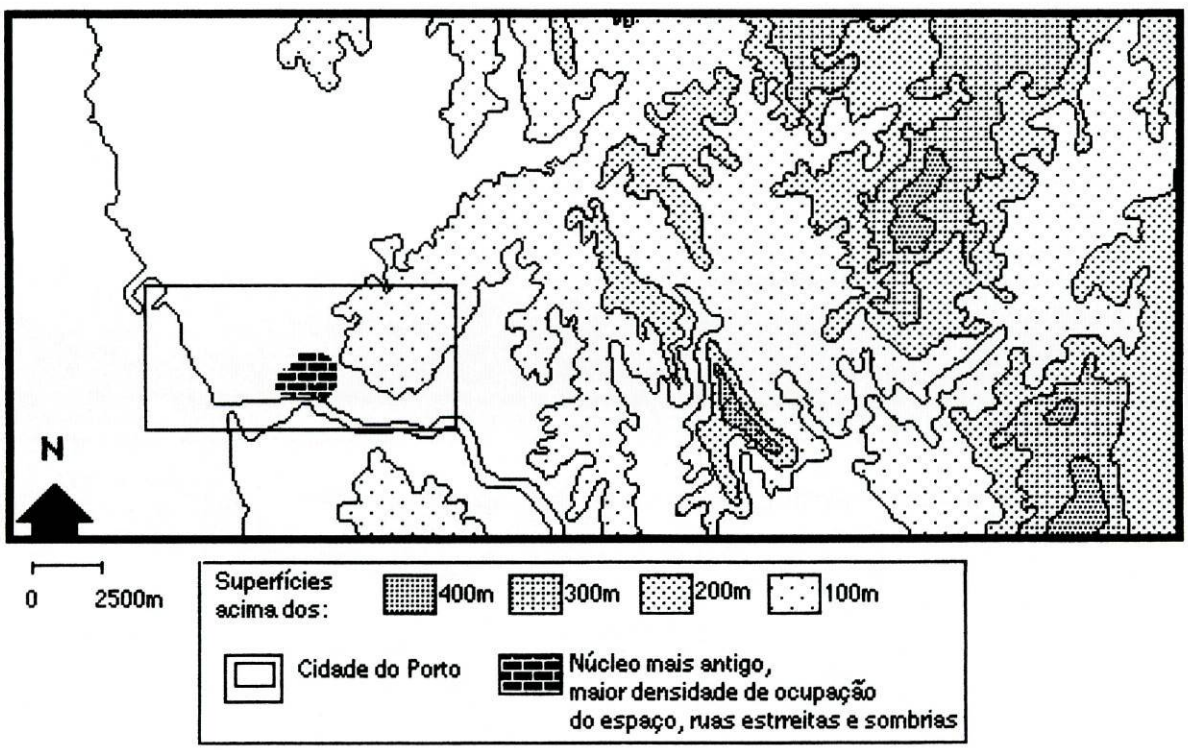


Fig. 67 - A cidade do Porto - enquadramento regional.

---

[146]Ao encontrar fortes correlações positivas entre a intensidade da "ilha de calor" de várias cidades e a sua dimensão, em termos da população, T.R. OKE (1973), demonstra que a intensidade máxima da "ilha de calor" nas cidades Europeias pode ser definida através da equação **ΔT_{u-r} (max.) = 2.01 log. pop.- 4.06** e das cidades Norte Americanas através da equação **ΔT_{u-r} (max.) = 2.96 log. pop. - 6.41.**

A este propósito remetemos o leitor para a breve caracterização física e sócio-económica elaborada no capítulo III. Embora não seja nossa intenção repetir o que já atrás ficou dito, parece-nos oportuno reavivar, nesta fase do trabalho, a *imagem* do Porto que a análise estatística e a cartografia, nesse momento efectuada, nos permitiu delinear.

Do ponto de vista da topografia, a cidade divide-se em duas áreas distintas, a parte ocidental, mais baixa e aplanada, e a parte oriental, com maiores altitudes e mais acidentada.

Na margem ribeirinha do Douro os declives são acentuados. Para esta área da cidade confluem a maior parte das ruas, de orientação NNE-SSW, que dão acesso ao centro da cidade, o núcleo mais antigo, e que constitui o seu Centro Histórico. Para além de muito declivosas estas vias de acesso ao CBD principal foram traçadas entre quarteirões de grande compacidade, preenchidos integralmente por edifícios altos e antigos. São bairros sombrios, onde a radiação solar não atinge, em qualquer época do ano, os pisos inferiores dos edifícios qualquer que seja a exposição[147].

A área oriental da cidade, correspondente ao anel rural no início do século, cresceu com uma densidade de ocupação do espaço menor do que a anterior, e uma volumetria menor. Os edifícios são, normalmente, mais baixos mas, os espaços interiores apresentam-se completamente preenchidos pelas típicas *ilhas* , resposta à falta de habitação para as classes dos mais baixos estratos sócio-económicos que imigraram para a cidade em meados deste século[148].

A área ocidental, ocupada mais recentemente, tem um grande número de bairros novos, onde habitações unifamiliares e/ou grandes blocos de apartamentos foram emergindo ao longo de largas avenidas.

Para além destas considerações sobre as diversas *fisionomias* do Porto, apreciadas ao nível da rua, convém recordar uma outra, mais global e de que só nos apercebemos quando a observamos de cima (Fig.22) - a profusão de espaços verdes que continuam a preencher o interior dos quarteirões do centro norte e oriental da cidade.

A cartografia dos inúmeros mosaicos verdes existentes no interior da cidade, surpreendente, até, para qualquer portuense habituado a visitar e revisitar a sua cidade, é de primordial importância para quem pretender entender o modo como o Porto tem vindo a modificar o seu clima local.

---

[147]J.M.P. OLIVEIRA, 1973.

[148]FERNANDES, J.A.R., " A Foz" Revista da Faculdade de Letras - Geografia, I Série, vol. III, Porto, 1987, p.13-56.

2. Questões metodológicas comuns aos diversos estudos no âmbito da Climatologia urbana

Em qualquer dos inúmeros trabalhos elaborados em Climatologia urbana, os autores debatem-se, quaisquer que sejam os suportes financeiros e/ou o avanço tecnológico que têm à sua disposição, com irresolúveis problemas metodológicos.

À *excepcionalidade* implícita em cada caso estudado, vêm juntar-se sempre, uma gama variadíssima de lacunas de informação, quer em qualidade, quer em quantidade. Por um lado, a inexistência de estações climatológicas oficiais nas cidades[149], como acontece no Porto, por outro, a controvérsia, sempre latente, em torno da escolha de qual dos postos mais próximos poderá ser considerado um ponto de referência, por outro ainda, porque o estudo não se inicia simultaneamente com o processo de urbanização, o que impede uma real avaliação da sua importância.

Uma outra questão metodológica, frequentemente abordada e discutida na bibliografia sobre o tema, gira em torno da escala espacial e temporal de trabalho. Por onde começar: pelo *canopy layer* ou pelo *boundary layer* ? Ir comparando bairro a bairro, quarteirão a quarteirão, e só depois avaliar as diferenças entre o meio urbano e a sua periferia, ou seguir o processo inverso?

Qualquer que seja a opção, há quase sempre a necessidade de criar uma rede própria de recolha de dados adaptada ao fim a que se destina. Isto faz com que as séries posteriormente analisadas sejam sempre insuficientes para atingir resultados conclusivos, e, muito menos, para *modelizar* a realidade encontrada.

Nem mesmo os mais bafejados pela abundância em recursos tecnológicos e humanos conseguem ultrapassar o drama da progressão no

---

[149]O objectivo dos organismos nacionais responsáveis pela Climatologia e Meteorologia, ligados à Organização Meteorológica Mundial, é diagnosticar e padronizar o comportamento dos elementos climáticos em grandes regiões, de modo a que, conjuntamente com outras fontes de informação complementares, seja possível a modelização do comportamento da atmosfera nas 3 grandes zonas climáticas.

Entende-se, portanto, que sejam raras as estações climatológicas localizadas no centro da cidade. As que existem, devem-no ao facto de à época da sua localização estarem na periferia do que então era a cidade.

conhecimento do clima urbano se fazer por sucessivas tentativas. Não é possível colocar um posto de registo em cada esquina da cidade, nem em cada andar dos edifícios. É necessário decidir *onde* se pode maximizar a utilidade da informação obtida. Não foi possível, para nenhum dos autores, obter termografias com uma cadência horária, por exemplo. Donde, a melhor opção tem consistido em combinar a maior diversidade possível de fontes de informação (medições itinerantes, postos de registo, termografias, etc.) e ir, assim, avançando, lentamente, na definição de algumas, ainda que hipotéticas, relações de causalidade entre o fenómeno de urbanização e as modificações no clima local.

O facto de, nem por estas, nem por outras adversidades, os investigadores terem deixado de procurar contribuir para o melhor conhecimento das modificações climáticas induzidas pelo fenómeno urbano, encorajou-nos a *experimentar* para o Porto algumas destas técnicas de trabalho já utilizadas, com resultados animadores.

2.1. A nossa opção metodológica

Face à inexistência de recursos tecnológicos e humanos para delinear uma estratégia de abordagem do tema, nem sequer comparável à que CHANDLER teve à sua disposição em 1965, quando estudou o clima de Londres, decidimo-nos por tentar diagnosticar, exclusivamente, as modificações impostas pela cidade a um elemento climático - **a temperatura**.

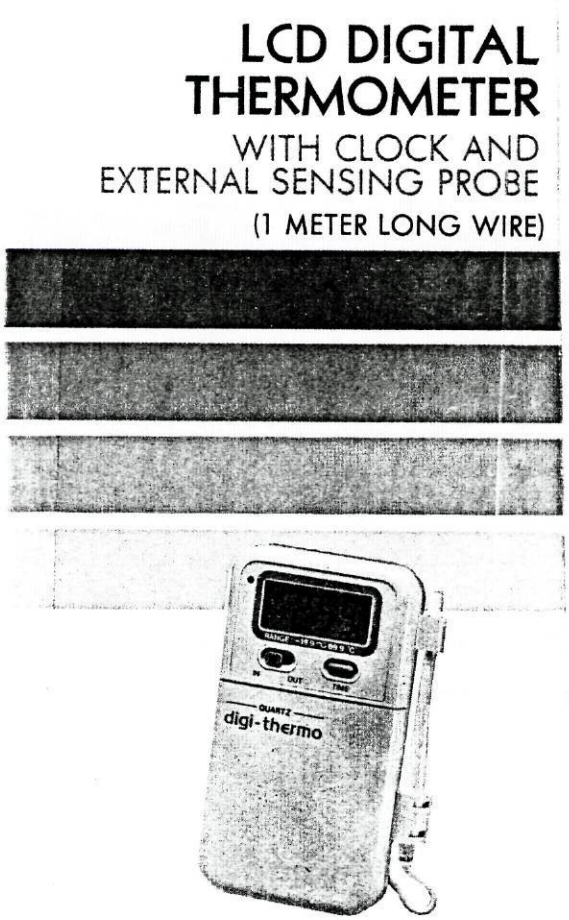
Para verificar se no Porto é possível definir também uma "ilha de calor", saber qual é a sua intensidade e a sua forma, recorremos a diversos métodos de obtenção da informação necessária, com o intuito de suprir, o melhor possível, as enormes carências técnicas, financeiras e humanas de um projecto como este, vocacionado para ser desenvolvido em equipa, e que nos propusemos iniciar individualmente (Quadro XLIII).

Os instrumentos de medição que utilizámos neste trabalho resumiram-se a 1 termohigrómetro digital Delta OHM-HD 8501 (Fotografia 2) e 7 termómetros digitais LCD-Maplin (Fotografia 3).

As medições itinerantes com o termohigrómetro digital foram executadas num veículo ligeiro de transporte de passageiros, segundo percursos previamente definidos.

HD 8501

Fot. 2 - Termohigrómetro digital utilizado nas medições itinerantes.



Fot. 3 - Termómetro digital utilizado nos postos fixos.

Para colmatar as deficiências inerentes a este tipo de fonte de informação e à escassez de recursos disponíveis (termohigrómetros, colaboradores, veículos), distribuímos, pela cidade, 7 termómetros fixos que colocamos no exterior de algumas casas particulares.

1 Comparação entre as T°C horárias na Av. da Liberdade e no Porto-Serra do Pilar	Dezembro de 1990
2 Comparação entre a T°C na Av. da Liberdade, em Paranhos, em S.Roque e em Francos	Às 9h, 12h, 14h, 18h, 21h e 24h durante Dezembro de 1990
3 Comparação entre a T°C registada nos termómetros portáteis colocados em casas particulares	Janeiro, Fevereiro, Março e Abril de 1991 Maio, Junho e Julho de 1991 Dezembro de 1991 e Janeiro de 1992
4 Comparação entre a T°C registada nos termómetros digitais de estabel. comerciais	Outubro e Novembro de 1989
5 Medições itinerantes (Percurso 1 e 2)	21 exemplos entre 1/8/89 e 31/8/91

Quadro XLIII - Fontes de informação utilizadas no nosso trabalho

Juntamente com os termómetros foi distribuída uma folha de registo para a temperatura às 9h, às 12h, às 14h, às 18h, às 20h e às 24h. A cada um destes colaboradores voluntários foi pedido que somente fossem registadas as leituras efectuadas com uma margem de erro de ±5minutos.

Aproveitámos também a excepcional e ocasional presença de um veículo móvel da DGQA na Av. da Liberdade, durante o mês de Dezembro de 1990, que, a par do registo da concentração de alguns poluentes, registou, também, as temperaturas semi-horárias.

Ainda durante a fase experimental deste trabalho, recolhemos os valores de temperatura observados em alguns termómetros digitais, colocados no exterior de alguns estabelecimentos comerciais na cidade do Porto.

3. Existe "ilha de calor" urbano?

A resposta a esta questão pareceu-nos de primordial importância, pois dela dependem, inequivocamente, os procedimentos metodológicos que nos irão permitir detectar as diversas *formas* e os vários graus de *intensidade* que a "ilha de calor" pode ter na cidade do Porto.

3.1. A temperatura na cidade e na periferia - comparação dos registos horários na Av. da Liberdade e no Porto-Serra do Pilar

Para demonstrar que a cidade e a sua periferia patenteiam diferenças consideráveis no ritmo térmico diário e na ordem de grandeza dos valores registados, comparámos os registos semi-horários da temperatura num posto móvel[150], localizado no núcleo central do CBD portuense, com os registos sincrónicos na estação de Porto-Serra do Pilar, durante 12 dias do mês de Dezembro de 1990 (Fig.69)[151].

Os registos semi-horários da temperatura na Av. da Liberdade (Fig. 69) corroboram, genericamente, a ideia sustentada por GRIFFITHS(1985),[152] ao afirmar que, pelo facto das distâncias-tempo entre o mínimo e o máximo e entre o máximo e o mínimo não serem idênticas, o padrão térmico diário não é a curva sinusoidal simétrica, centrada entre as 12h e as 14h, que vulgarmente nos é transmitida como *modelo*, mas sim uma curva assimétrica (Fig.68).

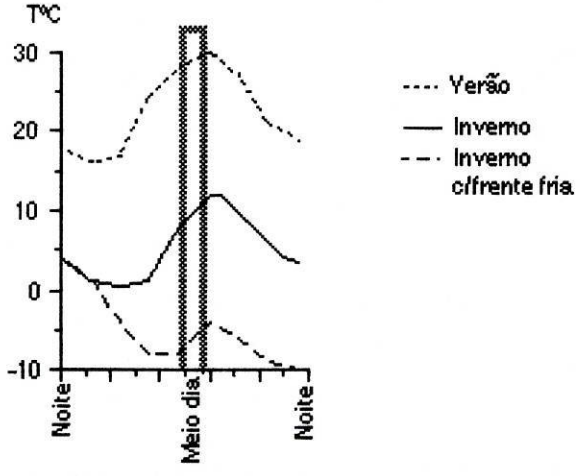


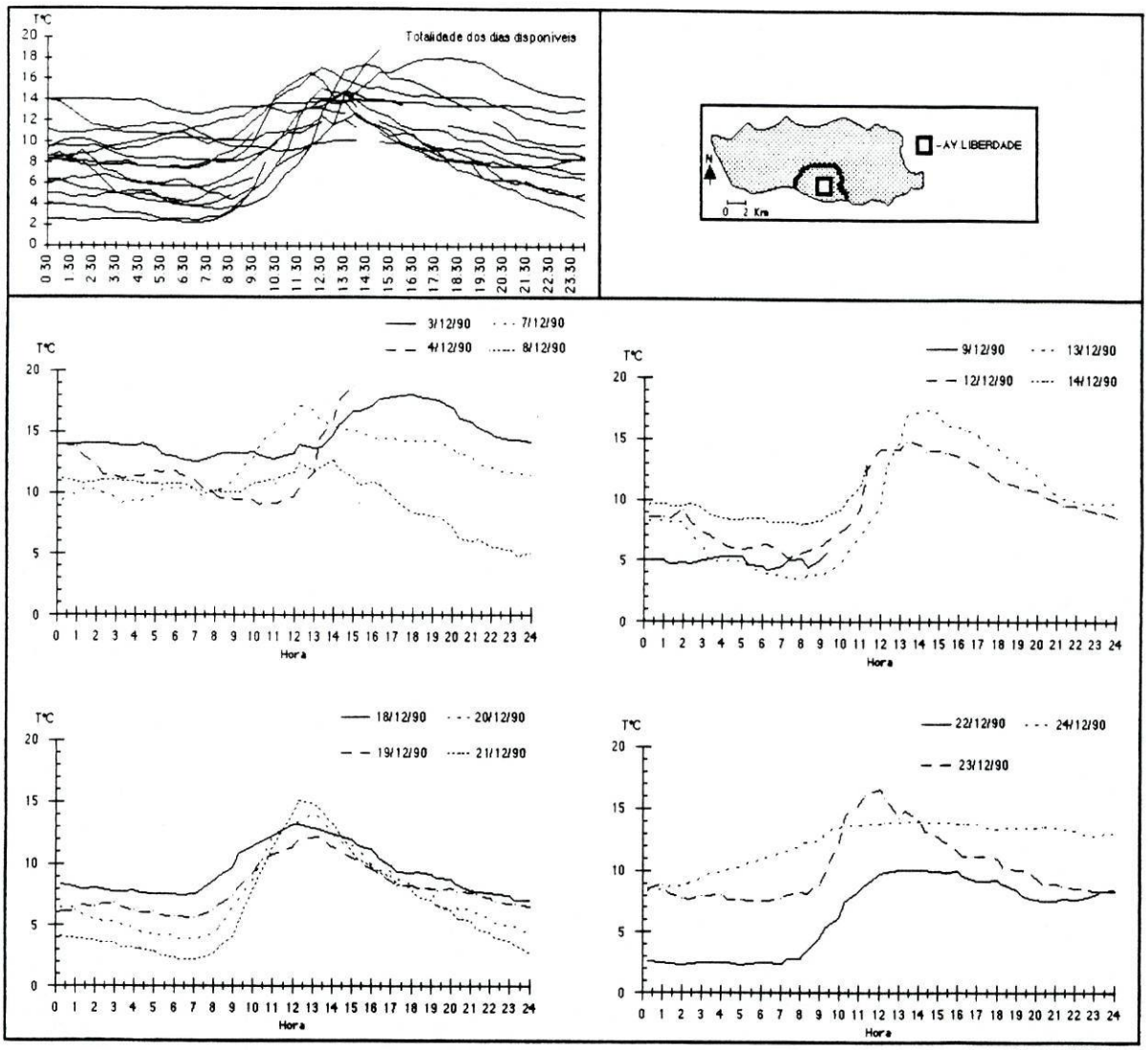
Fig.68 - Padrão térmico diário para uma estação a 40°N (adaptado de GRIFFITHS, 1985, p.79).

---

[150]Trata-se de um posto móvel da DGQA que esteve temporariamente estacionado na Av. da Liberdade.

[151]Como a vasta bibliografia sobre estudos de casos demonstra, a "ilha de calor", a existir, é mais intensa de noite e no Inverno.

[152]GRIFFITHS, J.F. "Climatology", Handbook of Applied Meteorology, David Houghton (ed), John Wiley & Sons, New York, 1985, p.78.



Fonte:DGQA

No cimo: à esquerda, a representação dos registos semi-horários de temperatura na Av. da Liberdade para a totalidade dos dias disponíveis;
à direita, localização aproximada do posto de registo;
Em baixo: Registos semi-horários de temperatura na Av. da Liberdade entre 3 e 24 de Dezembro de 1990.

Fig. 69 - Registos semi-horários da temperatura na Av. da Liberdade (Dezembro de 1990).

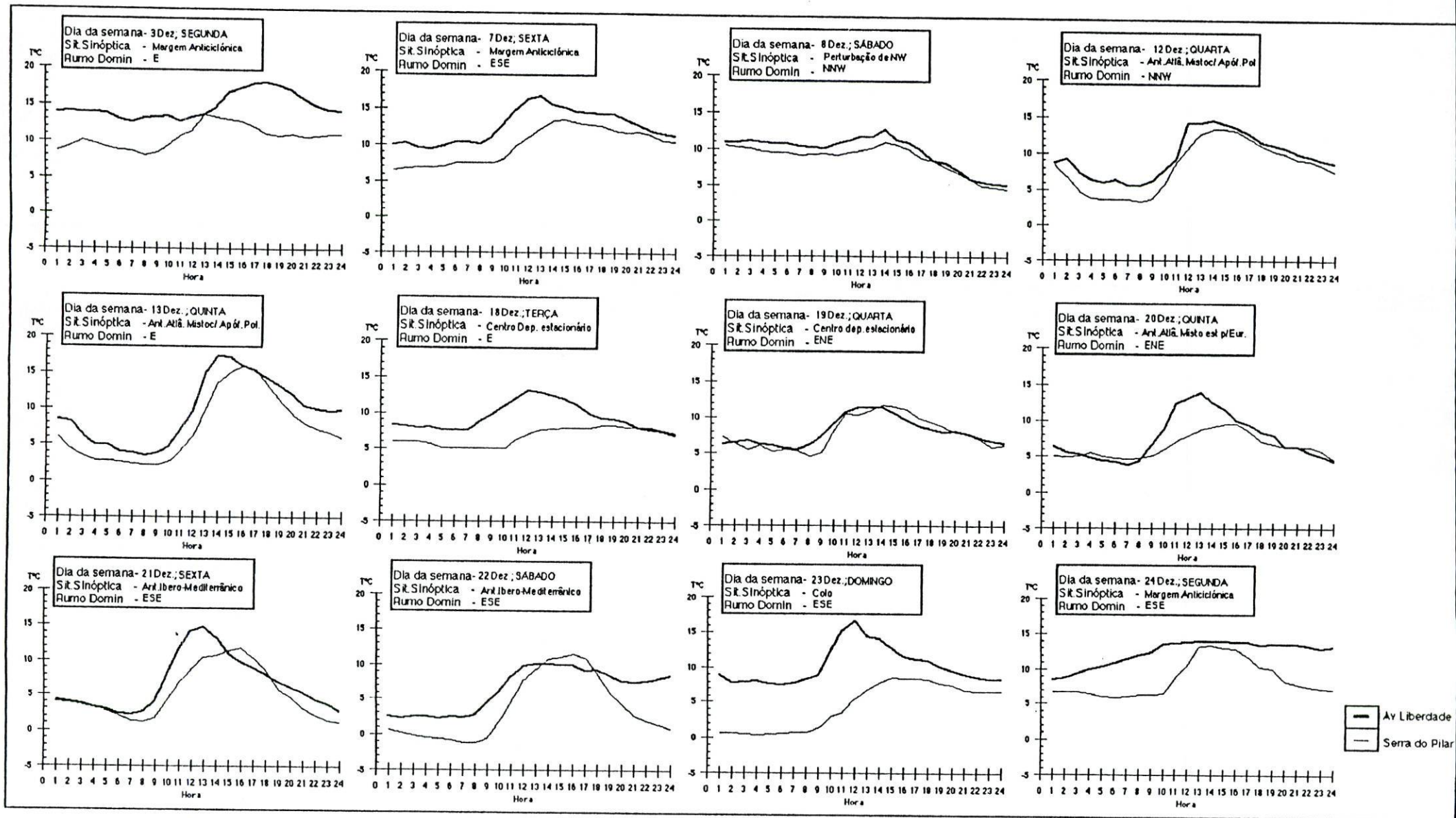


Fig. 70 a)- Comparação entre as temperaturas horárias registadas na estação de Porto-Serra do Pilar e num posto móvel localizado na Av. da Liberdade em Dezembro de 1990.

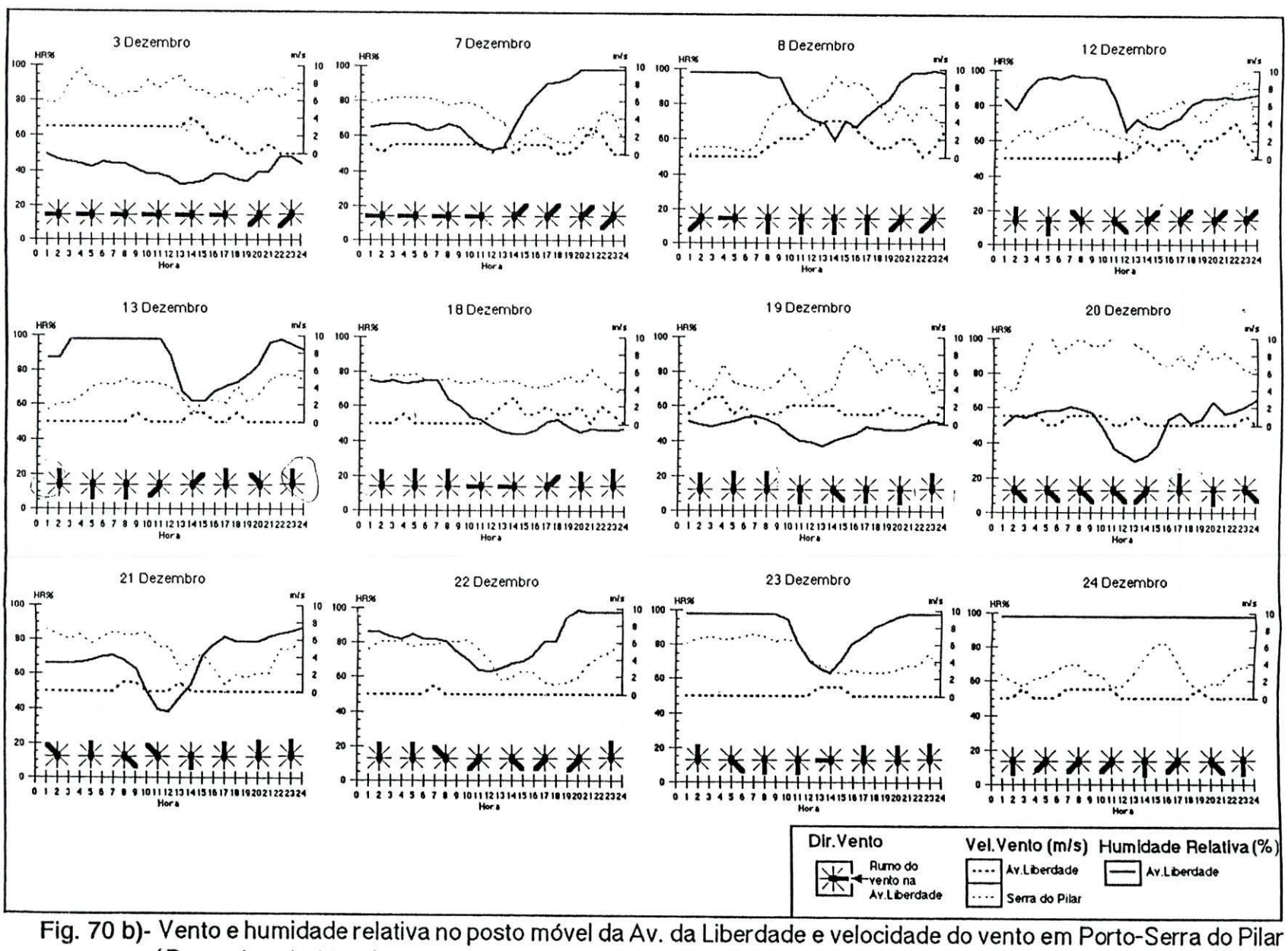


Fig. 70 b)- Vento e humidade relativa no posto móvel da Av. da Liberdade e velocidade do vento em Porto-Serra do Pilar (Dezembro de 1990.)

Supondo que o valor mínimo de temperatura ocorre entre as 6h e as 8h e o máximo entre as 12h e as 14h, a distância-tempo entre o momento de ocorrência do mínimo e do máximo rondaria as 6 horas, enquanto a distância-tempo entre o máximo e o mínimo seria de aproximadamente 18h. Se considerarmos, a título meramente exemplificativo, que a ordem de grandeza do aumento é igual à do decréscimo, é óbvio que o ritmo de diminuição da temperatura durante a tarde e a noite é muito mais lento do que o ritmo a que se dá o aumento durante a manhã.

Este comportamento térmico padronizado é, na realidade, profundamente alterado, por uma variadíssima gama de factores, entre os quais se salientam, a presença próxima do rio e do oceano, as características físico-químicas e a dinâmica das massas de ar presentes, e/ou a importância que assumem na área outras fontes energéticas para além do Sol.

A representação gráfica dos registos semi-horários de temperatura é uma boa ilustração disto. Nem a estação de Porto-Serra do Pilar, nem o posto móvel na Av. da Liberdade, representam inteiramente, o *modelo* previsto (Fig.70 a)[153].

Todavia, o ritmo térmico observado no centro da cidade parece afastar-se mais do *modelo,* do que o da Serra do Pilar. Nesta, em mais de 50% dos dias analisados, o ritmo a que se sucederam os valores de temperatura foi muito semelhante ao padrão sugerido por GRIFFITHS (1985)[154].

Esta aproximação entre os registos de Porto-Serra do Pilar e o comportamento padrão, ocorreu em dias sob a acção de situações sinópticas à superfície tão diversas, como as propiciadas pelo anticiclone atlântico misto com apófise polar (dias 12 e 13), ou pelo anticiclone atlântico misto estendido pela Europa (dia 20), ou pelo anticiclone atlântico ibero-mediterrâneo (dia 21 e 22), ou, ainda, pelo colo entre o anticiclone atlântico ibero-mediterrâneo e o anticiclone atlântico misto (dia 23), ou mesmo pela margem deste (dia 24).

Os registos do posto móvel localizado na Av. da Liberdade não se identificam, tão frequentemente, com o ritmo modelo, embora também sobressaia, em alguns dos dias, a mesma forma sinusoidal assimétrica (Fig. 69 e Fig. 70a). Quando isto sucede, o pico no centro da cidade surge, quase sempre, adiantado relativamente ao de Porto-Serra do Pilar. A este aquecimento, mais rápido e mais intenso no centro da cidade, não é certamente alheio o facto de nesses dias a velocidade do vento na Av. da Liberdade ter

---

[153]Infelizmente não nos foi possível dispor dos registos horários da humidade relativa nem do rumo do vento na estação de Porto-Serra do Pilar.

[154]Nomeadamente nos dias 12, 13, 20, 21, 22, 23 e 24 de Dezembro de 1990.

oscilado entre 0 m/s e 1 m/s, durante a maior parte do dia, mas muito em particular durante a manhã, enquanto em Porto-Serra do Pilar soprou com velocidades entre os 4 m/s e os 6m/s (Fig. 70b)[155].

Além desta antecipação na ocorrência da temperatura máxima, nestes dias em que é patente algum paralelismo entre o ritmo térmico no centro da cidade e na periferia, sobressai a ordem de grandeza dos valores numa e noutra estação. A estação localizada no centro da **cidade registou sempre temperaturas mais elevadas** a qualquer hora do dia (Fig. 70 a).

As únicas excepções foram os dias 8, 12 e 19 de Dezembro, em que as duas curvas, praticamente, se sobrepuseram (Fig. 70 a), facto que coincidiu com os dias em que se verificou um maior arejamento no centro da cidade (Fig. 70 b).

A importância da relação entre a velocidade do vento e a ordem de grandeza dos registos de temperatura reforça-se, quando reparamos que noutros dias, quando, as duas curvas, no conjunto, não exprimem visualmente, tão grande semelhança[156], a altura do dia em que elas mais se aproximam coincide, exactamente, com o aumento da velocidade do vento na Av. da Liberdade (Fig. 70b e Quadro XLIV).

A intensidade da "ilha de calor", que as diferenças de temperatura registadas na Av. da Liberdade e em Porto-Serra do Pilar poderá traduzir, acentuou-se, particularmente, nos dias em que a humidade relativa na Av. da Liberdade se manteve, durante a tarde, noite e princípio da manhã, próxima dos 100% e as calmas foram constantes, como aconteceu nos dias 22, 23 e 24 de Dezembro de 1990 (Fig. 70 a) e b) e Quadro XLIV).

Embora as relações de causalidade implícitas na definição da **forma** e da **intensidade** da **"ilha de calor"** sejam, seguramente, mais complexas e não se restrinjam a este simples triângulo *Humidade Relativa- Velocidade do Vento - Temperatura,* os dois primeiros vértices incluir-se-ão, certamente, sempre, no "polígono explicativo" que melhor traduz a realidade.

Para além dos efeitos sobre a direcção e velocidade do vento, gerados pelos inúmeros e imponentes edifícios em granito, entremeados de ruas e avenidas que se entrecruzam, a Av. da Liberdade constitui um dos locais do Porto onde, com mais propriedade, se podem observar alguns dos mais expressivos sinais exteriores da "vitalidade funcional" daquela que é a segunda

---

[155]Segundo a fórmula **3.4 log P - 11.6**, apresentada por OKE e HANNEL para definir a velocidade limite do vento acima da qual deixa de existir "ilha de calor" e citada em GÓMEZ, A.L. et al.,1991, p.9., no caso da cidade do Porto, deixaria de existir "ilha de calor" com velocidades do vento superiores a **8.2 m/s.**

[156]Repare-se, a título de exemplo, nos finais de tarde dos dias 7 e 18 de Dezembro de 1990.

maior cidade do país. É, portanto, um ponto privilegiado de observação do ritmo a que se desenvolve o metabolismo urbano, e, por isso, um bom exemplo dos efeitos que o fenómeno de urbanização pode ter no balanço energético da área em que está inserido (Fotografia 4).

Daí não termos descurado, nesta primeira abordagem sobre a existência ou não de "ilha de calor" na cidade do Porto, o registo do dia da semana a que se refere cada uma das representações gráficas (Fig. 70 a).

Os quatro dias em que as diferenças de temperatura entre o centro da cidade e a periferia foram maiores correspondem a duas segundas-feiras (dia 3 e dia 24 de Dezembro), a um sábado e a um domingo (22 e 23 de Dezembro).

Se é indiscutível a lógica dos dois primeiros exemplos, uma vez que a segunda-feira é um dos dias, para qualquer cidade e, claro, também para o Porto, particularmente, congestionado, já as outras duas ocorrências, ao sábado e ao domingo parecem "incompreensíveis".

Nestes dias da semana há um abrandamento no movimento de pessoas e bens, a maior parte das actividades económicas paralisa e, consequentemente, o fluxo energético artificial reduz a sua importância relativa.

Acontece, porém, que este sábado 22 de Dezembro e o domingo 23 de Dezembro foram totalmente "anormais" do ponto de vista do ciclo de actividade semanal urbana. Como sucede todos os anos, nos dias que antecedem o Natal, os estabelecimentos comerciais estiveram abertos até às 24h, apesar de coincidirem com um sábado e um domingo.

Nestes dois dias, o trânsito de peões e veículos, na "Baixa", foi intenso toda a noite. O número de veículos em circulação, a iluminação, o aquecimento dos edifícios e até, mesmo, o calor libertado pelo grande número de pessoas que, nestes dias, se aglomeraram na "Baixa" portuense, transformaram a tipicamente deserta noite citadina num rodopio de pessoas e veículos semelhante, ou mesmo superior, ao dos mais congestionados dias da semana.

Repare-se que, curiosamente, a partir das 8h do sábado 22 de Dezembro e até às 24h da segunda-feira, dia 24 de Dezembro, o centro da cidade, praticamente, não arrefeceu durante a noite.

Exceptuando o pico entre as 12h e as 14h do dia 23 de Dezembro, a temperatura aumentou sempre, ainda que lentamente, desde as 8h do dia 22 até às 24h do dia 24 (Fig. 70 a e Quadro XLIV).

Esta *estranha* ausência do esperado arrefecimento nocturno, sublinha o importante contributo para o clima urbano, de outras fontes de calor para além do Sol. O fenómeno é idêntico ao que se assistiu na segunda-feira, dia 3 de Dezembro, quando a partir das 14h a temperatura começou a aumentar e se verificou um máximo prolongado entre as 16h e as 20h.

DIA	S. Sinóptica	T°C na Av Lib. durante as 24h	Diferença Av.Lib/SPilar	Neb. SPilar	Ins. SPilar	VelVento Av. Lib	H.Rel Av.Lib	A.T.d Av.Lib	A.T.d SPilar
3-12-90	Margem do Ant.Atl. misto estend. p/ Eur.	Máximo prolongado entre 16-20h	Muito diferente	9;9	15%	fraco (3-4m/s)	40%	14°-18°	8°-14°
7-12-90	Margem do Ant.Atl. misto estend. p/ Eur.	Máximo às 12h	Diferente	8;9	5%	fraco (3-4m/s)	50-100%	9°-17°	9°-14°
8-12-90	Perturbação de NW	Máximo às 14h	Paralelismo	10;4	29%	+ fraco (0-2m/s)	100-60%	5°-12°	5°-11°
12-12-90	Ant.Atl.misto c/apóf.polar	Máximo às 12h	Paralelismo	3;4	82%	+ fraco (2-4m/s)	90-70%	5°-15°	4°-14°
13-12-90	Ant.Atl. misto c/apóf.polar	Máximo às 13-14h	Diferente	10;4	56%	Calmas	100-60%	4°-18°	2°-16°
18-12-90	Centro depress. estacionário	Máximo às 12-14h	Muito diferente	9;10	0%	Calmas	70-40%	7°-12°	5°-9°
19-12-90	Centro depress. estacionário	Máximo às 12-14h	Paralelismo	2;2	72%	+ fraco (0-2m/s)	40-50%	6°-11°	5°-12°
20-12-90	Ant.Atl.misto estend. p/ Eur.	Máximo às 12-14h	Diferente	1;2	91%	+ fraco (0-2m/s)	30-60%	4°-14°	4°-10°
21-12-90	Ant.Ibero-Medit	Máximo às 12-14h	Diferente	3;2	80%	Calmas	40-80%	2°-15°	1°-12°
22-12-90	Ant.Ibero-Medit	Máximo às 12-14h	Diferente	2;0	90%	Calmas	70-100%	2°-9°	1°-12°
23-12-90	Colo entre o Ant.Atl. misto e Ibero-Medit.	Máximo às 12-14h	Muito diferente	9;10	3%	Calmas	100-60%	8°-16°	0°-9°
24-12-90	Ant.Atl.misto estend. p/ Eur.	Máximo prolongado a partir 10h	Muito diferente	9;8	65%	Calmas	100%	9°-13°	6°-14°

Muito diferente
Diferente
Semelhante

≥10°C

Quadro XLIV - Semelhanças e diversidades entre o ritmo térmico observado na Av. da Liberdade e no Porto-Serra do Pilar durante Dezembro de 1990 - potenciais factores explicativos

a) Localização do posto móvel e vista para N.

Posto da DGQA

b) Localização do posto móvel e vista para S.

Fot. 4 - Localização do posto móvel da DGQA enquanto esteve estacionado na Av. da Liberdade durante Dezembro de 1990

b) Localização do posto móvel visto de E.

Posto da DGQA

Fot. 4 - Localização do posto móvel da DGQA enquanto esteve estacionado na Av. da Liberdade durante Dezembro de 1990 (cont.).

O facto do centro da cidade ter registado, sempre, temperaturas mais elevadas do que Porto-Serra do Pilar, independentemente do tipo de situação sinóptica que influenciou a região, associado ao exemplar paralelismo detectado entre a intensificação da actividade na cidade e o comportamento da temperatura, permitem-nos concluir que os efeitos no clima local gerados pelo fenómeno urbano portuense existem e são importantes.

4. A forma e a intensidade da "ilha de calor"

Tendo demonstrado que o fenómeno de urbanização no Porto tem uma dimensão suficiente para alterar significativamente o clima local, resta-nos tentar definir qual a(s) sua(s) forma(s) e qual a sua intensidade.

4.1. Os termómetros fixos em alguns pontos da cidade

Durante a fase experimental deste trabalho distribuímos por 7 residências particulares, localizadas em diversos pontos da cidade do Porto, termómetros digitais, LCD MAPLIN.

O escasso número de instrumentos, face à grandeza espacial da área de estudo, e o cuidado em não molestar demasiado a rotina de quem nos respondeu positivamente ao pedido, levou-nos a colocar apenas 1 termómetro em cada uma das casas particulares escolhidas. Sendo apenas 1 termómetro, solicitámos que fosse colocado, numa das janelas da casa, de preferência do lado virado para a rua. Para facilitar a tarefa e não introduzir mais *ruído* na informação sugerimos que a sonda, uma vez colocada no exterior do edifício, ali ficasse permanentemente.

A cada um dos voluntários[157] foi distribuída uma folha de registo das temperaturas às 9h, 12h, 14h, 18h, 21h e 24h e foi-lhes recomendado que

---

[157]Aproveitamos para agradecer a todos os que, consoante a sua disponibilidade, se mostraram receptivos a colaborar. Não podemos, no entanto, deixar de fazer aqui um agradecimento muito especial à Ex.ma Srª D. Margarida Moreira da Silva, ao amigo e colega Dr. Luís Paulo Martins e ao Dr. Jorge Maciel, pela indescritível dedicação e extraordinária boa vontade com

apenas anotássem os valores da temperatura com uma margem de erro de ±5minutos. Cada um dos termómetros foi calibrado, antes de ser entregue a cada um dos destinatários.

Alguns dos 7 termómetros foram mudados de uma casa para outra, consoante a disponibilidade dos voluntários ia diminuindo. Como o nosso objectivo era comparar o valor da temperatura registada, simultaneamente, em vários pontos da cidade, a vastíssima listagem de registos que possuimos no momento teve de ser *peneirada*, de modo a obter períodos comuns sem lacunas de registo nos diversos postos, razão pela qual apenas nos foi possível aproveitar 4 deles - Francos, Monte dos Burgos, Paranhos e S.Roque (Fig. 12 e Fig. 71)[158].

4.2. O comportamento térmico de 3 postos de registo fixos na cidade e o posto móvel na Av. da Liberdade durante Dezembro de 1990.

Na sequência do que se observou no ponto 3.1. decidimos iniciar esta avaliação da forma e intensidade da "ilha de calor" que detectámos, precisamente pela comparação dos valores que então tratámos com os registados noutros pontos da cidade. Isto, para ficarmos a saber qual é a expressividade real que as consideráveis diferenças surgidas nesse posto, localizado no núcleo central da cidade, têm na globalidade do espaço urbano (Fig. 12, Fig. 71 e Quadro XLV)[159].

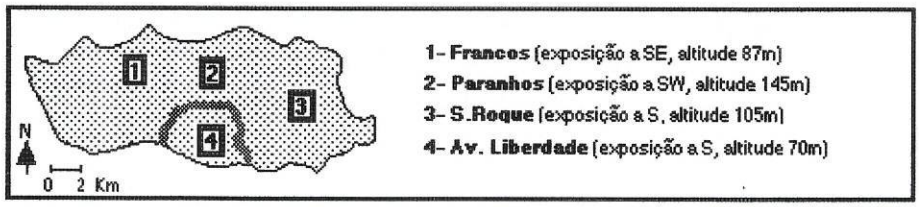
---

que empreenderam esta tarefa . À qualidade e quantidade dos registos que me facultaram se deve, integralmente, esta parte do trabalho. Muito obrigada.

[158]Preferimos, dentro do escasso leque de possibilidades disponíveis, o conjunto de postos cuja exposição aos raios solares fosse o menos diversa possível.

Infelizmente, como adiante se verá, os 4 postos que reuniram as séries de registo de melhor qualidade encontravam-se expostos a Sul, Sudoeste ou Sudeste. Por este facto a compreensão do padrão térmico diurno complica-se. A exposição directa à radiação solar, durante o dia gera, como se verá, dificuldades acrescidas à comparação entre eles que se pretendia.

[159]O posto localizado no Monte dos Burgos (exposto a S., altitude 95m) não foi aqui ainda incluído pelo facto da série de registos correspondente ao mês de Dezembro de 1990 estar muito incompleta.



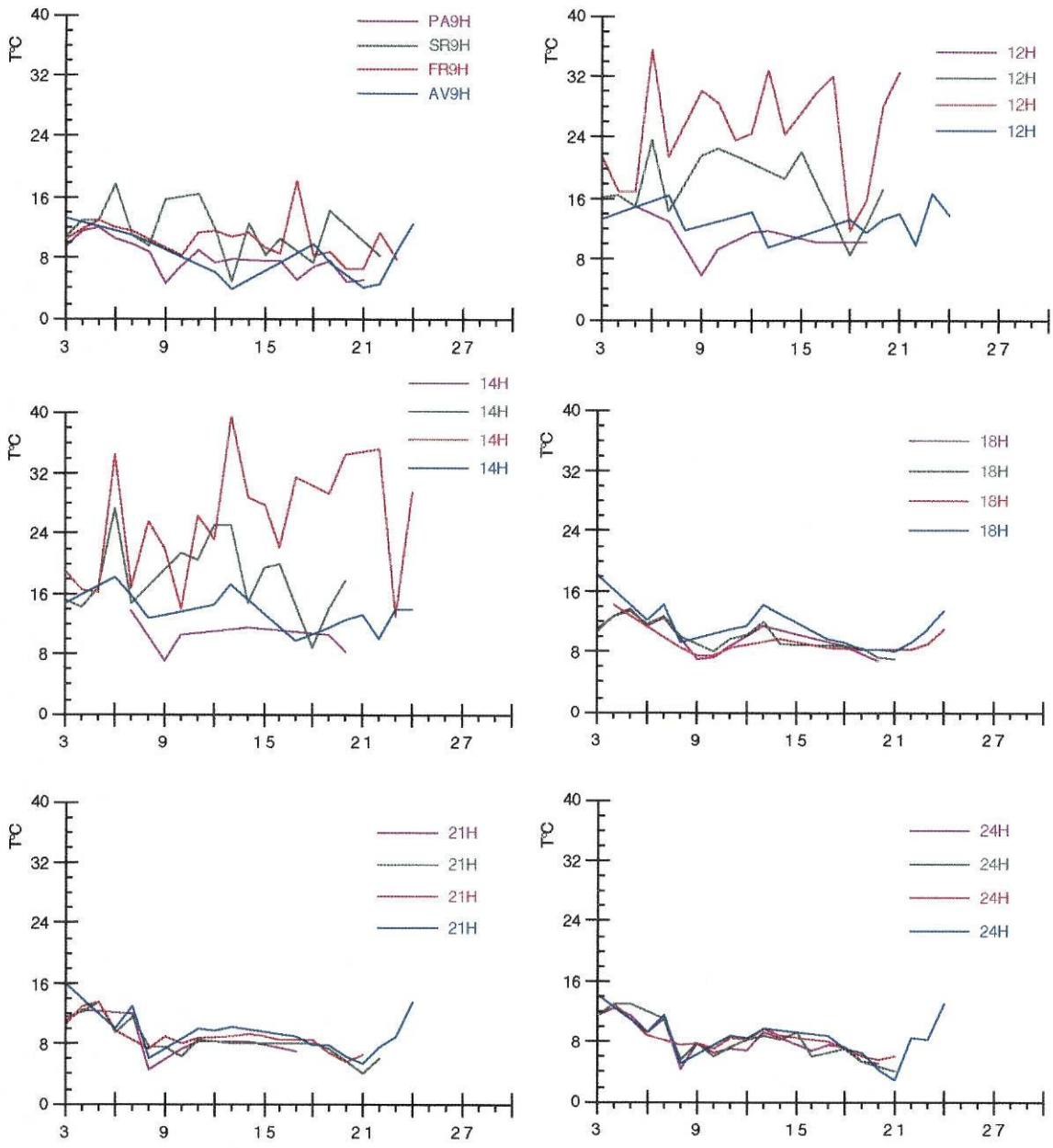
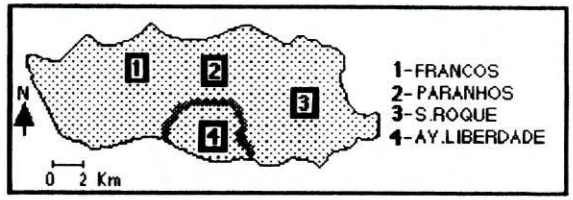


Fig. 71 - Comparação dos valores de temperatura registados em termómetros similares colocados no exterior de casas particulares em Paranhos (PA), S.Roque (SR) e Francos (FR) e os valores registados no posto móvel da Av. Liberdade (AV) em Dezembro de 1990.



DIA	SITUAÇÃO SINÓPTICA	VALORES OBSERVADOS NA ESTAÇÃO DE PORTO-SERRA DO PILAR						VALORES OBSERVADOS NOS TERMÓMETROS PORTÁTEIS COLOCADOS EM:									TERMÓMETRO NA AV.LIBERDADE		
								PARANHOS			S.ROQUE			FRANCOS					
		T°MAX	T°MIN	INSOL (%)	NEB 9H	NEB 15H	VENTO DOMIN.	9h	21h	24h	9h	21h	24h	9h	21h	24h	9h	21h	24h
3/12/90	Margem anticiclónica	14	8	15	9	9	E	9.5	10.9	11.5	10.7	11.6	11.5	10.8	10.5	***	13.3	15.8	14.2
4/12/90	Margem anticiclónica	13.6	10.4	17	8	9	E	11.5	12.5	12.4	13.1	12.3	12.9	11.8	12.9	10.9	***	***	***
7/12/90	Margem anticiclónica	13.7	8.6	5	8	9	ESE	9.9	11.9	11	10.9	11.5	11	11.6	***	***	11.1	12.9	11.4
8/12/90	Perturbação de NW	11.1	4.5	29	10	4	NNW	8.8	4.6	4.4	9.6	7.6	5.7	***	7.2	7.5	10.1	6.0	5.1
9/12/90	Margem anticiclónica	9	3.7	81	6	1	NNW	4.5	***	7.7	15.8	7.6	7.7	9.4	9	7.9	***	***	***
12/12/90	Ant. Atlântico c/Apóf. Polar	13.6	3.5	82	3	4	NNW	7.2	***	6.8	11.7	8.4	8.3	11.6	***	8.4	6.2	9.9	8.6
13/12/90	Ant. Atlântico c/Apóf. Polar	16	2.1	56	10	4	E	7.8	***	9.4	4.8	8.1	8.8	10.8	9.1	9.7	3.8	10.3	9.8
14/12/90	Ant. Europeu	12.6	4.5	58	9	6	E	***	8.3	8.6	12.5	8.1	8.3	11.2	9.3	8.7	***	***	***
18/12/90	Centro Depressionário est.	8.5	4.9	0	9	10	E	6.7	***	7.3	7.3	8.1	7.1	8.2	8.5	***	9.8	7.9	7.0
19/12/90	Centro Depressionário est.	12.3	4.6	72	2	2	ENE	7.6	***	5.4	14.3	7.3	5.3	8.6	6.9	6	7.4	7.7	6.5
20/12/90	Ant. Atlântico est.p/Europa	10	4.3	91	1	2	ENE	4.8	***	5.2	12.3	***	***	6.5	5.7	5.5	4.9	6.3	4.4
21/12/90	Ant. Ibero-Mediterrânico	11.8	1.1	80	3	2	ESE	5.1	***	***	***	4	4	6.5	6.6	6	4.1	5.4	2.8
22/12/90	Ant. Ibero-Mediterrânico	11.9	1.2	90	2	0	ESE	***	***	***	8.3	8.6	***	11.2	***	***	4.5	7.6	8.5
23/12/90	Colo	8.6	0	3	9	10	ESE	***	***	***	***	***	***	7.7	***	***	8.9	9.0	8.4
24/12/90	Margem anticiclónica	13.6	6	65	9	8	ESE	***	***	***	***	***	***	***	***	***	12.4	13.5	13.1
25/12/90	Perturbação de NW	13.5	7	0	10	10	WNW	***	***	***	***	***	***	***	***	11.7	***	***	***

T°C mín. + elevadas (termómetros fixos e Serra do Pilar)

T°C mín. + elevadas (todos)

*** s/registo

Fonte: IGUP

Fonte: Termómetros particulares

Fonte: DGQA

Quadro XLV - Valores de alguns elementos climáticos observados em Porto-Serra do Pilar e em alguns dos termómetros fixos espalhados pela cidade (Dezembro 1990).

Apesar de qualquer dos postos fixos estar exposto, grosseiramente, a S., o facto da sonda se manter exposta ao sol, durante todo o período de iluminação, não nos permite esboçar, sequer, qualquer tipo de análise comparativa entre o comportamente térmico de cada uma delas às 12h e às 14h.

Embora saibamos que a explicação dos comportamentos térmicos diversificados que constatamos, sobretudo às 12h e às 14h, nos 4 pontos da cidade (Fig. 71), depende de factores como o tipo de construção, os materiais utilizados, a volumetria do bairro, a altura acima do solo a que está a sonda, etc. além, claro, das condições específicas de exposição aos raios solares, condições que nesta fase do trabalho não dissecaremos, não eliminamos as representações gráficas da temperatura às 12h e às 14h (Fig.71).

Parece-nos interessante incluí-las na nossa análise, primeiro, porque em qualquer destes dois momentos do dia, e ao longo de todo o mês, o posicionamento relativo de cada um dos postos se manteve e depois, porque nos ajuda a ir entendendo as diversas *formas* que a "ilha de calor" vai assumindo ao longo do dia.

Às 9h, S.Roque (3), o posto mais oriental e na área mais elevada da cidade[160], foi o que registou as temperaturas mais elevadas durante todo o mês de Dezembro de 1990, seguindo-se-lhe o posto de Francos (1), o mais ocidental. Os postos com as temperaturas mais baixas às 9h foram, alternadamente, o da Av. da Liberdade (4) ou o de Paranhos (2)

Às 12h e às 14h a posição relativa, em termos de temperatura, mantém-se mas aumentam as diferenças entre cada um deles. Francos e S.Roque destacam-se dos restantes, ao registarem temperaturas consideravelmente mais elevadas do que as de Paranhos e da Av. da Liberdade.

A exposição a SW do posto de Paranhos, localizado numa rua cuja orientação é NW-SE, justifica, em grande parte, a pior exposição aos raios solares[161] durante o princípio do dia, tal como a temperatura traduz.

A atmosfera mais poluida, o tipo de edifícios e a volumetria dos quarteirões em torno do posto da Av. da Liberdade são, provavelmente, razão suficiente para se entender a menor quantidade de energia recebida e, consequentemente, a temperatura mais baixa.

---

[160]Rever as figuras 11a, 11b e 67.

[161]Comparativamente com os postos localizados em Francos, S.Roque e Av. da Liberdade.

A partir das 18h, quando a fonte natural de energia começa a diminuir de importância, relativamente a outras fontes artificiais, a temperatura passa a reflectir, inequivocamente, os diversos *ritmos* a que se desenrolam, durante o dia, as diversas actividades urbanas consoante a *oferta* e a *procura* de cada área. A Av. da Liberdade assume então o lugar cimeiro, posição que mantém às 21h e às 24h (Fig.71).

Embora numa perspectiva alargada a todo mês de Dezembro, a Av. da Liberdade surja, claramente, destacada, face a Paranhos, S.Roque e Francos, quando pormenorizamos a nossa análise e passamos a observar a série dia a dia (Quadro XLV), constatamos que o ponto mais quente da cidade, durante a noite, nem sempre foi a Av. da Liberdade.

Foi o que aconteceu, por exemplo, nos dias 8, 18 e 20 de Dezembro, em que sob situações sinópticas diversas, foram dois dos outros postos, fora da "Baixa" portuense que registaram as temperaturas mais elevadas.

No dia 8 , sob a acção de uma perturbação de NW, S.Roque e Francos estavam às 24h mais quentes do que a Av. da Liberdade (Quadro XLV). Será que neste tipo de estado de tempo, instável, com forte nebulosidade e circulação predominante de N e NNW, os lugares a maior altitude e os mais próximos do mar, conseguem armazenar mais energia durante o dia e/ou não perdê-la tão facilmente como os lugares mais abrigados da acção amenizadora do mar ou como aqueles outros lugares mais deprimidos, topograficamente, em que à noite se acumulam com mais facilidade as comuns bolsas de ar frio do fundo do vale?

No dia 18, sob a acção de um centro depressionário estacionário, Paranhos e S.Roque estavam às 24h com temperatura mais elevada do que a estação no centro da cidade (Quadro XLV). Será que nestes dias ainda com maior nebulosidade, e menor insolação e circulação do ar de E são favorecidos os lugares a maior altitude e mais distantes do mar ?

No dia 20, sob a acção de um anticiclone atlântico misto estendido pela Europa, Paranhos e Francos estavam às 24h com temperatura mais elevada do que a "Baixa" portuense (Quadro XLV). Será que nestes dias límpidos com circulação do ar descendente de ENE, os lugares mais quentes são os que estão a jusante das superfícies de maior altitude, beneficiando, assim, de um aquecimento adiabático suplementar ?

Aparentemente, apesar de qualquer dos postos dentro da cidade ter registado às 24h temperaturas sempre superiores às de Porto-Serra do Pilar, a magnitude das diferenças verificadas depende de outros factores, como por exemplo, a distância ao mar, a altitude, a exposição, etc. (Quadro XLV).

4.3. O comportamento térmico de alguns postos de registo fixos na cidade entre Janeiro de 1991 e Janeiro de 1992.

Interrogamo-nos, todavia, se a diversidade que acabamos de observar, durante o mês de Dezembro de 1990, tanto na *forma* como na *intensidade* que a "ilha de calor" assume a diferentes horas do dia e de dia para dia, se circunscreverá a determinadas épocas do ano, ou se, pelo contrário, encontra algum paralelismo durante o resto do ano.

Para tal, comparamos o comportamento térmico observado em alguns dos postos fixos durante o período de 1 de Janeiro de 1991 a 31 de Janeiro de 1992 (Fig. 72 a, b, e c).

Comportamento térmico no início do dia

As temperaturas às 9h mostram que entre Dezembro e Março o posto em S.Roque, melhor exposto à radiação solar, nesta época do ano em que a inclinação dos raios solares é grande, é o que regista no início do dia as temperaturas mais elevadas (Fig. 72 a, b, e c).

Entre Abril e Julho,[162] quando a inclinação dos raios solares começa a diminuir, são Paranhos e Francos, as estações a menor altitude e menos afastadas do mar, que registam no início do dia as maiores temperaturas.

Comportamento térmico ao meio dia

Às 12h e às 14h , durante o período de Inverno, Francos, S.Roque e Monte dos Burgos, registam temperaturas superiores a Paranhos (Fig. 72 a, b, e c).

Nos meses de Verão, S.Roque ultrapassa claramente as temperaturas de Paranhos.

As particularidades da exposição de cada um dos termómetros, tornam-se cruciais nesta fase do dia em que a radiação solar atinge os maiores valores absolutos. É também nesta altura do dia que a energia solar alcança o maior peso relativamente às outras fontes energéticas de origem antrópica.

---

[162]Para o período de Agosto a Novembro não nos foi possível reunir uma série significativa, comum a estes postos.

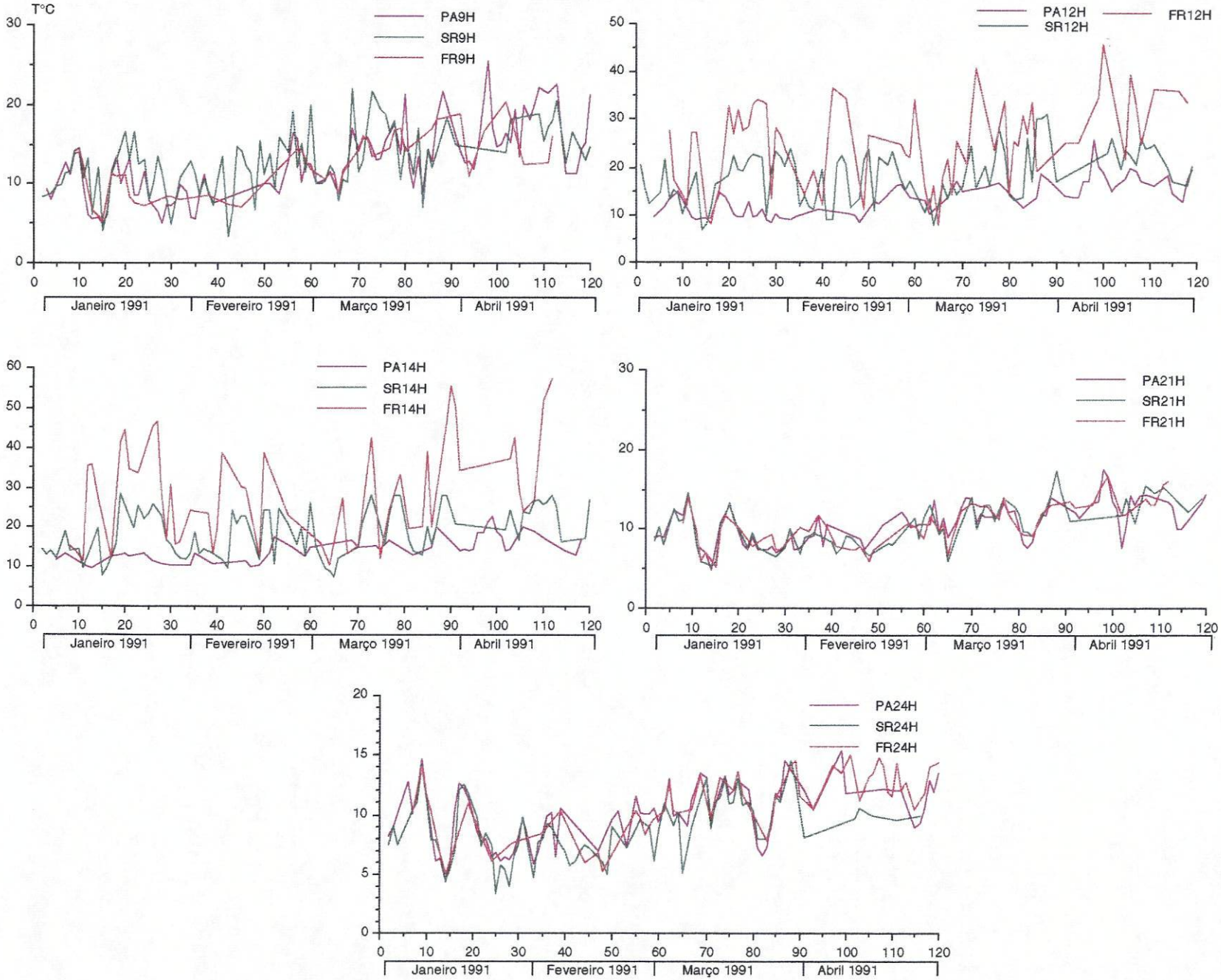


Fig. 72 a) - Comparação dos valores de temperatura registados em termómetros similares colocados no exterior de casas particulares em Paranhos(PA), S.Roque(SR) e Francos (Janeiro a Abril de 1991).

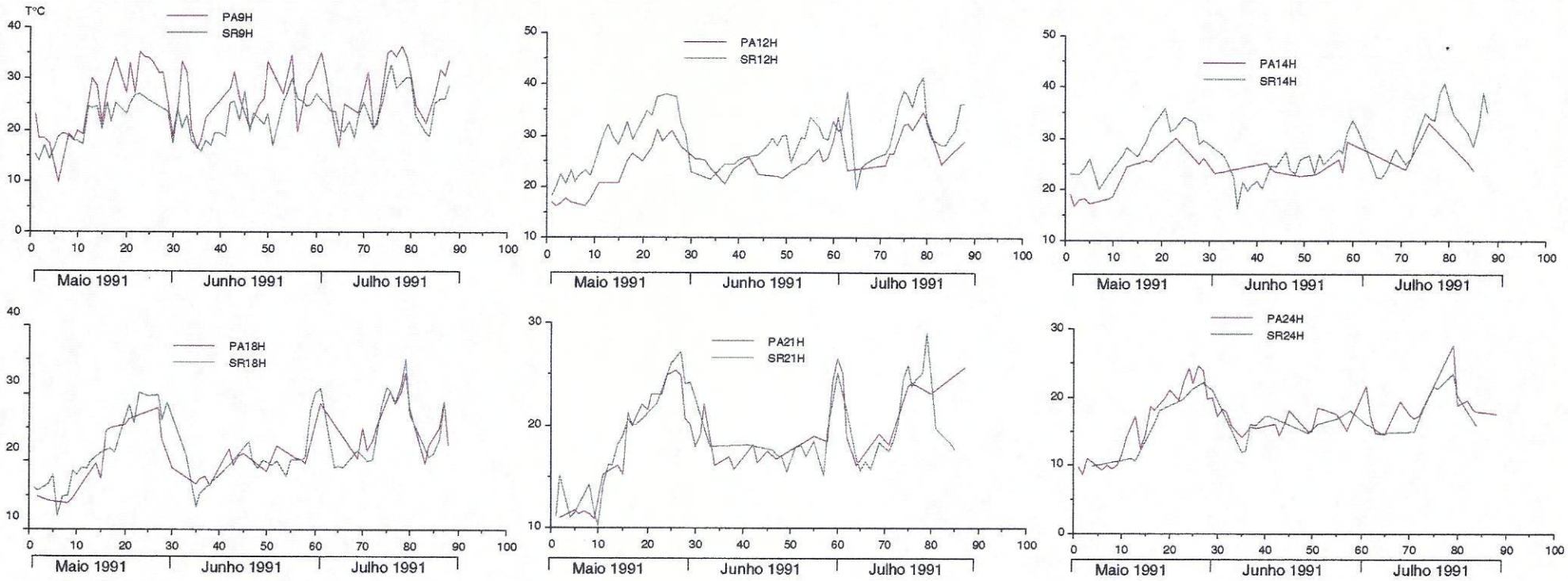


Fig. 72 b) - Comparação dos valores de temperatura registados em termómetros similares colocados no exterior de casas particulares em Paranhos (PA) e S.Roque (SR) (Maio a Julho de 1991).

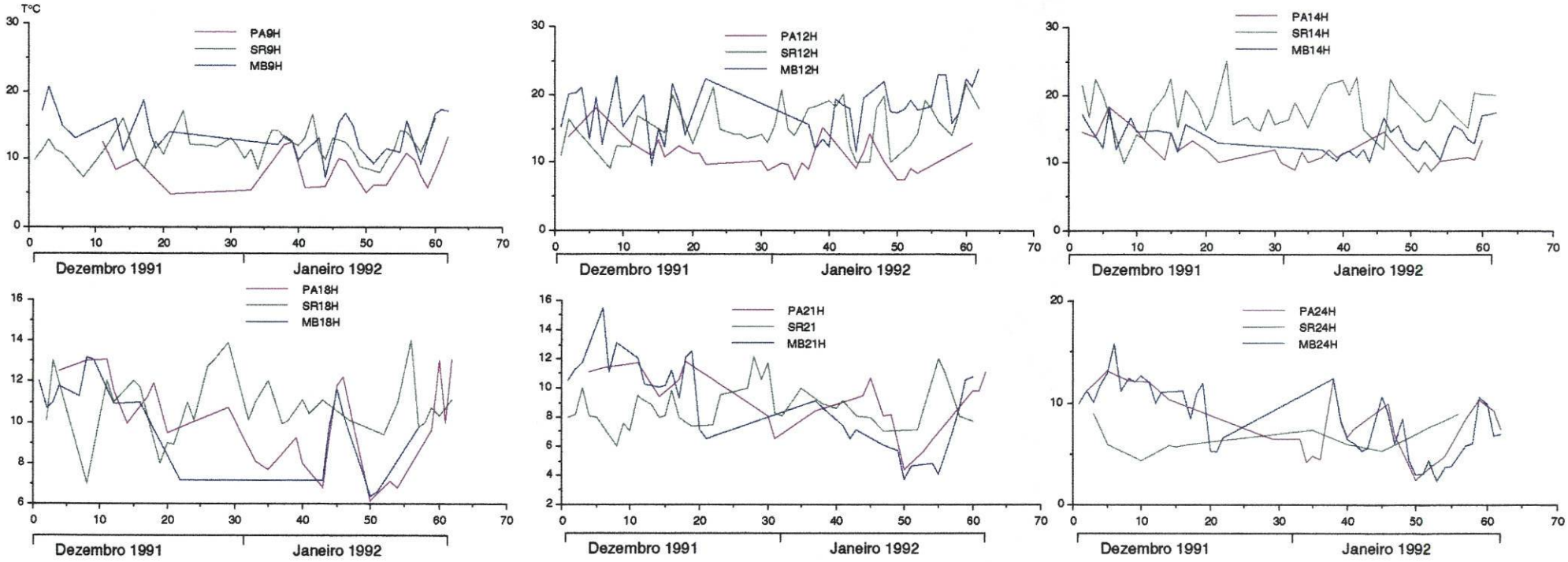


Fig. 72 c)- Comparação dos valores de temperatura registados em termómetros similares colocados no exterior de casas particulares em Paranhos (PA), S.Roque (SR) e Monte dos Burgos (MB) (Dezembro de 1991 e Janeiro de 1992).

Comportamento térmico no início e durante a noite

Às 21h e às 24h a homogeneidade térmica na cidade é maior; as temperaturas de uns postos relativamente aos outros variam de dia para dia, nenhum mantém, com alguma regularidade, a mesma posição relativamente aos outros[163].

Significa isto que, no momento do dia em que a "ilha de calor" se intensifica, não há uma evidente relação entre a intensidade a que se desenrolou o *modus vivendi* urbano na área próxima de cada um destes postos e a *magnitude* das diferenças de temperatura observadas[164].

4.4. As medições itinerantes

Para compreendermos um pouco melhor o peso do fenómeno de urbanização na *forma* e na *intensidade* que a "ilha de calor" assume durante a noite na cidade do Porto, precisamos de nos socorrer de outros instrumentos de apreciação.

As medições itinerantes da temperatura, em percursos pré-definidos, pareceu-nos, até dum ponto de vista pragmático, atendendo à escassez de recursos disponíveis, a metodologia mais adequada para complementarmos a informação já obtida e para nos esclarecer algumas das inúmeras interrogações com que continuamos a debater-nos.

4.4.1. Método de recolha

Este método de recolha de informação está sujeito a uma série de condicionalismos, imprescindíveis para lhe maximizar a utilidade.

---

[163]Como se pode observar claramente na figura 72 c) em que para estas horas do dia modificámos a escala vertical.

[164]Apesar de ter sido testemunhada, frequentemente, pela pessoa responsável pelos registos no posto localizado em S.Roque, uma forte associação entre os momentos de maior congestionamento de tráfego naquela rua e notáveis incrementos na temperatura, a metodologia utilizada não permitiu evidenciar suficientemente esta relação de causa-efeito.

Primeiro, as medições itinerantes devem cobrir a maior diversidade possível de *ambiências* urbanas. Segundo, não devem ser muito demorados, para não reflectirem, enquanto são executados, condições físicas da atmosfera e fases do ciclo diário da temperatura, muito diferenciadas. Terceiro, cada percurso deve ser executado nos dois sentidos, em simultâneo, e o valor final a atribuir a cada ponto de registo, deve ser igual à média das duas passagens[165].

Em cada ponto de medição deve evitar-se, ao máximo, a interferência de factores exógenos que modifiquem as características do valor de temperatura registado. A viatura deve deslocar-se a uma velocidade baixa e constante, eventualmente, até, parar e aguardar algum tempo antes de registar a temperatura nesse ponto. Não devem ser contabilizados os registos efectuados quando, em paralelo, estiver outro veículo. Isto é particularmente importante nos percursos durante o dia, com algum congestionamento de trânsito, especialmente de veículos pesados.

Apesar de cada um dos diversos autores, atrás citados, que se têm vindo a debruçar sobre este tema, incluírem nas suas publicações listagens mais ou menos pormenorizadas para maximizar a *qualidade* da informação obtida por este método, concluímos, face à diversidade de sugestões enunciadas, que, no essencial, é sobretudo necessário fazer com que um determinado processo de registo, qualquer que ele seja, seja mantido, posteriormente, durante toda a fase de experimentação.

4.4.2. Características dos percursos escolhidos e pontos de registo

No nosso caso, dispunhamos apenas de 1 termohigrómetro (Fotografia 2) e de um veículo, pelo que nos foi de todo impossível cumprir a terceira condição[166].

---

[165]Sobre as vantagens e inconvenientes de cada um dos vários procedimentos metodológicos experimentados, em diversos estudos de Climatologia urbana, existe um vasto conjunto de publicações, dos quais recordamos a título de exemplo T.J.CHANDLER (1965) para Londres, D.J.UNWIN (1980) para Birmingham, W .ENDLICHER (1981) para Annecy, A.L.GÓMEZ (1985) para Madrid, J.SWEENEY (1987) para Dublin, M.J. ALCOFORADO (1988 e 1989) para Lisboa, M.C.MORENO (1990) para Barcelona ou GANHO (1992) para Coimbra.

[166]Efectuar cada percurso nos dois sentidos, em simultâneo, e atribuir como valor final de cada ponto de registo, a média dos registos obtidos nas duas passagens.

Dispondo de tão parcos recursos, a escolha do itinerário que maximizásse a qualidade e a quantidade da informação, minimizando os erros de avaliação, tornou-se a etapa mais difícil. Procedemos a uma série de experiências, tendo em conta, sempre, a variedade de lugares que conseguíamos incluir no nosso itinerário e o tempo que demorávamos a concretizá-lo.

Esta fase experimental decorreu entre Março de 1989 e Março de 1992. Já depois de termos testado alguns daqueles que considerámos os melhores itinerários possíveis, fomos sucessivamente confrontados com imprevistas mudanças nos sentidos do trânsito e, inclusivamente, com o encerramento de algumas ruas ao trânsito[167], o que depauperou, em muito, o tamanho da amostra disponível.

Seleccionámos para a nossa análise os dois percursos com maior número de séries de registos sem lacunas. O percurso 1 apenas inclui a "Baixa" e uma área representativa da metade ocidental da cidade (Fig. 73, 74 e 75). O percurso 2 tem um traçado em estrela e cobre praticamente toda a cidade (Fig. 73, 74 e 75).

Apesar de no percurso 1 termos ficado, por exemplo, impedidos de circular em algumas ruas da "Baixa", como Cedofeita e Boavista, etc., o número de dias, sem lacunas de informação, que conseguimos reunir pareceu-nos estatisticamente significativo.

No percurso 2, dada a sua maior extensão, fomos mais prejudicados com as acções de beneficiação da rede viária portuense, nomeadamente, porque nos cruzamos, em momentos diversos, com a construção da via de cintura interna, o que implicou gastos de tempo suplementares em desvios ao itinerário que impossibilitaram, posteriormente, a análise comparativa que pretendíamos. As inúmeras lacunas de registo em pontos de medição de crucial importância empobreceram a *imagem global* das características térmicas da cidade do Porto que nos havia motivado a *experimentar* este percurso.

Se para o percurso 1, que nos demorava cerca de 1h a executar, já não interessava refazê-lo no sentido inverso, face à distância-tempo que separava as duas passagens pelo ponto de partida, para o percurso 2, que demorava entre 2h e 2h30m, tal era absolutamente inviável.

---

[167]A cidade do Porto iniciou na década de 90 uma das maiores e mais profundas remodelações na sua estrutura viária. A par das modificações na qualidade da sua estrutura viária, têm estado a decorrer melhoramentos nas infra-estruturas de saneamento, electricidade, telecomunicações , bem como estão a ser preparadas as condições para a instalação da rede de gás natural.

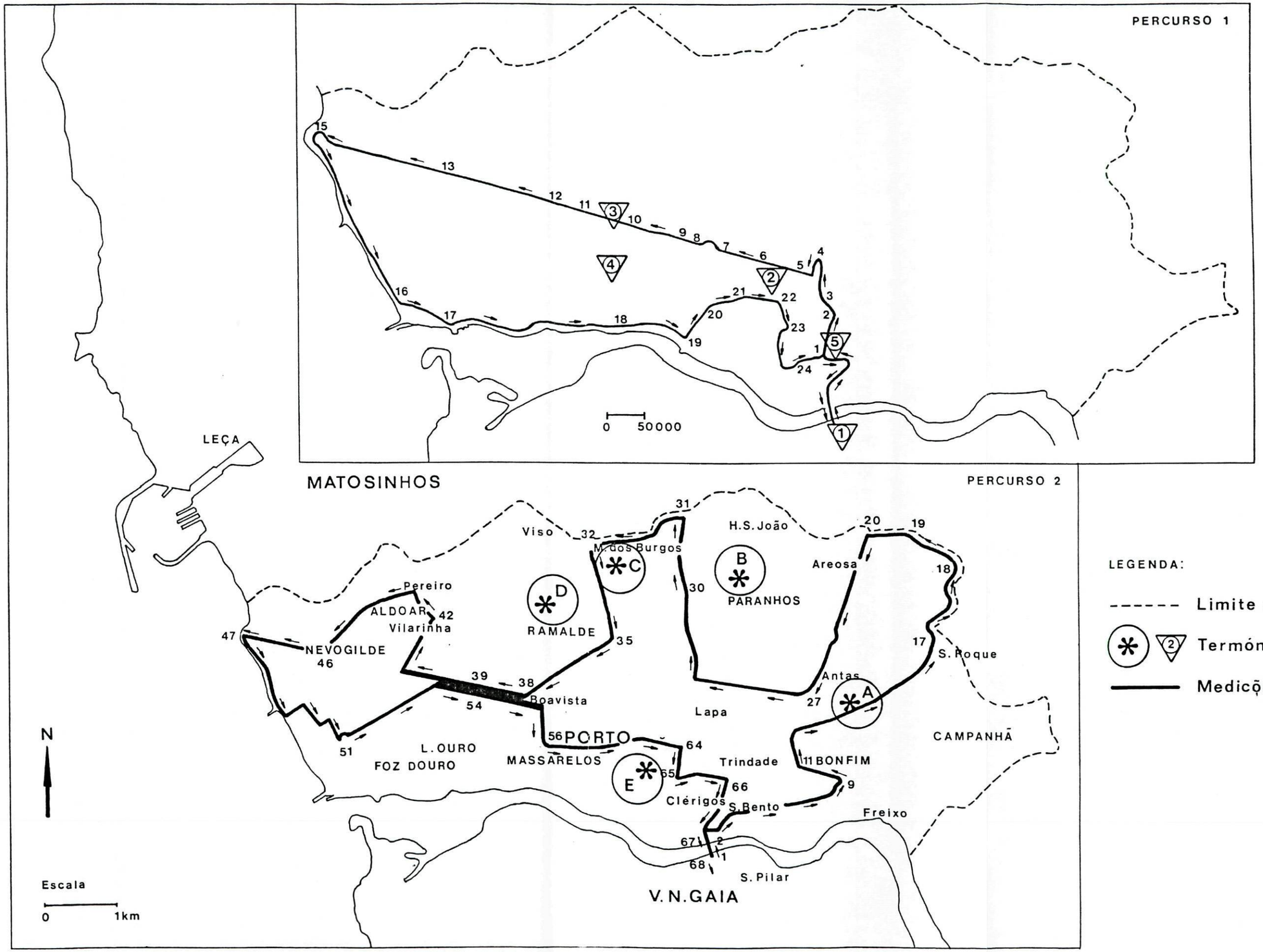


Fig. 73 a) - Itinerários de medição de temperatura e humidade relativa efectuados na cidade do Porto entre 1 de Março de 1989 e 1 de Março de 1992.

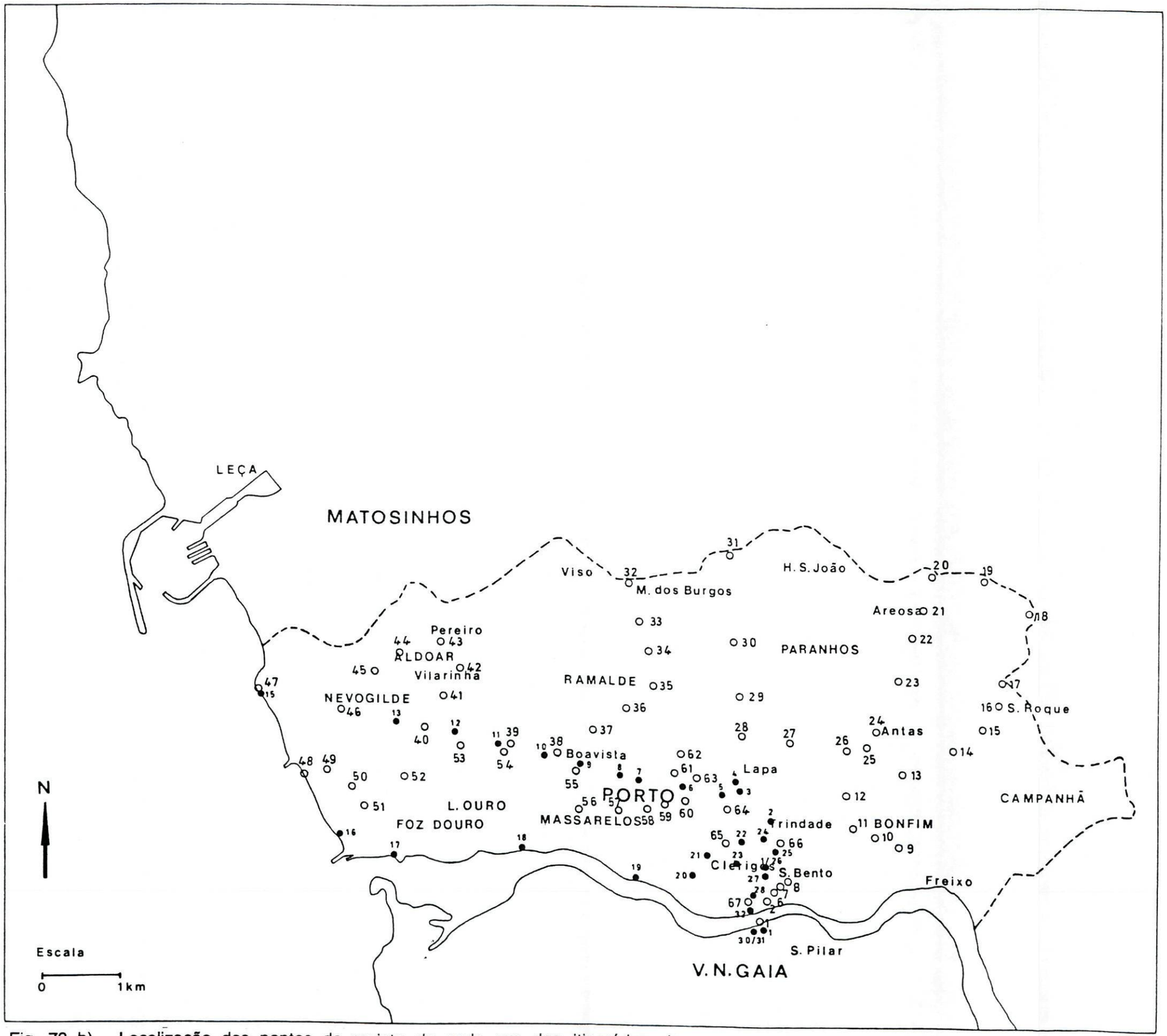
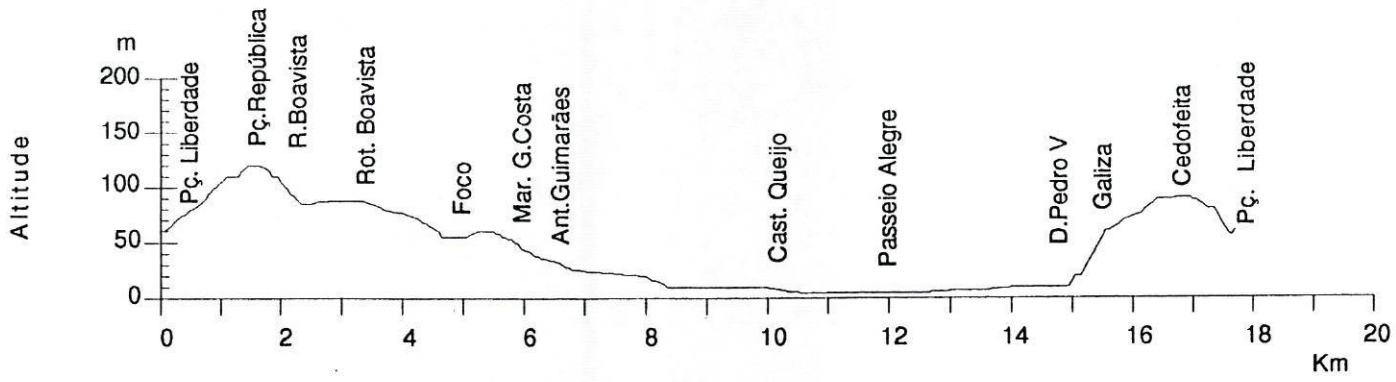
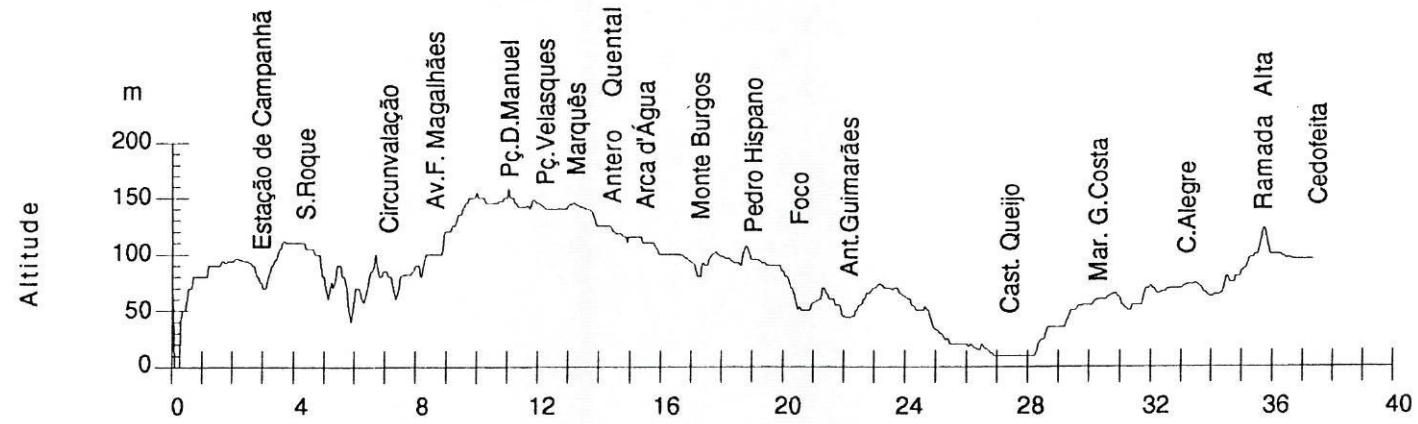


Fig. 73 b) - Localização dos pontos de registo de cada um dos itinerários de medição de temperatura e humidade relativa efectuados na cidade do Porto entre 1 de Março de 1989 e 1 de Março de 1992.



Perfil topográfico correspondente ao percurso 1

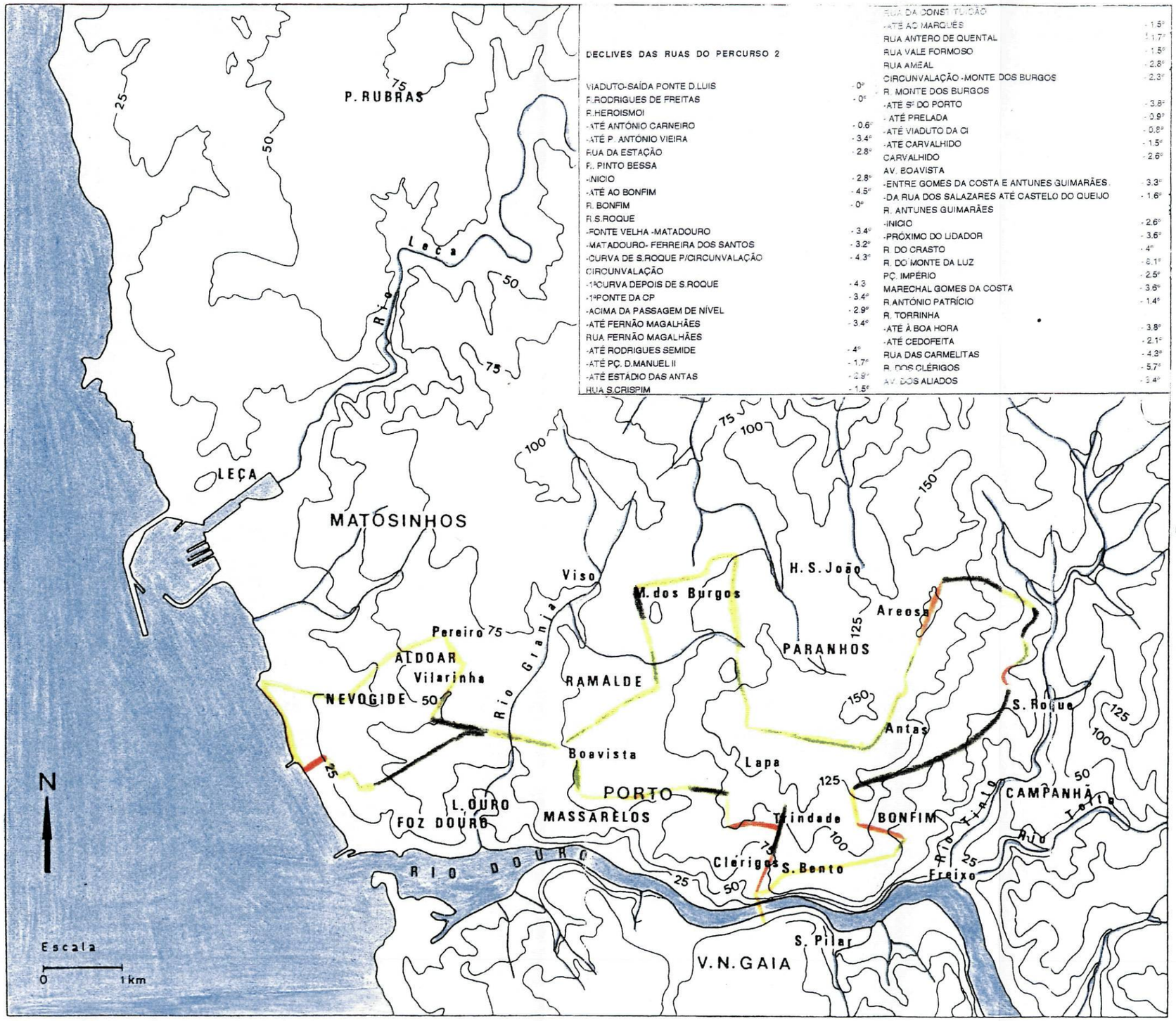


Perfil topográfico correspondente ao percurso 2

Fig. 74 - Perfis topográficos correspondentes aos percursos em que foram efectuadas medições itinerantes.

DECLIVES DAS RUAS DO PERCURSO 2

VIADUTO-SAÍDA PONTE D.LUIS	- 0°
R.RODRIGUES DE FREITAS	- 0°
R.HEROISMO	
-ATÉ ANTÓNIO CARNEIRO	- 0.6°
-ATÉ P. ANTÓNIO VIEIRA	- 3.4°
RUA DA ESTAÇÃO	- 2.8°
R. PINTO BESSA	
-INICIO	- 2.8°
-ATÉ AO BONFIM	- 4.5°
R. BONFIM	- 0°
R.S.ROQUE	
-FONTE VELHA -MATADOURO	- 3.4°
-MATADOURO- FERREIRA DOS SANTOS	- 3.2°
-CURVA DE S.ROQUE P/CIRCUNVALAÇÃO	- 4.3°
CIRCUNVALAÇÃO	
-1ªCURVA DEPOIS DE S.ROQUE	- 4.3
-1ªPONTE DA CP	- 3.4°
-ACIMA DA PASSAGEM DE NÍVEL	- 2.9°
-ATÉ FERNÃO MAGALHÃES	- 3.4°
RUA FERNÃO MAGALHÃES	
-ATÉ RODRIGUES SEMIDE	- 4°
-ATÉ PÇ. D.MANUEL II	- 1.7°
-ATÉ ESTADIO DAS ANTAS	- 2.9°
RUA S.CRISPIM	- 1.5°
RUA DA CONSTITUIÇÃO	
-ATÉ AO MARQUÊS	- 1.5°
RUA ANTERO DE QUENTAL	- 1.7°
RUA VALE FORMOSO	- 1.5°
RUA AMEAL	- 2.8°
CIRCUNVALAÇÃO -MONTE DOS BURGOS	- 2.3°
R. MONTE DOS BURGOS	
-ATÉ Sº DO PORTO	- 3.8°
- ATÉ PRELADA	- 0.9°
-ATÉ VIADUTO DA CI	- 0.8°
-ATÉ CARVALHIDO	- 1.5°
CARVALHIDO	- 2.6°
AV. BOAVISTA	
-ENTRE GOMES DA COSTA E ANTUNES GUIMARÃES	- 3.3°
-DA RUA DOS SALAZARES ATÉ CASTELO DO QUEIJO	- 1.6°
R. ANTUNES GUIMARÃES	
-INICIO	- 2.6°
-PRÓXIMO DO LIDADOR	- 3.6°
R. DO CRASTO	- 4°
R. DO MONTE DA LUZ	- 6.1°
PÇ. IMPÉRIO	- 2.5°
MARECHAL GOMES DA COSTA	- 3.6°
R.ANTÓNIO PATRÍCIO	- 1.4°
R. TORRINHA	
-ATÉ À BOA HORA	- 3.8°
-ATÉ CEDOFEITA	- 2.1°
RUA DAS CARMELITAS	- 4.3°
R. DOS CLÉRIGOS	- 5.7°
AV. DOS ALIADOS	- 3.4°



DECLIVES DAS RUAS DO PERCURSO 2

- 0-0,9°
- 1-1,9°
- 2-2,9°
- 3-3,9°
- 4-4,9°
- 5-5,9°
- ≥6°

LEGENDA

Curso de Águ

Curva de Nív

Fig. 75 - Declives das ruas do percurso 2

(elaborado com base no Ortofotomapa do Porto, 1:10000 e algumas verificações no terreno)

Como se visualiza nos perfis topográficos correspondentes aos percursos em que foram efectuadas medições itinerantes, a probabilidade de interferência de outros factores potencialmente explicativos da temperatura, que não os associados directamente ao metabolismo urbano, surge com particular acuidade no percurso 2 (Fig.74).

Para além de ter, aproximadamente, o dobro do comprimento e, portanto, demorar mais tempo a efectuar, o itinerário 2, inclui pontos de registo que reflectem um conjunto mais amplo de *nuances,* tanto topográficas como de morfologia urbana e funcionalidade.

Repare-se que neste percurso estão englobadas grande parte das áreas de maior altitude da cidade do Porto, desde a Av. Fernão Magalhães até ao Marquês, assim como áreas menos elevadas, desde o Castelo do Queijo até ao Molhe. Estão incluídas tanto as áreas mais afastadas do mar, como o Freixo e a Circunvalação, entre S.Roque e o bairro de S.João de Deus, como as áreas mais próximas do oceano. São atravessados tanto os bairros de grande compacidade do centro da cidade, como as áreas de blocos residenciais recentes, altos e espaçados, ou as áreas de habitação unifamiliar da Av.da Boavista, de Antunes Guimarães e do Lidador, ou ainda áreas de promiscuidade de padrões estéticos e volumetrias da parte leste da cidade, entre o Heroísmo e S.Roque da Lameira.

Por tudo isto, embora aparentemente mais *rico* do ponto de vista da descrição das características térmicas da cidade do Porto, o percurso 2 torna-se, indubitavelmente, de menor qualidade do ponto de vista da compreensão dos efeitos da *urbanização* no clima regional.

O percurso 1 revelou-se, dada a escassez de meios de que dispusemos, mais ilustrativo das implicações para o clima da região geradas pelo fenómeno urbano. Embora traduzindo uma visão demasiado simplista e reducionista da diversidade do Porto, no que diz respeito tanto ao seu enquadramento geográfico como à sua diversidade funcional, permite-nos, contudo, avaliar um número suficientemente vasto de *ambiências* urbanas distintas.

Assim, seleccionámos, da totalidade de itinerários efectuados, 16 exemplos do percurso 1 e 4 exemplos do percurso 2 que passarão a servir de suporte à análise da(s) forma(s) da "ilha de calor" portuense.

Tentámos, na medida do possível, incluir na nossa amostra exemplos de diversas épocas do ano, tendo em atenção o maior número de tipos de situações sinópticas presentes em cada um dos dias escolhidos[168].

---

[168]Rejeitámos a maior parte dos exemplos recolhidos durante o dia, uma vez que demorávamos muito mais tempo a efectuar o itinerário. Além de mais demorados, nestes exemplos,

4.4.3. Anomalias térmicas - procedimento metodológico

A amplitude da distância-tempo entre o início e o fim do percurso impediu-nos de utilizar, directamente, os valores de temperatura registados.

O facto de termos decidido, pelas razões já apontadas, não repetir cada um dos percursos em sentido inverso, impossibilitou-nos a utilização da média das temperaturas correspondente, às duas passagens em cada ponto de medição.

Decidimos *normalizar* cada um dos valores absolutos, calculando a sua diferença relativamente a um ponto de referência constante.

O ponto de referência a considerar poderia ser um dos pontos de registo incluídos no itinerário - designado normalmente por *ponto zero* - ou então, um ponto de registo próximo, mas exterior ao percurso efectuado.

Experimentámos as duas alternativas metodológicas. Primeiro, seleccionámos como referência, dentro dos postos de registo, o ponto 15-Castelo do Queijo, que era executado sensivelmente a meio do percurso 1, sobretudo em termos de distância-tempo. As anomalias térmicas relativamente a este ponto não eram, no entanto, passíveis de ser utilizadas nos exemplos do percurso 2 (ponto 47) onde este surgia perfeitamente descentrado no tempo e no espaço.

Depois, tentámos o segundo procedimento, ou seja, *standardizar* as temperaturas registadas relativamente à estação de Porto-Serra do Pilar. Verificámos que, sem alterarmos substancialmente as posições relativas de cada posto obtidas pelo método anterior, podíamos repeti-lo num e noutro percurso.

Assim, passámos a analisar os resultados obtidos nas medições itinerantes de temperatura através das anomalias relativamente às temperaturas registadas no Porto-Serra do Pilar.

A consulta dos termogramas da estação de Porto-Serra do Pilar[169], para os diferentes momentos em que decorreu cada um dos itinerários, alertou-nos

---

a distância -tempo entre cada um dos pontos de registo não era mantida. Consoante o ponto do nosso percurso em que éramos travados por um congestionamento de tráfego, e conforme o número de congestionamentos em que nos víamos envolvidos, variava a distância-tempo relativa entre cada ponto de medição, o que invalidava qualquer comparação entre dias diferentes.

[169]Aproveitamos, mais uma vez, para agradecer ao IGUP e ao INMG a autorização que nos foi concedida para consultar os termogramas dos dias em que efectuámos medições itinerantes.

para a diversidade de amplitudes de variação da temperatura possível durante esse intervalo de tempo.

Como se pode constatar nos termogramas correspondentes a cada um dos dias, as diferenças de temperatura entre o momento de partida e o de chegada variaram entre valores superiores a 1°C em pouco mais de 1hora (3/8/89, 23/8/89 e 29/9/89) e valores abaixo de 0.2°C durante 2h30m (9/7/91, 17/7/91, 21/7/91 e 10/8/91). Diversidade que nos pareceu relevante e a não descurar num tipo de análise como o que pretendemos efectuar.

A *normalização* dos registos obtidos passou a ser efectuada em relação à temperatura efectivamente correspondente ao momento em que foi efectuado o registo, em vez de o ser, apenas, em relação ao valor horário registado na estação de Porto-Serra do Pilar (Quadro XLVI a e b)[170].

4.4.4. Anomalias térmicas médias

A cartografia da média das anomalias térmicas obtidas no conjunto dos dias correspondentes ao percurso 1 (Fig. 76 a)[171] permite-nos, desde logo, vislumbrar alguns dos principais factores explicativos determinantes do comportamento térmico de cada uma das diferentes áreas da cidade do Porto.

---

[170]Este procedimento metodológico foi possível porque possuíamos para cada valor de temperatura registado, em cada um dos postos, o momento horário correspondente.

[171]As figuras 76 a) a 76 p) representam cartograficamente as anomalias térmicas nocturnas encontradas na cidade do Porto relativamente à estação de Porto-Serra do Pilar.

As 1ª figura (76a) representa a média das anomalias térmicas encontradas durante as 15 medições itinerantes efectuadas.

As restantes 15 figuras (76 b a 76 p) representam as anomalias térmicas de cada um dos dias correspondentes. O critério que presidiu à sequência apresentada foi o tipo de situação sinóptica presente.

A organização das representações cartográficas, segundo este critério, pareceu-nos poder de alguma forma, contribuir para evidenciar, desde logo, algumas das causas que estão na origem dos diversos padrões térmicos urbanos encontrados, como, aliás, adiante se confirmará (Quadro XLVII).

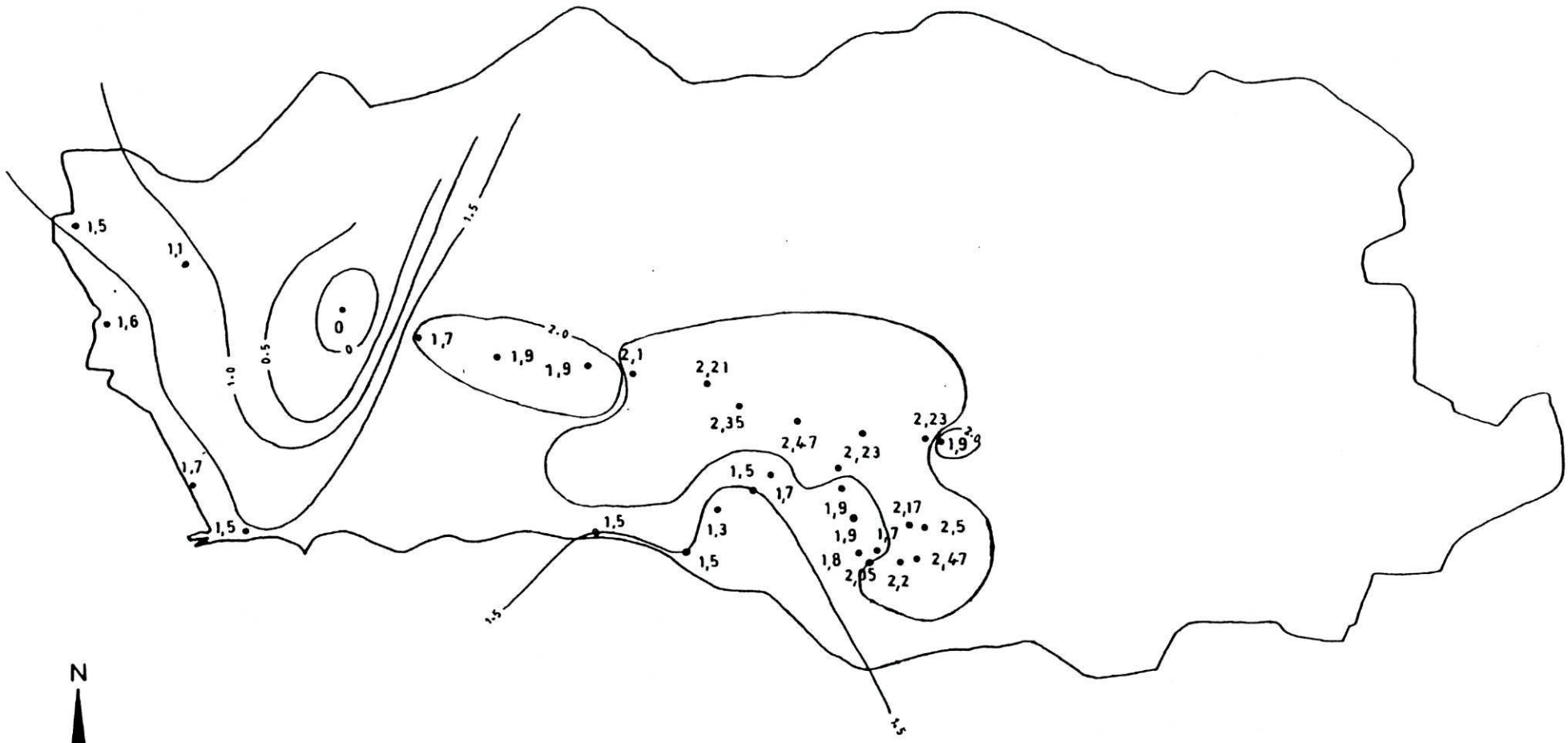
		3/8/89	22/8/89	23/8/89	1/9/89	8/9/89	22/9/89	29/9/89	3/11/89	12/1/90	19/1/91	27/1/91	2/2/91	12/2/91	2/4/91	18/4/91	24/4/91	Média
	POSTOS	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	
Embaixador	1	3,63	0,78	3,63														2,68
Correios	2	3,66	0,76	3,16	4,54	2,45	3,96	1,37	1,96	2,85	1,75	1,16	1,15	1,4	1,2	6,1	3,95	2,59
Pç. da República	3	4,19	1,84	3,79	3,56	2,05	3,78	0,49	2,69	1,65	0,85	0,49	0,58	0,4	1,4	5,3	3,25	2,27
Quartel General	4	3,42	1,02	3,32	2,88	0,85	3	0,21	2,02	2,35	1,25	-0,08	0,22	0,4	1	5,2	3,05	1,88
Colégio Universal	5	4,05	0,5	3,65	3,7	1,75	3,42	0,84	2,85	2,35	1,05	0,05	0,85	0,6	1,6	5,4	3,55	2,26
Carvalhosa	6	4,28	0,88	3,38	3,62	1,75	3,94	0,77	2,68	3,25	1,65	0,78	0,78	0,7	1,9	5,7	3,95	2,50
Brasília	7	3,91	0,96	2,91	3,84	2,15	3,96	0,6	3,21	2,55	1,45	0,31	0,81	0,9	1,5	5,2	3,75	2,38
Carris	8	3,84	0,94	2,84	3,66	1,75	2,58	1,43	2,64	3,05	1,65	0,64	0,94	0	1,4	4,8	3,55	2,23
Congelados	9	3,97	0,22	2,27	3,68	1,65	2,9	0,46	3,07	2,65	0,85	-0,03	0,67	0,2	2	5,3	4,05	2,12
Meridian	10	3,9	0,1	1,8	3,6	1,45	3,12	0,69	2,4	2,95	-0,35	-0,6	0,4	0,1	2	5,3	3,85	1,92
Foco	11	3,63	0,18	1,33	3,42	1,25	2,74	0,72	1,43	3,36	0,95	0,13	0,83	0	2	4,9	3,75	1,91
Mar.Gomes da Costa	12	2,66	0,06	1,46	3,24	1,75	2,16	0,45	1,76	2,95	0,05	0,26	0,56	0	1,2	4,5	3,85	1,68
Ant Guimarães	13	2,19	-0,16	0,49	1,26	1,75	1,66	0	1,79	3,85	0,25	-1,01	-1,21	0,1	1,1	4,4	3,15	1,23
Consulado Britânico	14	1,92	-0,28	-0,28	0,88	1,45	1,68	0,82	1,72	3,25	-0,55	-0,38	0,52	0,1	0	4,4	2,85	1,13
Castelo do Queijo	15	1,95	-0,3	-0,65	0,3	2,65	2,4	1,35	2,85	4,25	-0,55	-0,55	0,95	0,8	1,3	4,2	3,35	1,52
Molhe	16	2,38	-0,82	-0,02	1,32	1,55	2,42	1,28	2,38	4,05	-0,55	0,18	0,98	0,3	1,6	4,7	3,85	1,60
Ingleses	17	2,31	0,06	-1,39	0,44	2,25	2,74	1,21	2,91	3,75	0,65	0,51	1,21	0,5	1,8	5	3,95	1,74
Passeio Alegre	18	2,34	-0,46	-0,86	2,06	1,55	2,36	1,24	2,54	2,45	0,85	-0,46	0,64	0,1	1,8	4,2	3,55	1,49
Ponte da Arrábida	19	2,27	0,02	0,37	2,28	1,95	2,78	0,77	2,07	2,35	-1,15	-0,13	1,07	0,3	0,7	3,9	3,85	1,46
Entrada de D.PedroV	20	2,8	0,5	0,1	3,1	2,15	3	1,3	1,8	2,55	-1,35	-0,9	-0,5	-0,3	1,1	3,9	3,85	1,44
Cimo D.PedroV	21	1,73	0,08	0,63	2,02	1,15	2,72	0,63	1,03	1,95	1,15	-0,27	0,43	-0,5	1	4	3,15	1,31
Pç. Galiza	22	1,86	0,16	0,66	2,54	1,45	2,54	1,16	1,16	1,85	0,75	0,26	0,66	-0,6	0,7	4,8	3,15	1,44
Torrinha	23	3,09	0,54	1,29	3,06	1,95	2,76	0,39	1,89	2,25	0,65	0,39	0,49	-0,3	1,1	4,3	3,25	1,69
Cedofeita/Torrinha	24	3,52	0,62	2,02	3,28	2,45	3,08	0,22	1,92	1,85	1,15	0,22	0,32	-0,8	1	5,4	3,55	1,86
Miguel Bombarda/Cedofeita	25	3,45	0,4	2,55	3,6	1,85	3,4	0,95	0,95	1,75	0,55	0,35	1,05	-0,2	0,6	5,1	3,25	1,85
Leões	26	3,48	0,38	2,28	2,92	1,45	3,82	0,08	0,18	1,65	1,15	0,98	0,68	-0,1	0,4	5,3	3,55	1,76
Clérigos	27	2,91	-0,24	0,91	3,34	1,25	3,44	1,41	0,31	1,45	1,05	1,11	0,81	0	0,9	4,9	3,05	1,66
Ig.Clérigos/Carmo	28	3,44	-0,06	1,84	3,46	1,45	3,76	1,54	1,54	1,85	1,25	1,54	0,94	0,2	0,9	5,3	3,15	2,01
Embaixador	29	4,57	0,12	2,27	3,38	1,95	3,78	0,77	0,77	2,25	1,15	1,37	1,47	0,3	0,8	5,4	3,45	2,11
Correios	30	4,5	0,7	2,6	3,3	1,85	3,7	0,6	1,7	1,65	0,85	0,6	1,1	0	0,5	5,1	3,65	2,03
MÉDIA		**3,195**	**0,317**	**1,612**	**2,837**	**1,757**	**3,021**	**0,819**	**1,939**	**2,584**	**0,636**	**0,239**	**0,669**	**0,159**	**1,19**	**4,897**	**3,522**	
DESVIO PADRÃO		0,865	0,542	1,439	1,082	0,414	0,662	0,439	0,802	0,778	0,829	0,643	0,518	0,462	0,519	0,56	0,338	
MÉDIA + DESVIO PADRÃO		**4,06**	**0,858**	**3,05**	**3,919**	**2,171**	**3,683**	**1,258**	**2,741**	**3,362**	**1,465**	**0,881**	**1,187**	**0,62**	**1,709**	**5,456**	**3,86**	

Quadro XLVI a) - Anomalias térmicas relativamente à T°C de Porto-Serra do Pilar (itinerário 1)

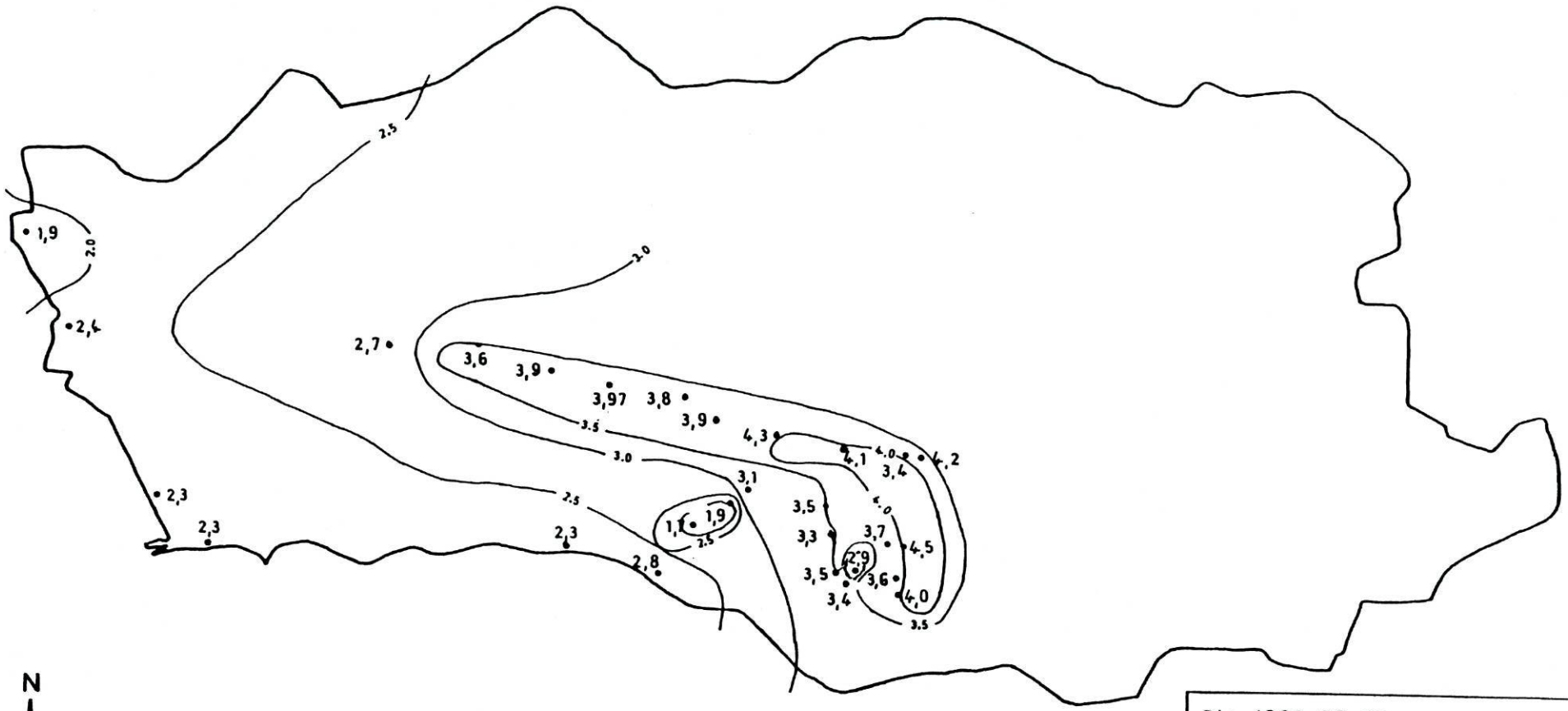
		9/7/91	17/7/91	21/7/91	10/8/91	Média
	POSTOS	D18	D19	D20	D22	
Av.República-Gaia-PonteD.Luis (entrada)	31	-3,2	1,2	1,1	-1,3	-0,55
PonteD.Luís (saída)	32	-2,9		1,1	-1,1	-0,97
esquina Av.Vimara Peres/R.Saraiva Carvalho	33	-3,9	1,4	1,2	-1,1	-0,60
Viaduto/Alexandre Herculano	34	-4,2	1,6	1,2	-1,3	-0,68
Semáforos Rodrigues Freitas/Fontainhas	35	-4,5	2,3	1,1	-1,4	-0,63
Heroismo/Barão de Nova Sintra	36	-0,2	2,4	1	-1,5	0,43
Fim Heroísmo/Freixo	37	-0,1	1,7	0,7	-1,4	0,23
meio r.p/estação	38	-0,1		0,7	-1,5	-0,30
em frente estação/Justino Teixeira	39	1,1	1,4	0,8	-1,7	0,40
meio da R.Pinto Bessa	40	-1,6	1,9	0,9	-1,6	-0,10
cimo da R. Pinto Bessa	41	-1,3	2,2	0,8	-1,8	-0,03
esquina R Bonfim/S.Roque da Lameira	42	-2	2,3	0,6	-1,8	-0,23
R.S. Roque /R. Fonte Velha	43	0,5	2,3	0,8	-1,6	0,50
Matadouro	44	-1,5	2,1	1,1	-1,3	0,10
R.S.Roque /R. Falcão	45	-0,5	2,2	1,1	-1,3	0,38
R.S.Roque/Tv.Maceda	46	-0,8	1,6	1,2	-0,8	0,30
R.S.Roque/Circunvalação	47	-0,4	1,5	0,8	-1,7	0,05
Circunvalação/1ªlinha CP	48	0,2	1	-0,1	-2,9	-0,45
Circunvalação/2ªlinha CP	49	0,1	1,7	0,3	-2,4	-0,08
Circunvalação/Av.Fernão Magalhães	50	-0,1	2	0,1	-2,6	-0,15
Av.Fernão Magalhães/R.Santa Justa	51	-0,6	2,8	0,2	-2,6	-0,05
Av.Fernão Magalhães/R. Contumil	52	-0,4	3	0,4	-2,5	0,12
Av.Fernão Magalhães/Depois Pç.D.Manuel	53	-1,1	2,7	0,3	-2,5	-0,15
Pç.Velasques	54	-2,3	3	0,5	-2,2	-0,25
Av.Fernão Magalhães/R.Nova S. Crispim	55	0,3	3,3	0,3	-2,2	0,42
R.Carlos Malh.Dias/Bento Jesus Caraça	56	-0,5	4,1	0,6	-2	0,55
Marquês	57	0,4	4,2	0,8	-2,1	0,82
Constituição/Antero Quental	58		3,1	0,8	-1,8	0,70
Vale Formoso/Campo Lindo	59	0,8	2,6	0,9	-1,9	0,60
Deb. Viaduto VCI	60	-1,3	1,5	0,5	-2,2	-0,38
Arnial/Circunvalação	61	1	2	0,6	-2,1	0,37
Circunvalação/Monte Burgos	62	-0,1	0,7	0,5	-1,9	-0,20
Monte Burgos/R.S.Vicente	63	-1,2	0,9	0,6	-2,1	-0,45
Deb. Viaduto VCI	64	-2,5	0,8	-0,3	-2,2	-1,05
Cruzamento Carvalhido	65	-0,6	1,3	0,7	-2	-0,15
Pedro Hispano-Inicio Viaduto	66	-1,8	0,9	0,9	-1,9	-0,48
Av. França-fundo Viaduto	67	-2,3	0,7	0,9	-1,9	-0,65
Pedro Hispano/Av.Boavista	68	-2,1	0	0,8	-1,8	-0,78
Av.Boavista-VIADUTO	69	-3,5	-0,5	0,9	-1,8	-1,23
Av.Boavista/Av.Antunes Guimarães	70	-5,4	-0,6	0,6	-1,7	-1,78
Av.Antunes Guimarães(meio)	71	-5,1	-0,5	0,4	-1,7	-1,73
Av.Antunes Guimarães/R.Lidador	72	-4,4	-0,5	0,7	-1,9	-1,53
R.Lidador/Martim Moniz	73	-4,1	-0,4	0,6	-1,9	-1,45
Martim Moniz-Rua JN	74	-3,8	-0,5	0,4	-1,9	-1,45
R.JN/R Vilarinha	75	-4,8	-0,7	0,5	-1,8	-1,70
R.Paço Sousa/Av.Boavista	76	-7,9	-0,8	0	-1,9	-2,65
Castelo Queijo	77	-8,1	-2,4	0,2	-1,8	-3,03
R.Molhe/R.Gondarem	78	-7,8	-2,4	0,4	-1,7	-2,88
R.Gondarem/R.Padrão	79	-7,7	-1,9	0,3	-2,1	-2,85
R.Teatro (ent.Merc.Foz)	80	-7,4	-1,6	0,3	-2,2	-2,73
Pç. Império	81	-7,5	-1,5	0,3	-2,3	-2,75
Av.Marechal G.Costa/R.Lopes Castanheira	82	-6,6	-1,5	0,2	-2,2	-2,53
Bombas Gasolina-Marechal G.Costa	83	-6,3	-1	0,7	-2,3	-2,23
Av.Boavista-VIADUTO	84	-4,8	-0,7	0,8	-2	-1,68
R.António Cardoso	85	-3,7	-0,7	0,8	-2,1	-1,43
R.AntºCardoso/R.Campo Alegre	86	-3,4	-1,3	0,4	-1,9	-1,55
R.Cº Alegre/R.Bom Sucesso	87	-6,1	-1,1	0,5	-2,2	-2,23
Pç. Galiza	88	-4	-0,7	0,6	-1,6	-1,43
Torrinha /Boa Hora	89	-4,5	-0,5	0,8	-1,7	-1,48
R.Anibal Cunha/Álvares Cabral	90	-4,3	-0,3	0,9	-1,8	-1,38
R.Oliv.Monteiro/R.NªSªFátima	91		0	1,1	-1,8	-0,23
Ramada Alta	92		0	0,8	-2,2	-0,47
Barão Forrester-deb.linha CP	93		0,1	1		0,55
R.Cedofeita/R.Bragas	94	-3,8	0,1	1		-0,90
Carmo	95	-3,9	0	1,1		-0,93
Pç. Liberdade-S.Bento	96	-2,1	0,3	1,3	-1,7	-0,55
R.Mouzinho Silveira/Ferraz Ponte	97	-4	0,3	1,2	-1,2	-0,93
Infante	98	-4,4	0	1,1	-1,3	-1,15
R.Infante/R.S.João	99		-1,8	1,3	-1,3	-0,60
R.S.João/R.Mouzinho Silveira	100		0,2	1,3	-1,4	0,03
Pç. Almeida Garrett	101		0,2	1	-1,5	-0,10
Entrada da Ponte	102		-0,1	0,6	-1,9	-0,47
Saída Ponte (GAIA)	103		-0,5	0,5	-2,1	-0,70
MÉDIA		**-2,7984375**	**0,6633803**	**0,7**	**-1,8414286**	
DESVIO PADRÃO		2,5469242	1,567276	0,3543382	0,3998162	
MÉDIA + DESVIO PADRÃO		**-0,2515133**	**2,2306563**	**1,0543382**	**-1,4416124**	

Quadro XLVI b) - Anomalias térmicas relativamente à T°C de Porto-Serra do Pilar (itinerário 2)

76 a)- Anomalias Térmicas Médias Relativamente à Temperatura Registada no Porto - Serra do Pilar (Percurso 1)"



76 b)- "Anomalias Térmicas Relativamente à Estação do Porto - Serra do Pilar"



N

Escala

0 500m

Ilha de calor **intensa** (4°C) na "Baixa"- Pç República -Rotunda da Boavista

Faz-se sentir a acção amenizadora do oceano e do rio (dist. ao mar r= +0.71; altitude r=+0.69)

Centro depressionário de origem dinâmica - o efeito da presença de uma gota de ar frio em altitude faz-se sentir desde finais de Julho

Massa de ar fresca para esta altura do ano e húmida

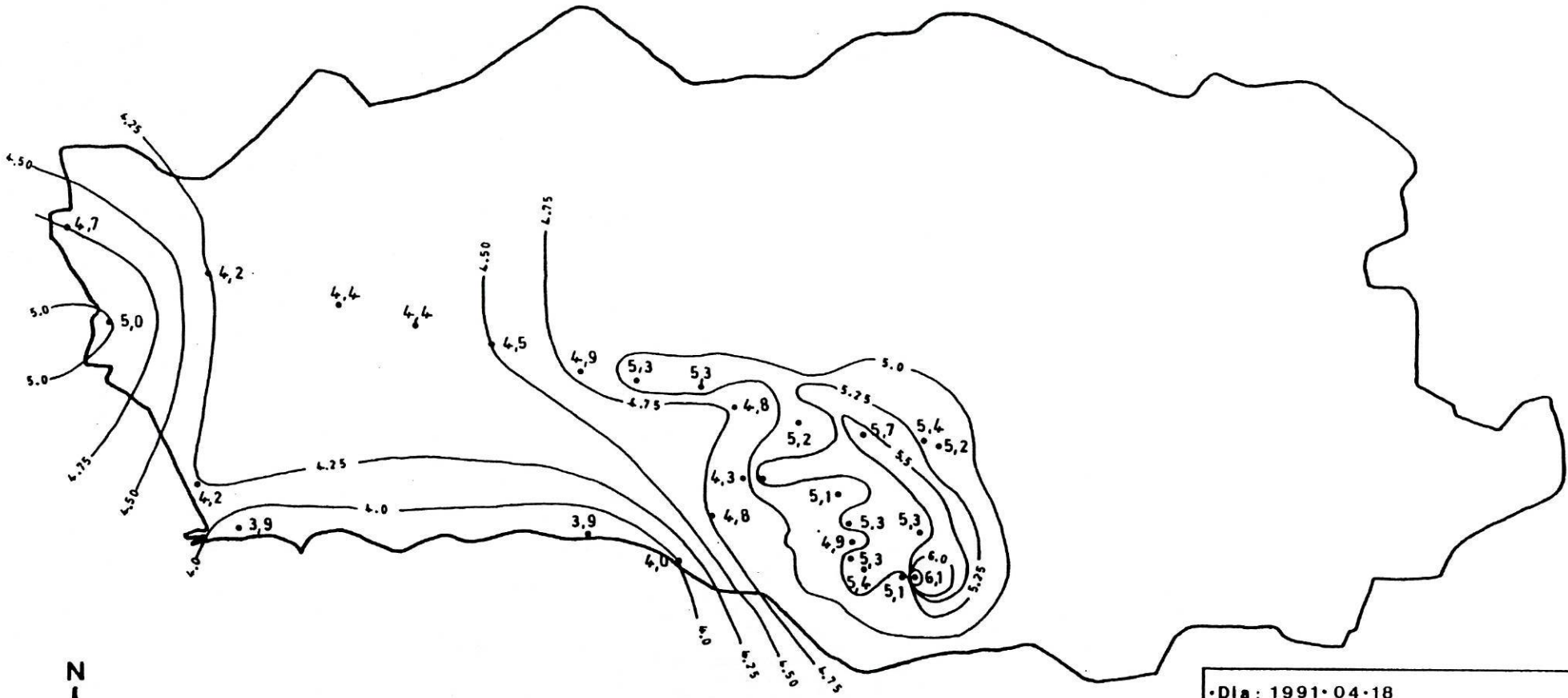
Nebulosidade razoavelmente elevada provocada pelo movimento ascendente do ar

- Dia: 1989-08-03
- Hora: 0.00h - 1.00h
- Situação Sinóptica: Centro Depressionário
- Variação da Temperatura no Porto-Serra do Pilar → 19°C - 18°C
- Vento Predominante → ESE

LEGENDA

- Limite do concelho
- Pontos de registo
- Isoanómalas deduzidas
- 0.5 Anomalia termica relativamente a Porto-Serra do Pilar

76 c)- "Anomalias Térmicas Relativamente à Estação do Porto-Serra do Pilar"



Escala

0 500m

Ilha de calor **muito intensa (6°C)** na "Baixa"- Pç República -Rotunda da Boavista
Associação do impacte das fontes de calor antrópico e da topografia(?).

A acção amenizadora do oceano não se faz sentir
Junto à marginal do rio Douro há uma ligeira diminuição da forte anomalia térmica positiva presente em toda a cidade (dist. ao mar r= +0.58; altitude r=+0.68)

Centro depressionário de origem dinâmica - o efeito da presença de uma gota de ar frio em altitude faz-se sentir desde finais de Julho

Massa de ar fresca para esta altura do ano e húmida (menos húmida que a do dia 3/8/89)

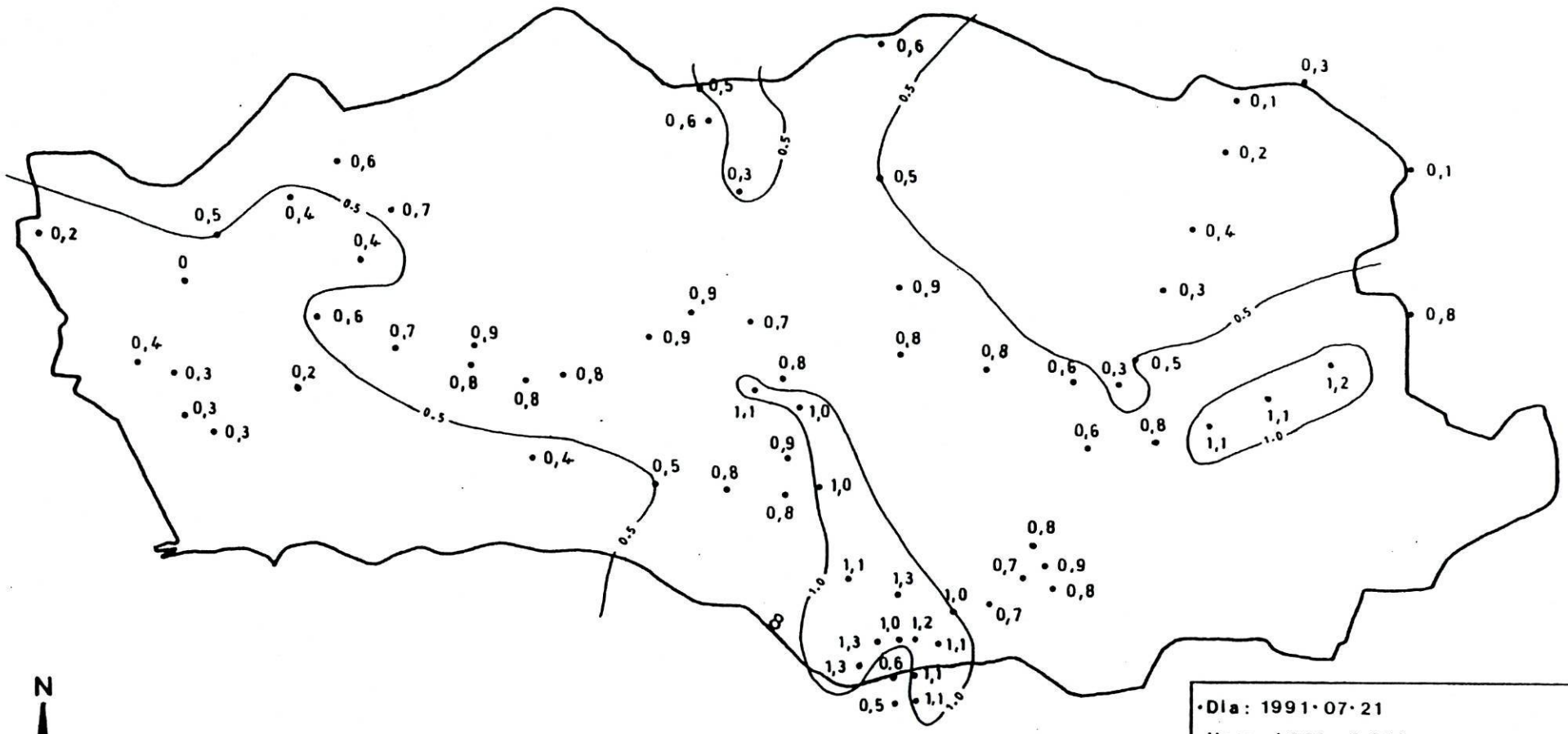
Nebulosidade razoavelmente elevada provocada pelo movimento ascendente do ar

- **Dia**: 1991·04·18
- **Hora**: 0.00h - 1.00h
- **Situação Sinóptica**: Centro Depressionário
- **Variação da Temperatura no Porto-Serra do Pilar** → 9.5 °C - 9.2 °C
- **Vento Predominante** → ESE

LEGENDA

- Limite do concelho
- Pontos de registo
- Isoanómalas deduzidas
- 0.5 Anomalia térmica relativamente a Porto-Serra do Pilar

76 d)- "Anomalias Térmicas Relativamente à Estação do Porto-Serra do Pilar"



N

Escala

0 500m

Ilha de calor **muito fraca** (1°C) na "Baixa"-Rotunda da Boavista-S.Roque
Associação do impacte das fontes de calor antrópico, da altitude e da proximidade do mar.

A acção amenizadora do oceano e do rio e o efeito da altitude diminuem as anomalias térmicas (dist. ao mar r= s/signif.; altitude r=s/signif.)

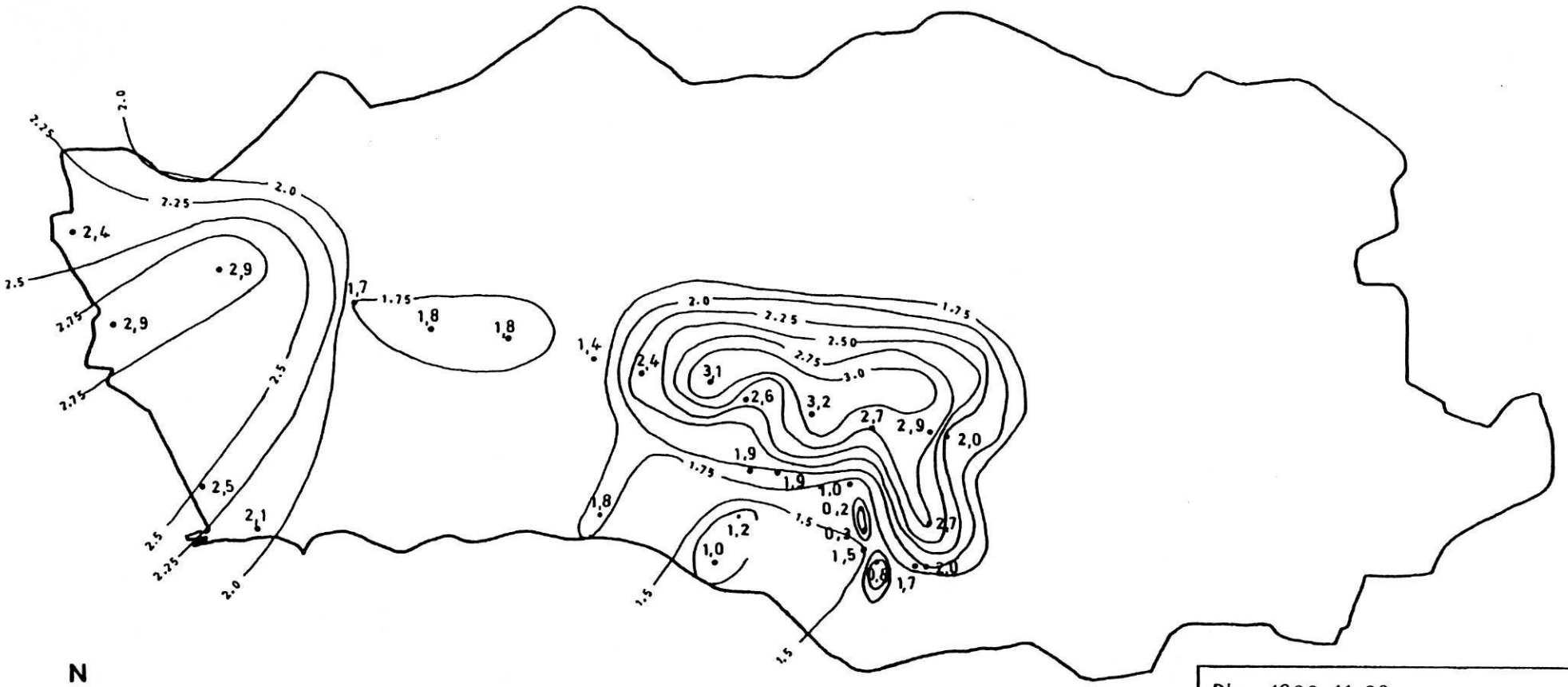
Massa de ar muito quente e com alguma humidade.
Centro depressionário de origem térmica - a ascensão da massa de ar deve-se exclusivamente ao forte aquecimento na base.
Nebulosidade fraca, neblinas e nevoeiros pouco espessos provocados pelo movimento ascendente do ar

- **Dia:** 1991·07·21
- **Hora:** 4.00h – 6.00h
- **Situação Sinóptica:** Depressão de Origem Térmica na Peninsula Ibérica
- **Variação da Temperatura no Porto-Serra do Pilar** → 17.1°C – 17.1°C
- **Vento Predominante** → SE

LEGENDA

- Limite do concelho
- Pontos de registo
- Isoanómalas deduzidas
- 0.5 Anomalia térmica relativamente a Porto-Serra do Pilar

76 e)- "Anomalias Térmicas Relativamente à Estação do Porto-Serra do Pilar"



N

Escala

0 500m

Ilha de calor **intensa (3°C)** na R.Boavista-Rotunda da Boavista
Não é junto ao mar que se registam as menores anomalias.

O efeito da altitude na área N e E da cidade contribuem para impedir que as áreas de topografia mais acidentada, e sobretudo de menor altitude da "baixa" sofram a movimentação do ar inerente a este tipo de situação sinóptica (dist. ao mar r= s/signif.; altitude r=s/signif.)
A humidade relativa em toda a cidade ronda os 100%

A trajectória do ar é de NW ou NNW . A cidade vai assistir à passagem dos dois ramos da frente.

Massa de ar muito húmida.

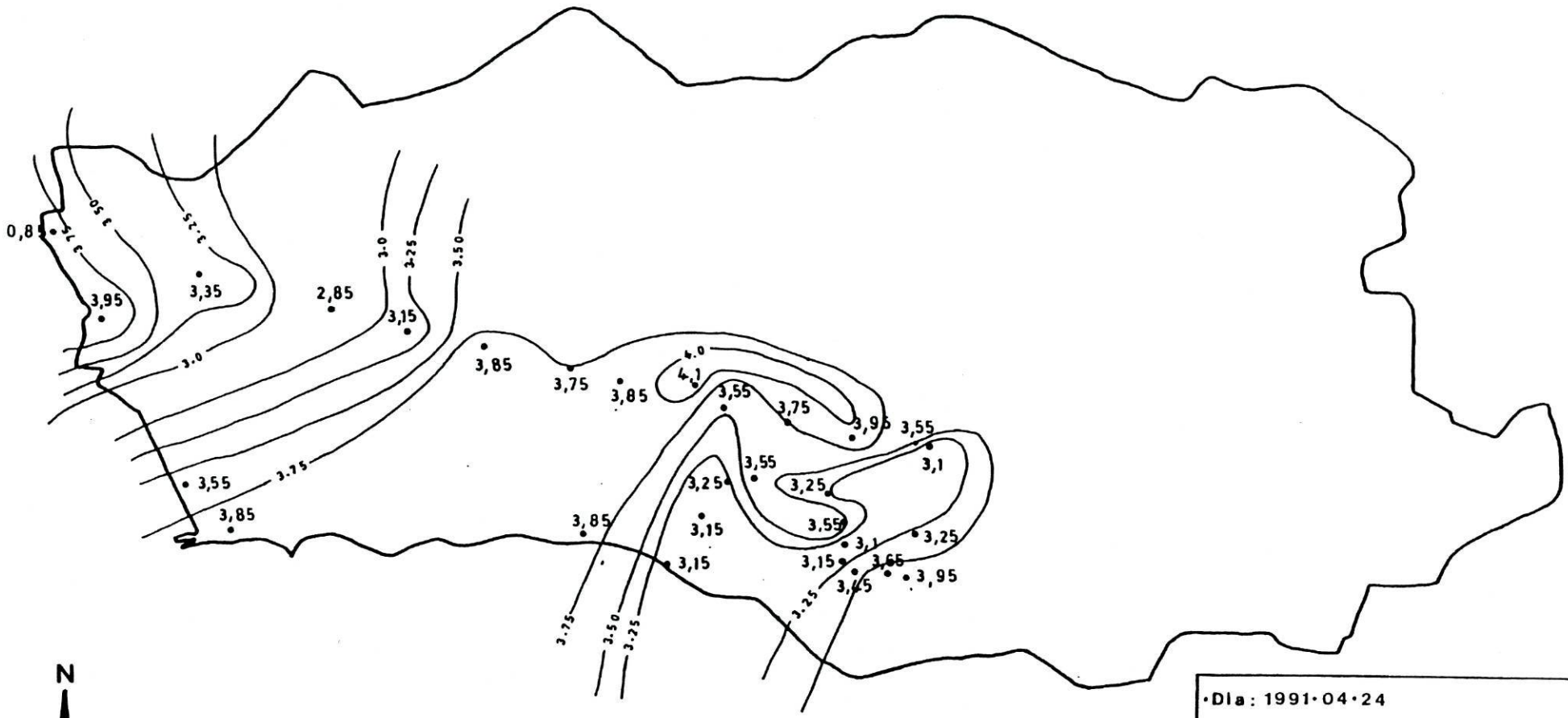
Nebulosidade relativamente elevada nesta altura do dia.

- Dia: 1989·11·03
- Hora: 0.00h - 1.00h
- Situação Sinóptica: Perturbação de Noroeste
- Variação da Temperatura no Porto-Serra do Pilar → 8.5°C - 7.6°C
- Vento Predominante → NNW

LEGENDA

- Limite do concelho
- Pontos de registo
- Isoanómalas deduzidas
- 0.5 Anomalia térmica relativamente a Porto-Serra do Pilar

76 f)- "Anomalias Térmicas Relativamente à Estação do Porto-Serra do Pilar"



Escala

0 500m

Ilha de calor **intensa (4°C)** na R.Boavista-Rotunda da Boavista
Junto ao mar registam-se as maiores anomalias.

O efeito da altitude na área N e E da cidade contribuem para impedir que as áreas de topografia mais acidentada, e sobretudo de menor altitude da "baixa" sofram a movimentação do ar inerente a este tipo de situação sinóptica .

A área centro/sul e a ponta ocidental/norte da cidade estão abrigadas da acção do ar mais fresco vindo de W e WNW (dist. ao mar r= s/signif.; altitude r=s/signif.)

A humidade relativa em toda a cidade ronda os 80% (ligeiramente inferior à do dia 3/11/89)

A trajectória do ar é de WNW. A massa de ar é ligeiramente mais quente que a do dia 3/1/89.

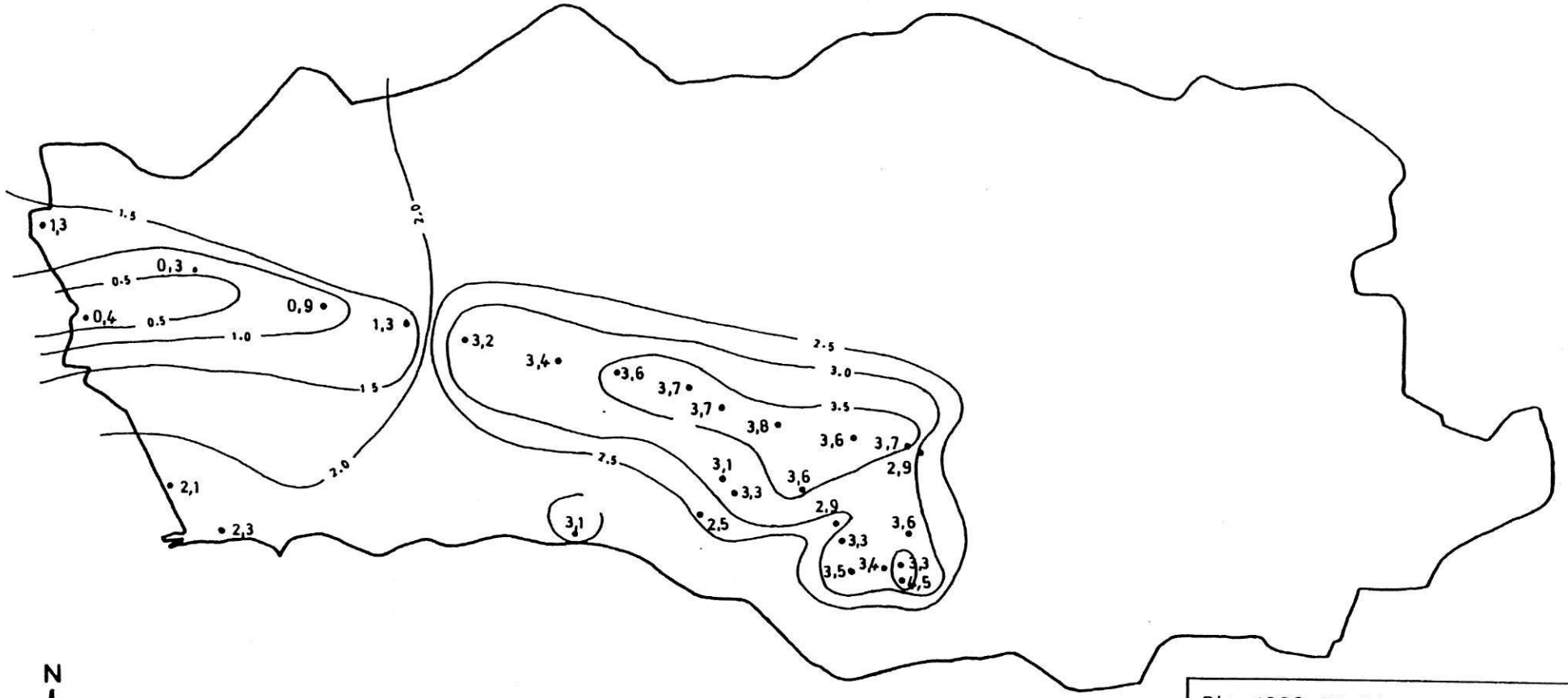
Nebulosidade relativamente elevada nesta altura do dia.

- **Dia:** 1991·04·24
- **Hora:** 0.00h - 1.00h
- **Situação Sinóptica:** Perturbação de Oeste Próxima
- **Variação da Temperatura no Porto-Serra do Pilar** → 9.3°C - 9.2°C
- **Vento Predominante** → WNW

LEGENDA

- Limite do concelho
- Pontos de registo
- Isoanomalas deduzidas
- 0.5 Anomalia térmica relativamente a Porto-Serra do Pilar

76 g)- "Anomalias Térmicas Relativamente à Estação do Porto - Serra do Pilar"



N

Escala

0 500m

Ilha de calor **Intensa** (4°C-3.5°C) na "Baixa" e na Pç. República-R.Boavista-Rotunda da Boavista

A intensidade máxima da "ilha de calor" associa a menor altitude com um grande contributo de fontes de calor antrópico. Junto ao mar está mais fresco.

Acção de uma massa de ar com grande estabilidade. É esta estabilidade que faz emergir a "ilha de calor" . A condensação dá-se à superfície e provoca nevoeiros e neblinas junto ao litoral.
Coef. de correlação com a dist ao mar=+0.84, com a altitude=+0.72.

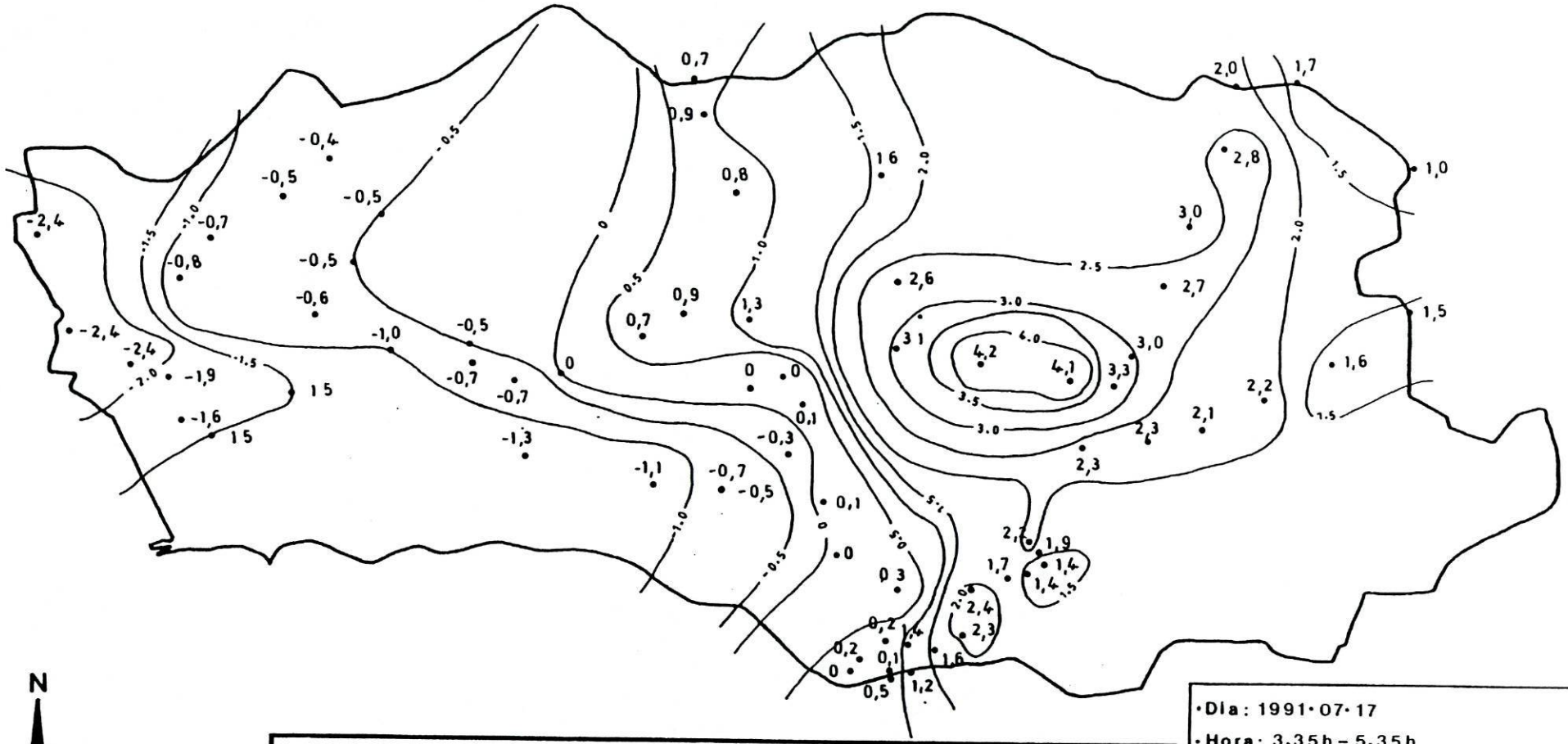
Vento fraco e calmas frequentes.
A humidade relativa oscila entre os 55% e os 90%.

- Dia: 1989-09-01
- Hora: 23.00h - 0.00h
- Situação Sinóptica: Anticiclone Atlântico Subtropical
- Variação da Temperatura no Porto-Serra do Pilar → 20.7°C - 19.9°C
- Vento Predominante → WNW

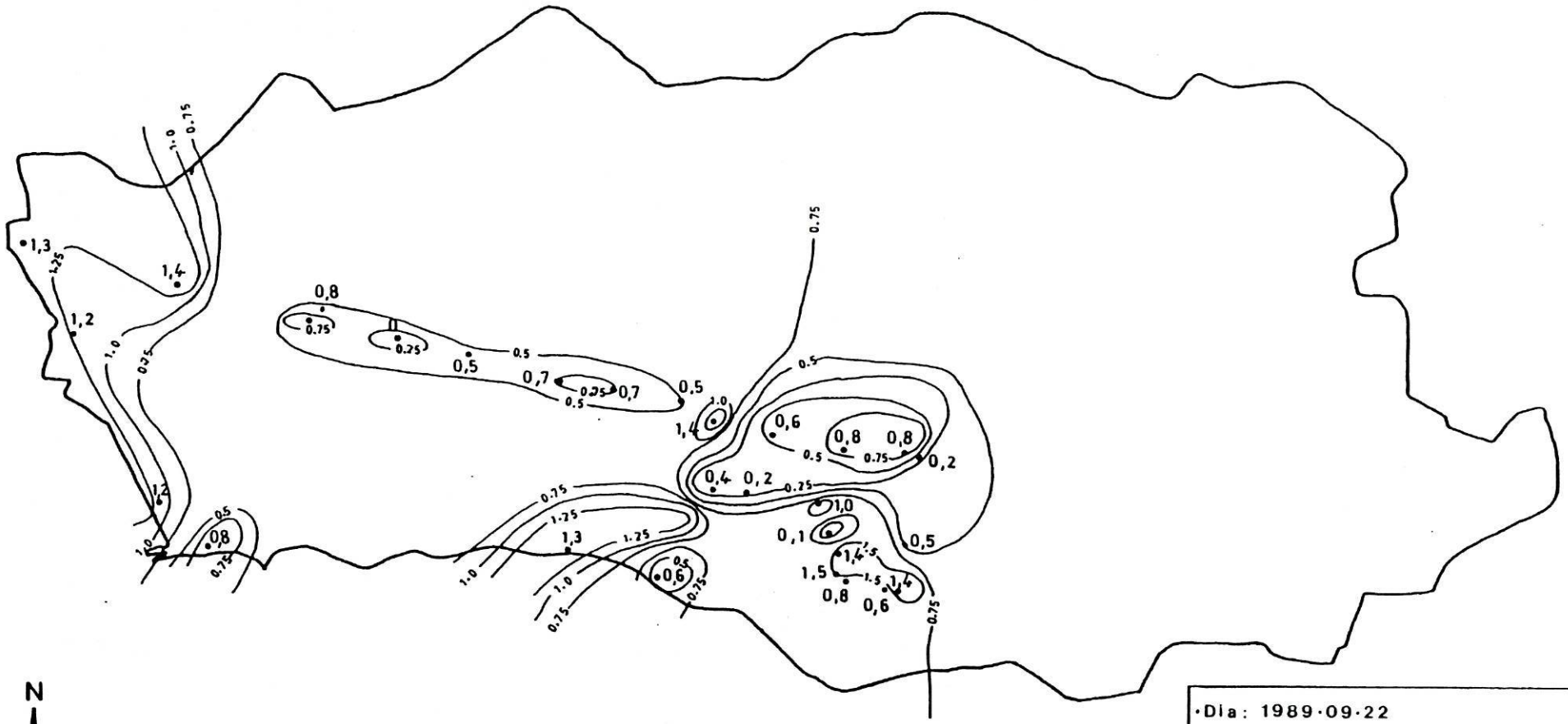
LEGENDA

- Limite do concelho
- Pontos de registo
- Isoanómalas deduzidas
- 0.5 Anomalia térmica relativamente a Porto-Serra do Pilar

76 h)- "Anomalias Térmicas Relativamente à Estação do Porto-Serra do Pilar"


0,7
0,9
0,8
1,6
2,0
1,7
2,8
1,0
3,0
2,6
2,7
1,5
3,1
4,2
4,1
3,3
3,0
2,2
1,6
2,1
2,3
2,3
-0,4
-0,5
-0,5
-0,5
-0,8
-0,5
-0,6
-0,7
-2,4
-2,4
-2,4
-1,9
-1,6
1,5
1,5
-1,0
-0,5
-0,7
-0,7
-1,3
-1,1
-0,7
-0,5
-0,3
0,1
0,1
0,3
0,2
0,2
0,1
0
0,5
1,2
1,6
2,4
2,3
2,2
1,9
1,7
1,4
1,4
0,9
0,7
1,3
0
0
0

76 i)- "Anomalias Térmicas Relativamente à Estação do Porto-Serra do Pilar"



N

Escala

0 500m

Ilha de calor **pouco intensa** (1.5°C) na "Baixa".
A intensidade máxima da "ilha de calor" localiza-se nos lugares a menor altitude dentro do centro da cidade.
A acção amenizadora dos dois mosaicos de água é notória no litoral e na marginal ribeirinha.

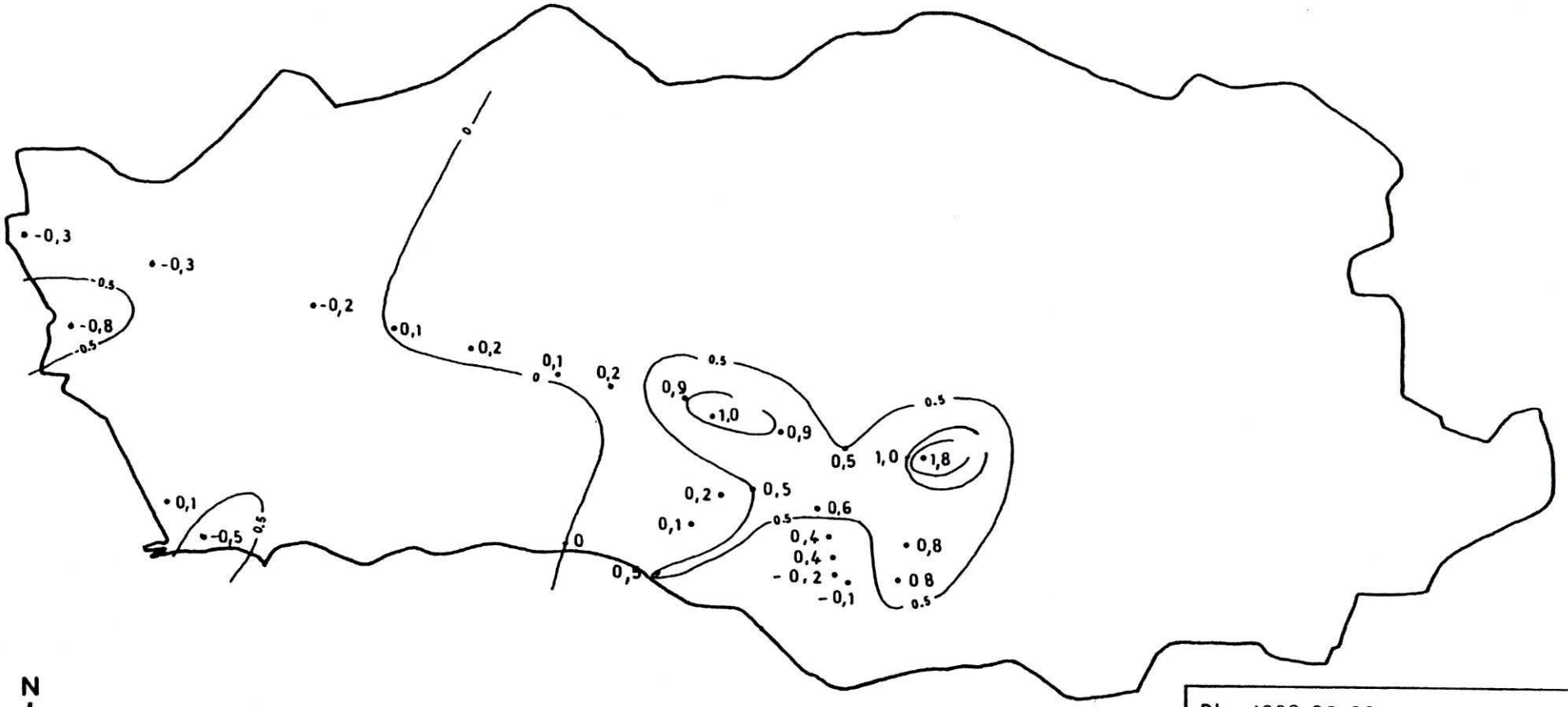
A influência do Antic.Atlân. Subtropical foi precedida pela passagem recente de uma frente fria. Ainda se faz sentir a presença de um ar mais denso e fresco.
Só os lugares topograficamente mais abrigados ou os quarteirões de maior compacidade escaparam à acção deste arrefecimento do ar.Coef. de correlação com a dist ao mar=+0.73, com a altit.=s/signif.).
Calmas frequentes.
A humidade relativa elevada (80 a 95%).

- Dia: 1989·09·22
- Hora: 0.00h - 1.00h
- Situação Sinóptica: Anticiclone Atlântico Subtropical
- Variação da Temperatura no Porto-Serra do Pilar → 12.4°C - 11.8°C
- Vento Predominante → NNW

LEGENDA

- Limite do concelho
- Pontos de registo
- Isoanómalas deduzidas
- 0.5 Anomalia térmica relativamente a Porto-Serra do Pilar

76 j)- "Anomalias Térmicas Relativamente à Estação do Porto-Serra do Pilar"



N

Escala

0 500m

Ilha de calor **pouco intensa (1.5°C)** na Pç.República- Boavista.
No litoral e na marginal ribeirinha temperaturas são mais baixas.

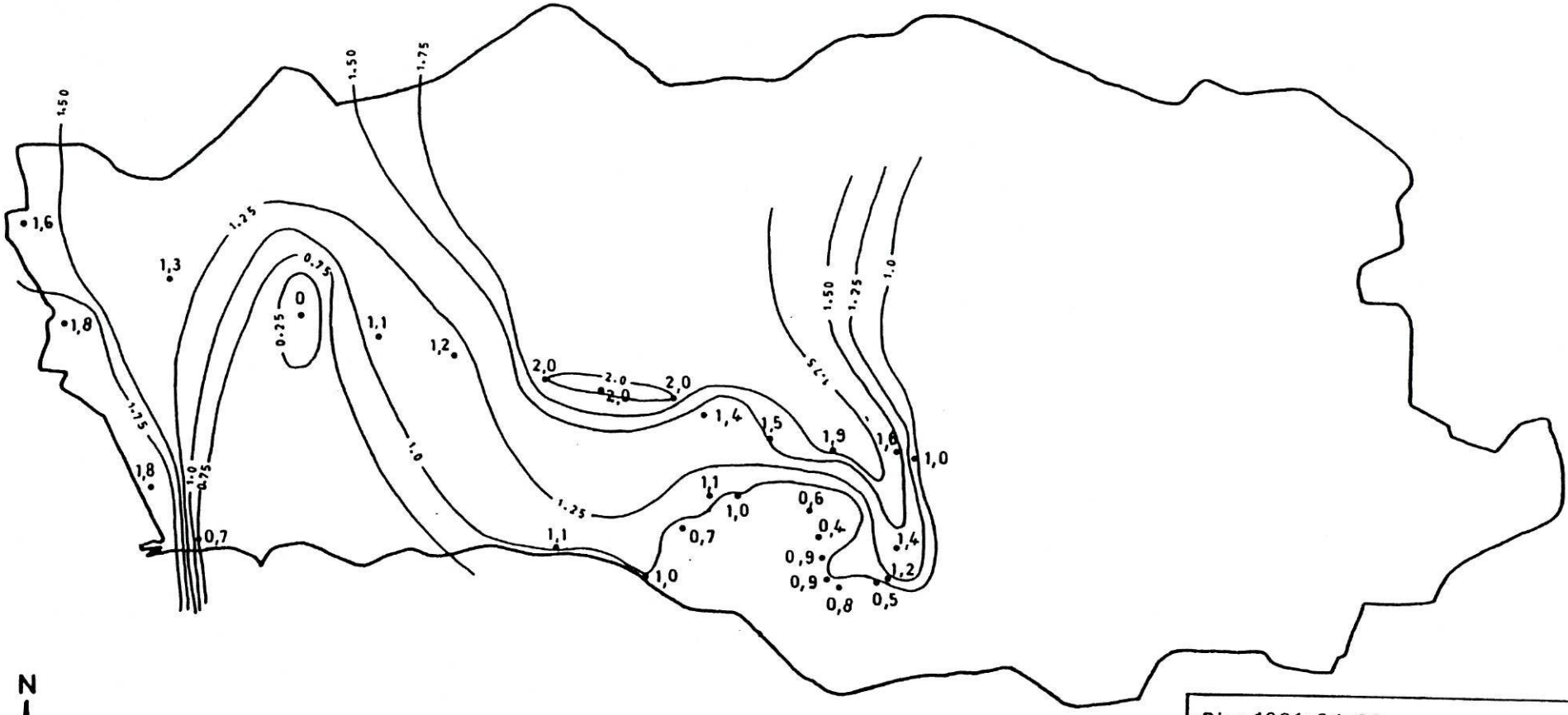
Massa de ar quente e muito húmida. Fraco gradiente barométrico. Calmas muito frequentes.Coef. de correlação com a dist ao mar=+0.68, com a altit.=+0.68.
A humidade relativa elevada (80 a 90%).

- **Dia:** 1989-08-22
- **Hora:** 0.00h – 1.00h
- **Situação Sinóptica:** Anticiclone Atlântico Subtropical
- **Variação da Temperatura no Porto-Serra do Pilar** → 19.6°C – 20.3°C
- **Vento Predominante** → WNW

LEGENDA

- Limite do concelho
- Pontos de registo
- Isoanómalas deduzidas
- 0.5 Anomalia térmica relativamente a Porto-Serra do Pilar

76 k)- "Anomalias Térmicas Relativamente à Estação do Porto-Serra do Pilar"



N

Escala

0 500m

Ilha de calor **pouco intensa** (2°C) na Rot.da Boavista-Av.Boavista
No litoral as temperaturas são mais elevadas do que na "Baixa".

Margem anticiclónica do Ant.Atlânt. misto estendido pela Europa.

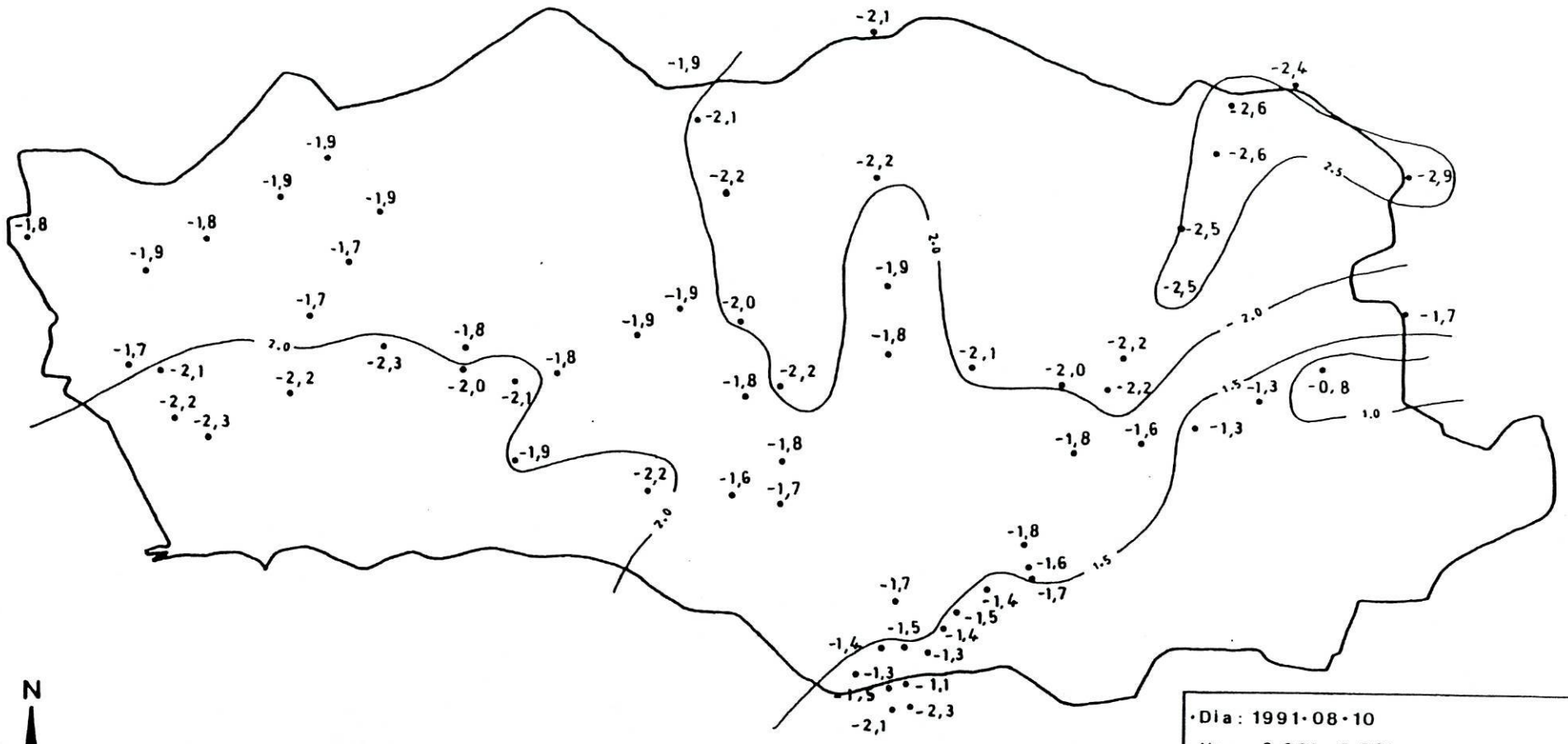
Massa de ar húmida e fresca associada ao seu trajecto oceânico (N ou NW) .
Vento fraco e calmas muito frequentes.Coef. de correlação com a dist ao mar=s/signif., com a altit.=s/signif.).
A humidade relativa elevada (65 a 75%).

- **Dia**: 1991·04·02
- **Hora**: 1.00h - 2.00h
- **Situação Sinóptica**: Margem Anticiclónica
- **Variação da Temperatura no Porto-Serra do Pilar** → 10.6 °C - 10.4 °C
- **Vento Predominante** → NW

LEGENDA

- Limite do concelho
- Pontos de registo
- Isoanómalas deduzidas
- 0.5 Anomalia térmica relativamente a Porto-Serra do Pilar

76 I)- "Anomalias Térmicas Relativamente à Estação do Porto-Serra do Pilar"



N

Escala

0 500m

Ilha de calor **inexistente (anomalias negativas)**
As temperaturas mais baixas na área oriental norte da cidade à qual correspondem as maiores altitudes e na área ocidental sul exposta à acção do mar e da foz do rio Douro.
As temperaturas menos baixas na área oriental sul, abrigada da acção do mar e bem exposta ao ar de E.

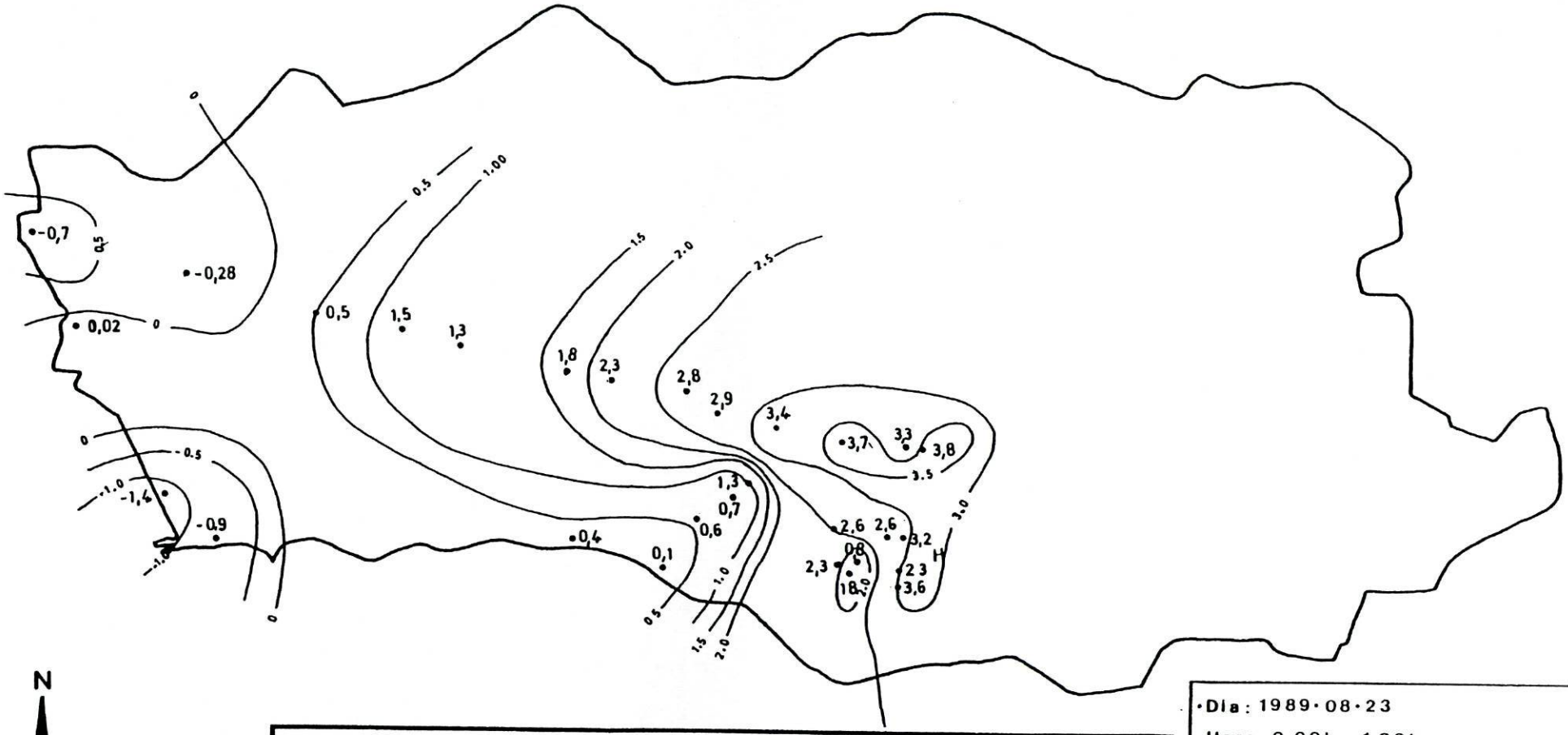
Massa de ar seca e muito quente com um trajecto de E ou ENE com relativa estabilidade.
Vento fraco. A brisa do mar faz-se sentir assim como a sua acção na temperatura.
Os postos a menor altitude têm temperaturas mais elevadas.
Coef. de correlação com a dist ao mar=s/signif., com a altit.= 0.41.
A humidade relativa fraca (30 a 40%) e céu limpo.

- Dia: 1991-08-10
- Hora: 3.00h-5.00h
- Situação Sinóptica: Anticiclone Atlântico Misto Estendido pela Europa
- Variação da Temperatura no Porto-Serra do Pilar → 24.1°C - 24.1°C
- Vento Predominante → E

LEGENDA

- Limite do concelho
- Pontos de registo
- Isoanómalas deduzidas
- 0.5 Anomalia térmica relativamente a Porto-Serra do Pilar

76 m)-"Anomalias Térmicas Relativamente à Estação do Porto-Serra do Pilar"



N

Escala

0 500m

Ilha de calor **intensa (3.5°C)** na "Baixa" e na Pç.República-R.Boavista
Temperaturas mais baixas próximo do litoral. Especialmente baixas junto à foz do rio Douro.

As temperaturas mais elevadas reflectem a influência das fontes de calor antrópico mas também o aquecimento adiabático do ar proveniente de E e NE

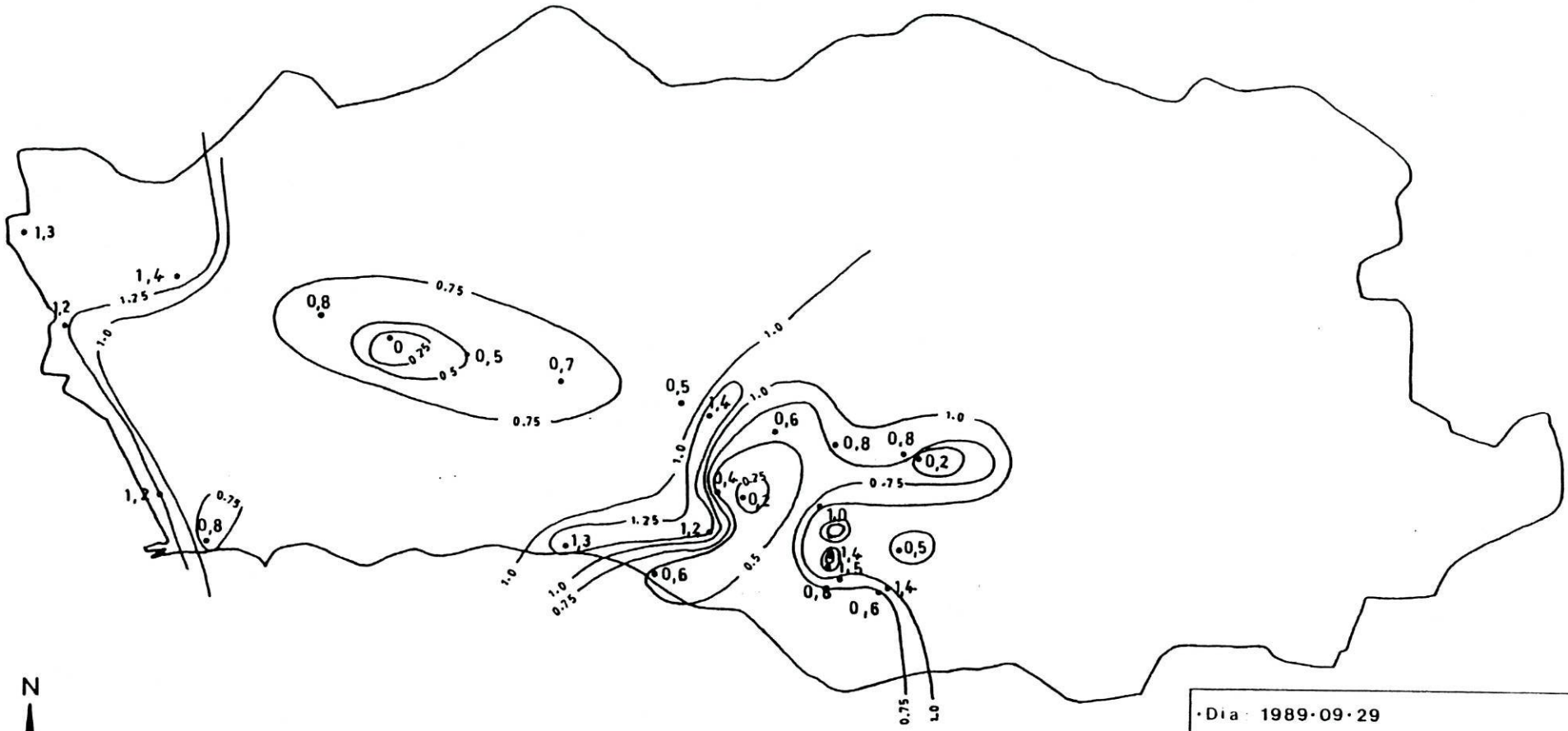
Massa de ar húmida e quente com circulação de E ou ENE.
Vento fraco.
Os postos a menor altitude têm temperaturas mais elevadas.
Coef. de correlação com a dist ao mar=+0.85, com a altit.=+0.89.
A humidade relativa elevada (70 a 90%) e céu limpo.

- Dia: 1989·08·23
- Hora: 0.00h - 1.00h
- Situação Sinóptica: Anticiclone Atlântico Misto Estendido pela Europa
- Variação da Temperatura no Porto-Serra do Pilar → 21.5°C - 20.4°C
- Vento Predominante → W

LEGENDA

- Limite do concelho
- Pontos de registo
- Isoanómalas deduzidas
- 0.5 Anomalia térmica relativamente a Porto-Serra do Pilar

76 n)- "Anomalias Térmicas Relativamente à Estação do Porto-Serra do Pilar"



N

Escala

0 500m

Ilha de calor **pouco intensa (1.5°C)** correspondendo ao núcleo histórico da cidade limitado a ocidente por um eixo aproximadamente SSE-NNW entre a ponte da Arrábida e a Rot. da Boavista. Junto ao mar as temperaturas voltam a ser semelhantes às do centro da cidade.

Margem anticiclónica do Ant.Atlânt. misto estendido pela Europa.

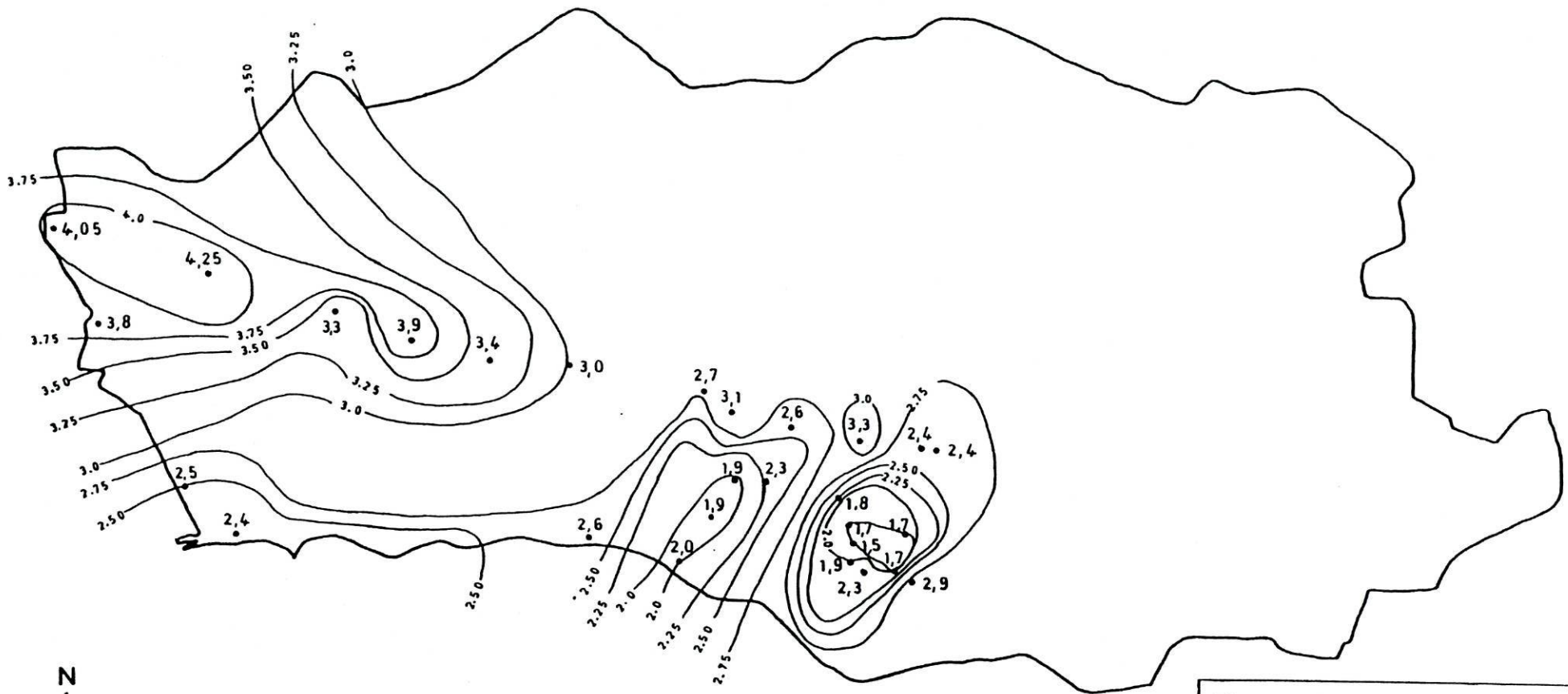
Massa de ar seca e quente com um trajecto de E.
Vento fraco. A brisa do mar faz-se sentir assim como a sua acção na temperatura.
Os postos a menor altitude têm temperaturas mais elevadas.
Coef. de correlação com a dist ao mar= 0.76., com a altit.= 0.79.
A humidade relativa fraca (30 a 40%).

- Dia: 1989-09-29
- Hora: 0.00h - 1.00h
- Situação Sinóptica: Margens Anticiclónicas
- Variação da Temperatura no Porto-Serra do Pilar → 19.9°C-18.9°C
- Vento Predominante → ESE

LEGENDA

- Limite do concelho
- Pontos de registo
- 0.5 Isoanomalas deduzidas
- 0.5 Anomalia térmica relativamente a Porto-Serra do Pilar

76 o)- "Anomalias Térmicas Relativamente à Estação do Porto-Serra do Pilar"



N

Escala

0 500m

Ilha de calor **intensa (3°C)** na Rot.Boavista-

As temperaturas mais elevadas são no litoral (+4°C). A acção amenizadora do mar faz-se sentir ao longo de toda a Av Boavista.

Massa de ar seca e muito fria. A corrente de ESE que afecta Portugal transporta um ar muito frio, denso, estável.
O vento é fraco e as calmas frequentes.

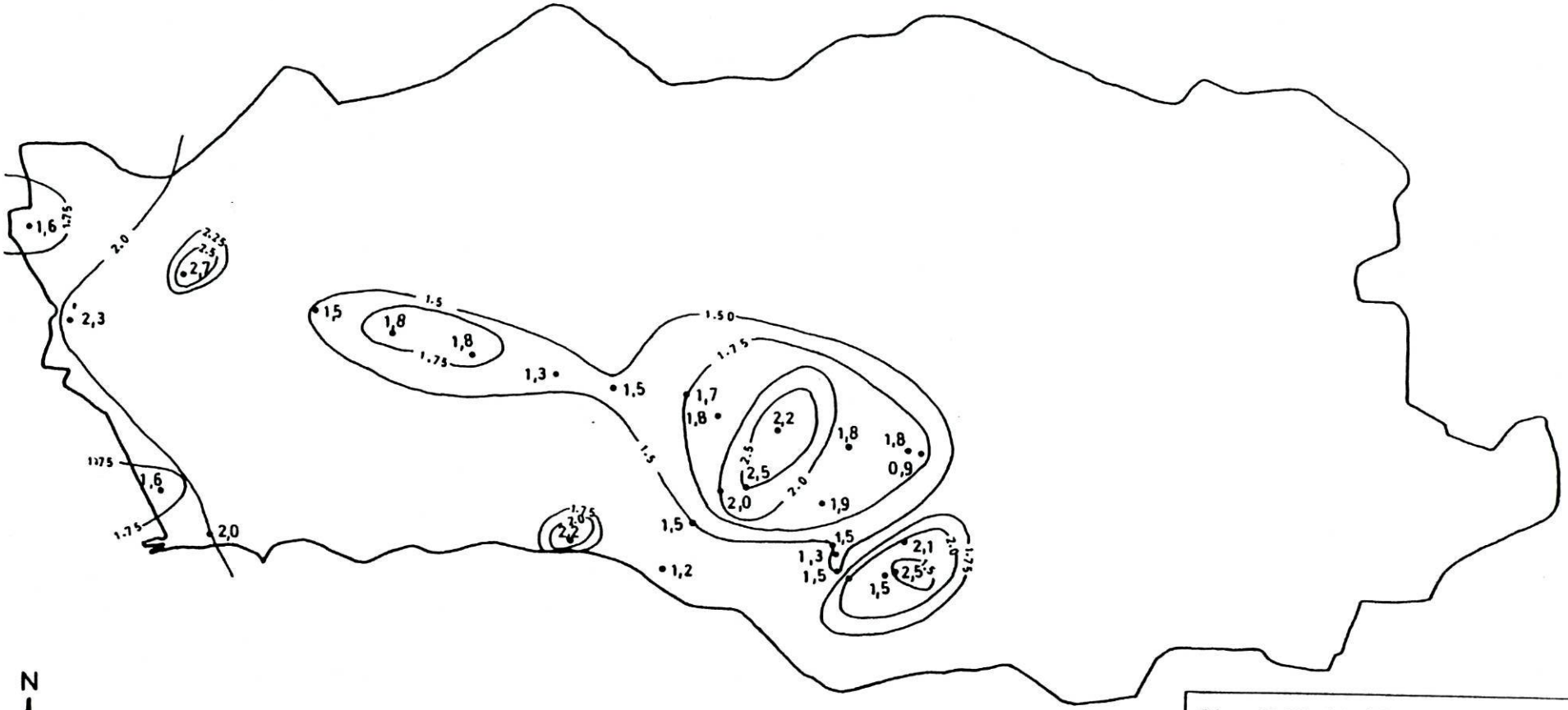
Coef. de correlação com a dist ao mar= 0.72, com a altit.= 0.54.
Os lugares a maior altitude e os mais distantes do mar são os mais frios(?)

- Dia: 1990-01-12
- Hora: 0.00h - 1.00h
- Situação Sinóptica: Anticiclone Atlântico Misto ligado ao A.Térmico da Europa
- Variação da Temperatura no Porto-Serra do Pilar → 4.5°C - 4.0°C
- Vento Predominante → ESE

LEGENDA

- Limite do concelho
- Pontos de registo
- Isoanómalas deduzidas
- 0,5 Anomalia térmica relativamente a Porto-Serra do Pilar

76 p)- "Anomalias Térmicas Relativamente à Estação do Porto-Serra do Pilar"



N

Escala

0 500m

Ilha de calor **intensa (2.5°C)** na Rot.Boavista-Galiza e na "Baixa"

As temperaturas mais baixas não são no litoral. A acção amenizadora do mar não se faz sentir porque a movimentação do ar é muito fraca.

Margem anticicónica do anticiclone atlântico misto com apófise polar. Massa de ar é muito húmida e com temperatura moderada. A corrente de NW que afecta Portugal tem um longo percurso oceânico. Vento fraco e calmas frequentes.

Coef. de correlação com a dist ao mar=s/signif, com a altit.=s/signif.

- Dia: 1989-09-08
- Hora: 0.00h - 1.00h
- Situação Sinóptica: Margens Anticiclónicas
- Variação da Temperatura no Porto-Serra do Pilar → 16.4°C - 16.1°C
- Vento Predominante → WNW / NW

LEGENDA

- Limite do concelho
- Pontos de registo
- Isoanómalas deduzidas
- 0.5 Anomalia térmica relativamente a Porto-Serra do Pilar

Logo numa primeira impressão visual de conjunto, da cartografia das isoanómalas médias, ressalta o facto da média das anomalias térmicas ser positiva para qualquer dos pontos de registo. Até em lugares muito próximos da estação do Porto-Serra do Pilar, em termos de distância em linha recta, mas localizados na margem direita do rio Douro (Fig. 11a e 11b), a diferença de temperatura rondou os +1.5°C (Fig.76a).

Numa observação mais cuidada é possível definir o núcleo mais quente da cidade, que engloba uma vasta área, em **L** invertido, desde a Rua da Boavista até à "Baixa", limitado pela isoanómala dos +2°C e que inclui três "picos" térmicos cujas diferenças de temperatura rondaram os +2.5°C (Praça da Liberdade, Palácio dos Correios e Rua da Boavista junto à Carvalhosa). Para S e W deste núcleo a temperatura vai progressivamente decrescendo, à medida que nos aproximamos do rio Douro e do mar, respectivamente (Fig. 76a).

As menores anomalias médias não correspondem, porém, aos pontos de registo mais afastados do centro da cidade, mas sim àquilo que parece ser a coalescência de duas áreas de influência diversas. A isolinha dos 0°C, próximo da Av. Antunes Guimarães, não acompanha o limite ocidental da cidade, como seria de esperar, se o único factor explicativo fosse, como nos exemplos-modelo, a intensidade do fenómeno de urbanização.

A W da Av. Antunes Guimarães as anomalias térmicas aumentam até à linha de costa, registando valores médios idênticos aos da marginal ribeirinha do Douro (+1.5°C). Torna-se, portanto, evidente a importância que tem, para a compreensão do clima da cidade do Porto, a presença próxima tanto do mar como da extensa mancha verde correspondente ao Parque da Cidade.

Pormenorizando ainda um pouco mais a análise, emergem outros factores geográficos, associados a cada um dos postos de registo, de que se destacam a altitude, o tipo de ocupação do solo e a volumetria dos edifícios[172].

4.4.5. Anomalias térmicas e tipos de tempo

Após estes indícios claros da presença de um "padrão térmico" singular dentro da cidade, desagregámos esta imagem genérica, obtida através das

---

[172]Recorde-se o que a este propósito ficou dito no capítulo III e particularmente na informação transmitida pelas figuras 11, 13, 19, 21 e 22, assim como nas considerações introdutórias deste capítulo, mais precisamente no ponto 1.2.

médias dos desvios, cartografando as anomalias em cada um dos dias, individualmente, agrupando-os segundo o tipo de situação sinóptica presente (Fig. 76 b a 76 p).

Embora fosse nosso propósito efectuar as medições itinerantes de temperatura, também, durante o dia, não nos foi, de todo, possível obter séries de registos cuja qualidade justificasse a sua inclusão nesta fase do trabalho.

Todavia, e no sentido de sublinhar que tal como seria de prever, a padronização térmica dos espaços urbanizados depende grandemente da fase do ciclo diário da temperatura que se pretende analisar, incluímos na nossa análise 4 exemplos efectuados no final da tarde[173] (Fig. 77).

Para cada um dos exemplos seleccionados, calculámos os coeficientes de correlação entre algumas características de *posição* associadas a cada posto (coeficiente de ocupação do solo[174], altitude, distância ao mar[175]) e as anomalias térmicas aí observadas (Quadro XLVII).

Reconhecendo, claramente, a impossibilidade de *compreender* o funcionamento do subsistema climático urbano a partir de uma abordagem, em que todas as variáveis sejam consideradas em simultâneo, optámos pela valorização de uns factores explicativos em detrimento de outros, consoante a escala de análise a que for efectuada a *leitura* da distribuição das temperaturas na cidade do Porto (Quadro XLVIII).

Enquanto a relação "situação sinóptica-ilha de calor" contribui para exercitarmos algumas extrapolações, sobre o modo como a *forma* e a *intensidade* da *ilha de calor* variam com as características físico-químicas da atmosfera, as características geográficas de cada quarteirão, onde se inclui cada posto de registo, ajudam-nos a comprender, um pouco melhor, a variabilidade térmica observável dentro da cidade (Quadro XLVIII).

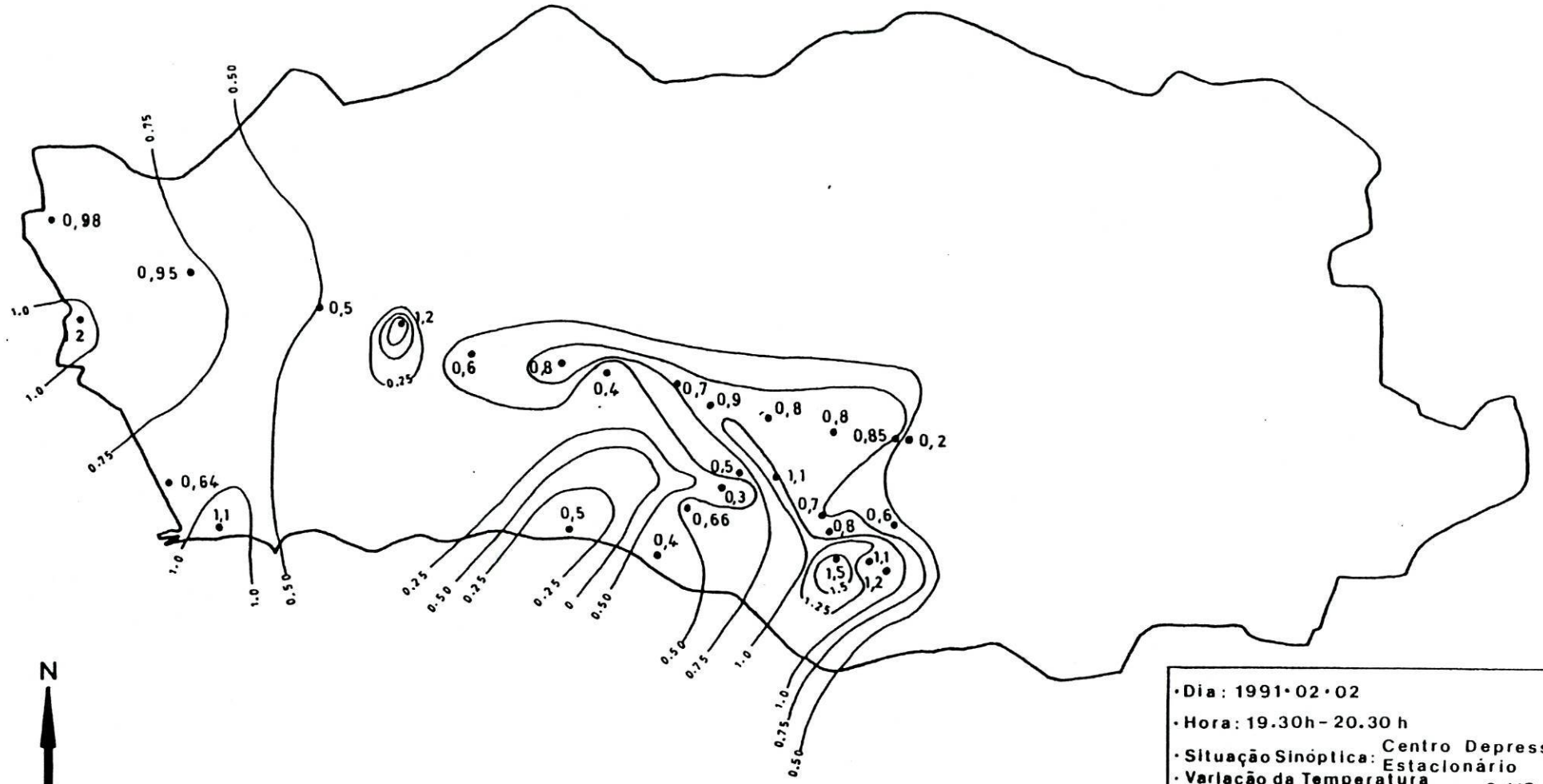
---

[173]Ver nota 168.

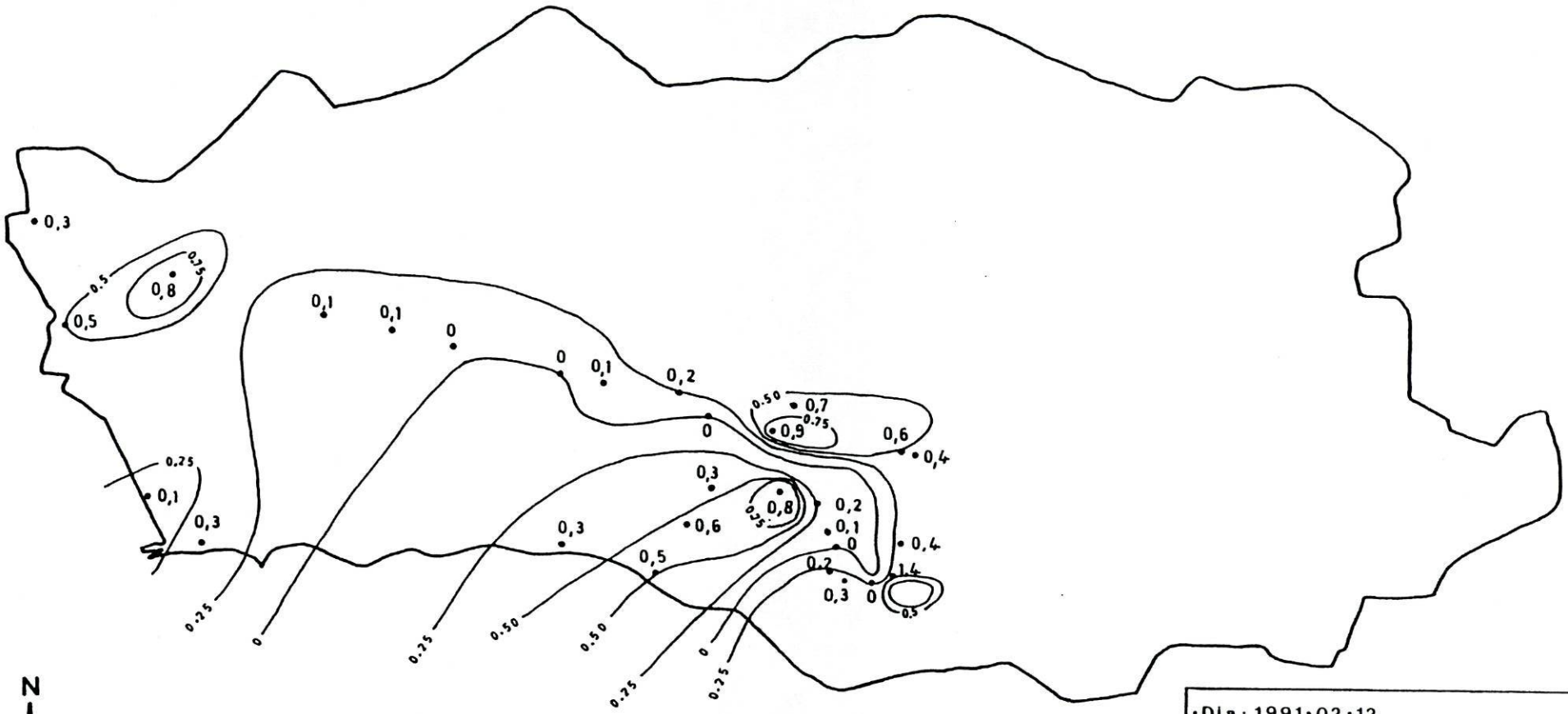
[174]CMP, Plano Geral de Urbanização, 1987.

[175]Medida em linha recta numa carta à escala 1:25000.

77 a)- "Anomalias Térmicas Relativamente à Estação do Porto-Serra do Pilar"



77 b)- "Anomalias Térmicas Relativamente à Estação do Porto-Serra do Pilar"



N

Escala

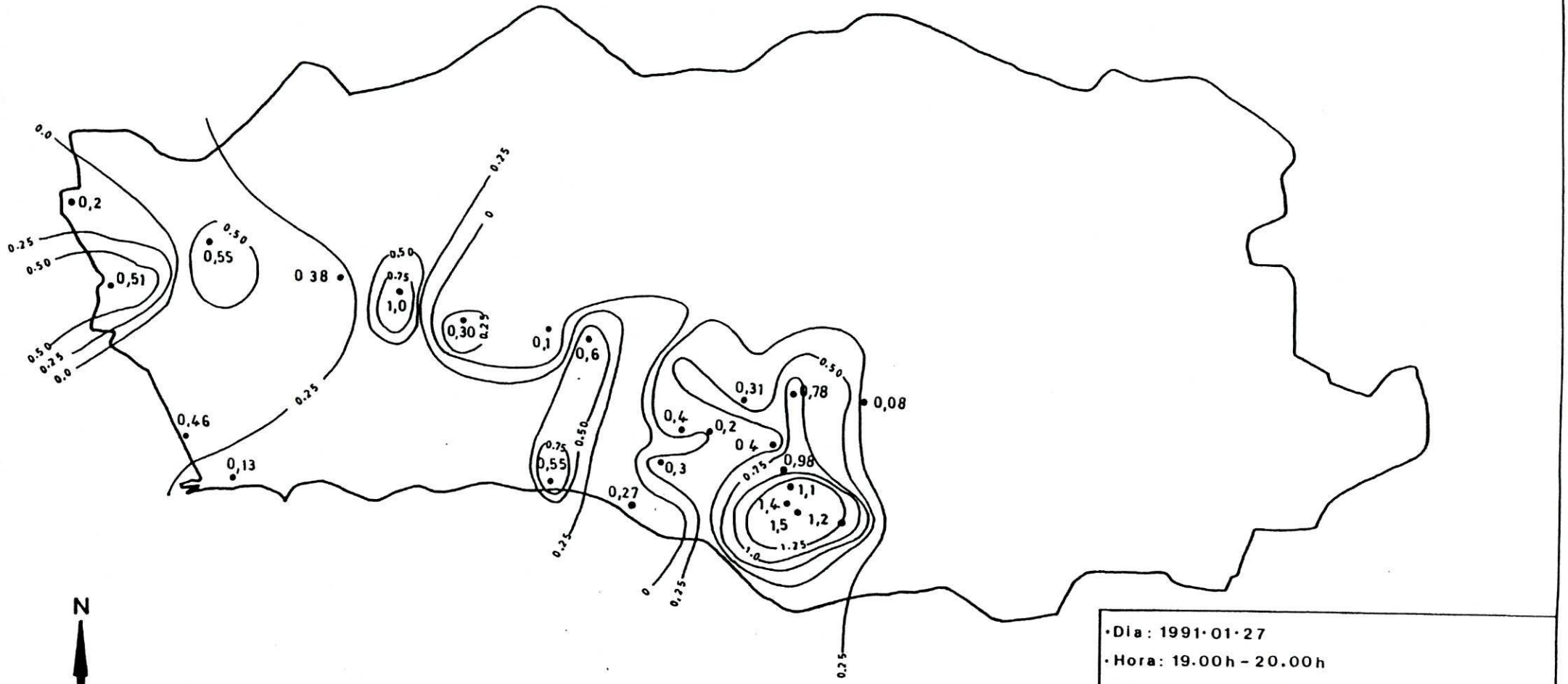
0 500m

- Dia: 1991-02-12
- Hora: 18.30h – 19.30h
- Situação Sinóptica: Centro Depressionário Estacionário
- Variação da Temperatura no Porto-Serra do Pilar → 9°C – 8.6°C
- Vento Predominante → ENE

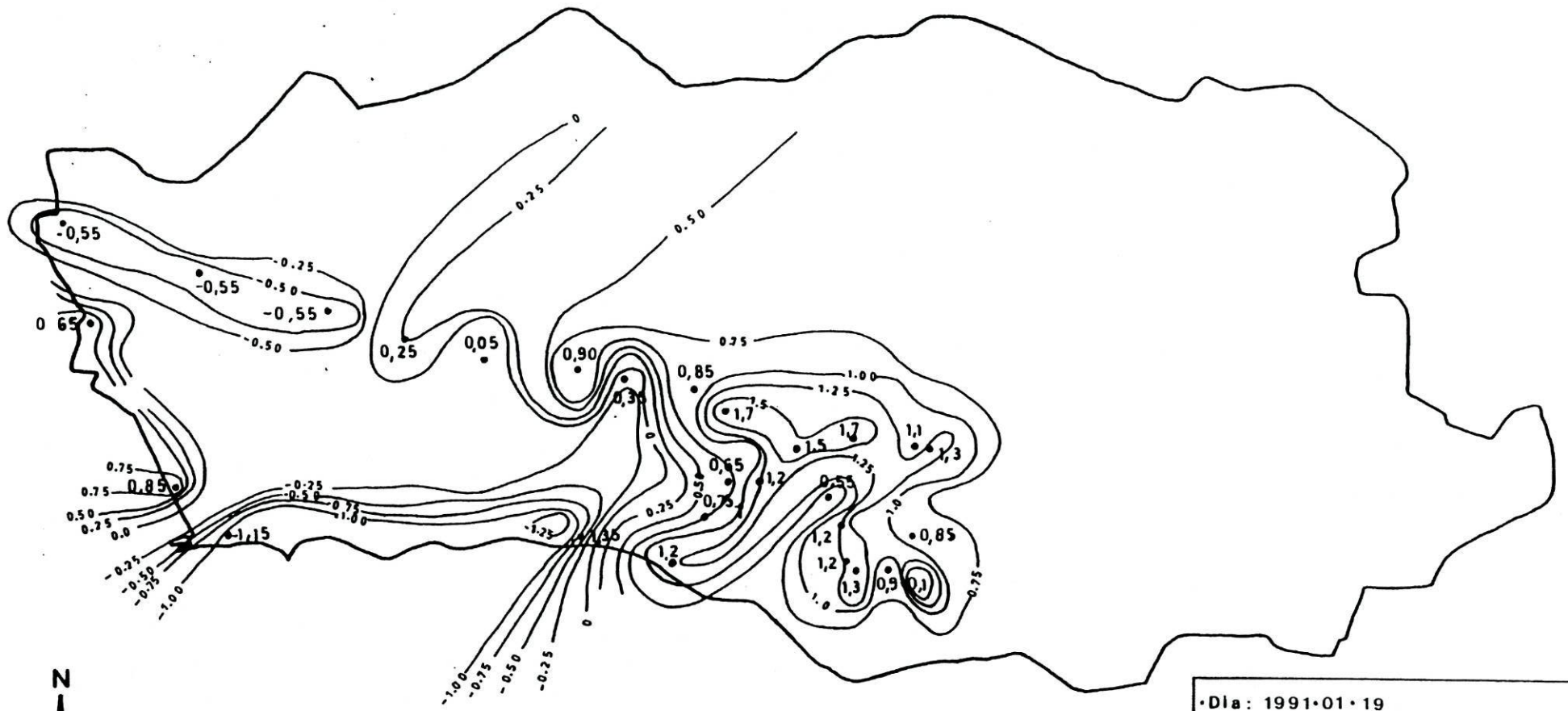
LEGENDA

- Limite do concelho
- Pontos de registo
- Isoanómalas deduzidas
- 0.5 Anomalia térmica relativamente a Porto-Serra do Pilar

77 c)- "Anomalias Térmicas Relativamente à Estação do Porto-Serra do Pilar"



77 d)- "Anomalias Térmicas Relativamente à Estação do Porto-Serra do Pilar"



- Dia: 1991·01·19
- Hora: 20.00h – 21.00h
- Situação Sinóptica: Anticiclone Atlântico Misto ligado ao A. Térmico da Europa
- Variação da Temperatura no Porto-Serra do Pilar → 12.8°C – 12.7°C
- Vento Predominante → E

LEGENDA

- Limite do concelho
- Pontos de registo
- Isoanómalas deduzidas
- 0,5 Anomalia térmica relativamente a Porto-Serra do Pilar

SITUAÇÃO SINÓPTICA		DATA	HORA	INTENSIDADE DA "ILHA DE CALOR"	FORMA DA "ILHA DE CALOR	COEF. DE CORRELAÇÃO	FREQUÊNCIA RELATIVA DE CADA SIT.SINÓPTICA (1987/1991)												Variação da H Rel.na cidade	Intens. I.Calor
							JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ		
SIT.DEPRESS	CENTRO DEP. (dinâmico)	3-8-89	0.00-1.00	intensa (4°C)	Boavista -PçRepública -AvLiberdade	Dist ao mar = + 0.71 altitude = + 0.69	7%	(6%)	6%	(18%)	22%	16%	(12%)	(19%)	9%	14%	22%	15%	50-80%	
	CENTRO DEP. (dinâmico)	18-4-91	0.00-1.00	muito intensa (6°C)	Boavista -PçRepública -AvLiberdade	Dist ao mar = + 0.58 altitude = + 0.68													85-90%	
	CENTRO DEP. (térmico)	21-7-91	4.00-6.00	muito fraca (1°C)	Boavista -"Baixa"	Dist ao mar = s/sig altitude = s/sig													100%	
PERTURB	PERT. DE NW	3-11-89	0.00-1.00	intensa (3°C)	Boavista -"Baixa"	Dist ao mar = s/sig altitude = s/sig	0%	4%	3%	4%	2%	3%	0%	2%	0%	0%	(7%)	0%	100%	
	PERT. DE W próxima	24-4-91	0.00-1.00	intensa (4°C)	Boavista -"Baixa"	Dist ao mar = s/sig altitude = s/sig	12%	13%	7%	(11%)	3%	0%	0%	0%	0%	17%	6%	8%	80%	
ANT.ATL. SUBT.	ANT. ATL SUB	1-9-89	23.00-0.00	intensa (4°C)	Boavista -PçRepública -AvLiberdade	Dist ao mar = + 0.84 altitude = + 0.72	0%	6%	4%	0%	5%	34%	(57%)	(42%)	(28%)	5%	3%	0%	60-90%	
	ANT. ATL SUB	17-7-91	3.35-5.35	intensa (4°C)	Marquês- F. Magalhães	Dist ao mar = + 0.77 altitude = + 0.85													65-90%	
	ANT. ATL SUB	22-9-89	0.00-1.00	pouco intensa (1.5°C)	Boavista -PçRepública -AvLiberdade	Dist ao mar = + 0.73 altitude = s/sig													80-90%	
	ANT. ATL SUB	22-8-89	0.00-1.00	pouco intensa (1.5°C)	Boavista -PçRepública	Dist ao mar = + 0.68 altitude = + 0.68													80-90%	
ANT.ATL. MISTO EST. P/ EUROPA	ANT. ATL MISTO EST EUROPA	10-8-91	3.00-5.00	inexistente	Boavista -PçRepública -AvLiberdade	Dist ao mar = s/sig altitude = - 0.41	8%	11%	24%	11%	15%	5%	2%	(11%)	13%	10%	5%	15%	40%	
	ANT. ATL MISTO EST EUROPA	23-8-89	0.00-1.00	intensa (3.5°C)	Boavista-Pç.República -"Baixa"	Dist ao mar = + 0.85 altitude = + 0.89													70-90%	
	MARGEM	2-4-91	1.00-2.00	pouco intensa (2°C)	Boavista	Dist ao mar = s/sig altitude = s/sig	5%	9%	19%	(22%)	22%	11%	15%	8%	(23%)	14%	13%	11%	65-70%	
	MARGEM	29-9-89	0.00-1.00	pouco intensa (1.5°C)	Boavista-"Baixa"	Dist ao mar = - 0.76 altitude = - 0.79													40%	
ANT.ATL.MISTO LIGADO AO ANT. TÉRMICO EUR.		12-1-91	0.00-1.00	intensa (3°C)	Boavista	Dist ao mar = - 0.72 altitude = - 0.54	(20%)	5%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	8%	3%	80-100%	
MARGEM DO ANT.ATL.MISTO C/APÓF.POLAR		8-9-89	0.00-1.00	intensa (2.5°C)	Boavista-Galiza; "Baixa"	Dist ao mar = s/sig altitude = s/sig	2%	7%	2%	0%	6%	6%	0%	0%	(3%)	3%	11%	3%	95-100%	
SIT.DEPRESS	CENTRO DEP. (dinâmico)	2-2-91	19.30-20.30	pouco intensa (1.5°C)	"Baixa"	Dist ao mar = s/sig altitude = s/sig													70-75%	
	CENTRO DEP. (dinâmico)	12-2-91	18.30-19.30	muito fraca (0.75°C)	Boavista -Galiza	Dist ao mar = s/sig altitude = s/sig													40-50%	
ANT.EUROPEU		27-1-91	19.00-20.00	pouco intensa (1.5°C)	"Baixa"	Dist ao mar = + 0.54 altitude = + 0.44	(11%)	2%	0%	0%	5%	0%	0%	0%	2%	0%	2%	6%	60-80%	
ANT.ATL.MISTO LIGADO AO ANT. TÉRMICO EUR.		19-1-91	20.00-21.00	pouco intensa (1.5°C)	Boavista	Dist ao mar = + 0.57 altitude = + 0.68													70-90%	

Anomalias: 0 - 2°C; 2.5 - 4°C; 4.5 - 6°C

Quadro XLVII - Síntese dos resultados obtidos nas medições itinerantes de temperatura e humidade relativa na cidade do Porto entre 1987 e 1991.

Factores explicativos do clima urbano	Área de influência
Mosaicos de água / Tipo de cobertura do solo	Toda a área urbanizada
Condições meteorológicas (variáveis no tempo)	Toda a área urbanizada
Uso do solo	Subáreas dentro da cidade
Altitude	Subáreas dentro da cidade
Factores de posição	Pontos de registo dentro da cidade
Espaços verdes	Pontos de registo dentro da cidade
Orientação das ruas	Pontos de registo dentro da cidade

Quadro XLVIII - Factores explicativos do clima urbano

Embora, também no que respeita ao clima urbano, "o todo não seja igual à soma das partes", esperamos com este procedimento, de etapa em etapa, conseguir, pelo menos, eleger alguns dos vectores principais, responsáveis pelos vários padrões térmicos observáveis na cidade do Porto.

4.4.5.1. Representatividade da amostra

Os exemplos seleccionados traduzem cinco dos subtipos que abordámos, detalhadamente, no ponto 5.1. do capítulo VI.

Incluem cinco situações sob influência de centros depressionários (térmicos e dinâmicos), duas situações de perturbação e doze casos sob a influência de diversas situações anticiclónicas e margens (Quadro XLVII).

O peso relativo de cada um dos exemplos escolhidos, na época do ano a que dizem respeito, foi calculado a partir da análise anteriormente elaborada, e da informação sintetizada no Quadro XXIX. Cada um dos dias seleccionados evidencia um comportamento da atmosfera frequente nessa época do ano, pelo menos, no período considerado (Quadro XLVII).

4.4.5.2. A intensidade da "ilha de calor" sob a acção de diversos tipos de tempo[176]

A intensidade da "ilha de calor" em dias sob a acção de diversas situações sinópticas foi extremamente variável.

Desde um dia em que toda a cidade apresentou anomalias negativas fortes, superiores a -2.5°C, até ao outro exemplo extremo, em que o centro da cidade registou diferenças de temperatura acima dos 6°C (Quadro XLVII). Mesmo sob a acção de condições meteorológicas semelhantes, a intensidade da "ilha de calor" foi muito diversa (Quadro XLVII).

Repare-se que não é, de forma alguma, evidente, qualquer predomínio das maiores intensidades da "ilha de calor" em dias sob influência de circulações anticiclónicas, como a vasta literatura consultada e a lógica fariam supôr. Aliás, foi, até, sob a acção deste tipo de situação sinóptica que se observaram anomalias negativas em toda a cidade.

Durante o dia, a intensidade da "ilha de calor" diminui. Apesar dos exemplos utilizados corresponderem ao fim da tarde, e a uma época do ano em que melhor se deveria evidenciar o contributo de outras fontes de calor artificial, que não a radiação solar, constata-se que os maiores desvios de temperatura não ultrapassam o 1.5°C.

No conjunto de medições nocturnas não sobressai qualquer diferença na intensidade da "ilha de calor" entre os registos efectuados no início da noite (entre as 23h e a 1h) e os efectuados no fim da noite (entre as 3h30m e as 6h). Em qualquer dos exemplos obtivemos "ilhas de calor", muito fracas, fracas e intensas.

4.4.5.3. A forma da "ilha de calor" sob a acção de diversos tipos de tempo

Tal como acontece com a intensidade, também a forma da "ilha de calor", ou mais exactamente, a temperatura registada em diversos pontos da cidade, não depende directamente do tipo de situação sinóptica presente[177].

---

[176]A necessidade de manter a maior proximidade possível entre o "comentário" e a "imagem", para facilitar a compreensão da singularidade de cada um dos exemplos, levou-nos a adicionar, em cada uma das representações cartográficas das isoanómalas, um pequeno comentário crítico ao padrão térmico, que nos dispensamos de repetir neste momento.

[177]Idem da nota anterior.

Interessante, porém, é verificar que o núcleo principal, evidente na média das anomalias, surge repetidamente quaisquer que sejam as condições físicas da atmosfera.

Embora na restante área urbana a distribuição das isoanómalas varie de uns dias para outros, o eixo Av.Aliados-Pç.República-R.Boavista coincide, sempre, com as maiores anomalias positivas[178].

Aliás, este núcleo, especialmente evidente nos registos do percurso 1, e um outro eixo, entre a Pç. do Marquês e a R.da Constituição, resultante dos registos efectuados no percurso 2, distinguem-se, claramente, como o conjunto de postos, que com maior frequência registaram anomalias térmicas positivas (Fig.78).

A isolinha que engloba os *scores* correspondentes a mais de 2 dias em que cada posto, de qualquer dos percursos, ultrapassou o valor da **média + um desvio padrão**[179], ilustra bem o que poderia ser menos fácil de deduzir da leitura conjunta dos cerca de 20 exemplos seleccionados (Fig.78).

Tal como já se destacava na análise da média das anomalias, também com este procedimento estatístico sobressaem, com mais de 50% dos casos, os postos de registo na Pç. da Liberdade e no cruzamento Carvalhosa-R.Boavista.

Torna-se, também, evidente a grande importância da acção amenizadora do oceano, constante em mais de 25% dos dias, numa estreita faixa da área ocidental da cidade.

Para além destes dois "picos" emerge, frequentemente, na cartografia dos registos obtidos no percurso 1, um "vale" no troço ocidental da Av. da Boavista. Esta diminuição da temperatura entre o Foco e a Av. Antunes Guimarães, a escassos 2000 metros da costa, repete-se sob a influência dos mais diversos tipos de tempo (Fig.76b a Fig.76p e Fig.77a a Fig.77d).

Testemunho disso é o facto da temperatura registada nesta área da cidade não ter em nenhum dos dias ultrapassado o valor da média+1desvio padrão (Fig.78).

---

[178]Mesmo no dia 10-8-1991, quando toda a cidade registou temperaturas abaixo das registadas na estação de Porto-Serra do Pilar, este núcleo foi aquele cujas anomalias eram abaixo dos -1.5°C.

[179]Trata-se de um procedimento matemático simples que permite converter um conjunto de séries com características diversas num formato comum. Ao calcular a média das temperaturas registadas em cada um dos dias e ao adicionar-lhe um indicador da dispersão da série (o desvio padrão) passa a ser possível comparar cada uma das séries entre si.

A média e o desvio padrão para os registos de temperatura em cada uma das medições itinerantes seleccionadas constam do Quadro XLVI.

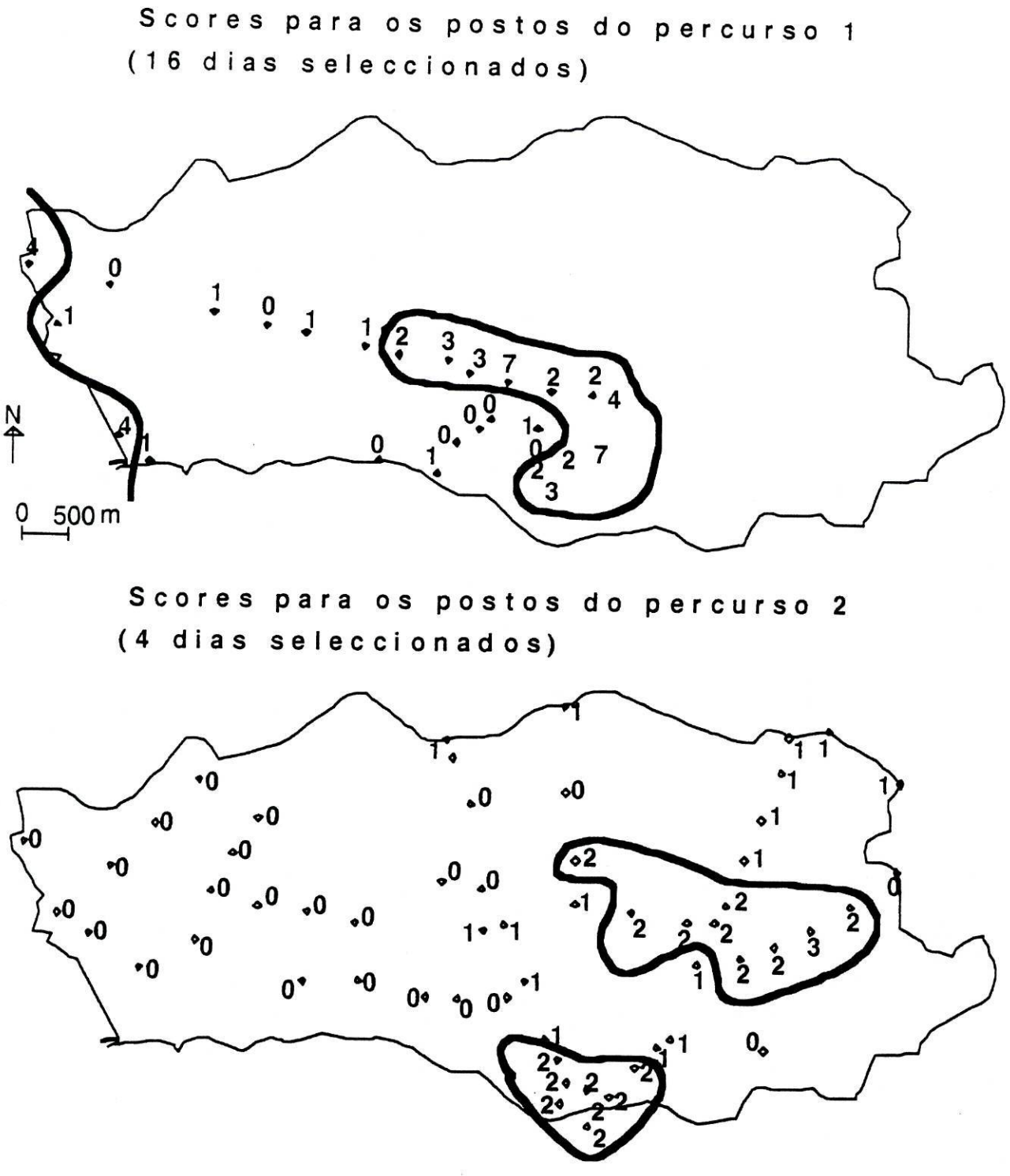


Fig. 7 8 - Pontos de medição com maior frequência de anomalias térmicas positivas
(os valores dos *scores* inscritos nas figuras correspondem à frequência absoluta das anomalias que ultrapassaram o valor da média +1 desvio padrão para esse dia)

4.4.6. A importância explicativa da altitude, da distância ao mar e da densidade de ocupação do solo na forma e na intensidade da "ilha de calor"

Contrariamente ao que esperávamos, não encontrámos qualquer correlação significativa entre os coeficientes de ocupação do solo, dos quarteirões em que se inscreve cada um dos postos de registo, e as anomalias térmicas[180].

A altitude e a distância ao mar, por seu lado, revelaram-se factores explicativos de grande importância para a compreensão, tanto da forma, como da intensidade, das anomalias encontradas (Quadro XLVII e Quadro XLIX).

Estes dois factores geográficos só não condicionaram o comportamento térmico da cidade do Porto em dias sob influência de perturbações, de centros depressionários e em alguns dos dias sujeitos à presença de margens anticiclónicas (Quadro XLVII).

Percurso	Nº postos	grau de sign. 0.1	grau de sign. 0.05	grau de sign. 0.02	grau de sign. 0.01	grau de signif. 0.001
1	30	r = 0.29	r = 0.34	r = 0.40	r = 0.44	r = 0.55
2	70	r = 0.19	r = 0.23	r = 0.27	r = 0.30	r = 0.37

Quadro XLIX - Coeficientes de correlação para diversos graus de significado[181]

---

[180]Utilizámos os coeficientes de ocupação do solo publicados pela Câmara Municipal do Porto no Plano Geral de Urbanização, Carta 1C, 1987.

Pensamos que o facto de nesta publicação os quarteirões terem sido agrupados apenas em 5 classes (0-2m^3/m^2, 2-5m^3/m^2, 5-8m^3/m^2 e > 8m^3/m^2) contribui decisivamente para diluir as diversidades reais entre os postos de registo, impedindo que o coeficiente de correlação tivesse qualquer expressividade.

[181]Estes coeficientes devem ser comparados com os coeficientes de correlação do Quadro XLVII para avaliar o seu grau de significado.

A menor capacidade de controle, no padrão de distribuição das temperaturas, exercido pela altitude e pela proximidade ao mar, na presença deste tipo de situações sinópticas, traduz-se por uma alteração do núcleo mais quente da cidade, reduzindo-o espacialmente (Fig. 79), o que nem sempre significa uma diminuição da intensidade da "ilha de calor".

Embora nos dias sob a acção do anticiclone atlântico subtropical, a força da relação positiva entre as anomalias térmicas e estes dois factores geográficos seja, de facto, notável, não é possível generalizar e afirmar o mesmo para outros subtipos de situações anticiclónicas (Quadro XLVII).

Isto vem comprovar a complexidade da teia de relações envolvidas nos processos de resolução do subsistema climático portuense, onde não pode ser descurada a importância de outros elementos, pelo menos no que diz respeito ao balanço energético.

Repare-se nos três exemplos seleccionados com centros depressionários, ou nos 4 dias sob a acção do anticiclone atlântico subtropical, ou ainda, nos dois casos escolhidos sob influência do anticiclone atlântico misto estendido pela Europa (Quadro XLVII e Fig. 79).

Apesar das condições atmosféricas, em cada um destes grupos de dias, serem muito semelhantes, a distribuição das temperaturas e a ordem de grandeza das diversidades observadas na área urbana foram consideravelmente distintas.

O sentido com que se estabelece a correlação entre as anomalias térmicas e a altitude, ou entre aquelas e a distância ao mar, ajuda-nos a compreender as repercussões diferenciadas que cada tipo de tempo tem em diversos pontos da cidade, mas não nos elucida, por si só, sobre a intensidade da "ilha de calor" (Quadro L).

DIA	S.SINÓPTICA	VENTO	R (dist.mar)	R (altitude)	"Pico térmico"
18-4-91	C.DEP.	ESE	+	+	**6°C**
17-7-91	A.ATL.SUBT.	CALMAS	+	+	**4°C**
3-8-89	C.DEP.	ESE	+	+	**4°C**
22-8-89	A.ATL.SUBT.	WNW	+	+	**1.5°C**
23-8-89	A.ATL.M.EUR	W	+	+	**3.5°C**
1-9-89	A.ATL.SUBT.	WNW	+	+	**4°C**
22-9-89	A.ATL.SUBT.	NNW	+	+	**1.5°C**
12-1-91	A.ATL.M.EUR	ESE	-	-	**3°C**
10-8-91	A.ATL.M.EUR	ESE	-	-	inexistente
29-9-89	MARGEM	ESE	-	-	**1.5°C**

Fonte : Quadro XLVII

Quadro L - Dias em que a altitude e a distância ao mar apresentaram fortes correlações (positivas e negativas) com as anomalias térmicas.

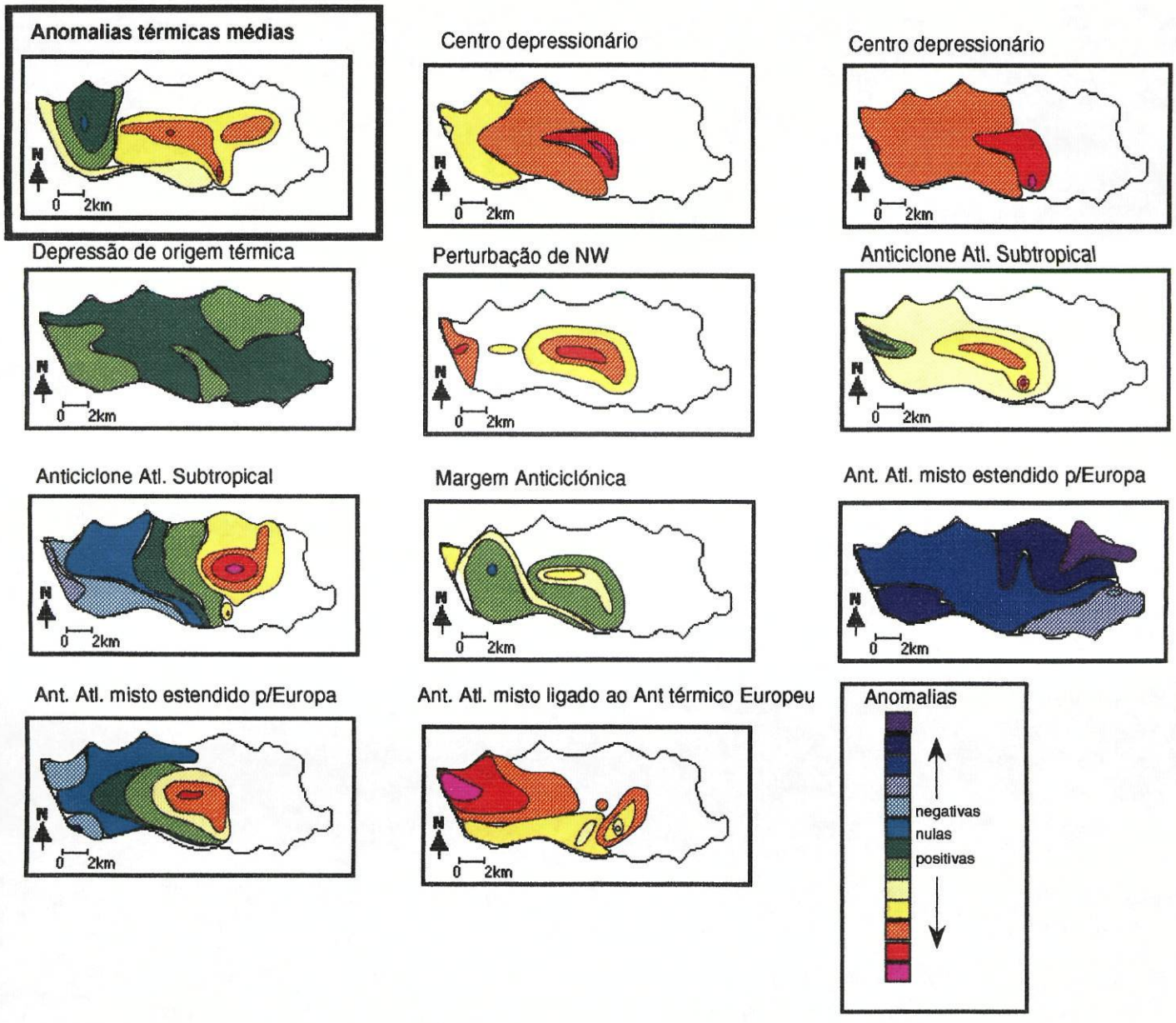


Fig. 79 - Representação esquemática das formas e intensidades da "ilha de calor" portuense sob a acção de diversas situações sinópticas.

Nem recorrendo à associação do sentido do coeficiente de correlação com a situação sinóptica e o rumo predominante do vento, é possível detectar, através deste procedimento estatístico, qualquer relação com a intensidade da "ilha de calor", sabendo-se, no entanto, à partida, que esta se localiza, insistentemente, numa área afastada do mar e engloba áreas deprimidas topograficamente.

4.4.6.1. A distância ao mar

Dias em que a temperatura junto ao mar e no centro da cidade foi semelhante

A acção amenizadora do mar nas temperaturas nocturnas portuenses, influenciou, com frequência, uma faixa considerável da área ocidental da cidade. Revejam-se as representações cartográficas das isoanómalas para os dias: 22/9/89, 29/9/89, 3/11/89, 12/1/91, 2/2/91, 2/4/91, 18/4/91 e 24/4/91.

Os reflexos da proximidade do mar, evidentes neste conjunto de dias, nem sempre são traduzidos, estatisticamente, por fortes coeficientes de correlação negativos (Quadro XLVII).

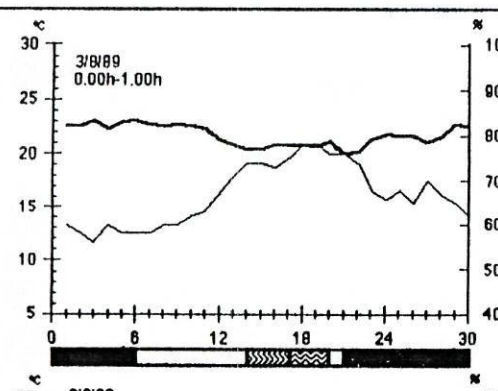
Nos dias influenciados pela margem anticiclónica e pelo anticiclone atlântico misto estendido pela Europa, em que a circulação predominante foi de ESE (29/9/89 e 12/1/90), com vento fraco e calmas frequentes, os coeficientes de correlação foram, de facto, fortes e negativos.

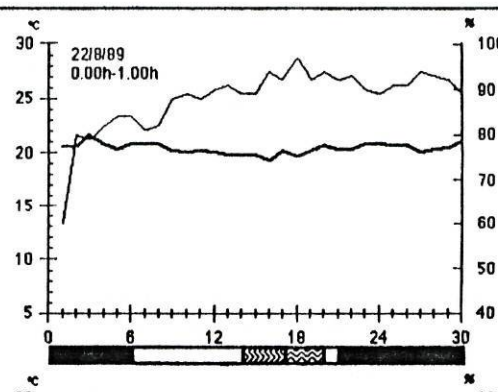
No centro da cidade, particularmente na "Baixa", registaram-se temperaturas mais baixas do que nas proximidades do mar (Fig.80).

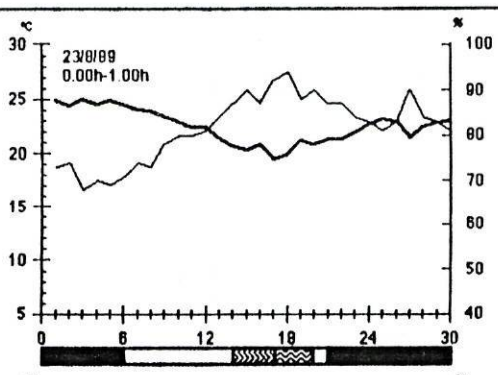
Como demonstram os, igualmente fortes, coeficientes de correlação negativos com a altitude, os lugares deprimidos topograficamente estiveram mais quentes do que aqueles que se localizam a maior altitude (Quadro XLVII).

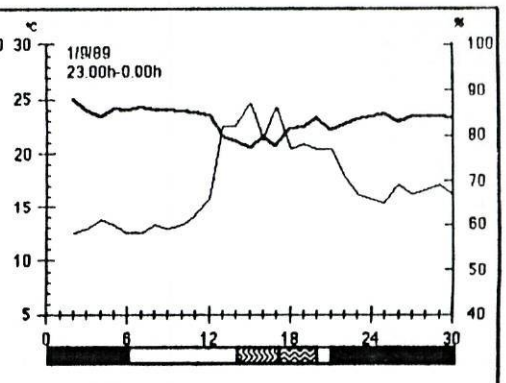
No dia 29/9/89 a cidade esteve sob a influência de uma massa de ar seca e quente, com vento fraco do quadrante E. O mar, apesar do seu maior calor específico, já está, nesta época do ano, suficientemente quente para promover o aquecimento das áreas que lhe ficam mais próximas.

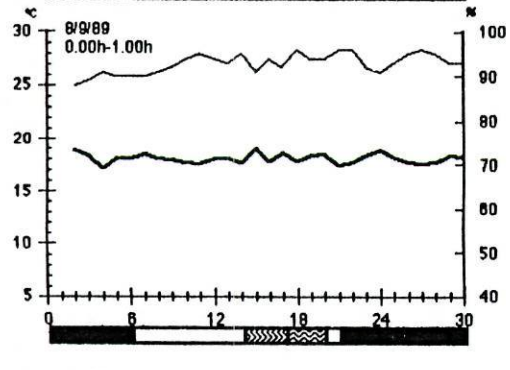
Relembre-se que a humidade relativa foi extremamente baixa ($\leq$40%), em toda a cidade (Fig.80). O que, aliás, vem sublinhar a fraca movimentação do ar e, ao mesmo tempo, as elevadas temperaturas verificadas junto ao mar.

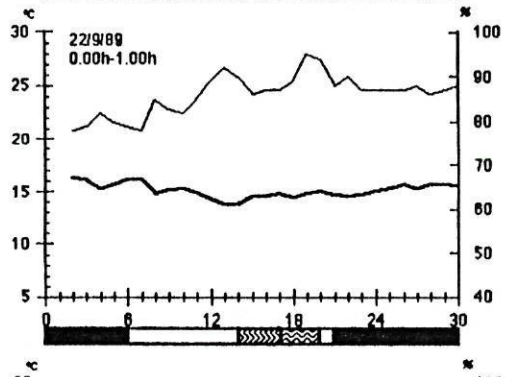


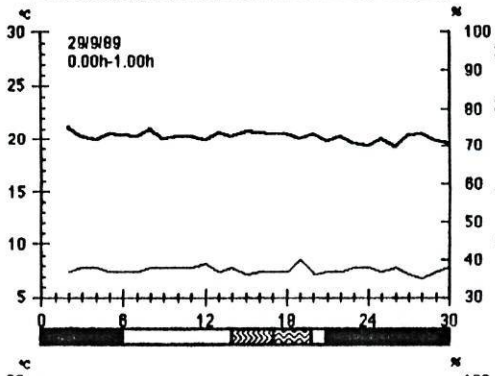


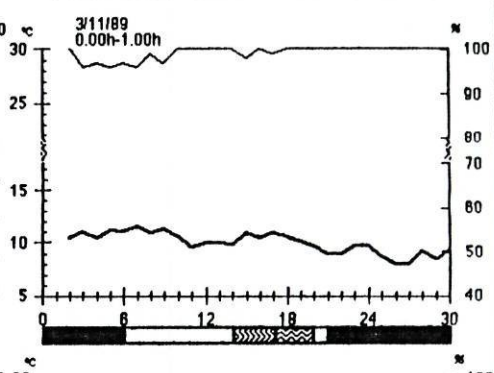


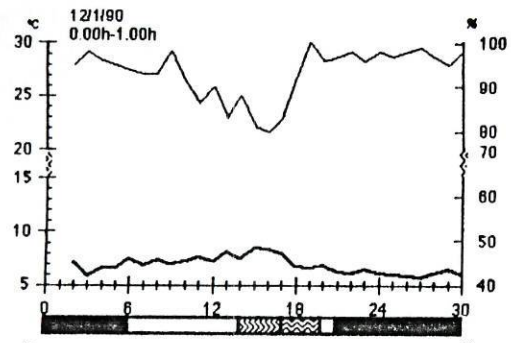


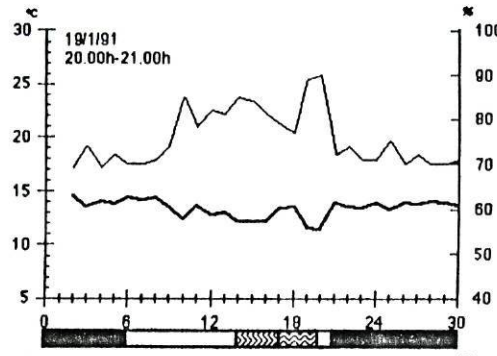


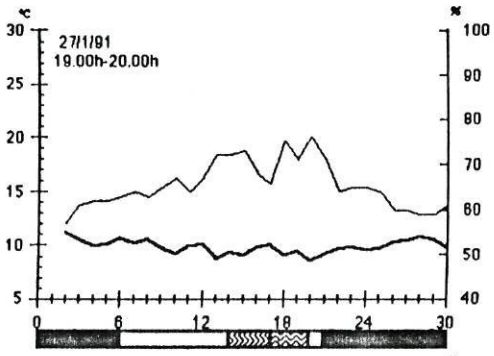


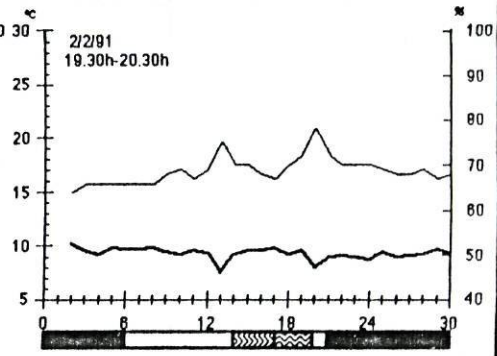


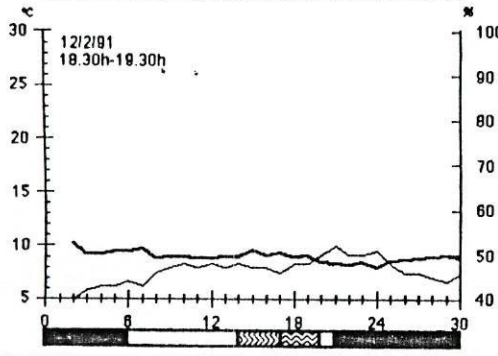


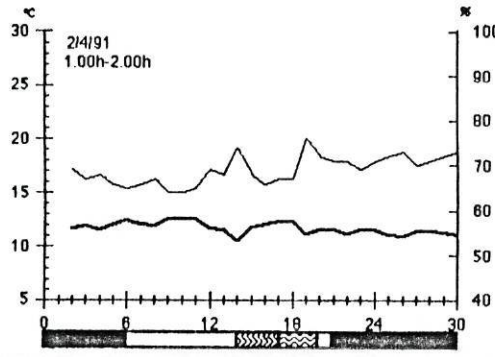


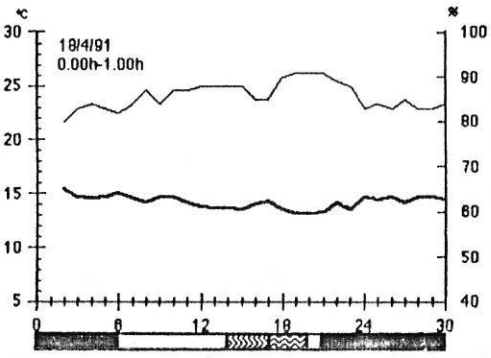


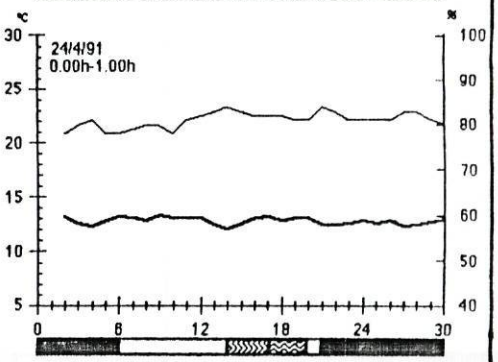


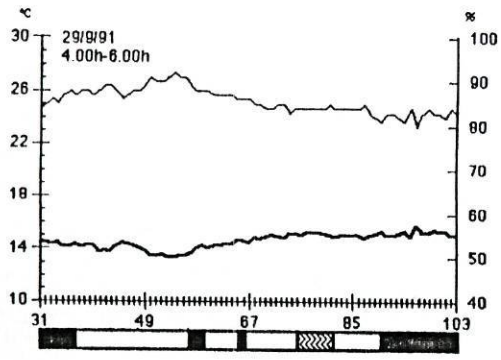


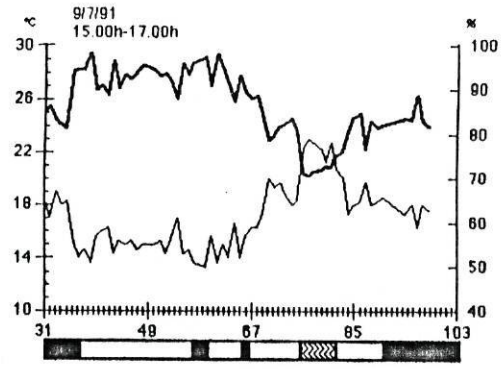


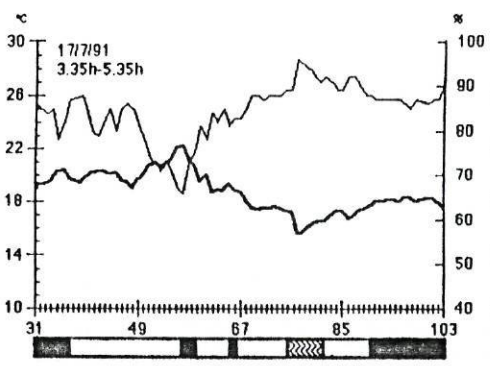


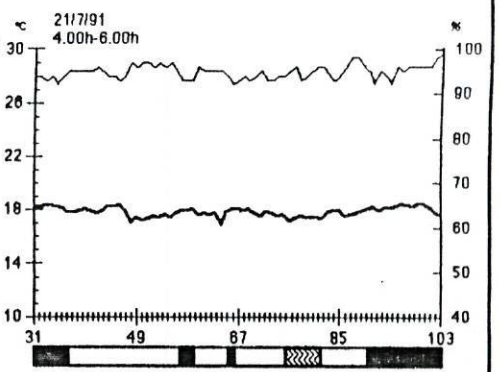


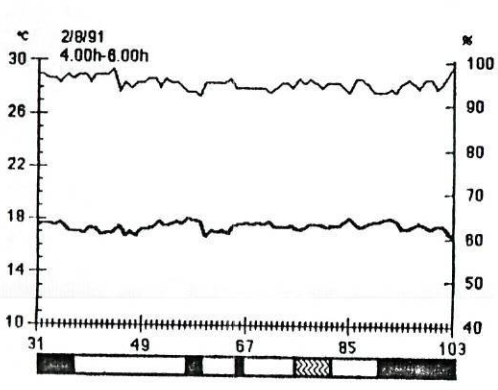


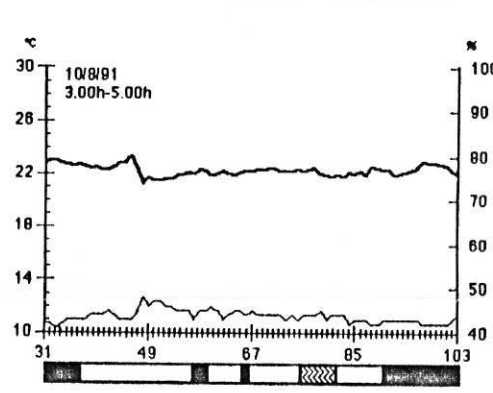


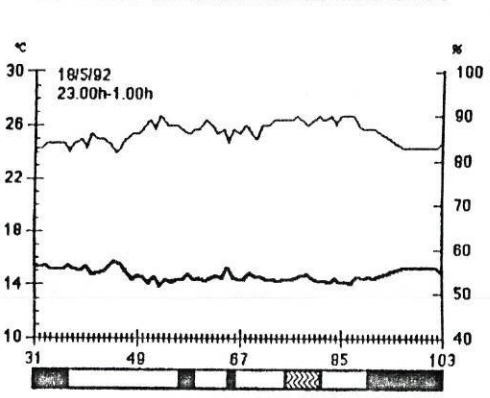


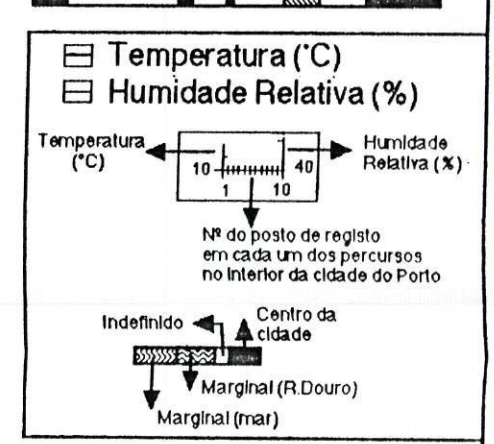












Valores observados nestes dias no Porto-Serra do Pilar

Neb- 9,2 Ins - 55% Vento- ESE	Neb- 0;2 Ins - 54% Vento- WNW	Neb- 9;9 Ins - 22% Vento- W	Neb- 2;5 Ins - 83% Vento- WNW
Neb- 10,0 Ins - 36% Vento- WNW	Neb- 2;1 Ins - 88% Vento- NNW	Neb- 7;9 Ins - 62% Vento- ESE	Neb- 8;8 Ins - 58% Vento- NNW
Neb- 8;6 Ins - 86% Vento- ESE	Neb- 9;0 Ins - 74% Vento- E	Neb- 2;7 Ins - 80% Vento- E	Neb- 4,2 Ins - 89% Vento- NNW
Neb- 10;9 Ins - 28% Vento- E			

*A partir do dia 2/4/91 não nos foi possível obter, junto da Direcção do IGUP, os valores de nebulosidade, insolação e vento dominante.

Fig. 80 - Valores reais de temperatura e humidade relativa registados durante as medições itinerantes.

No dia 12/1/90 a massa de ar que se instalou sobre a cidade, transportou ar muito frio, seco, denso e estável. Esta massa de ar, com pouca mobilidade, promoveu a acção amenizadora do mar, muito mais quente do que o continente, nesta época do ano, através de toda a Av. da Boavista (Fig.80). A este maior aquecimento na área costeira da cidade, fica a dever-se a menor humidade relativa observada nesta área, comparativamente com outras áreas da cidade mais afastadas de qualquer mosaico de água (Fig.80).

O único exemplo em que, sob a influência do anticiclone atlântico subtropical, os lugares próximos do mar estão tão ou mais quentes do que os do centro da cidade, foi o do dia 22/9/89. Tal deveu-se porém, à influência que ainda se fazia sentir nas características da massa de ar, devida à passagem recente de uma frente fria. Esta, deixou ainda sobre a cidade uma massa de ar densa e fresca que fez destacar a importância dos mosaicos de água como amenizadores da descida nocturna da temperatura.

A grande instabilidade e a elevada humidade relativa, que caracterizou a atmosfera nos dias com perturbações de W e NW (24/4/91 e 3/11/89), contribuiu para homogeneizar, do ponto de vista térmico, toda a metade ocidental da cidade, diminuindo, consideravelmente, a importância do "pico térmico" do centro da cidade (Fig. 76e, Fig.76f e Fig.80). Em qualquer dos casos, embora mais notório no segundo do que no primeiro, esta homogeneidade é, curiosamente, interrompida por uma diminuição da temperatura próximo da Av. Antunes Guimarães[182].

Dias com um único "pico térmico" coincidente com o centro funcional da cidade

Nestes dias pode falar-se, claramente, na existência de uma "ilha de calor" coincidente com o centro funcional da cidade (Fig.79).

Isto aconteceu tanto em dias com centros depressionários (3/8/89 e 21/7/91), como em dias com situações anticiclónicas. Dentre estes últimos, encontrámos exemplos em dias sob acção do anticiclone atlântico subtropical (1/9/89, 17/7/91, 22/8/89), ou sob influência do anticiclone misto estendido pela Europa (10/8/91, 23/8/91)) ou ainda, do anticiclone misto com apófise polar(8/9/89)

---

[182]O dia 3/11/89 foi exemplar relativamente aos valores de humidade relativa registados. Toda a cidade esteve, pelo menos entre as 0.00h e a 1.00h, sob um ar absolutamente saturado (H.R.=100%).

No caso das situações depressionárias, a presença em altitude de uma gota fria no dia 3/8/89, e a ascensão do ar apenas pelo forte aquecimento de base no dia 21/7/91, proporcionou a formação de neblinas e nevoeiros numa estreita faixa junto ao litoral, o que ajudou a "refrescar" o ar nessa área da cidade (Fig. 76b, 76d e 80).

Todos os dias influenciados por situações anticiclónicas, tiveram em comum uma exemplar estabilidade da massa de ar. A condensação deu-se, exclusivamente, à superfície. Os ventos foram fracos e a brisa do mar contribuiu, sem dúvida, para a diminuição da temperatura na área ocidental da cidade.

Não se vislumbra qualquer relação entre esta diminuição das temperaturas do centro da cidade para ocidente e a intensidade da "ilha de calor".

Fica, todavia, muito claro, da leitura das anomalias térmicas observadas nestes dias, que aquilo que poderemos, por agora, designar de *charneira* entre a área da cidade directamente influenciada pela oceanicidade e a área condicionada pelos efeitos do fenómeno de urbanização corresponde a um eixo que acompanha a Av.Antunes Guimarães.

Neste conjunto de exemplos, tornam-se razoavelmente evidentes, até pela frequência com que se repetem, os *limites* da "ilha de calor" portuense. Restringem-se aos eixos "Baixa"-Boavista e Marquês-Constituição[183].

4.4.6.2. A altitude

As maiores intensidades da "ilha de calor" que encontrámos nos exemplos escolhidos coincidiram, frequentemente, com pontos da cidade localizados a altitudes variáveis.

O núcleo mais quente centrado no, já mencionado, **L** invertido, que engloba a Av. da Liberdade-Pç.República-R.Boavista cujas altitudes oscilam entre os 64m (Av.Liberdade) e os 116m (Pç.República).

O outro núcleo quente, que emergiu das observações efectuadas segundo o percurso 2, localizado entre a Pç. do Marquês e S.Crispim, corresponde a áreas com altitudes entre 145 e 150m.

---

[183]Com menor comprovação experimental, uma vez que se inclui, apenas, no percurso 2.

Os coeficientes de correlação encontrados, entre a ordem de grandeza das anomalias térmicas e a altitude, evidenciaram um considerável número de relações positivas fortes, sob tipos de tempo diversos (Quadro XLVII).

Não nos parece, no entanto, que esta relação deva, por si só, conduzir-nos a qualquer extrapolação sobre uma eventual maior intensidade da "ilha de calor" nos lugares de maior altitude, que não seria de todo compreensível à luz da lógica que rege a mecânica dos fluídos.

Estes lugares, a maior altitude, estão, normalmente, mais expostos às acções de "limpeza" e arejamento da atmosfera, uma vez que diminuem os motivos de atrito à passagem do vento, o que contraria, em absoluto, as condições que favorecem a acumulação de energia conducentes ao aumento da temperatura.

Acontece, todavia, que estes lugares a maior altitude, para além de coincidirem com os lugares mais afastados do mar e do rio, correspondem à área leste da cidade (Fig.11), com uma morfologia urbana muito complexa e promíscua, onde labora um grande número de pequenas indústrias potencialmente poluentes (Fig.21). Por esta área topograficamente acidentada circula, também, todo o tráfego de acesso ao centro da cidade proveniente de E, NE e SE.

Os efeitos da altitude, que diluiriam *per si* a alimentação do "circuito artificial de energia", associados ao fenómeno de urbanização, são absolutamente eliminados ao nível da rua, onde foram efectuadas as medições.

Este factor geográfico, que parece contribuir para agravar as condições de acumulação de energia nas áreas topograficamente deprimidas, não tem a mesma importância quando seria de esperar que promovesse um maior arejamento da atmosfera.

Nos lugares da cidade a maior altitude, as condições ao nível do solo mascaram, quase completamente, a diluição dos *excedentes energéticos* que esperaríamos face ao menor atrito à passagem do ar que as caracteriza[184].

---

[184]Não nos foi possível, até agora, avaliar as diversidades térmicas ao nível do bairro. Elemento de análise que poderá ser de grande importância para a compreensão da influência da real capacidade explicativa deste factor geográfico nos diversos padrões térmicos urbanos encontrados.

4.4.6.3. A estação do ano

As fracas oscilações no ritmo intra-anual da temperatura, típico das áreas próximas do litoral inseridas na zona temperada, como o Porto, ajuda-nos a compreender a menor oposição Inverno/Verão ao nível da intensidade da "ilha de calor"

O Inverno ameno e o Verão pouco quente, associado à inexistência de tradição do uso de combustíveis fósseis como fonte de aquecimento do interior dos edifícios, durante a época mais fria do ano, contribui para que não haja uma clara diferença entre o padrão térmico urbano portuense de Inverno e de Verão (Quadro LI a e b).

PAÍS	NECESSIDADES DE ENERGIA PER CAPITA (PJ)[185]	CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA RELATIVAMENTE AO TOTAL (%)	EMISSÕES DE CO_2 POR COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS PER CAPITA (t CO_2)	EMISSÕES POTENCIAIS DE CO_2 PER CAPITA (t CO_2) (além das derivadas do consumo de energia)
BÉLGICA	190	16	10	0.9
DINAMARCA	148	19	10	0.3
ALEMANHA	178	18	11	0.9
GRÉCIA	88	18	7	0.2
ESPANHA	91	21	5	0.5
FRANÇA	150	20	7	0.7
IRLANDA	115	14	9	0.5
ITÁLIA	115	17	7	0.5
LUXEMBURGO	433	11	28	0.2
HOLANDA	184	14	10	1.7
PORTUGAL	**63**	**21**	**4**	**0.6**
REINO UNIDO	155	17	10	0.7

FONTE: CCE, O estado do Ambiente na Comunidade Europeia, Bruxelas, 1992, p.29-55.

Quadro LI a) - Consumo de energia e emissões de CO2 nos países da CEE durante o ano de 1989.

PAÍS	CONSUMO TOTAL DE ENERGIA (TJ)	CONSUMO DE ENERGIA - INDÚSTRIA RELATIVAMENTE AO TOTAL (%)	CONSUMO DE ENERGIA - USO DOMÉSTICO RELATIVAMENTE AO TOTAL (%)
BÉLGICA	1283330	37	37
DINAMARCA	543230	19	46
ALEMANHA	7383770	35	36
GRÉCIA	559120	30	22
ESPANHA	2112830	35	20
FRANÇA	5236850	29	36
IRLANDA	295800	26	44
ITÁLIA	4446620	34	33
LUXEMBURGO	133830	55	18
HOLANDA	1786610	29	37
PORTUGAL	**374300**	**38**	**18**
REINO UNIDO	5706560	26	41

FONTE: CCE, O estado do Ambiente na Comunidade Europeia, Bruxelas, 1992, p.29-55.

Quadro LI b) - Consumo total de energia e peso relativo dos consumos para fins industriais e domésticos, nos países da CEE (1989).

---

[185]O joule(J) é uma unidade do SI definida como a energia necessária para movimentar uma força de 1 Newton (N) numa distância de 1 metro.

Para além das características climáticas e do peso da tradição no tipo de energia mais utilizado, não podemos deixar de salientar a importância do baixo nível de "qualidade de vida" característico de um país, que, como Portugal, padece de um grande atraso económico[186], para a compreensão desta fraca dicotomia Inverno/Verão que se observa ao nível da intensidade da "ilha de calor" na cidade do Porto (Quadro LI b).

Dependendo a intensidade da "ilha de calor" urbana do peso que o **Qf**[187] tiver no resultado final da equação do balanço energético, é de esperar que os "picos térmicos" sejam tão mais notórios, quanto maior for o grau de crescimento/desenvolvimento económico do país a que essa cidade pertence.

Todavia, convém sublinhar que, apesar do Porto não se incluir sequer, no grupo das cidades com maior vitalidade económica ao nível Europeu (Quadro LI b), constatamos, frequentemente, a existência de "ilhas de calor" nocturnas intensas em qualquer estação do ano.

4.4.6.4. O tipo de ocupação do solo

Apesar de ser um factor para o qual não conseguimos obter, do ponto de vista estatístico, relações evidentes com as anomalias térmicas, o tipo de ocupação do solo mostrou ser essencial para a compreensão da forma como se distribuiram, no espaço urbano portuense, as isoanómalas dos vários exemplos seleccionados.

O reconhecimento do tipo de ocupação do espaço ajuda-nos, por exemplo, a entender a constante presença do *eixo zero* , que intercepta a Av. da Boavista próximo do cruzamento com a Av.Antunes Guimarães, e facilita a

---

[186]Ao *progresso*, pelo menos no sentido estritamente económico do termo, está, normalmente, associado o uso de uma série diversificada de infraestruturas e equipamentos promotores de *conforto*, altamente consumidores de energia. Daí que as taxas de consumo tenham servido até há bem pouco tempo, e continuem ainda a servir, como um bom indicador do grau de desenvovimento/crescimento económico.

[187]Como se diz na nota 136 o Qf representa as outras fontes geradoras de calor de origem antrópica. No meio urbano estas fontes de calor traduzem-se por um conjunto de infraestruturas que visam aumentar o *bem-estar* e a *qualidade de vida* dos cidadãos, tais como: máquinas, sistemas de aquecimento/arrefecimento, iluminação, etc.

compreensão de algumas diminuições pontuais da temperatura coincidentes com a proximidade de jardins públicos arborizados.

O *vale térmico* no cruzamento da Av. da Boavista com Antunes Guimarães

Este *vale* corresponde à primeira linha de obstáculos observável do Castelo do Queijo. Entre o mar e esta área localiza-se a maior mancha verde da cidade -Parque da Cidade- à qual se segue, para E., uma sucessão de edifícios baixos, espaçados por inúmeros jardins.

No prolongamento deste eixo para N, próximo de Pereiró, encontramos, num alinhamento NNW-SSE, um quarteirão exclusivamente ocupado por indústrias que aproveitaram a existência, à época, de amplos terrenos expectantes de grande acessibilidade, através da Via Rápida, ao aeroporto e ao porto de Leixões, para aí se localizarem.

Quando observada do extremo ocidental da Av. da Boavista, esta área corresponde, simultaneamente, ao primeiro degrau topográfico e à primeira *frente edificada*, depois da linha de costa (Fotografia 5).

Este ponto *zero*, do ponto de vista térmico, tão frequente nesta área da cidade, poderá mais não ser do que o resultado final da conjugação dos efeitos de maior distanciamento, quer à acção do mar, quer às acções do fenómeno de urbanização.

O efeito dos espaços verdes

Apesar de não surgir com o mesmo realçe de outros factores de posição, já mencionados, nas diversas representações cartográficas das anomalias térmicas que seleccionámos, a experiência adquirida, durante as inúmeras medições itinerantes que efectuámos ao longo dos últimos 4 anos, não nos permite esquecer a importância da presença dos diversos tipos de espaços verdes[188], no balanço térmico local.

---

[188]Tema que por si só constituiria um outro interessante objecto de estudo e investigação, à semelhança de exemplos já estudados e publicados para outras cidades como os de: ALMENDROS, M.A. Aspectos climáticos de los parques madrileños, Madrid, 1990; OKE, T., "Evapotranspiration in urban areas and its implication for urban climate planning - Montreal" International Colloquium on Building Climatology, WMO, Geneve, 1973,

início da *frente edificada* vista do extremo ocidental da Av. da Boavista (1/1/1993)

Fot. 5 - Cruzamento da Av. da Boavista com a Av. Antunes Guimarães

Pese embora o nosso objectivo, durante a fase de experimentação, não nos ter permitido mais do que passar na periferia de alguns jardins públicos, como os da rotunda da Boavista, da Pç. da República, da Pç. do Marquês ou da Pç.Velasques, foi-nos possível constatar, com frequência, uma diminuição da temperatura enquanto os atravessávamos.

5. Síntese

A cidade do Porto, apesar de ser um espaço singular do ponto de vista da combinação dos factores geográficos que a caracterizam, provoca, pela sua vitalidade funcional, alterações significativas no clima regional.

Nem a diferenciação topográfica E-W, nem a presença próxima de dois importantes mosaicos de água (o mar e o rio Douro), nem, tão pouco, as repercussões em termos de diversidade de ocupação do espaço, inerentes aos seus mais de oito séculos de história[189], são suficientes para dissimular os impactes do metabolismo urbano, pelo menos, ao nível do balanço energético (Fig. 81).

O *modelo* que nos serviu de motivação inicial, e que nos fazia prever uma diferença máxima entre a temperatura na cidade e na periferia[190] de 6.9°C (Quadro XLII), não se revelou tão distante da realidade quanto poderíamos esperar, em face da *especificidade* geográfica e funcional do Porto (Fig.81).

---

[189]"...O burgo episcopal, por doação de D.Teresa em 1120 ao bispo D.Hugo, que depois concedeu aos portuenses o primeiro foral, em 1123, crescerá impulsionado pelo relançamento do comércio que nesta altura se verifica na Europa...", MARQUES,H., FERNANDES,J., MARTINS, L., 1990, p.7.

[190]Conhecendo a enorme controvérsia, latente em diversa bibliografia consultada, em torno da localização e do significado real a atribuir a estes dois pontos de comparação, e sem pretender, neste momento, reavivá-la, limitamo-nos a recordar que consideramos como *periferia* toda a área, administrativamente, exterior à cidade, na qual se inclui a estação de Porto-Serra do Pilar.

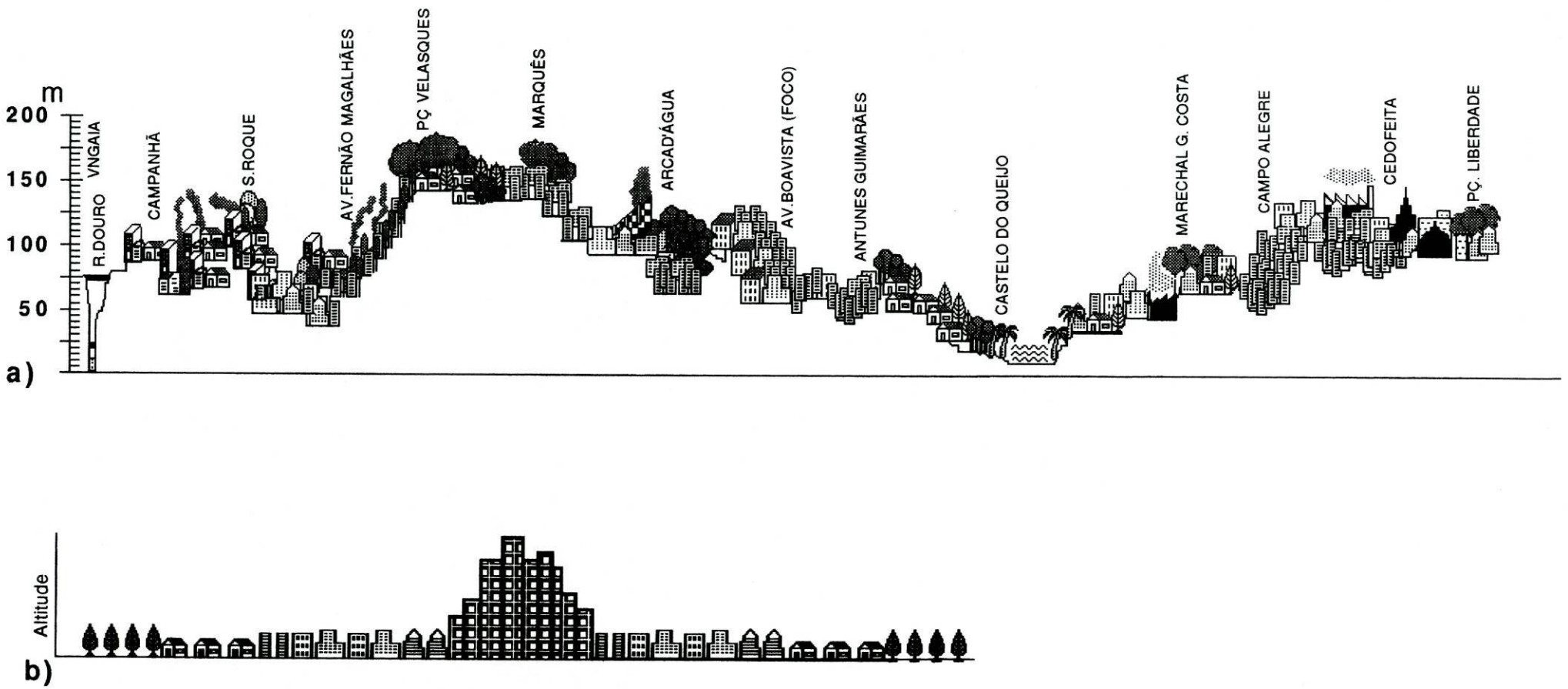


Fig. 81- a)Características topográficas e morfologia urbana do percurso 2;
b) Características topográficas e morfologia urbana "modelo".

As diferenças altimétricas, a acção da brisa do mar, os efeitos climatológicos da presença próxima do rio Douro, a distribuição desigual, pela cidade, de espaços verdes com características diversas e as diferentes tipologias de ocupação do espaço urbano, contribuem para distorcer a forma da "ilha de calor" mas, raramente, a conseguem anular. Consoante o peso relativo que, momentaneamente, as características físico-químicas da massa de ar presente sobre a região, lhes permite ter, assim se vão evidenciando uns factores e anulando outros.

O facto dos registos de temperatura observados dentro dos limites administrativos da cidade do Porto terem sido sempre superiores aos registados, no mesmo momento, na estação de Porto-Serra do Pilar, reforça a relação de causalidade existente entre a **magnitude do fenómeno urbano** e os **excedentes energéticos** gerados. Tanto mais, que encontramos anomalias térmicas positivas para pontos de registo dentro da cidade, próximos e/ou com características muito semelhantes às de Porto-Serra do Pilar.

Esta relação de causa-efeito, entre o ritmo a que se desenrola o *modus vivendi* urbano portuense e o aumento da temperatura, ficou especialmente evidenciado na análise que efectuámos sobre os registos semi-horários de temperatura na Av. da Liberdade entre os dias 22 e 24 de Dezembro de 1990 (Fig.70 a).

Recorde-se, a este propósito, que entre as 07h do dia 22 de Dezembro (sábado) e as 24h do dia 24 de Dezembro (segunda-feira), a temperatura aumentou ininterruptamente. Comportamento *anormal* da temperatura, só compreensível pelo facto de nesses 3 dias de Dezembro o centro da cidade ter visto prolongado o seu período de maior *vitalidade* pela noite dentro (Fig. 70 a e b, p.208).

Demonstrada a existência de impactes no balanço energético, provocados pela presença de outras fontes de calor e/ou pela maior capacidade de armazenamento e condução da energia, devidas ao rearranjo espacial, artificialmente produzido pelo Homem, procurámos identificar as áreas onde os impactes se manifestavam com maior nitidez.

Verificámos, ao longo dos cerca de 4 anos de experimentação, sob os mais diversos tipos de tempo, em diferentes épocas do ano e a várias horas do dia, que os postos incluídos nos troços **Av.Aliados-Pç.República-R.Boavista** e **Marquês-Constituição-S.Roque** registaram, frequentemente,

temperaturas superiores às verificadas nos restantes pontos disseminados pela cidade.

Estas duas "ilhas de calor" coincidem com o *centro* da cidade, do ponto de vista administrativo e funcional. A primeira, delimita a coalescência do *CBD* principal, localizado na Av. da Liberdade, com o *CBD secundário* em torno da rotunda da Boavista. A segunda, engloba os pontos mais utilizados da rede viária, de melhor acessibilidade à "Baixa", que serve a área E da cidade, para além de ser uma área onde a função residencial coexiste com um grande número de pequenas e médias indústrias (Fig. 21).

Não conseguimos, infelizmente, obter, com a metodologia utilizada e com os parcos recursos técnicos e humanos disponíveis, uma imagem, tão simplificada quanto desejaríamos, do *funcionamento* do subsistema climático portuense face a *estímulos* exteriores muito semelhantes.

Os processos de resolução do subsistema climático portuense sob situações sinópticas genericamente semelhantes foram muito diversos. O padrão térmico nocturno portuense traduziu uma grande vulnerabilidade, tanto com os diversos tipos de situação sinóptica, como com pequenas *nuances* dentro do mesmo tipo de situação sinóptica.

Parece-nos, no entanto, possível afirmar, a partir da análise dos vários exemplos seleccionados, que não é verdade que a "ilha de calor" seja mais diluída sob situações depressionárias ou perturbadas, do que sob a acção de situações anticiclónicas.

De facto, a **"ilha de calor"** distinguiu-se, especialmente, nos dias com **grande estabilidade, fraco gradiente barométrico, vento fraco** e **calmas** frequentes. Condições normalmente associadas à presença de situações anticiclónicas, mas que, como vimos, podem surgir sob a influência de situações depressionárias, quando o movimento ascendente do ar está condicionado pela presença, em altitude, de uma "gota fria", ou quando deriva de um forte aquecimento de base.

Na maioria dos dias com perturbações, centros depressionários e margens anticiclónicas, o que verificámos, com frequência, foi um *distúrbio* na capacidade explicativa dos dois factores geográficos considerados -a distância ao mar e a altitude- aliás, testemunhado pela perda de significado dos coeficientes de correlação (Quadro XLVII).

Estes dois factores geográficos revelaram-se, todavia, determinantes para *explicar* o padrão térmico nocturno portuense, em dias sob a acção de massas de ar secas e muito quentes ou muito frias.

É também de salientar que não houve uma particular intensificação da "ilha de calor" na época mais fria do ano. Tal não sucedeu, em nossa opinião, porque, por um lado, as amplitudes térmicas anuais são fracas, e, por outro, porque o estádio de desenvolvimento económico de Portugal não se compadece com o uso generalizado da variadíssima gama de equipamentos destinados a proporcionar *ambiências mais confortáveis* no interior dos edifícios.

Pelo que observámos no decurso desta fase do trabalho, os *excedentes energéticos* que alimentam o subsistema climático portuense e justificam as anomalias térmicas positivas, particularmente significativas em alguns pontos da cidade, devem-se sobretudo à associação, nesses lugares, de **tráfego intenso**, grande **compacidade do espaço construído** e **topografia acidentada**.

6. O clima da região do Porto - indícios de ruptura ou de *outros equilíbrios*?

Pelo que fomos constatando ao longo deste capítulo, podemos afirmar que o clima da região portuense apresenta já indesmentíveis sinais de mudança.

Urge então, definir, o melhor possível, o tipo de processos de ruptura e os novos estádios de equilíbrio que o subsistema climático portuense tem vindo a encontrar, pois deles dependerá, se não a sobrevivência, pelo menos a qualidade de vida dos cidadãos que habitam e/ou trabalham na região.

A análise do comportamento de alguns elementos climáticos, ao longo dos últimos 90 anos[191], sublinhou, aliás, do ponto de vista científico, a *impressão* comumente expressa pelos portuenses, no Inquérito à Perceptibilidade Climática[192], de que o clima tem vindo a *mudar*.

---

[191]Capítulo IV.

[192]Capítulo II. ponto 1.

Estes sinais de mudança, frequentemente traduzidos, pelos então inquirídos num **aumento da temperatura** e/ou no **desaparecimento das estações de transição**, confirmaram-se, integralmente, na análise dos registos climatológicos que elaborámos.

A comparação das Normais Climatológicas de 1931-60, 1951-80 e 1960-89[193], para além de demonstrar um **aumento** consecutivo da **temperatura**, especialmente das temperaturas mínimas, do primeiro para o último período, expressou, claramente, a **alteração no ritmo climático inter-estacional**.

Basta recordar que o aumento da temperatura mínima, entre os +0.5°C e os +0.8°C, para a maioria dos meses do ano, foi acompanhado por uma descida da temperatura, de ordem de grandeza semelhante, nos meses de Março, Abril e Maio. O que significa que, por exemplo, os 2.5°C de diferença entre a temperatura média mínima de Fevereiro e de Março, se reduziram, no último período, a apenas 1°C.

Se a este comportamento da temperatura, associarmos o da precipitação que, como demonstrámos, registou um aumento dos totais mensais médios no último dos três períodos, especialmente nos meses em que esta já ocorria, *normalmente*, em maior quantidade, e uma diminuição nos meses do período mais seco, reforçam-se, sem dúvida, os argumentos a favor das **manifestações de mudança climática**, partilhados, de forma empírica, por muitos portuenses.

Os eventuais indícios de ruptura testemunhados pelos *novos equilíbrios*, encontrados pelo subsistema climático portuense, nomeadamente ao nível do balanço energético, são bem visíveis na fraca probabilidade, por excesso, que provámos terem os valores de temperatura registados durante a década de 80, no âmbito do Calendário de Probabilidades da temperatura média mensal, máxima e mínima, dos últimos 90 anos (Fig. 58, Fig.59 e Fig.60).

Confirmado este diagnóstico de mudança climática, ficámos alertados para a premência de *conhecer* melhor, até para poder *controlar* , tanto o ritmo e a velocidade, como a direcção em que se estão a desenrolar os processos de resolução no subsistema climático portuense, uma vez que não nos podemos esquecer da limitada capacidade de *adaptabilidade climática* dos seres humanos.

---

[193]Capítulo V ponto 5.1.

Embora as limitações directas, relacionadas com a fisiologia humana, sugiram limiares relativamente alargados, os graves inconvenientes sociais, económicos e, até, políticos provocados por ligeiras alterações climáticas a que estamos a assistir em algumas zonas do globo, contribuem para estreitar os limites de variabilidade climática admissíveis, no tipo de sociedade em que estamos organizados internacionalmente.

A capacidade para influenciar os mecanismos de *resposta* do subsistema climático portuense dependerá do grau de transparência e da clareza com que conseguirmos fazer emergir algumas relações de *causa-efeito*, no seio da *complexidade* e da *desordem* aparentes.

Não tendo a veleidade de pretender mais do que *compreender* um pouco melhor o modo de funcionamento do subsistema climático portuense, no que se refere, apenas, ao circuito energético, verificamos que o **aumento da temperatura**, particularmente notório a partir da década de 80, se deveu, sobretudo, ao **agravamento do efeito de estufa local**, provocado pela intensificação do fenómeno de urbanização.

A escala local do fenómeno foi-nos sugerida, por exemplo, pela diversidade de comportamento da temperatura da superfície oceânica, próximo do Porto e ao largo da costa.

Enquanto a primeira demonstrou ter, ao longo dos últimos 20 anos, um comportamento tendencialmente positivo e semelhante ao encontrado para a temperatura do ar na estação de Porto-Serra do Pilar, a segunda não evidenciou qualquer tendência[194].

A comprovação da importância e da magnitude dos efeitos exercidos pelo fenómeno urbano na temperatura derivou, sobretudo, do facto de termos observado que a cidade apresentou sempre temperaturas superiores às registadas, no mesmo momento, na estação de Porto-Serra do Pilar.

Encontrámos e definimos, quase todos os dias e sob diversos tipos de tempo, "ilha(s) de calor" na cidade do Porto, apesar das diversas condicionantes geográficas que a caracterizam contribuírem para a sua diluição.

Os impactes directos no padrão térmico citadino, provocados tanto pela sua morfologia urbana como pela sua *vitalidade* funcional, ficaram claramente expressos, por exemplo, no aumento ininterrupto da temperatura horária, verificado durante as cerca de 72 horas que coincidiram com o prolongamento

---

[194]Capítulo V ponto 5.2.

do horário de funcionamento dos estabelecimentos comerciais até às 0h, em Dezembro de 90.

Parece-nos, portanto, possível deduzir, destes e doutros factos que descrevemos ao longo deste capítulo, que a **intensificação do fenómeno de urbanização portuense**, sobretudo depois de 1980, é, senão a única, pelo menos, **uma das principais causas das manifestações de mudança climática**, patenteadas pelos registos da estação de Porto-Serra do Pilar durante os últimos anos.

Do vasto leque de características inerentes a qualquer fenómeno de urbanização, a progressiva **degradação da qualidade do ar** é das que, certamente, mais contribui para alterar o balanço energético regional.

Ao modificar a composição química na baixa troposfera, espaço privilegiado onde se desenrolam as trocas de energia natural e artificial, o *modus vivendi* urbano condiciona os *inputs* e/ou os *outputs* energéticos. O impedimento, sobretudo, da *saída* de energia para o exterior do subsistema, criado pelo agravamento do efeito de estufa local, impossibilita, de todo, a teórica nulidade da equação do balanço energético.

O interesse em compreender um pouco melhor as relações de causalidade que explicam o comportamento de alguns parâmetros climatológicos na região portuense, não é, quanto a nós, de interesse, unicamente, regional ou nacional. Apesar da natureza das manifestações de mudança climática detectadas sugerir uma relativa proximidade física entre causa-efeito, que nos afastou da hipótese de estarmos perante mais um exemplo das consequências provocadas pelo *Aquecimento Global*, não podemos ignorar que as repercussões destas modificações à escala regional se irão reflectir à escala zonal e, posteriormente, à escala global, conferindo-lhes uma importância redobrada.

VIII- POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NO PORTO

O inequívoco paralelismo, constatado no capítulo anterior, entre o ritmo a que têm vindo a ocorrer as modificações climáticas regionais, na área do Porto, e a intensificação do fenómeno de urbanização, associado a um período de maior prosperidade económica, sugeriu-nos, dentre outras características urbanas, potencialmente geradoras de impactes no subsistema climático, o facto de a sua atmosfera ser receptora de um conjunto imenso de gases e poeiras, em quantidades muito superiores às das áreas não urbanizadas .

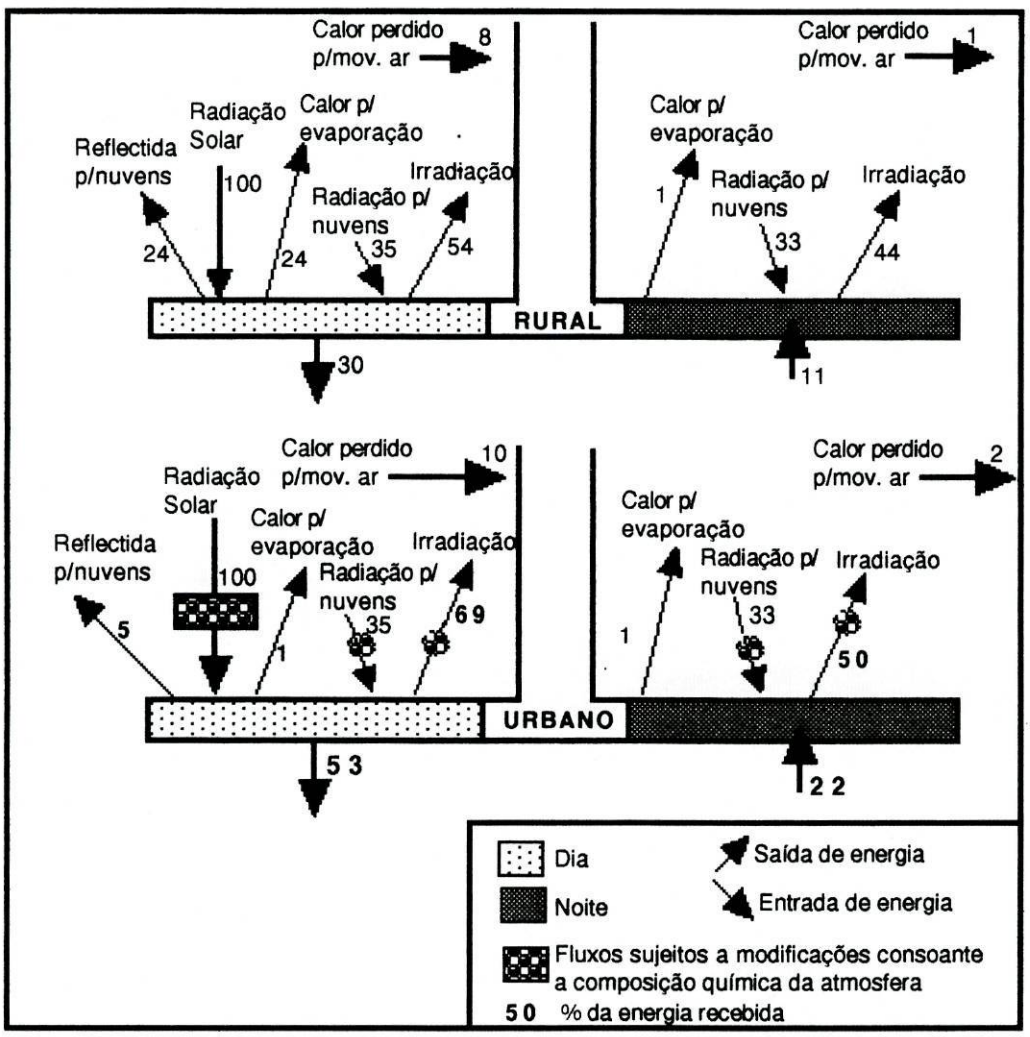


Fig. 82 - Contrastes entre o balanço energético nas áreas urbanas e nas áreas rurais adaptado de DOUGLAS, 1983, p.37.

A modificação das características físicas e químicas a que fica sujeito o envólucro gasoso das áreas urbanas é, indubitavelmente, uma das causas que explicam a existência de "ilhas de calor" nocturnas num grande número de cidades (Fig. 82).

A cidade do Porto, pela sua localização próximo da costa, pela grande facilidade de penetração, até ao seu interior, do ar proveniente de W e pela sua posição latitudinal, justifica, por um lado, as condições de grande arejamento da atmosfera, que descrevemos nos capítulos V e VI, mas, por outro, retira credibilidade à hipótese que levantámos do aquecimento verficado ser devido ao aumento do efeito de estufa local.

Para que este **aumento do efeito de estufa local** justifique as manifestações de modificação climática detectadas é indispensável demonstrar, por exemplo, que, apesar da frequência com que se verificam excelentes condições de renovação de ar e *limpeza* da atmosfera, existe uma significativa **degradação da qualidade do ar**. Tal só será possível se a quantidade de produtos excretados para a atmosfera pelo *metabolismo urbano* portuense for excepcionalmente elevada.

O nosso interesse por averiguar a **qualidade do ar** na cidade do Porto circunscreve-se a uma perspectiva, exclusivamente, climatológica. Importa-nos, apenas, enquanto **testemunho** do modo como está a ser afectado o *modelo* de funcionamento teórico dos mecanismos responsáveis pelas trocas de energia no subsistema climático.

1. Definição do(s) conceito(s) de poluição[195]

A poluição é normalmente avaliada pelo impacte nos valores sociais e paisagísticos, ou seja, apenas os seus efeitos imediatos lhe conferem importância e significado.

A maior ou menor importância de um episódio de poluição está vulgarmente associada à aceitabilidade dos riscos envolvidos. Os riscos, normalmente considerados importantes, como a morte, as doenças crónicas e a alteração no crescimento e/ou no comportamento, não traduzem, no entanto, a gravidade dos efeitos de algumas emissões poluentes cujas consequências, apesar de não menos graves, são demoradas no tempo.

O contexto social e económico dos grupos humanos envolvidos altera também, consideravelmente, a noção e aceitabilidade de um determinado risco,

---

[195]MONTEIRO, A., 1989.

o que contribui para dificultar o diagnóstico, a prevenção e a definição de medidas mitigadoras para a poluição.

Sem a pretensão de enveredar por outras áreas do saber, para as quais não estamos minimamente habilitados, pensamos ser indispensável relembrar a multiplicidade de perspectivas pelas quais é possível, quiçá necessário, abordar as questões ligadas à poluição. Doutro modo, correríamos o risco de repetir, também aqui, mais um conjunto de considerações infrutíferas, em torno das várias formas de poluição, sem ter antecipadamente esclarecido os conteúdos.

O desconhecimento da natureza e das propriedades dos compostos químicos considerados poluentes dificulta a definição das fontes, impede uma real avaliação dos prejuízos causados nas diversas componentes ambientais, coarta a eficácia da implementação de qualquer estratégia de *Limpeza do ar*,[196] mas, sobretudo, naquilo que mais nos impele, neste trabalho, impossibilita a clarificação da importância que a modificação da composição química da atmosfera portuense tem para explicar as manifestações de mudança climática detectadas.

A maioria dos compostos químicos a que associamos, com frequência, a ideia de poluentes, como os de carbono, de azoto, de enxofre ou de chumbo existem na natureza de forma não tóxica, nem poluente. A toxicidade surge com o aumento das concentrações e/ou com algumas possíveis combinações entre eles. Incluem-se no primeiro caso, o cobre, o zinco, o ferro e o enxofre, necessários para as plantas, mas que, em quantidades excessivas, esterilizam os solos. Os compostos de carbono e de azoto, bem como as combinações orgânicas do mercúrio, entre outros, são exemplos de combinações que se podem tornar tóxicas.

As substâncias poluidoras podem ser naturais, se sempre existiram no ecossistema e continuam a existir em maiores ou menores quantidades, ou sintéticas, se são elementos absolutamente novos, criados pelo homem, como os pesticídas, o DDT, os plásticos, os detergentes, etc..

Os efeitos no ecossistema, de qualquer destes dois tipos de poluentes, podem ser igualmente gravosos, embora as repercussões dos segundos sejam mais difíceis de diagnosticar.

Existem inúmeros critérios de classificação dos poluentes, dos quais seleccionámos, a título de exemplo, o de HOLDGATE (1980) porque, apesar de ser simples, não deixa de sublinhar a complexidade dos conceitos, nem a

---

[196]Aplicação, por tradução directa, do termo anglo-saxónico *Clean Air Act* pelo qual foram designadas as diversas medidas de melhoramento da qualidade do ar.

necessidade de envolvimento de inúmeras áreas de investigação para a sua compreensão (Fig. 83).

Segundo HOLDGATE (1980), os poluentes podem classificar-se segundo a sua natureza, as suas propriedades, os sectores do meio que afectam, a sua fonte ou os seus padrões de uso (Fig.83).

CLASSIFICAÇÃO DE POLUENTES

1 -Natureza

a) composição química: inorgânicos e orgânicos

b) estado físico: gasosos, líquidos e sólidos

2 -Propriedades

a) solubilidade

b) dispersão e diluição

c) biodegradabilidade

d) persistência

e) predisposição para entrar em reacções químicas

3 -Sectores do meio ambiente afectados

a) atmosfera

b) água

c) solo

4 -Fonte

a) combustão: domésticos,industriais,agrícolas

b) actividade industrial

c) actividade agrícola

d) origem humana, doméstica e industrial

e) actividade militar

f) actividade microbiológica

5 -Padrões de uso

a) industriais: matéria-prima, materiais de construção, solventes,refrigerantes, lubrificantes, detergentes, pesticídas.

b) domésticos

c) agrícolas

Fig.83- Lista de classificação de poluentes segundo Holdgate, 1980, modificado.

Sob o ponto de vista climatológico, importa-nos, fundamentalmente, saber o grau de dispersão de cada poluente e a sua apetência para participar em reacções químicas, sobretudo em contacto com a luz.

Da totalidade dos elementos químicos emitidos para a atmosfera, por processos naturais ou pelas actividades humanas, interessam-nos, para este trabalho, aqueles que modificam a **qualidade** e a **quantidade** das **trocas energéticas** entre a Terra e a Atmosfera.

Interessa-nos analisar aqueles que produzem modificações na temperatura, intervindo nos processos físico-químicos ao nível da estratosfera.

Alterações na quantidade relativa de gases absorventes de algumas faixas do espectro solar, ou o aumento da quantidade de partículas no estado sólido, com dimensões semelhantes ao comprimento de onda do espectro visível, resultantes da mistura entre alguns compostos e posterior oxidação fotoquímica, provocam alterações no sistema climático, que podem traduzir-se em mudanças na temperatura do globo, em degradação da visibilidade ou na acidificação da precipitação.

Torna-se, portanto, indispensável averiguar os percursos possíveis de cada elemento ou composto químico emitido para a atmosfera. GRAEDEL (1986) define alguns dos percursos-tipo possíveis, para os gases emitidos para a atmosfera, a partir de algumas das suas propriedades (Fig.84 e Quadro LII).

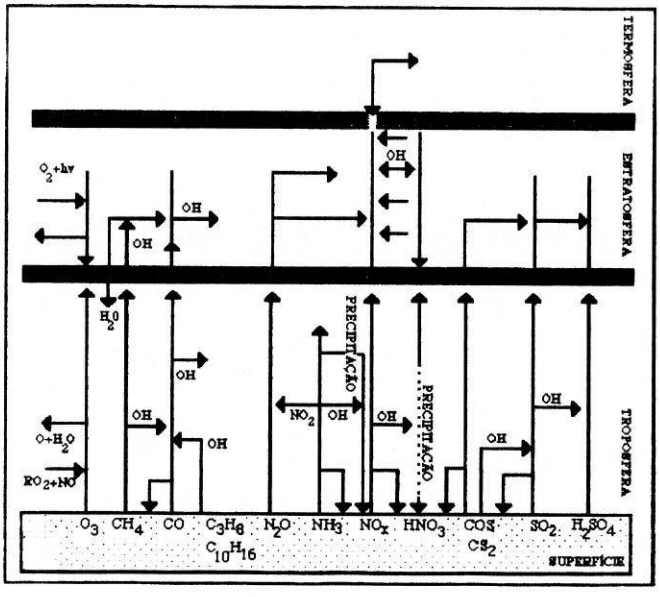


Fig.84 - Percurso de alguns gases na atmosfera (GRAEDEL e CRUTZEN, 1986).

Gás	Fonte Directa g/ano	Fonte Indirecta g/ano	Removido por	Tempo de estadia na atmosfera	Distância do transporte E-W/S-N/vertical Taxa de mistura na troposfera *
CO	Combustão de biomassa ($4\text{-}16\times10^{14}$) Indústria(6.4×10^{14}) Vegetação($0.2\text{-}2\times10^{14}$)	Oxidação do CH4 ($3.7\text{-}9.3\times10^{14}$) Oxidação do C_5H_8.$C_{10}H_{16}$ ($4\text{-}13\times10^{14}$)	OH (30×10^{14}) Removido p/solo (4.5×10^{14})	2 meses	4000,5000,10 50-200 p.p.b.v.
CH_4	Cultura de arroz ($0.3\text{-}0.6\times10^{14}$) Terras pantanosas ($0.3\text{-}2.2\times10^{14}$) Ruminantes ($0.6\times10^{14}$) Térmitas ($<1.5\times10^{14}$) Combustão biomassa ($0.3\text{-}1.1\times10^{14}$) Fugas de gás (0.2x		OH (4×10^{14})	7 anos	Global 1.5-2.0 p.p.m.v.
C_5H_8 $C_{10}H_{16}$	Árvores (8.3×10^{14})		OH ($1.0\text{-}1.5\times10^{14}$)	10 horas	400,200,1 0-10 p.p.b.v.
NO_x NO+NO_2	Indústria ($12\text{-}20\times10^{12}$) Combustão biomassa ($10\text{-}40\times10^{12}$) Iluminação ($1\text{-}10\times10^{12}$) Solos ($1\text{-}15\times10^{12}$) Oceanos ($0.15\times10^{12}$) Aviões a jacto ($0.25\times10^{12}$)	Oxidação do NO_2 ($1.0\text{-}1.5\times10^{12}$)	Deposição de OH nos solos e oceanos ($25\text{-}85\times10^{12}$)	1dia e meio	1500,400,1.0 1-100 p.p.t.v.
HNO_3		NO_2 + OH ($15\text{-}85\times10^{12}$)	Precipitação	3 dias	3000,600,1.5 10-300 p.p.t.v.
N_2O	Combustão de combustíveis fósseis (1.8×10^{12}) Combustão biomassa ($1\text{-}2\times10^{12}$) Oceanos e estuários ($1\text{-}2\times10^{12}$) Cultivo de solos naturais ($1\text{-}3\times10^{12}$) Fertilizantes ($<3\times10^{12}$)		Fotólise estratosférica ($6\text{-}11\times10^{12}$)	100 a 200 anos	Global 300 p.p.b.v.

* p.p.m.v.=10^{-6}; p.p.b.v.=10^{-9}; p.p.t.v.=10^{-12}

Gás	Fonte Directa g/ano	Fonte Indirecta g/ano	Removido por	Tempo de estadia na atmosfera	Distância do transporte E-W/S-N/vertical Taxa de mistura na troposfera *
NH_3	Animais domésticos ($10\text{-}20\times10^{12}$) Animais selvagens ($2\text{-}6\times10^{12}$) Fertilizantes ($<3\times10^{12}$) Campos agrícolas ($<30\times10^{12}$) Combustão do carvão ($4\text{-}12\times10^{12}$) Combustão biomassa ($<60\times10^{12}$)		Precipitação	< 9 dias	<9000,1000,3 0-3 p.p.b.v.
SO_2	Combustão de carvão (64×10^{12}) Combustão do petróleo (26×10^{12}) Vulcanismo ($10\text{-}30\times10^{12}$)	Oxidição do H_2S e $(CH_3)_2S$ ($40\text{-}100\times10^{12}$)	OH Precipitação	5 dias	5000,700,2.5 10-200 p.p.t.v.
H_2S $(CH_3)_2S$ CH_3SH	Campos agrícolas ($<4\times10^{12}$) Oceanos ($31\text{-}42\times10^{12}$) Águas costeiras ($10\times10^{12}$) Floresta tropical ($16\times10^{12}$) Pântanos ($24\times10^{12}$)		OH	2 dias	2000,500,1.5 0-100 p.p.t.v.

* p.p.m.v.=10^{-6}; p.p.b.v.=10^{-9}; p.p.t.v.=10^{-12}

Quadro LII - Fontes e processos de remoção de alguns gases (adaptado de GRAEDEL e CRUTZEN, 1986).

GRAEDEL e CRUTZEN (1986) classifica os gases emitidos em quatro categorias: os gases que não reagem facilmente, os gases solúveis na água, os gases que reagem com facilidade e os gases susceptíveis de produzir deposições secas. Segundo este autor, a distância que um determinado elemento químico pode percorrer, bem como o seu tempo de permanência na atmosfera dependem, directamente, da categoria a que pertencem (Quadro LII).

Se o gás não reage, facilmente, com outros elementos presentes na atmosfera, tem tendência a espalhar-se na troposfera e/ou ser transportado para a estratosfera e alta atmosfera. Durante a sua estadia na atmosfera pode interferir na absorção da radiação solar e, eventualmente, alterar a camada de ozono (Fig. 84).

Se o gás é solúvel na água, pode incorporar-se nas gotas de água da chuva e depositar-se, intrometendo-se em qualquer ponto do ciclo hidrológico (Fig. 84).

Se o gás reage, facilmente, com outros elementos da atmosfera, oxidando-se, promove o aparecimento de um conjunto de novos produtos. A oxidação significa, em geral, maior solubilidade e menor pressão de vapor, o que facilita as mudanças de estado físico. Se o gás, ao reagir, gera um novo produto químico com características hidrofílicas, pode funcionar como núcleo de novas partículas. Este processo impede a difusão destes elementos para elevadas altitudes (Fig. 84).

Se o gás é susceptível de deposição seca, pode acumular-se nos solos e nas infraestruturas participando, posteriormente, em reacções que o poderão levar de volta para a atmosfera (Fig. 84).

2. Tipos de poluentes - fontes e tempos de residência na atmosfera

A quantidade de gás emitida e a maior ou menor facilidade com que é removido da atmosfera determinam o seu tempo de residência e a distância a que pode ser transportado (Quadro LII).

A importância e a magnitude dos impactes provocados por um determinado gás pode aumentar, tanto com o seu tempo de residência, como com a facilidade com que é removido.

Permanecendo durante mais tempo na atmosfera, permite a dispersão do poluente para áreas afastadas da fonte emissora, o que, para além de dificultar o estabelecimento de relações de causalidade, coloca em risco uma área muito mais vasta.

A facilidade de remoção de um gás traduz a sua grande apetência para reagir, quimicamente, com outros elementos ou compostos presentes na atmosfera. Destas reacções químicas resulta, em primeiro lugar, a alteração das propriedades dessa porção de ar e, no caso de, posteriormente, os compostos químicos gerados se precipitarem, pode provocar importantes impactes indirectos nos solos ou nos mosaicos de água onde se depositarem (Quadro LII).

A escala espacial na qual se vão repercutir os efeitos das emissões de cada um dos poluentes depende, também, das propriedades inerentes a cada um dos gases emitidos.

Aos compostos de carbono, de cloro e de azoto são atribuíveis reflexos à escala global.

A intervenção que qualquer deles tem no habitual processo de filtragem da radiação solar e da irradiação, exercido pela atmosfera, afecta, substancial e demoradamente, uma vasta área.

É, aliás, ao espaço e ao tempo que separam o momento e o lugar de emissão, da magnitude dos efeitos e da área onde se manifestam as consequências, que se deve o alheamento a que estes compostos químicos estiveram votados até há bem pouco tempo. Só muito recentemente começou a ser menos controverso o relacionamento do *Aquecimento Global* com a quantidade de CO_2 emitida, ou da *destruição da camada de ozono* com o uso dos clorofluorcarbonetos (CFC's)

Os compostos de enxofre, removíveis da atmosfera por oxidação, no prazo máximo de uma semana após a emissão, geram impactes directos perceptíveis à escala regional[197].

A degradação da visibilidade, dificuldades ao nível do aparelho respiratório e da visão, corrosão de ligas metálicas, etc., são alguns exemplos

---

[197]Não podemos, todavia, deixar de recordar que a sua remoção da atmosfera implica a transformação noutra forma química, que, quando precipitada, acidifica os solos e os oceanos. Os impactes indirectos, que esta deposição gera ao nível do ciclo biogeoquímico, são mais difíceis de avaliar e de delimitar. A magnitude das repercussões que daqui se adivinham, permitir-nos-iam associar este composto químico ao grupo anterior, o dos poluentes geradores de efeitos à escala global.

dos efeitos regionais gerados pela presença de concentrações elevadas de SO_2 na atmosfera.

Os metais pesados emitidos para a atmosfera, sobretudo por acção antrópica, produzem efeitos devastadores e incontroláveis no Ecossistema. Embora o seu percurso, uma vez colocados no meio ambiente, seja difícil de acompanhar, são facilmente detectáveis junto à fonte, pelo que os incluiremos no grupo dos poluentes cujos efeitos são diagnosticáveis à escala local.

2.1. O ozono, os compostos de cloro, o CO_2 e os óxidos de azoto - efeitos à escala planetária

2.1.1. O ozono[198]

O ozono (O_3) resulta da combinação de um átomo de oxigénio (O) com uma molécula de oxigénio (O_2).

O processo de formação de ozono pressupõe a existência de oxigénio atómico, formado na alta atmosfera por fotodissociação do oxigénio molecular (O_2), e envolve o consumo de radiação solar de grande potencial energético (Quadro LII e Fig. 84).

Depois de formado, o ozono é um bom absorvente da radiação solar entre 0.23 μm e 0.32 μm, que o dissocia, novamente, em O_2 + O + energia. Esta faixa do espectro electromagnético solar, absorvida pelo ozono, seria letal para os seres vivos, tal como existem à superfície da terra.

Os átomos de oxigénio, excitados, libertados quando da dissociação do ozono, reagem com o vapor de água dando origem ao radical OH. Este radical activa uma série de gases, normalmente inertes.

2.1.2. Os compostos de cloro

As principais fontes de cloro são a volatilização dos sais marinhos (CH_3Cl) e as actividades industriais consumidoras de combustíveis fósseis (HCl e $C_xF_yCl_z$).

---

[198]GIL, VICTOR M.S., Fundamentos da estrutura e propriedades da matéria, 1º vol., Livraria Almedina Editora, Coimbra, s/data.

Os derivados halogenados dos hidrocarbonetos e os clorofluorcarbonetos, vulgarmente designados CFC's, como o CCl_4, $CFCl_3$, CF_2Cl_2, CH_3CCl_3 são importantes fontes de cloro na atmosfera.

O facto de o HCl ser solúvel na água, razão das altas concentrações de iões de cloro nas gotas de água da chuva, evita a sua passagem para a estratosfera. Quando, porém, os compostos de cloro conseguem ultrapassar a tropopausa e atingir a estratosfera (Fig. 84) são activados, fotoquimicamente, e destroem, cataliticamente, o O_3. O seu retorno à troposfera só se concretiza através de um fluxo de HCl (Quadro LII e Fig. 84).

2.1.3. Os compostos de carbono

Os compostos de carbono resultam quer da utilização de combustíveis fósseis (carvão, petróleo, gás natural, etc.), quer de emissões naturais (Quadro LII).

Do petróleo extraem-se, além do combustível, uma série de produtos intermédios, utilizados como matéria-prima para a produção de corantes, plásticos, detergentes, fibras sintéticas e insecticidas.

A aptidão dos átomos de carbono para se associarem entre si e com outros átomos, principalmente, de oxigénio, de enxofre e de azoto, justifica os cerca de dois milhões de compostos conhecidos, resultantes de combinações naturais e laboratoriais.

Dentro da enorme variedade de compostos de carbono, distinguem-se várias famílias, semelhantes na estrutura e nas propriedades. A título de exemplo, e dada a sua importância para o sistema climático, salientaremos, apenas, a família dos hidrocarbonetos (compostos de carbono e hidrogénio).

Os hidrocarbonetos podem ser simples (saturados) ou conter ligações duplas e triplas (insaturados).

Os hidrocarbonetos simples ou saturados, quando adicionados a outros átomos não permitem a obtenção de compostos estáveis. É o caso da família dos alcanos, cuja fórmula molecular geral é $C_n H_{2n+2}$, e de que são exemplo o metano (CH_4), o etano ($C_2 H_6$), o propano ($C_3 H_8$), o butano ($C_4 H_{10}$), o pentano ($C_5 H_{12}$), o hexano ($C_6 H_{14}$), o heptano ($C_7 H_{16}$) e o octano ($C_8 H_{18}$).

Os hidrocarbonetos, com ligações duplas e triplas entre os átomos de carbono, constituem a família dos alcenos e alcinos, respectivamente. Estes hidrocarbonetos, quando adicionados a outros átomos, produzem compostos estáveis. Os alcenos, como o polietileno, são usados, frequentemente, no fabrico de polímeros para a indústria de plásticos. Os alcinos, como o acetileno,

utilizam-se na soldadura e na preparação de outros compostos para a indústria de plásticos e borrachas.

Dos hidrocarbonetos deriva uma série de compostos orgânicos, pela substituição, de um ou mais átomos, por outros átomos ou grupos de átomos. É o caso dos derivados halogenados, os alcoóis e fenóis, os éteres, os aldeídos, as cetonas e ácidos carboxílicos, as amidas e aminas e os ésteres[199].

Os hidrocarbonetos são insolúveis na água, mas os seus derivados oxidados têm, normalmente, grande solubilidade, incorporando-se, facilmente, nas gotas de água e nos aerossóis, como é o caso do formaldeído ou metanal que aparece, frequentemente, nas gotas de água das nuvens.

O processo de oxidação inicia-se na presença do radical OH ou do O_3, mas a continuidade do processo é complexa e ainda desconhecida (Quadro LII e Fig. 84).

Da combustão dos hidrocarbonetos resultam, para além do CO_2 , uma série de produtos sólidos, cujo tamanho é suficiente para absorver uma parte da radiação solar e reduzir a visibilidade.

O CO_2 não é reactivo na baixa atmosfera ficando, portanto, sujeito a transporte e difusão no seio da atmosfera (Quadro LII e Fig. 84).

2.1.4. Os compostos de azoto

As principais fontes antrópicas de azoto são as actividades que envolvem combustões a elevadas temperaturas. As emissões antrópicas destes compostos são tão ou mais elevadas do que as emissões naturais (Quadro LII e Fig. 84).

A sua eficiência como redutores dos radicais OH e OR (essenciais para o prosseguimento de inúmeras reacções na atmosfera), aliada a tempos de residência de um a dois dias na atmosfera, justifica a sua importância para a produção do O_3 nas latitudes médias.

A remoção do NO e NO_2 da atmosfera pode ser conseguida pela formação de ácido nítrico (HNO_3), solúvel na água.

A solubilidade do ácido nítrico na água, por exemplo da chuva, contribui para a sua acidificação. A acidificação da precipitação produz uma série de efeitos prejudiciais, quer aumentando o poder corrosivo em grande número de

---

[199]Para uma descrição mais pormenorizada de cada um destes derivados ver A. Monteiro, 1989, p.266-269

materiais, quer actuando como agente lacrimejante, quer mesmo surtindo efeitos mutagenéticos.

2.2. O SO_2 - efeitos à escala regional

A maior parte do enxofre presente na atmosfera é emitido por processos que envolvem, directa ou indirectamente, actividades humanas, das quais se salienta a combustão de carvão e petróleo (Quadro LII e Fig. 84).

A oxidação do enxofre produz dióxido de enxofre (SO_2) e uma série de outros compostos.

O dióxido de enxofre pode depositar-se à superfície, formar aerossóis, por oxidação atmosférica, ou ser absorvido e oxidado pela água das nuvens.

Ao depositar-se à superfície contribui para alterar os ciclos biogeoquímicos nos solos e os processos biológicos normais na vegetação e nas superfícies líquidas, assim como aumenta a corrosão de algumas ligas metálicas, presentes nos materiais de construção.

A formação de aerossóis, por oxidação atmosférica, contribui para a degradação da visibilidade.

A absorção e oxidação na água das nuvens propicia a acidificação da precipitação, cujas consequências já apontámos.

O número e rapidez de reacções fotoquímicas, em que o enxofre se envolve na troposfera, impede o seu transporte para a estratosfera[200].

2.3. Os metais pesados - efeitos à escala local[201]

Dentro do conjunto de metais pesados que atingem, já, níveis de toxicidade preocupantes, em algumas áreas do globo, particularmente nas áreas urbanas, destacam-se, como os mais publicitados, ao nível quer dos usos, quer dos efeitos, o mercúrio, o chumbo, o cádmio e o zinco.

---

[200] O COS constitui uma excepção já que, dificilmente, é removido da troposfera conseguindo atingir a estratosfera onde é convertido fotoquimicamente em SO_2 e SO_4.

[201] SAUNDERS, P.J.W., 1976.

Apesar de existirem, naturalmente, no Ecossitema, e serem indispensáveis para a sobrevivência de animais e plantas, são muito tóxicos mesmo em baixas concentrações.

Actualmente, as suas maiores fontes são de origem antrópica (efluentes industriais, metalurgia, construção naval, combustão, canalizações dos sistemas de abastecimento de água, etc.).

Embora qualquer destes metais pesados possa provocar impactes de enorme importância e grande magnitude, pela variedade de percursos possíveis que podem adoptar, uma vez colocados no Ecossistema, não é possível avaliar os seus prejuízos, senão à escala local.

Qualquer deles tem um tempo de residência na atmosfera muito reduzido. São, normalmente, removidos pela precipitação, depositando-se relativamente próximo da fonte.

3. Acidez forte e fumos negros na cidade do Porto

3.1. A eficácia do SO_2 e dos fumos negros como indicadores da qualidade do ar na cidade do Porto

O SO_2 e os fumos negros, não são, especialmente no caso da cidade do Porto, o tipo de poluentes atmosféricos que melhor *tipificam* a degradação da qualidade do ar provocada pelo metabolismo urbano.

O SO_2 e os fumos negros adquiriram grande importância, como indicadores de qualidade do ar, no Reino Unido, especialmente após o *smog* londrino de 5 a 8 de Dezembro de 1952. Durante esses dias as concentrações diárias de SO_2 ultrapassaram os 4000 $\mu g/m^3$ e os fumos negros atingiram os 6000 $\mu g/m^3$ [202].

Este *smog*, associado às temperaturas abaixo de 0°C que então se registaram, foi responsabilizado pela morte de mais de 4700 pessoas, particularmente idosos, que já padeciam de bronquite, gripe, pneumonia, tuberculose ou outras patologias do foro respiratório.

---

[202]ELSOM, D., 1987,p.197.

A pressão pública, motivada pelo interesse dos *mass media*, obrigou as entidades governamentais a desencadear, a partir de então, um conjunto de medidas de mitigação e de prevenção da poluição atmosférica em grande número de cidades britânicas, à semelhança das já iniciadas em Manchester (1946) e Coventry (1951). Nestas duas cidades inglesas, depois de provado o grande contributo das lareiras domésticas e industriais para as elevadas concentrações de SO_2 e de fumos negros, haviam já sido criadas *smokeless zones*, ainda hoje em vigor, onde não é permitida a utilização de qualquer fonte de energia libertadora de fumo[203].

A escassa utilização, em Portugal, de combustíveis fósseis libertadores de fumos, quer no aquecimento doméstico, quer na indústria, reduz, substancialmente, a eficácia da utilização do SO_2 como um importante indicador da degradação da qualidade do ar urbano.

Embora conscientes da sua menor relevância no nossa área de estudo, insistimos na análise das concentrações do SO_2 e dos fumos negros, antes de mais, porque, à semelhança de outros produtos excretados pelo ecossistema urbano portuense, interferem, directamente, com a fluidez da *entrada* e da *saída* de energia dentro do subsistema climático, depois, porque são os únicos elementos com uma série razoavelmente significativa de registos disponíveis, e, finalmente, porque tendo um curto tempo de residência na atmosfera, dão-nos algumas garantias de grande proximidade emissor-receptor, fundamentais para a demonstração da hipótese que levantámos no capítulo VI.

Estando interessados em diagnosticar a qualidade do ar na cidade do Porto, exclusivamente para *verificar* a tese defendida no capítulo VI , segundo a qual as manifestações recentes de mudança climática na região portuense são uma consequência directa do intenso fenómeno de urbanização, pareceu-nos que o SO_2 e os fumos negros, apesar de não serem os poluentes que melhor tipificam a natureza e a magnitude dos impactes provocados pelo *modus vivendi* urbano portuense no balanço energético regional, podem contribuir, decisivamente, para *testar* as relações de causalidade que sugerimos.

---

[203]Como é o caso da electricidade, da antracite ou de outros combustíveis com fraco conteúdo volátil como o gás, o petróleo ou, ainda, alguns tipos de carvão, depois de desprovidos da maior parte do seu conteúdo volátil original.

3.2. Tipo de rede de registo

Para a área do Porto existem registos de dióxido de enxofre (SO_2) e de fumos negros desde 1968[204].

Avarias sucessivas e/ou desgaste no equipamento,[205] para além de mudanças na localização de alguns postos de registo, tornaram difícil encontrar uma amostra significativa, com blocos temporais de informação comuns para todos os postos.

Das séries temporais de registos disponíveis optámos pelo período entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991, porque, antes de mais, se inclui no conjunto de anos em que detectámos manifestações de mudança climática, e depois, porque coincidiu com a inclusão, na rede de registo da qualidade do ar, de novos postos dentro da mancha urbana, o que melhora, desde logo, a qualidade da informação a analisar (Quadro LIII e Fig. 85).

O período de análise (1461 dias), apesar de insuficiente, parece-nos, por um lado, razoável para iniciar esta tentativa de diagnóstico do estado de degradação da qualidade do ar portuense, e por outro, pode contribuir para compreendermos a reciprocidade existente entre os fenómenos atmosféricos e o teor das concentrações de poluentes na cidade.

Apesar dos nove postos da rede de medição da qualidade do ar na área do Porto considerados, apresentarem, pelas razões já apontadas, inúmeras falhas (Fig.86), não tentamos preencher estas inúmeras lacunas, com valores médios ou outros, para não introduzir *ruído* na informação, o que nos poderia afastar do objectivo que pretendemos.

Os fumos negros, em qualquer dos postos considerados, possuem um número muito escasso de dados, que nos coartou a possibilidade de os utilizar, simultaneamente, com os da acidez forte. Embora, por este facto, não venham a

---

[204]Para o Porto a rede de medição da qualidade do ar é da responsabilidade da DGQA e apenas regista informação relativa ao dióxido de enxofre e fumos negros.

Esta rede, inicialmente montada pela Petrogal tem vindo a ser, sucessivamente adensada pelo Gabinete de Protecção do Ar, a cujas responsáveis, Engª Isabel Vasconcelos e Professora Doutora Conceição Alvim, aproveitamos para agradecer a disponibilização de dados.

[205]Como afirma C. ALVIM, no relatório sobre a qualidade do ar na área do Porto, C.G.A., 1989, p.6 "...a acidez forte é medida pelo método da água oxigenada segundo a NORMA ISO/DIS-4220 de 2/1982, usando-se um processo potenciométrico para a detecção do ponto final de titulação com o aparelho ORION RESEARCH MODEL 701A DIGITAL YONALYZER (...) os fumos negros são medidos pelo método da mancha reflectométrica, segundo a NORMA AFNOR NFX 43/005 de 1977, tendo-se usado um reflectómetro PHOTOVOLT 575 e filtros WHATMAN nº1...".

ser utilizados, posteriormente, pareceu-nos de grande utilidade, pela ordem de grandeza de alguns dos valores registados, analisá-los nesta primeira fase de diagnóstico (Quadro LIII).

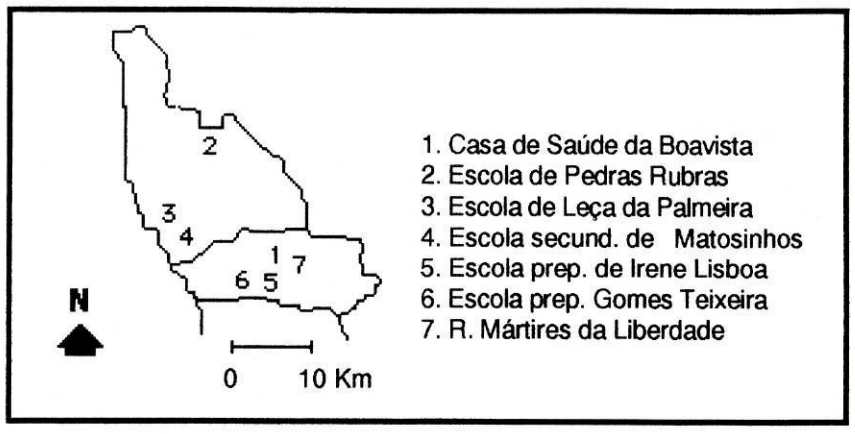


Fig.85 - Rede de medição de acidez forte e fumos negros na área do Porto (DGQA/Porto)[206].

Postos	Ac1	Ac2	Ac3	Ac4	Ac5	Ac6	Ac7	Ac8	Ac9
Nº casos	1340	1031	1329	805	508	626	537	735	522
Y.mín.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Y. máx.	310	314	402	369	229	225	261	227	382
Média	71	41	67	71	50	69	70	47	57
Mediana	62	35	54	59	40	61	66	40	48
C.variaç.	65	80	81	67	74	62	68	69	68

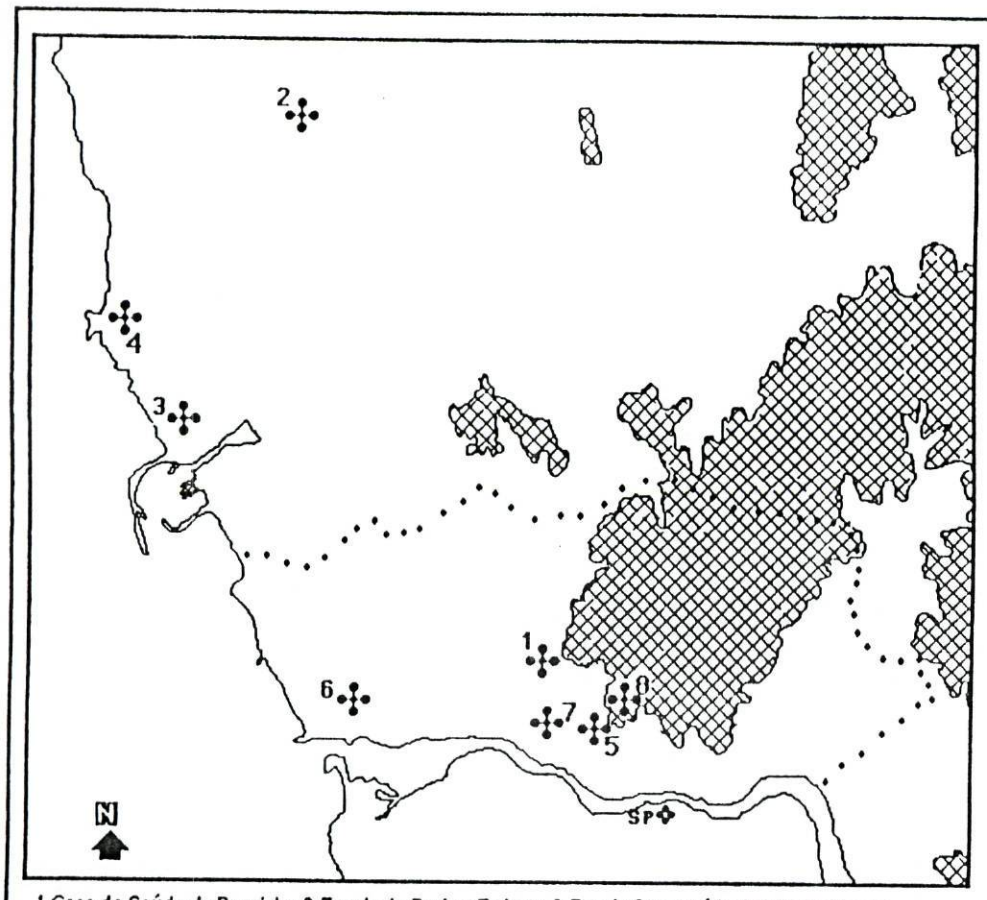
Postos	Fn1	Fn2	Fn3	Fn4	Fn5	Fn6	Fn7	Fn8	Fn9
Nº casos	892	632	883	728	169	566	513	646	419
Y.mín.	0	0	0	0	5.2	0	0	0	4.1
Y. máx.	76	41	91	145	70	110	249	93	163
Média	14	8	14	18	20	22	90	11	44
Mediana	10	6	9	13	16	19	88	7	41
C.variaç.	77	90	93	89	64	71	58	114	49

Ac- acidez forte; Fn- fumos negros.
1-Casa de Saúde da Boavista; 2- Escola de Pedras Rubras; 3-Escola de Leça da Palmeira; 4-Escola Matosinhos; 5- Escola Irene Lisboa; 6--Escola Gomes Teixeira; 7-Rua Mártires da Liberdade; 8-Escola F.Torrinha; 9-Rua Entreparedes

Quadro LIII - Valores de acidez forte ($\mu g/m^3$) e fumos negros ($\mu g/m^3$) para os postos da rede do Porto entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991.

---

[206]Os postos 8 (Mártires da Liberdade) e 9 (Entreparedes) não foram cartografados porque a esta escala sobrepõem-se aos postos 5 e 6.



1-Casa de Saúde da Boavista; 2-Escola de Pedras Rubras; 3-Escola Secundária de Matosinhos; 4-Escola de Leça da Palmeira; 5-Escola Preparatória de Irene Lisboa; 6-Escola F. Torrinha; 7- Escola Gomes Teixeira; 8-Rua Mártires da Liberdade; 9-Rua Entreparedes (a mesma localização do posto 8 a esta escala).
SP- Estação climatológica da Serra do Pilar-Porto.

Altitudes superiores a 100m

Limite administrativo do concelho do Porto

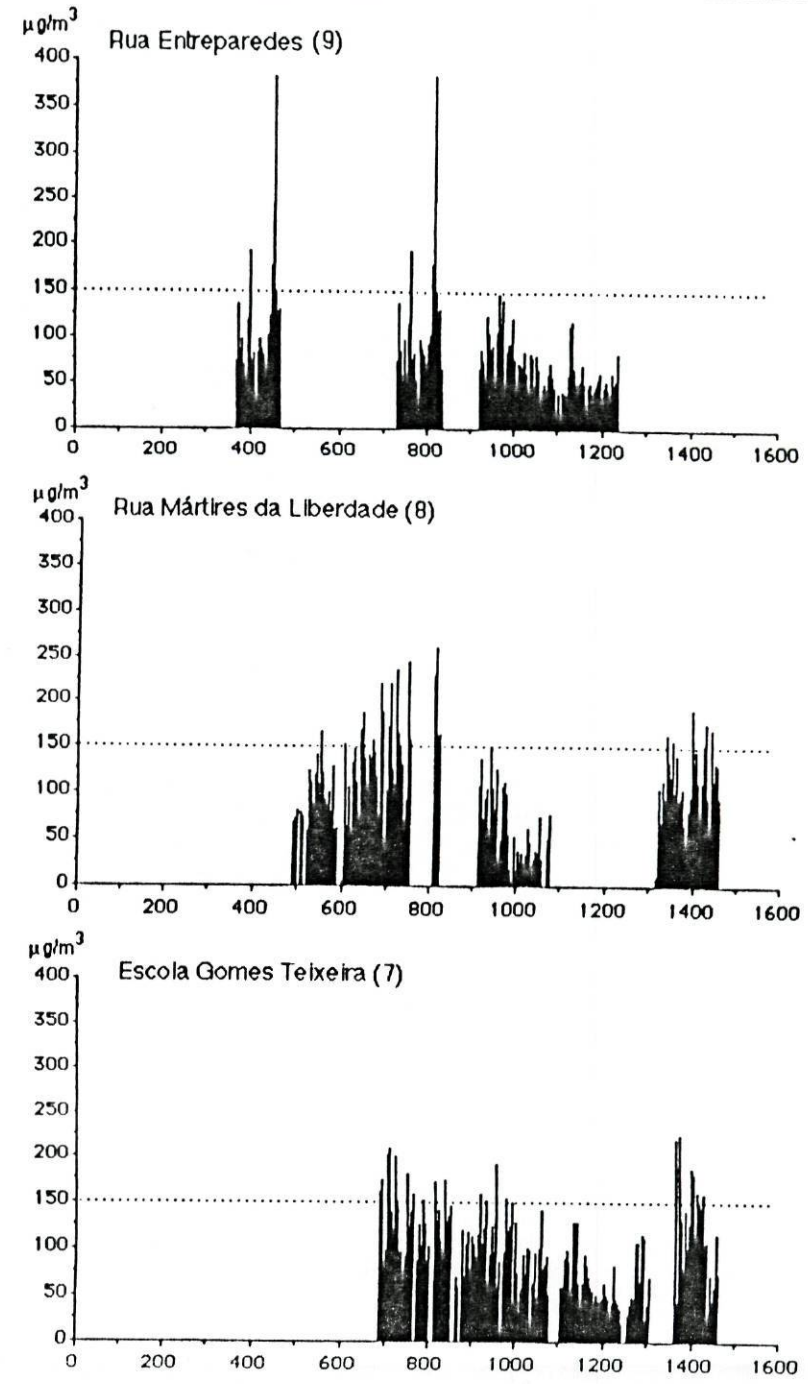
Posto da DGQA

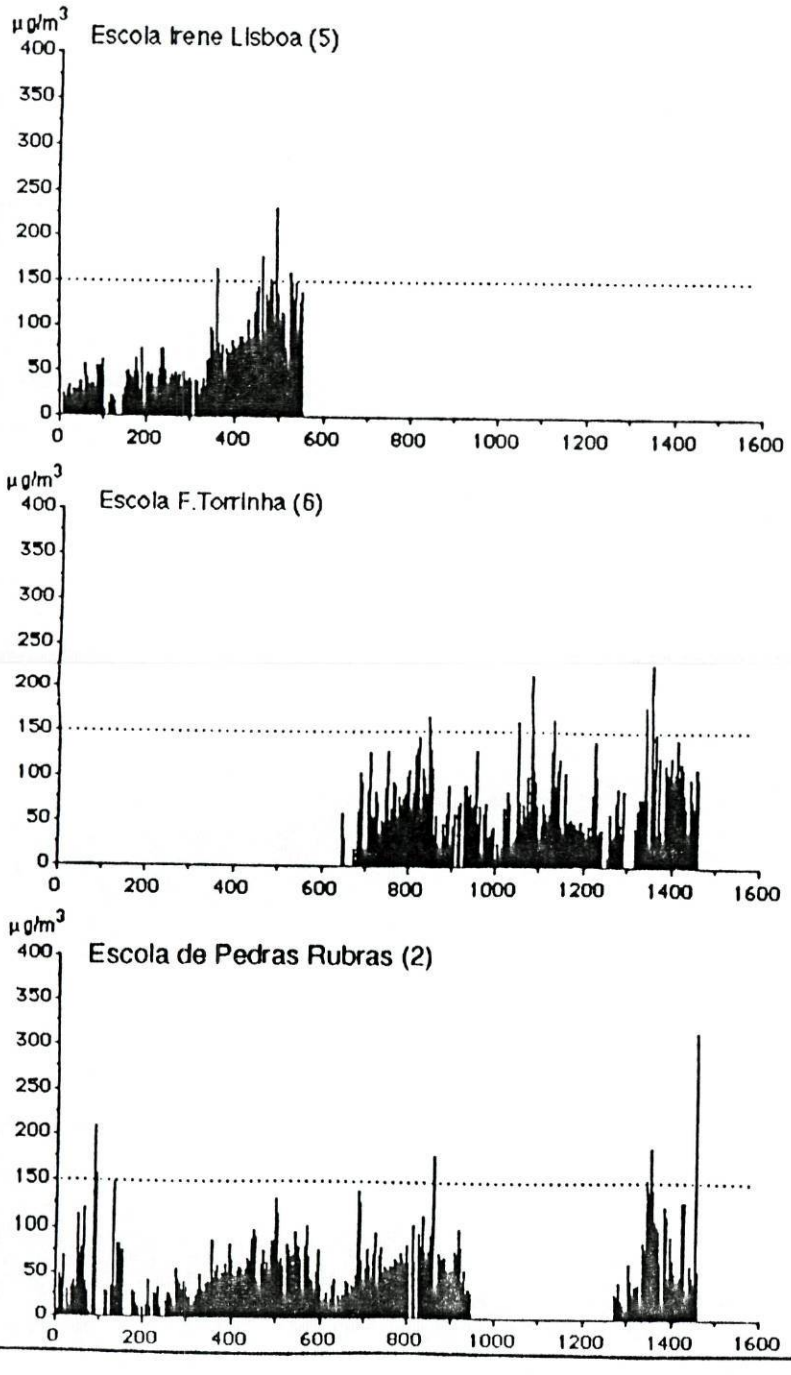
Posto climatológico

150µg/m3 Valor-limite máximo admissível

50 / 0 / 0 — Valores diários de Acidez forte

0 = 1 Abril de 1987
1461 = 31 de Março de 1991





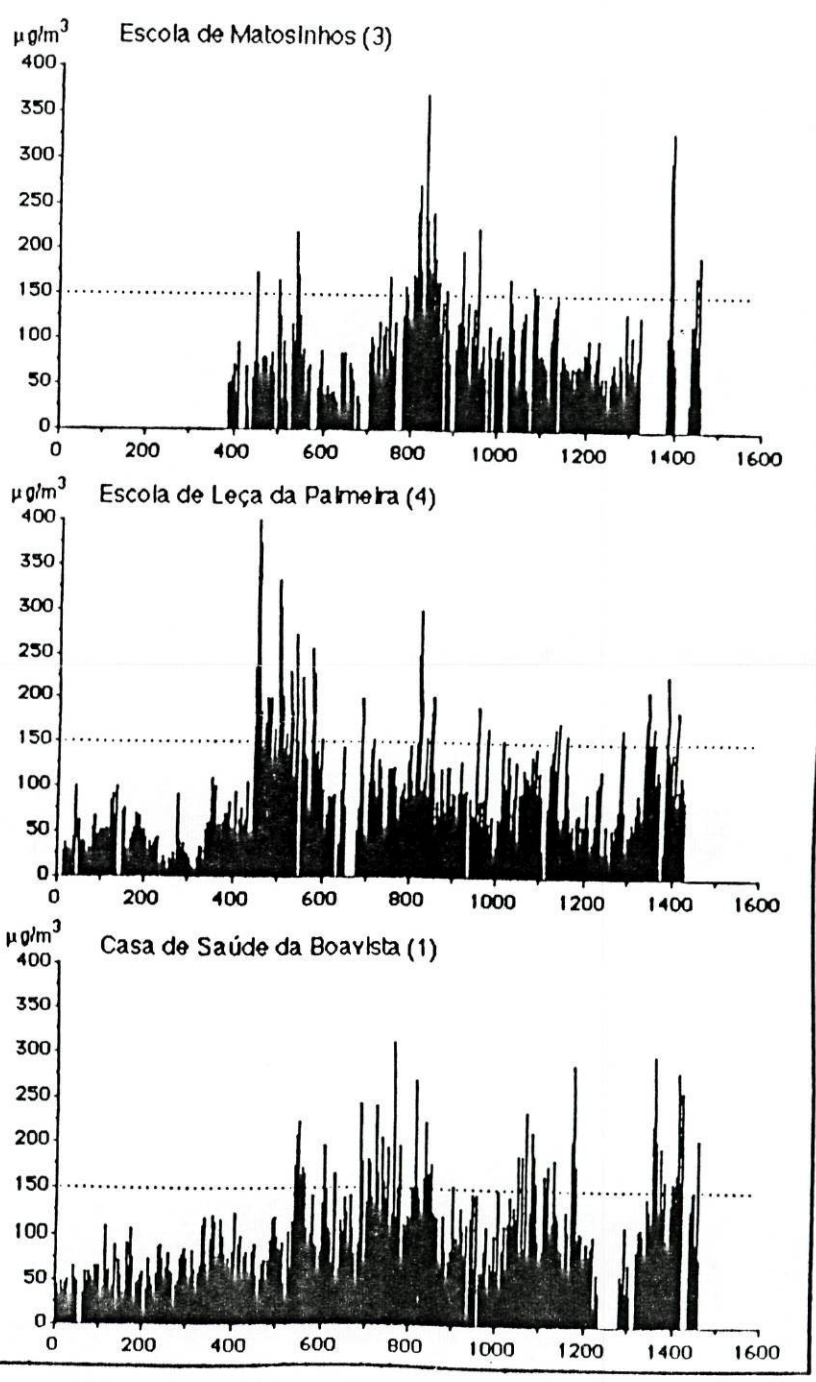


Fig. 86 - Valores diários de acidez forte (1 Abril de 1987/31 Março 1991). Fonte: DGQA-Porto

Assim, dos 1461 dias de registo de acidez forte, correspondentes ao período que observámos, apenas as séries da Casa de Saúde da Boavista, de Pedras Rubras e de Leça da Palmeira representam uma amostra significativa (Quadro LIII e Fig. 86).

Não podendo analisar comparativamente as séries de registo de cada ponto da rede, optámos, por seleccionar, dentro de cada uma das séries, episódios de grande concentração de SO_2, com o intuito de tentar definir o grau de degradação da qualidade do ar portuense e de tentar compreender algumas das condições que permitem e/ou favorecem a ocorrência destes episódios de maior poluição.

A definição, em termos quantitativos, de um pico de poluição é controversa, sobretudo pela multiplicidade de variáveis a considerar. Para além da concentração de SO_2, deveríamos dispor, para cada um dos dias, de informação sobre os outros elementos e compostos químicos, bem como um conhecimento detalhado da pressão atmosférica, da temperatura e da humidade. Quantidades muito diversas de SO_2 podem provocar impactes de idêntica gravidade.

Na impossibilidade de prosseguir pelo processo ideal, na nossa selecção dos picos de poluição, optámos pelos valores *standard* definidos pelas Directivas Comunitárias, sob sugestão da Organização Mundial de Saúde, e que constam da legislação portuguesa.

Segundo o Despacho Normativo nº 29/87 e a Directiva Comunitária 80/779/EEC, os valores-guia para concentrações médias diárias de SO_2 e fumos negros oscilam entre 100 e 150 $\mu g/m^3$ (Quadro LIV). Valores médios diários superiores a 250 $\mu g/m^3$ durante mais do que três dias consecutivos são considerados, pela CEE, como intoleráveis[207].

Período de referência	$S O_2$ ($\mu g/m3$)	Fumos negros ($\mu g/m^3$)
ANO (média das médias diárias)	40-60	40-60
DIA (média diária)	100-150	100-150

Quadro LIV- Valores - guia para o SO2 e fumos negros, segundo a Directiva Comunitária 80/779/EEC

[207]ELSOM, D., 1989,p.212-214.

3.3. Concentrações de SO_2 na cidade do Porto entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991

Entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991, a concentração média diária de SO_2 , na área do Porto, ultrapassou, por diversas vezes, o limite máximo admissível de 150 $\mu g/m^3$ (Fig.86 e Quadro LIII).

As médias aritméticas anuais dos valores médios diários de SO_2 ultrapassaram, na maioria dos postos considerados, o limite máximo de 60 $\mu g/m^3$ recomendado pela CEE (Quadro LIII e LIV).

Embora com grande variabilidade (c.v entre 62% e 81%), a concentração de SO_2, em qualquer dos postos, ultrapassou, pelo menos uma vez durante os quatro anos analisados, os 220 $\mu g/m^3$ (Quadro LIII).

Os postos localizados na Casa de Saúde da Boavista, em Pedras Rubras, em Leça da Palmeira e em Matosinhos, registaram ao longo do período observado, mais de 100 dias com concentrações de SO_2 acima dos 100$\mu g/m^3$ [208].

Os postos localizados no interior dos limites administrativos da cidade do Porto registaram a ocorrência de concentrações de SO_2 acima dos 100 $\mu g/m^3$, em mais de 10% dos dias disponíveis.[209].

Se, por um lado, é verdade que a área do Porto não atingiu, ao longo dos últimos quatro anos, níveis de poluição, pelo menos no que respeita ao SO_2 e aos fumos negros, tão dramáticos como os de outras cidades do globo, como Rio de Janeiro, Varsóvia, Londres ou Zagreb (Quadro LV), por outro, não podemos deixar de concluir, desta primeira e genérica abordagem, que **não é, de todo, uma região com "boa qualidade do ar"** como, constantemente, nos informam os organismos oficiais e publicitam os *mass media*.

Nem na pesquisa bibliográfica, que efectuamos no jornal diário Público, desde que passou a ser publicada a informação sobre a Qualidade do Ar, nem na informação sobre o mesmo tema divulgada por outros meios audio-visuais, qualquer delas da responsabilidade da Direcção Geral da Qualidade do Ambiente, encontrámos para a área do Porto, classificação inferior a *razoável*.

Esta discrepância notória, entre os valores, já preocupantes, registados nos postos que seleccionámos (Quadro LIII e Fig. 86) e os resultados

---

[208] O percentil 90 é superior a 100$\mu g/m^3$ em qualquer destes postos.

[209] O que traduz, neste caso, apenas 50 a 70 dias, dado o grande número de lacunas.

animadores com que, quotidianamente, somos confrontados, sucede, pela opção, quanto a nós desajustada, do posto de referência escolhido[210].

Cidade	Média Anual de SO_2 (µg/m3)	Média diária máxima de SO_2 ($\mu g/m^3$)	Média Anual de fumos negros ($\mu g/m^3$)	Média diária máxima de fumos negros ($\mu g/m^3$)
SIDNEY	63	246		
RIO JANEIRO	208	965	19	92
TORONTO	32	236		
BOGOTÁ	13	35	19	111
ATENAS	39	165		
CALCUTÁ	58	105		
TEERÃO	46	152	203	806
AUCKLAND	25	165	4	26
VARSÓVIA	336	2940	420	3590
BUCARESTE	9	100		
LONDRES	125	405	26	105
CHICAGO	41	136		
ZAGREB	112	488		

FONTE: OMS, 1980.

Quadro LV - Concentração de SO_2 e fumos negros em algumas cidades (adaptado de ELSOM, 1989, p.24).

Esta, pelo menos aparente, desdramatização, por parte das entidades oficiais, relativamente ao ritmo de deterioração da qualidade do ar na região portuense, que nos dificultaria a compreensão das manifestações de mudança climática detectadas no capítulo anterior, é tão mais grave quanto, a partir desta nossa análise de outros postos da rede do Porto, verificamos que **o ritmo de degradação da qualidade do ar se tem vindo a acelerar**, precisamente, nos últimos anos (Fig. 87).

---

[210]No caso da área do Porto, o posto de referência escolhido localiza-se na Rua do Campo Alegre, junto das instalações da DGQA-Porto.

O facto de estar dentro de um amplo terreno, afastado da rua principal e longe de qualquer outro tipo de fonte emissora, contribui, obviamente, para *mascarar* o estado real de degradação da qualidade do ar na cidade do Porto.

Repare-se que tanto os registos do posto na Escola F.Torrinha, como os do posto na Casa de Saúde da Boavista, relativamente próximos da Rua do Campo Alegre, demonstram a ocorrência frequente de concentrações suficientemente elevadas de SO_2 para justificarem uma classificação de *má qualidade do ar* para a cidade do Porto.

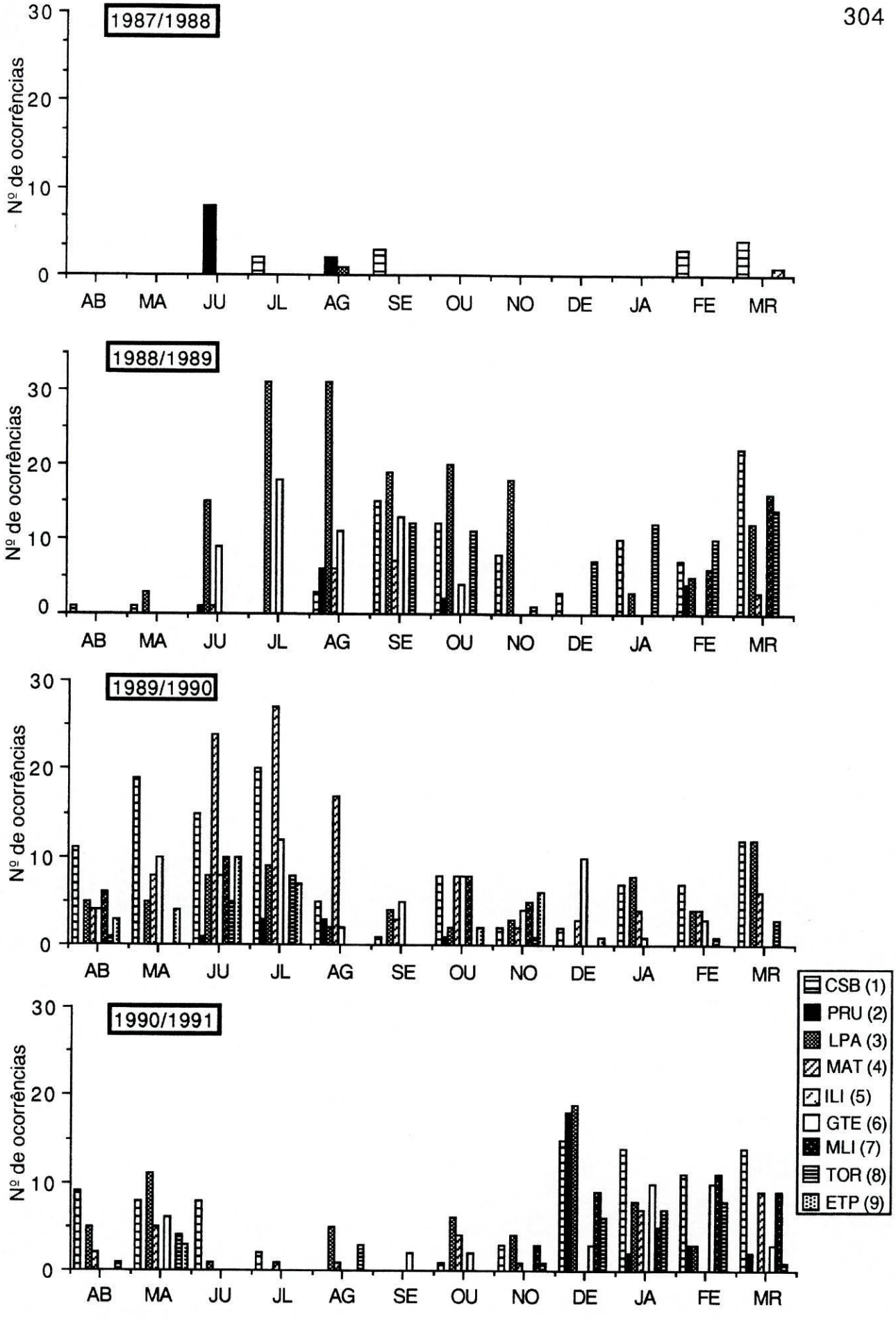


Fig. 87 - Nº de dias com concentração de SO_2 superior a 100 µg/m3 (1 Abril de 1987/31 Março 1991).

Se contabilizarmos, apenas, o número de dias com concentrações de SO_2 acima dos 100μg/m^3, entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991, observa-se que o número de ocorrências, em cada um dos postos, foi, sucessivamente, aumentando (Fig.87). Para além de se terem multiplicado, passaram a ocorrer ao longo de todos os meses do ano, e numa área, espacialmente, mais alargada (Fig.87).

Enquanto em 1987/88 os dias com mais de 100μg/m^3 de SO_2 só tiveram algum significado nos postos de Pedras Rubras e da Casa de Saúde da Boavista, a partir de 1988/89 surgiram, com frequência, em quase todos os postos da rede, em qualquer época do ano.

Durante os últimos três anos analisados, os postos da Casa de Saúde da Boavista, de Leça da Palmeira, de Matosinhos e de Pedras Rubras destacaram-se do conjunto como os que, com mais frequência, registaram concentrações de SO_2 acima dos 100μg/m^3.

A isto não será alheio o facto de terem sido, também, aqueles em que houve menor número de avarias. Não fora o grande número de lacunas de informação e os postos localizados na Escola F. Torrinha, na rua Mártires da Liberdade, na Escola Gomes Teixeira e na Escola Irene Lisboa teriam, provavelmente, evidenciado, também, um significativo número de dias com elevadas concentrações de SO_2.

Se a concentração de um determinado poluente na atmosfera depende, directamente, da quantidade emitida, das suas propriedades e das condições meteorológicas que este encontra no momento em que é emitido, facilmente se deduz que não seria previsível encontrar tais concentrações na troposfera portuense (Fig.87 e Fig.88).

Primeiro, porque o SO_2 não é, para o Porto, o melhor indicador de degradação da qualidade do ar tal como foi, por exemplo, para as cidades inglesas. A frequência com que se sucederam os dias com concentrações acima dos 100μg/m^3, entre 1987 e 1991 (Fig.87), não corresponde, portanto, a mudanças nem ao nível dos hábitos domésticos, nem ao nível do perfil industrial, nem a alterações na conjuntura sócio-económica como aconteceu para as cidades inglesas (Fig.88).

Depois, porque localizando-se a nossa área de estudo no litoral, praticamente sem obstáculos à penetração do ar marítimo, tem excelentes condições de dispersão e *limpeza* da atmosfera o que deveria dificultar concentrações de SO_2 desta ordem de grandeza (Fig. 88).

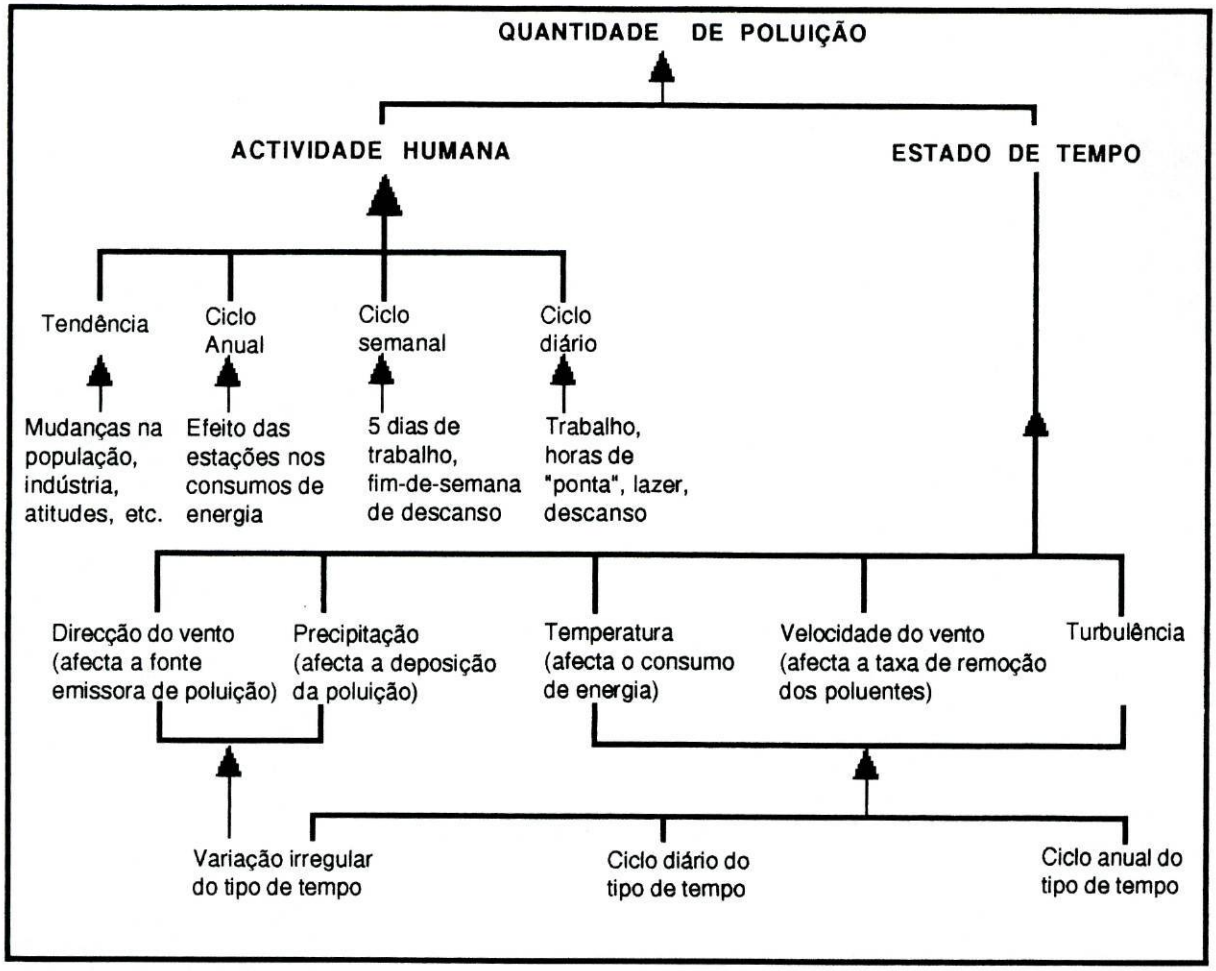


Fig. 88 - Algumas causas da variação da poluição atmosférica (adaptado de THOMPSON, 1978[211])

Repare-se, a título meramente exemplificativo, na capacidade explicativa do SO_2, em comparação com a dos NO_x ou dos CO_x, para compreender o aumento ininterrupto da temperatura na Av. da Liberdade, entre 20 e 24 de Dezembro de 1990, que referenciamos no ponto 3.1. do capítulo VII (Fig. 70 e Fig.89).

Sugerimos, nessa fase do trabalho, como a justificação mais plausível para o aumento da temperatura, mesmo na ausência da fonte energética natural (Sol), o facto de durante esse período o comércio e os serviços terem prolongado o seu horário de funcionamento até às 24h.

---

[211]THOMPSON, R.- "Atmospheric contamination - a review of the air pollution problem", Geographical Papers, Department of Geography, University of Reading, 1978, p.68.

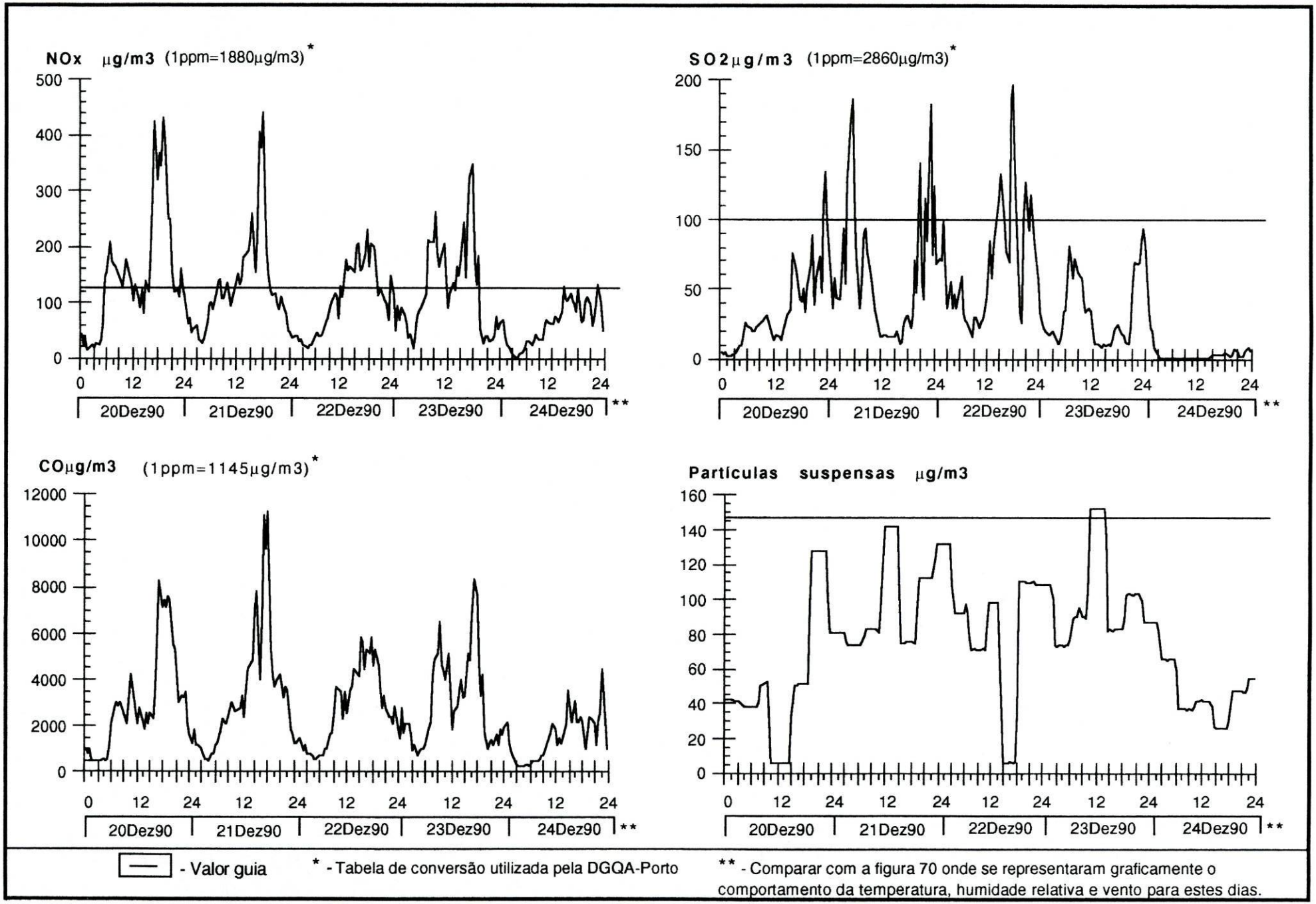


Fig. 89 - Médias semi-horárias de SO_2, NO_x, CO e partículas suspensas entre o dia 20 e 24 de Dezembro de 1990 na Av. da Liberdade -Porto (DGQA-Porto).

O prolongamento do período de iluminação e aquecimento dos edifícios, o maior número de pessoas em circulação, o aumento do número de veículos em circulação, alimentaram o circuito artificial de energia no momento do dia em que os seus reflexos na temperatura local são, particularmente, notórios.

A observação dos registos dos NO_x, CO, SO_2 e partículas suspensas durante estes 4 dias de Dezembro de 1990 (Fig. 89), evidencia, claramente, a importância de outros poluentes, além do SO_2, para compreender as relações de causalidade entre a degradação da qualidade do ar, provocada por acção antrópica, e os processos de resolução do subsistema climático urbano, pelo menos no que se refere à temperatura.

Os registos de SO_2 são absolutamente insuficientes para traduzir a qualidade do ar portuense.

Repare-se, por exemplo, na sua pouca expressividade para revelar a magnitude e a intensidade dos impactes gerados pelos cerca de 306000 veículos que, quotidianamente, circulam na cidade do Porto (Quadro LVI a e b).

Como se deduz da leitura dos factores de emissão[212], qualquer que seja o tipo de veículo, o tipo de combustível utilizado ou a velocidade de circulação, há uma considerável diferença entre a quantidade de CO e C_xH_y expelida para a atmosfera e a quantidade de SO_2 (Quadro LVI a).

Esta diferença é tanto maior quanto menor for a velocidade de circulação dos veículos, para a maioria dos compostos químicos (Quadro LVI a). Só os NOx aumentam à medida que a velocidade aumenta [213].

Os NOx foram, aliás, os que atingiram, com maior frequência, concentrações acima do valor guia, durante os 4 dias que analisámos.

---

[212]MINISTRY OF HEALTH AND ENVIRONMENTAL PROTECTION, Handbook of emission factors, non-industrial sources, The Hague, 1980, p.64-65.

[213]Utilizando, como exemplo, o valor das emissões dos 306 000 veículos/dia, temos:

-para uma velocidade de circulação de 6Km/h 16524Kg/Km de CO, 2570Kg/Km de CxHy, 397 Kg/Km de NOx e **29 Kg/Km de SO_2**;

- para uma velocidade de circulação de 60Km/h 5508 Kg/Km de CO, 642 Kg/Km de CxHy, 581 Kg/Km de NOx e **8 Kg/Km de SO_2**.

FACTORES DE EMISSAO *

Veículos ligeiros (g/Km)		CO	CxHy	NOx	SO2
Velocidade média (Km/h)	Combustível				
6	gasolina	54	8,4	1,3	0,095
6	gasóleo	2,8	1,6	0,9	1,48
20	gasolina	25	3,7	1,7	0,042
20	gasóleo	2	1,5	1,25	
35	gasolina	21	2,6	1,8	0,033
35	gasóleo	1,2	0,7	0,9	0,56
60	gasolina	18	2,1	1,9	0,027
60	gasóleo	1,1	0,65	0,9	0,48
100	gasolina	16	1,8	3,8	0,031
100	gasóleo	1	0,6	1,8	0,58
Veículos pesados entre 2 e 3,5 ton (g/Km)					
Velocidade média (Km/h)	Combustível				
19	gasolina	64	6,5	4	0,06
19	gasóleo	4,2	0,7	1,2	1,08
32	gasolina	38	3,9	5	0,06
32	gasóleo	3,4	0,6	1,7	1,08
60	gasolina	29	3	7	0,06
60	gasóleo	2,9	0,5	2,4	1,08
100	gasolina	25	2,6	11	0,06
100	gasóleo	2,6	0,5	3,8	1,08

* Ministry of Health and Environmental Protection, Handbook of Emission Factors, non-industrial sources, The Hague, 1980, p.64-65.

Quadro LVI a) - Factores de emissão de CO, CxHy, NOx e SO2 para diferentes tipos de veículos consoante a velocidade e o tipo de combustíveis.

Tráfego médio diário, JAE, 1990

Posto	EMISSOES (g/Km)				Posto	EMISSOES (g/Km)				Posto	EMISSOES (g/Km)			
Circunv/ViaRápida	CO	CxHy	NOx	SO2	Circunv/Ameal	CO	CxHy	NOx	SO2	Circunv/Freixo	CO	CxHy	NOx	SO2
Veíc.lig.=18802					**Veíc.lig.=37499**					**Veíc.lig.=16847**				
	1015308	157937	24442,6	1786,19		2024946	314992	48749	3562		909738	141515	21901	1600
	52645,6	30083,2	16921,8	27827		104997	59998	33749	55499		47172	26955	15162	24934
	470050	69567,4	31963,4	789,684		937475	138746	63748	1575		421175	62334	28640	707,6
	37604	28203	23502,5			74998	56249	46874			33694	25271	21059	
	394842	48885,2	33843,6	620,466		787479	97497	67498	1237		353787	43802	30325	556
	22562,4	13161,4	16921,8	10529,1		44998,8	26249	33749	20999		20216	11793	15162	9434
	338436	39484,2	35723,8	507,654		674982	78748	71248	1012		303246	35379	32009	454,9
	20682,2	12221,3	16921,8	9024,96		41248,9	24374	33749	18000		18532	10951	15162	8087
	300832	33843,6	71447,6	582,862		599984	67498	142496	1162		269552	30325	64019	522,3
	18802	11281,2	33843,6	10905,2		37499	22499	67498	21749		16847	10108	30325	9771
Veíc.pes.=1605					**Veíc.pes.=3367**					**Veíc.pes.=1159**				
	102720	10432,5	6420	96,3		215488	21886	13468	202		74176	7533,5	4636	69,54
	6741	1123,5	1926	1733,4		14141,4	2356,9	4040,4	3636		4867,8	811,3	1390,8	1252
	60990	6259,5	8025	96,3		127946	13131	16835	202		44042	4520,1	5795	69,54
	5457	963	2728,5	1733,4		11447,8	2020,2	5723,9	3636		3940,6	695,4	1970,3	1252
	46545	4815	11235	96,3		97643	10101	23569	202		33611	3477	8113	69,54
	4654,5	802,5	3852	1733,4		9764,3	1683,5	8080,8	3636		3361,1	579,5	2781,6	1252
	40125	4173	17655	96,3		84175	8754,2	37037	202		28975	3013,4	12749	69,54
	4173	802,5	6099	1733,4		8754,2	1683,5	12795	3636		3013,4	579,5	4404,2	1252

Nº de veículos /dia na cidade do Porto, STCP,1992

	EMISSOES (g/Km)			
306000	CO	CxHy	NOx	SO2
	16524000	2570400	397800	29070
	856800	489600	275400	452880
	7650000	1132200	520200	12852
	612000	459000	382500	
	6426000	795600	550800	10098
	367200	214200	275400	171360
	5508000	642600	581400	8262
	336600	198900	275400	146880
	4896000	550800	1162800	9486
	306000	183600	550800	177480

Quadro LVI b) - Aplicação dos factores de emissão ao tráfego médio diário no Porto (informação fornecida pela JAE e pelo STCP)

Face ao seu importante papel na redução da visibilidade e às suas excelentes potencialidades para absorver a radiação infra-vermelha e aumentar o efeito de estufa[214], parece lógico, pelo número de horas em que, durante estes dias, ultrapassou o valor guia, que lhe possa ser atribuída a maior responsabilidade no comportamento *anormal* da temperatura.

Claro que, como seria de esperar, foi o CO que em valor absoluto atingiu as maiores concentrações, embora não tenha nunca atingido o valor guia[215].

Se, como acabamos de testemunhar com este exemplo, o SO_2 retrata, por defeito, a degradação da qualidade do ar no Porto e, mesmo assim, encontramos, cada vez com mais frequência, ocorrências em que o valor guia para este composto químico foi largamente ultrapassado[216]. Estamos, então, à vontade para reafirmar a tese que sustentámos, anteriormente, sobre o importante contributo explicativo que **o aumento do efeito de estufa local**, promovido pela alteração da composição química da troposfera, tem para a compreensão das manifestações de mudança climática detectadas.

Apesar de termos demonstrado a incapacidade da atmosfera portuense para dispersar, totalmente, os produtos excretados pelas inúmeras actividades que alimentam o fenómeno urbano que lhe está subjacente, não podemos deixar de procurar avaliar o seu grau de (in)eficácia.

Embora conscientes da subavaliação que constitui abordar a questão da qualidade do ar portuense apenas com o recurso às concentrações de SO_2, não pensamos, por esse facto, dever deixar de estimar os efeitos das condições atmosféricas regionais na maior ou menor concentração do SO_2.

---

[214]"...the later increase of NOx is likely to produce a global surface temperature rise between 0.5°C and 0.7°C [...] and may also lead to a decrease in stratospheric ozone concentration which may also affect surface temperatures...", ELSOM, 1989, p.47.

[215]A O.M.S. recomenda como valor guia 30000µg/m3 e como valor limite 40000µg/m3.

[216]Repare-se nos valores extremos de 402 µg/m3 em 22 de Junho de 1988 (Leça da Palmeira), de 382 µg/m^3 em 27 de Junho de 1989 (R.Entreparedes), de 369 µg/m^3 em 8 de Julho de 1989 (Matosinhos), de 329 µg/m^3 em 21 de Janeiro de 1991 (Matosinhos).

3.4. Concentrações superiores ao limite máximo do valor guia (150 μg/m³)

O número de dias em que o SO_2 ultrapassou os 150 μg/m³ foi particularmente elevado nos postos localizados na Casa de Saúde da Boavista, em Leça da Palmeira e em Matosinhos (Quadro LVII).

Estes já eram, recorde-se, os postos com maior número de dias com SO_2 acima dos 100μg/m³. Pelo menor número de lacunas, surgem, simultânea ou alternadamente, com o maior número de ocorrências acima de 100μg/m³ em qualquer dos quatro anos analisados (Fig.87).

No decurso dos últimos quatro anos a frequência com que se registaram concentrações médias diárias de SO_2 acima dos 150μg/m³ revelou-se cada vez mais preocupante[217], tanto no que se refere ao total mensal de ocorrências, como no que respeita ao período de maior incidência (Fig. 90).

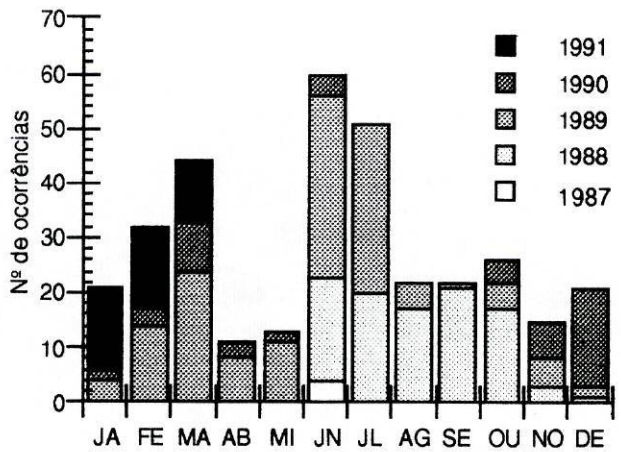


Fig. 90 - Número de dias com SO_2 acima de 150 μg/m³.

Enquanto em 1987 só se contabilizaram 4 ocorrências em Junho, em 1988 os dias particularmente poluídos ocorreram desde Junho até Dezembro e em 1989 todos os meses registaram, pelo menos, 1 dia com SO_2 acima de 150 μg/m³ (Fig. 90).

---

[217]Consideramos preocupante mais de 10 dias com SO_2 acima dos 150 μg/m³.

	CSB-87	CSB-88	CSB-89	CSB-90	CSB-91
JA		0	0	0	4
FE		0	6	2	8
MR		0	7	5	5
AB	0	0	4	3	
MA	0	0	5	1	
JN	0	0	7	4	
JL	0	0	9	0	
AG	0	0	0	0	
SE	0	6	1	0	
OU	0	5	0	0	
NO	0	1	0	0	
DE	0	1	0	6	

PERIODO=1461 DIAS; LACUNAS=121 DIAS

	PR-87	PR-88	PR-89	PR-90	PR-91
		0	0	0	0
		0	0	0	0
		0	0	0	2
	0	0	0	0	
	0	0	0	0	
	4	0	0	0	
	0	0	0	0	
	0	0	1	0	
	0	0	0	0	
	0	0	0	0	
	0	0	0	0	
	0	0	0	2	

PERIODO=1461 DIAS; LACUNAS=430 DIAS

	LP-87	LP-88	LP-89	LP-90	LP-91
		0	0	1	1
		0	1	0	1
		0	1	0	0
	0	0	0	0	
	0	0	0	3	
	0	14	4	0	
	0	19	5	0	
	0	12	0	0	
	0	9	0	0	
	0	12	0	4	
	0	1	2	4	
	0	0	0	4	

PERIODO=1461 DIAS; LACUNAS=132 DIAS

	TOR-87	TOR-88	TOR-89	TOR-90	TOR-91
		0	0	0	0
		0	0	1	0
		0	0	1	0
	0	0	0	0	
	0	0	0	1	
	0	0	0	0	
	0	0	1	0	
	0	0	0	0	
	0	0	0	0	
	0	0	0	0	
	0	0	0	1	
	0	0	0	1	

PERIODO=1461 DIAS; LACUNAS=726 DIAS

	MAT-87	MAT-88	MAT-89	MAT-90	MAT-91
		0	0	1	5
		0	0	0	0
		0	0	3	3
	0	0	1	0	
	0	0	3	0	
	0	1	10	0	
	0	0	15	0	
	0	3	4	0	
	0	4	0	0	
	0	0	2	0	
	0	0	1	0	
	0	0	0	0	

PERIODO=1461 DIAS; LACUNAS=656 DIAS

	IL - 87	IL-88	IL-89	IL-90	IL-91
JA		0	0	0	0
FE		0	0	0	0
MR		0	0	0	0
AB	0	0	0	0	
MA	0	0	0	0	
JN	0	0	0	0	
JL	0	1	0	0	
AG	0	2	0	0	
SE	0	2	0	0	
OU	0	0	0	0	
NO	0	0	0	0	
DE	0	0	0	0	

PERIODO=1461 DIAS; LACUNAS=953 DIAS

	GT-87	GT-88	GT-89	GT-90	GT-91
		0	0	0	4
		0	2	0	3
		0	6	0	0
	0	0	1	0	
	0	0	2	0	
	0	0	1	0	
	0	0	1	0	
	0	0	0	0	
	0	0	0	0	
	0	0	3	0	
	0	0	2	0	
	0	0	2	3	

PERIODO=1461 DIAS; LACUNAS=835 DIAS

	MLI-87	MLI-88	MLI-89	MLI-90	MLI-91
		0	4	0	1
		0	5	0	3
		0	9	0	1
	0	0	2	0	
	0	0	0	0	
	0	0	7	0	
	0	0	0	0	
	0	0	0	0	
	0	0	0	0	
	0	0	0	0	
	0	1	0	2	
	0	0	0	2	

PERIODO=1461 DIAS; LACUNAS= 924 DIAS

	ENT-87	ENT-88	ENT-89	ENT-90	ENT-91
		0	0	0	0
		0	0	0	0
		0	0	0	0
	0	0	0	0	
	0	0	1	0	
	0	4	4	0	
	0	0	0	0	
	0	0	0	0	
	0	0	0	0	
	0	0	0	0	
	0	0	0	0	
	0	0	0	0	

PERIODO=1461 DIAS; LACUNAS= 939 DIAS

POSTOS: CSB- Casa de Saúde da Boavista, PR- Pedras Rubras, LP- Leça da Palmeira, TOR- Francisco Torrinha, MAT- Matosinhos, IL- Irene Lisboa, GT- Gomes Teixeira , MLI- Mártires da Liberdade, ENT-Entreparedes.
ANOS: 1987 (87), 1988 (88), 1989 (89), 1990 (90) e 1991 (91).

Quadro LVII - Número de dias com SO2 acima de 150 µg/m3.

Em 1990 e 1991[218] a qualidade do ar portuense melhorou, pelo menos se tivermos em conta apenas o facto de o número de dias muito poluídos ser, em valor absoluto, bastante inferior ao verificado em 1989.

Todavia, se repararmos no importante contributo que os postos localizados no interior da cidade[219] passaram a ter, por exemplo entre Janeiro e Março de 1991, para o total de ocorrências de SO_2 acima de 150 $\mu g/m^3$, começa a adivinhar-se uma alteração nas fontes e/ou nos mecanismos responsáveis por estas concentrações elevadas de SO_2 (Quadro LVII e Fig. 90).

Por outro lado, os postos localizados em Leça da Palmeira, Matosinhos e Pedras Rubras, com um elevado número de ocorrências entre Junho e Outubro, nos anos anteriores, viram diminuídos o número de casos, nesta época, durante o ano de 1990 (Quadro LVII).

Observando, globalmente, a informação referente à totalidade do intervalo de tempo considerado, verifica-se que existiram duas épocas do ano particularmente dramáticas do ponto de vista das características da qualidade do ar: uma entre Junho e Outubro, e outra entre Fevereiro e Março (Fig.91 e 92)[220].

Entre Junho e Outubro, os postos localizados em Leça da Palmeira, Matosinhos e Casa de Saúde da Boavista registaram, simultânea ou alternadamente, mais de 10 dias com SO_2 acima dos 150$\mu g/m^3$ (Fig.91). Durante este período, o posto localizado em Leça da Palmeira destaca-se dos outros dois, com um total de mais de 15 dias muito poluídos[221] em Junho, Julho e Outubro.

O posto localizado em Leça da Palmeira foi, também, o único que, no período estudado, registou mais de 10 dias com SO_2 acima dos 200 $\mu g/m^3$ (Quadro LIX e Fig.92).

---

[218]Para o ano de 1991 apenas dispomos dos registos até 31 de Março.

[219]O posto na Casa de Saúde da Boavista registou 4 dias em Janeiro, 8 dias em Fevereiro e 5 dias em Março.

O posto na Escola Gomes Teixeira registou 4 dias em Janeiro e 3 dias em Fevereiro.

O Posto em Mártires da Liberdade registou 1 dia em Janeiro, 3 dias em Fevereiro e 1 dia em Março.

[220]Se considerarmos o número de ocorrências com SO_2 acima dos 200$\mu g/m^3$, a época do ano circunscreve-se ao período Junho-Outubro.

[221]Em Junho totalizou ,durante os quatro anos analisados,18 dias com SO2 acima dos 150 $\mu g/m3$ e em Julho 24 dias com SO2 acima dos 150 $\mu g/m3$.

	CSB	PR	LP	TORR	MAT	IL	GT	MLI	ENT
JA	4	0	2	0	6	0	4	5	0
FE	16	0	2	1	0	0	5	8	0
MR	17	2	1	1	6	0	6	10	0
AB	7	0	0	0	1	0	1	2	0
MA	6	0	3	1	3	0	2	0	1
JN	11	4	18	0	11	0	1	7	8
JL	9	0	24	1	15	1	1	0	0
AG	0	1	12	0	7	2	0	0	0
SE	7	0	9	0	4	2	0	0	0
OU	5	0	16	0	2	0	3	0	0
NO	1	0	7	1	1	0	2	3	0
DE	7	2	4	1	0	0	5	2	0

Quadro LVIII - Somatório do número de dias com Acidez forte ≥150µg/m3 no período Abril 1987/Março 1991

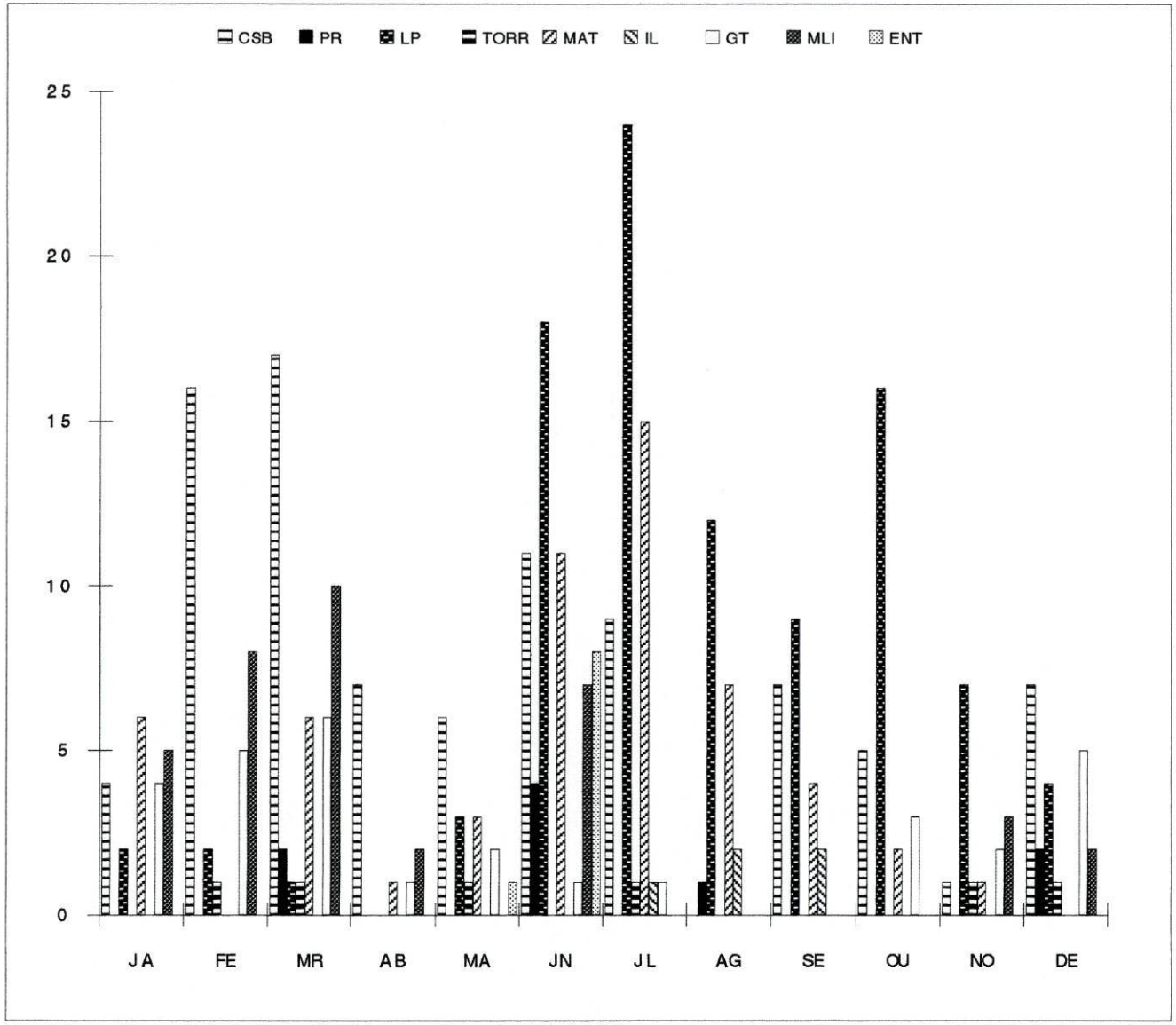


Fig.91 - Nº de dias com acidez forte acima dos 150µg/m3.

	CSB	PR	LP	TORR	MAT	IL	GT	MLI	ENT
JA			1		3		1		
FE	2							1	
MR	4	2		1			3	1	
AB	1							1	
MA	2								
JN	5		12		2			4	2
JL	1	1			9				
AG			6			2			
SE	2		4		2				
OU			5						
NO			1		1				
DE	4			1			2		

Quadro LIX - Somatório do número de dias com Acidez forte ≥200µg/m3 no período Abril 1987/Março 1991

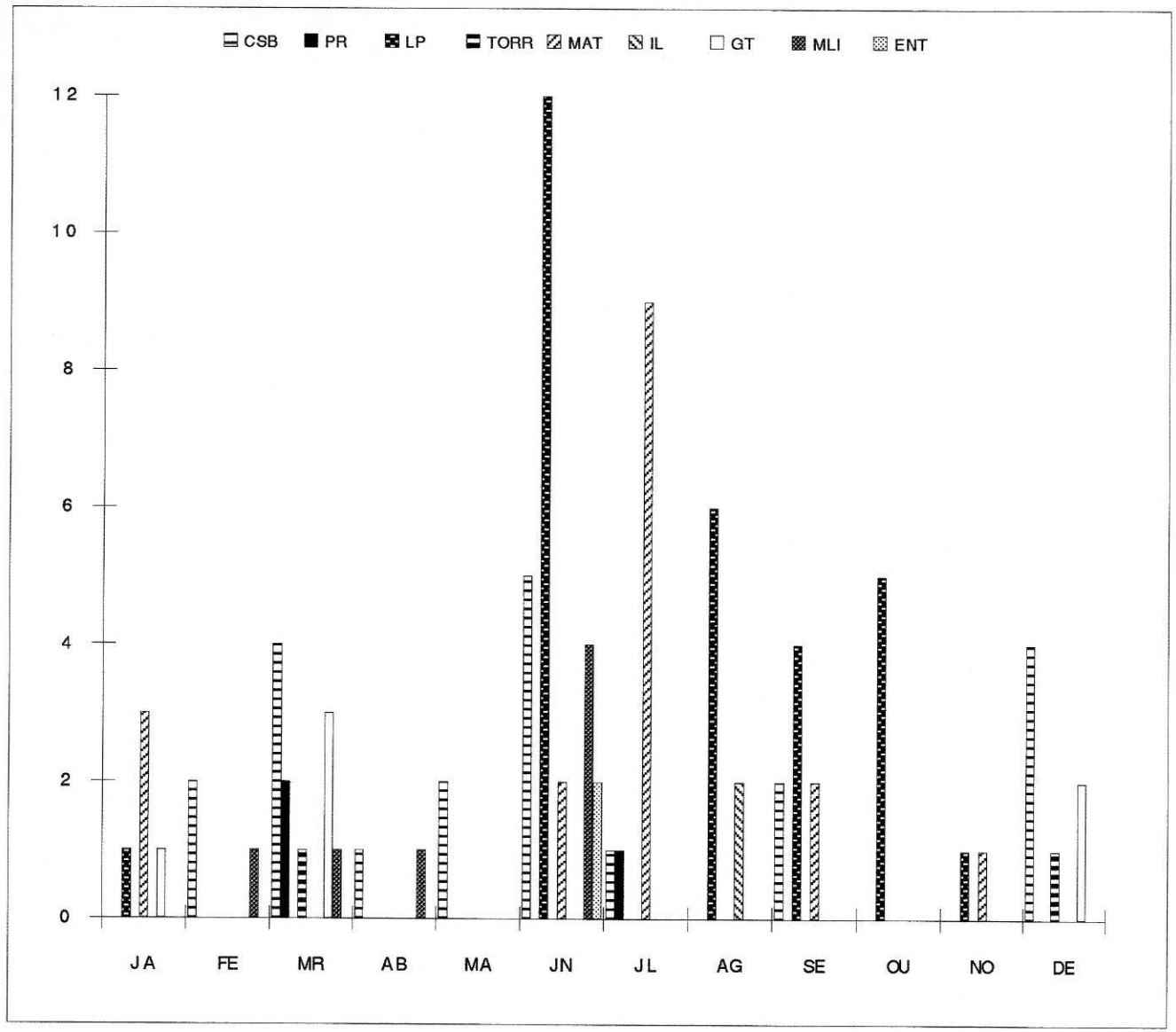


Fig.92 - Nº de dias com acidez forte acima dos 200µg/m3.

Em Fevereiro e Março só os postos localizados na Casa de Saúde da Boavista e Mártires da Liberdade registaram mais de 10 dias com SO_2 acima dos 150 $\mu g/m^3$ (Fig.91)[222].

Todavia, face ao grande número de lacunas de registo, não coincidentes, na maioria dos postos localizados no interior dos limites administrativos da cidade, não nos é permitido concluir, como a informação disponível sugere (Quadro LVIII e LIX e Fig. 91 e 92), que a degradação da qualidade do ar é particularmente evidente em épocas do ano diversas dentro e fora da área urbana[223].

No entanto, se compararmos, apenas, os dois postos com menor número de lacunas - Casa de Saúde da Boavista e Leça da Palmeira - coincidentes com *posições* distintas na nossa área de estudo[224], os períodos de maior concentração de SO_2 parecem, de facto, complementar-se (Fig.93 e 94).

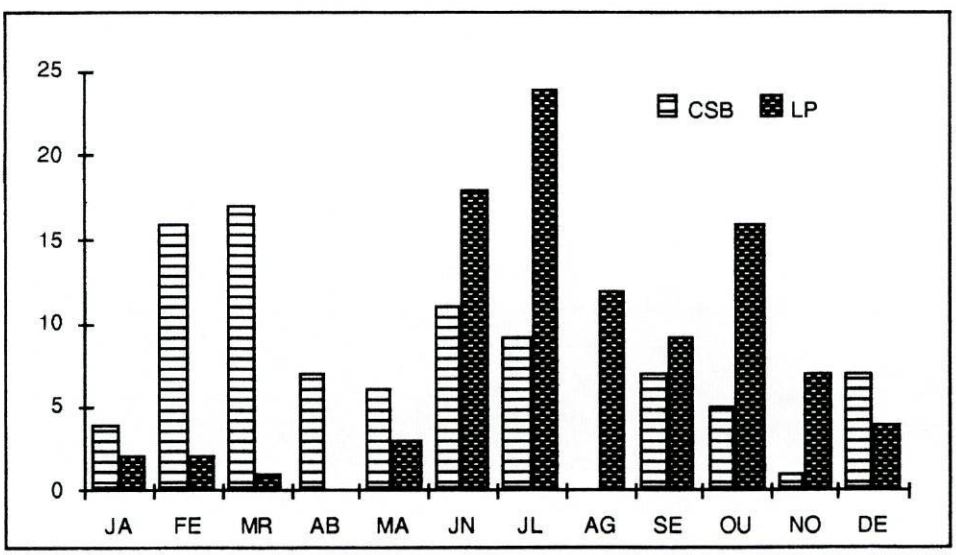


Fig. 93 - Número de dias com SO_2 acima de 150 $\mu g/m^3$ nos postos localizados na Casa de Saúde da Boavista e em Leça da Palmeira (excerto da figura 91).

---

[222]O posto na Casa de Saúde da Boavista totalizou em Fevereiro 16 dias com SO_2 acima dos 150 $\mu g/m^3$ e em Março 17 dias com SO_2 acima dos 150 $\mu g/m^3$.

[223]No Verão para os postos localizados no exterior da cidade e no Inverno e Primavera para os postos no interior da cidade.

[224]O posto na Casa de Saúde da Boavista, dentro dos limites administrativos da cidade do Porto, e o posto de Leça da Palmeira a NW da cidade, no concelho de Matosinhos.

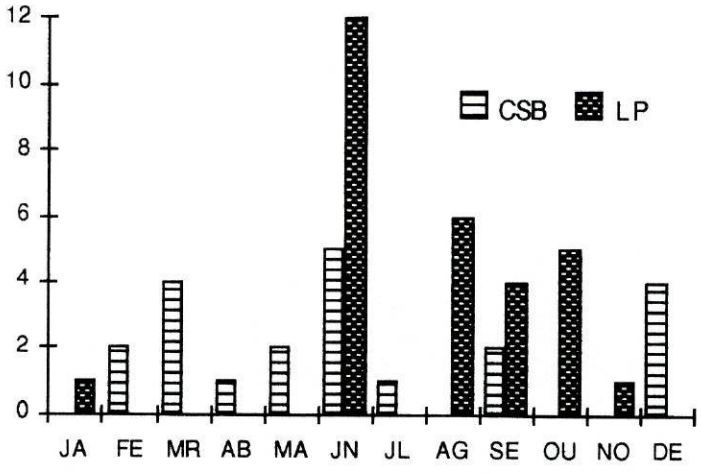


Fig. 94 - Número de dias com SO_2 acima de 200 $\mu g/m^3$ nos postos localizados na Casa de Saúde da Boavista e em Leça da Palmeira (excerto da figura 92).

Embora ao observar, separadamente, o número mensal de ocorrências em cada um dos quatro anos (Quadro LVII) ressurjam suspeitas quanto à validade de qualquer tipo de generalização, relativamente à época do ano em que, com maior frequência, se agravou a qualidade do ar, na região do Porto, sustentada apenas na localização dos postos, a análise comparativa destas duas amostras, de melhor qualidade (Fig. 93 e 94), parece legitimar, pelo menos parcialmente, a diversidade apontada quanto à época do ano em que o ar manifesta a sua pior qualidade.

Não foi, de todo, possível confirmar, a partir da informação disponível, que os postos **dentro da cidade registaram** maior número de casos com SO_2 acima dos 150 $\mu g/m^3$ no **Inverno/Primavera** e que os postos **no exterior da cidade** assistiram a uma maior degradação da qualidade do ar no **Verão/Outono**. No entanto, o facto dos postos localizados na rua Gomes Teixeira e na rua Mártires da Liberdade, apesar das inumeráveis lacunas, terem, também, maior número de dias muito poluidos no Inverno/Primavera, autoriza-nos, de alguma forma, a utilizar os registos do posto na Casa de Saúde da Boavista como um bom indicador do ritmo intra-anual a que se verificam as concentrações elevadas de acidez forte na área central da cidade do Porto (Quadro LVII).

Do mesmo modo, o facto dos postos localizados em Pedras Rubras, Matosinhos e Leça da Palmeira[225] apresentarem, também, ressalvadas as diferenças inerentes à qualidade de cada uma das amostras, maior deterioração da qualidade do ar na mesma época do ano - Verão/Outono - permite-nos utilizar a amostra de melhor qualidade como exemplo do ritmo intra-anual a que ocorrem as maiores concentrações de acidez forte no exterior da cidade do Porto (Quadro LVII).

Assim, sem eliminarmos a informação relativa à totalidade dos postos, passaremos a circunscrever a nossa análise, a partir de agora, exclusivamente, a estes dois postos, considerando-os como potenciais indicadores do ritmo intra e interanual de degradação da qualidade do ar na região portuense.

3.5. Comportamento de alguns elementos climatológicos nos dias de maior concentração de SO_2

As concentrações de SO_2 acima dos 150 $\mu g/m^3$, em pelo menos um dos postos da rede da DGQA-Porto, coincidiram com os dias em que na estação de Porto-Serra do Pilar se observou maior pressão atmosférica (Quadro LX).

Nestes dias, a temperatura, a insolação relativa e a radiação solar foram, em média, mais elevadas do que o valor médio da totalidade do período (Quadro LX).

A nebulosidade nos dias com SO_2 acima dos 150 $\mu g/m^3$ foi ligeiramente mais baixa do que a média dos quatro anos analisados (Quadro LX).

O vento foi, em média, mais fraco, tanto no que se refere à velocidade média como no que respeita à velocidade máxima (Quadro LX). Estes dias muito poluídos coincidiram frequentemente com os quadrantes de ESE e WNW (Fig. 95).

Repare-se que a frequência relativa do quadrante de ESE, tanto nos dias com SO_2 acima dos 100 $\mu g/m^3$ (37%), como nos dias com SO_2 acima dos 150 $\mu g/m^3$ (39%), é ligeiramente superior à frequência relativa deste quadrante na estação de Porto-Serra do Pilar (30%).

O maior número de ocorrências de SO_2 acima dos 150 $\mu g/m^3$ coincidiu com a presença, à superfície, do anticiclone atlântico subtropical e com situações de bloqueio em altitude (Quadro LX).

---

[225]Especialmente Leça da Palmeira e Matosinhos ,sobretudo nos anos de 1988 e 1989.

ELEMENTOS CLIMÁTICOS	MÉDIA			COEF. VARIAÇÃO			10%			25%			50%			75%			90%			MODA		
	TOTAL	AC>100	AC>150	TOTAL	AC>100	AC>150	TOTAL	AC>100	AC>150	TOTAL	AC>100	AC>150	TOTAL	AC>100	AC>150	TOTAL	AC>100	AC>150	TOTAL	AC>100	AC>150	TOTAL	AC>100	AC>150
PRESSÃO ATMOSFÉRICA	754.7	755.2	**755.4**	9.4	8.7	6.9	748.8	750.2	751.2	752.0	752.7	753	755.0	755.0	755	757.4	757.9	757.7	761.6	761.9	760.3	751.9	755	755.7
TEMP. MÉDIA	14.9	15.2	**15.7**	31.0	32.6	34	8.8	8.4	8.1	11.5	11.5	11.7	14.8	15.6	16.3	18.3	18.9	19.4	20.4	20.8	21.5	13.2		
TEMP. MÁXIMA	19.5	20.2	**20.9**	27.6	28.3	28.9	13.2	13.2	12.9	15.2	15.5	16.0	19.5	20.3	21.1	23	24.1	24.6	26.3	27.2	28.7			
TEMP.MÍNIMA	11.0	10.9	**11.4**	40.1	43.5	45.2	4.6	4.2	4	7.7	7.1	7.2	11.0	11.4	12.2	14.5	14.8	15.4	16.8	16.9	17.4	14	14	14
EVAPORAÇÃO	2.7	2.7	**2.9**	73.9	72.6	68.6	0.6	0.6	0.6	1.2	1.2	1.4	2.3	2.4	2.6	3.8	4	4.2	5.4	5.5	5.6	1	0.5	
VENTO-VEL. MÉDIA	**18.0**	16.9	16.3	43.2	32.4	29.1	10.8	11	11.5	13	13.1	13	16.3	16.2	15.3	21.3	20	18.6	27.4	24.3	23.2	13.8		14
VENTO-VEL.MÁXIMA	**31.7**	30.5	29.5	34.2	30.3	27.4	20.0	20.8	21	23	23	23	29	28	28	39	37	34	47	44	43	22		27
VENTO- RUMO PREDOMINANTE				45.3	47.9	47.2																ESE	ESE	ESE
VENTO-RUMO RAJADA				36.3	37.8	37.5																NNW	NNW	NNW
PRECIPITAÇÃO TOTAL				223.7	264.6	282.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.6	2.2	0.5	11.5	7.1	4.9	0	0	0
INSOLAÇÃO RELATIVA	50.4	56.5	**57.4**	61.7	54.4	50.4	2.1	4.0	5.4	21.2	29.5	37.4	56.8	65.1	68.2	79	81.5	81.2	87.5	87.7	87.7	0	0	0
TEMP. MÁXIMA IRRADIAÇÃO	46.7	47.6	**48.8**	19.9	17.8	16.1	34.7	35.5	38.2	40.6	42.2	43.1	49	49.1	51	53.4	53.8	54	56.6	57.1	57.3	54	54	53
NEB. MÉDIA	**6**	5	5	54.9	61.2	66.2	1	0	0	3	3	2	7	6	5	9	9	8	10	10	10	10	0	0
NEB. - 9H	**6**	6	5	60.9	69.6	75.8	0	0	0	2	1	1	8	8	6	10	9	9	10	10	10	10	10	0
NEB. - 15H	**6**	5	5	62.0	69.7	75.3	0	0	0	2	2	1	7	5	5	9	9	9	10	10	10	9	0	0
RADIAÇÃO SOLAR 7-8H	62.0	66.7	**78.6**	93.4	91.5	85.5	3	3	5	10	12	18.5	46	52	66	103.3	110	121.5	148	152	168	3	3	9
RADIAÇÃO SOLAR 12-13H	213.2	22.3	**233**	51.2	47.6	44.8	58.2	71	80	121.8	134.8	142	219	240	256	319	327.5	337	350.4	351	354	338		266
RADIAÇÃO SOLAR 14-25H	165.8	173.5	**184**	57.6	53.6	50.1	37	46	60	83	92	95.5	162	177	196	259	268	276	293	295	297	280		
SITUAÇÃO SIN. SUPERFÍCIE				18.0	16.6	16.5	22	23	22	28	28	30	32	33	34	37	37	37	38	38	38	37	37	37
SITUAÇÃO SIN. EM ALTITUDE				64.6	64.6	65.9	3	3	3	4	4	4	8	7	7	15	15	13	20	20	20	20	20	20

TOTAL=1461 dias; AC>100=603 dias; AC>150=235 dias

Valor mais elevado

Quadro LX - Média, moda, mediana e coeficiente de variação para os registos de alguns elementos climatológicos para a totalidade do período, para os dias com SO2 ≥ 100µg/m3 e para os dias com SO2 ≥ 150 µg/m3.

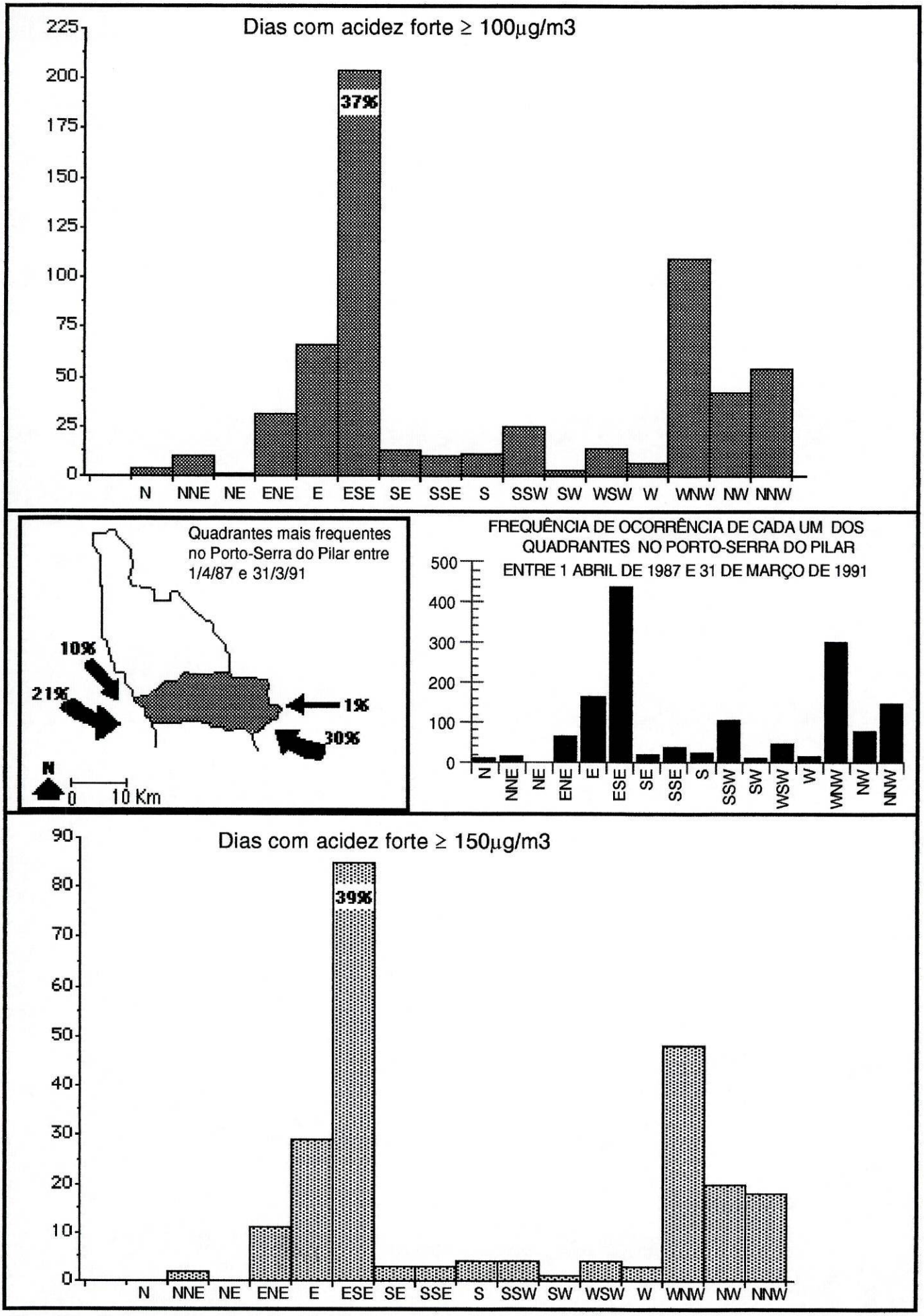


Fig. 95 - Rumo predominante do vento na estação de Porto-Serra do Pilar nos dias em que pelo menos um posto da rede da DGQA-Porto registou SO_2 ≥100 µg/m3 e SO_2 ≥ 150 µg/m3

Os valores medianos de qualquer destes elementos climatológicos nos dias com SO_2 acima dos 150 $\mu g/m^3$ coincidem, em termos relativos, com o que acabamos de observar para os valores médios.

Os dias com SO_2 acima dos 150 $\mu g/m^3$ coincidem com a mediana mais elevada da temperatura média, mínima e máxima, com o maior valor de insolação relativa, de temperatura máxima de irradiação e de radiação solar a qualquer hora do dia (Quadro LX).

Relativamente à nebulosidade e à velocidade do vento, os dias com SO_2 acima dos 150 $\mu g/m^3$ coincidiram com as medianas mais baixas.

Mais de 50% das ocorrências de SO_2 acima dos 150 $\mu g/m^3$ corresponderam a dias em que os valores da temperatura média, mínima e máxima registados ultrapassaram o valor médio (mediana > média). O mesmo sucedeu com a insolação relativa e com a radiação solar a qualquer hora do dia.

No caso do Porto, os dias com maior degradação da qualidade do ar só em cerca de 20% dos casos coincidiram com dias com temperaturas extremas - muito frios ou muito quentes [226] (Quadro LX).

Daqui se deduz que, contrariamente ao que acontece no Reino Unido e noutros países que utilizam para o aquecimento doméstico combustíveis ricos em SO_2, não se aplica, ao caso do Porto, a forte associação entre a época mais fria do ano e o número de dias com maior concentração de SO_2 repetidamente enunciada na bibliografia anglo-saxónica que consultámos sobre este tema.

O *perfil típico* dos dias em que se observou maior degradação da qualidade do ar, no que se refere às características dos parâmetros climatológicos, extrapolável deste procedimento estatístico, corresponde a dias com **temperatura variável**, preferencialmente acima da média, **sem precipitação**, com **insolação relativa superior a 50%**, com **radiação solar elevada** e com **fraca nebulosidade** a qualquer hora do dia (abaixo de 5/10). A **velocidade do vento foi fraca** e os quadrantes predominantes donde soprou foram os de **ESE** e **NNW**.

Estes dias de **estabilidade** atmosférica com céu limpo, insolação relativa elevada e vento fraco de ESE ou NNW ocorreram na estação de Porto-

---

[226] Nos dias com SO_2 acima dos 150 $\mu g/m^3$ o 1º decil para a temperatura média foi 8.1°C, para a temperatura mínima foi 4°C e para a temperatura máxima foi 12.9°C.

Nos dias com SO_2 acima dos 150 $\mu g/m^3$ o 9º decil para a temperatura média foi 21.5°C, para a temperatura mínima foi 17.4°C e para a temperatura máxima foi 28.7°C.

Serra do Pilar em qualquer época do ano, o que concorda com a inexistência de especificidade na época do ano em que, ao longo do período analisado, detectámos o maior número de casos com SO_2 acima dos 150 $\mu g/m^3$.

3.6. Características do estado de tempo nos dias de maior concentração de SO_2

A contabilização das situações sinópticas, em altitude e à superfície, presentes nos dias em que o SO_2 ultrapassou os 100 $\mu g/m^3$, os 150 $\mu g/m^3$ e os 200 $\mu g/m^3$ vem corroborar o que acabamos de observar relativamente ao *perfil climatológico* típico nestes dias (Quadro LXI, LXII e LXIII).

Situações sinópticas em altitude

Tanto no posto localizado na Casa de Saúde da Boavista, como no posto localizado em Leça da Palmeira, **as maiores concentrações de SO_2** coincidiram com dias em que a circulação, em altitude, foi **meridiana.**

No posto localizado na Casa de Saúde da Boavista, os dias com SO_2 entre 100 $\mu g/m^3$ e 150 $\mu g/m^3$ e os dias com SO_2 entre 150 $\mu g/m^3$ e 200 $\mu g/m^3$, ocorreram, com mais frequência, em dias sob a acção de correntes ondulatórias, enquanto os dias com SO_2 acima de 200 $\mu g/m^3$ verificaram-se, em maior número, nos dias com situações de bloqueio (Quadro LXI e LXIII).

No posto localizado em Leça da Palmeira, exceptuando os dias com concentrações de SO_2 entre 100 $\mu g/m^3$ e 150 $\mu g/m^3$, o maior número de dias com forte degradação da qualidade do ar coincidiu com a presença, em altitude, de situações de bloqueio.

Situações sinópticas à superfície

Nestes dois postos, à semelhança do que aconteceu com os restantes, **as maiores concentrações de SO_2** ocorreram sob a acção de **situações anticiclónicas** à superfície (Quadro LXI, LXII e LXIII)[227].

---

[227]Em 67% dos casos na Casa de Saúde da Boavista e em 68% dos casos em Leça da Palmeira.

Os dias com SO_2 acima dos 150 $\mu g/m^3$ no posto localizado na Casa de Saúde da Boavista coincidiram com um conjunto diverso de situações anticiclónicas à superfície.

Dos diversos subtipos de situações anticiclónicas presentes nos dias com acidez forte elevada no posto da Casa de Saúde da Boavista, destacam-se ligeiramente, dos restantes, os 16% de dias sob a presença do anticiclone atlântico subtropical[228] e os 14% de dias sob a acção do anticiclone ibero-mediterrâneo[229].

Se, no entanto, seleccionarmos, para este posto, apenas os dias com SO_2 acima dos 200 $\mu g/m^3$, verificamos que à superfície, as situações sinópticas presentes com maior frequência foram o anticiclone atlântico misto[230], o anticiclone atlântico misto com apófise polar[231] e o centro depressionário estacionário[232](Quadro LXI, LXII e LXIII).

Se nos recordarmos das características de alguns elementos climatológicos, observadas na nossa área de estudo, nos dias sob influência destes subtipos de situações sinópticas (Capítulo VI, ponto 5.4.), confirmamos integralmente o *perfil climatológico* que anteriormente sugerimos como típico dos dias em que a degradação da qualidade do ar foi particularmente preocupante na nossa área de estudo (Quadro LXIII).

---

[228]Um anticiclone situado, normalmente, sobre o oceano Atlântico que influencia muito frequentemente Portugal. É um anticiclone dinâmico e homogéneo que transporta uma massa de ar quente e subsidente. Apresenta, normalmente, uma inversão térmica entre os 1000m-2000m nas margens N. e E. devido ao arrefecimento provocado pelas águas marinhas na baixa troposfera.

[229]Anticiclone disposto segundo os paralelos, segundo um eixo W-E, sobre a região mediterrânea. Transporta para Portugal um fluxo de ar tropical marítimo proveniente de E.

No Inverno, se a região mediterrânea estiver sob a influência do Anticiclone Europeu ou Euro-asiático, este anticiclone ibero-mediterrâneo sofre uma alimentação de ar frio polar no seu flanco E e passa a ser heterogéneo, ficando composto por duas massas de ar: polar continental, junto ao solo e tropical, em altitude.

[230]Um anticiclone de estrutura complexa com ar polar marítimo nas camadas inferiores e ar tropical subsidente em altitude. A subsidência dinâmica reforça o aquecimento da média troposfera promovendo o aparecimento de uma forte inversão cerca dos 3000m de altitude.

[231]Idêntico ao anterior mas prolongado em latitude segundo um eixo N-S. A alimentação por ar polar ou árctico, devido à sua extensão em latitude, faz com que a massa de ar ao atingir latitudes mais baixas sofra um forte aquecimento na base ao encontrar um oceano com temperaturas cada vez mais elevadas.

[232]Associadas a situações de bloqueio, em altitude. Deslocam-se muito lentamente e podem ter, por vezes, grandes dimensões.

	C.Saúde Boavista			Pedras Rubras			Leça da Palmeira			F.Torrinha			Matosinhos			Irene Lisboa			Gomes Teixeira			Mártires da Liberdade			R.Entreparedes		
	100-150	150-200	>200	100-150	150-200	>200	100-150	150-200	>200	100-150	150-200	>200	100-150	150-200	>200	100-150	150-200	>200	100-150	150-200	>200	100-150	150-200	>200	100-150	150-200	>200
SITUAÇÕES SINÓPTICAS EM ALTITUDE																											
CIRCULAÇÃO ZONAL																											
1-Fluxo zonal rápdo de W	6	1											1						3						2		
2- Fluxo zonal com ondul. para dorsal	13	5		2			6	1	1	2	2		5	2	2				8	2	1	6	2	2	5		
3- Fluxo zonal com ondul. para vale	17	5	2	4	1	1	7	5		3			10	1		3			7	3		10	3		5		
4- Flanco sul do fluxo zonal	22	6	2	8	1		21	15	6	6			15	3	2	13	1	1	9	2	1	8	4		4		1
5- faixa de altas pressões subtropicais	7	7	1	2			11	11	3	5	1		7	4	3	5	3		4			6			3		
Σ	65	24	5	16	2	1	45	32	10	16	3	0	38	10	7	21	4	1	31	7	2	30	9	2	19	0	1
CIRCULAÇÃO MERIDIANA - C. ONDULATÓRIAS																											
6- Dorsal planetária ou crista anticiclónica	22	12	4	4	1		22	4	3	6		2	17	7	1	1	1		11	8	1	12	5	1	3	1	
7- Vertente Este de dorsal	13	5	1	4			15	5		6			3	2	2	5			2	1	1	5	2		1		
8- Vertente Oeste de dorsal	10	5		2			10	4	2	1			5	1		1			4	1	1	3	2	1	1	1	
9- Vale planetário ou talvegue	5	3	1	2			7	4	1				3	1		3			2	1		5	2		2	1	
10- Vertente Este de vale	10	2		4	1		6		1	1			2	4		1		1	2	1		2	1		4		
11- Vertente Oeste de vale	8	2	1	2			7			1									1			3					
Σ	68	29	7	18	2	0	67	17	7	15	0	2	30	15	3	11	1	1	22	12	3	30	12	2	11	3	0
CIRCULAÇÃO MERIDIANA -SIT. DE BLOQUEIO																											
12- Anticiclone de bloqueio difluente	8		1				3	1					1	1	1				2			6	1				
13- Anticiclone de bloqueio em ómega	5	3	3	3			4	3		1	1		3	1	3				6	3		5	2		3	1	
14- Anticiclone de bloqueio em cut-off-high	4						3		1				1		1	2						2					
15- Gota de ar frio de bloqueio difluente	7				1		9		3	4			6	1		2			7	2		5			4		
16- Gota de ar frio de bloqueio em ómega																											
17- Gota oriental de bloqueio em ómega																											
18- Gota ocidental de bloqueio em ómega	10			1			3						5	3					8	1		1			3		
19- Gota de ar frio de bloqueio em cut-off-low	9	1	1		1		15	4	1	3			1	3		3			2			5			4	1	
20- Ramos do fluxo zonal	18	9	4	8		2	21	11	8	8			17	5	2	7			15	1	1	17	6	2	8	1	1
Σ	61	13	9	12	2	2	58	19	13	16	1	0	34	14	7	14	0	0	40	7	1	41	9	2	22	3	1
SITUAÇÕES SINÓPTICAS À SUPERFÍCIE																											
SITUAÇÕES DEPRESSIONÁRIAS																											
21- perturbações de oeste		2					2			2			1						1						1		
22- perturbações de oeste afastadas	20	9	1	4			10	6	2	4	1		5	1	1	3			3	4		6	3		2	1	
23- perturbações de oeste próximas	12	5	1	1			5	1		1			7						4	2		2	1		5		
24- perturbações de norte		1						1					1										1		1		1
25- perturbaçõesde noroeste	1			1			4	2								1			1			1			1		
26- perturbações de sul																											
27- perturbações de sudoeste																											
28 - centros depressionários estacionários	23	2	3	4	1		19	4	7	4			8	5	1	6		1	13	1		10	1		12	1	
Σ	56	19	5	10	1	0	40	14	9	11	1	0	22	6	2	10	0	1	22	7	0	19	6	0	22	2	1
SITUAÇÕES ANTICICLÓNICAS																											
29 - anticiclone atlântico zonal																											
30 - anticiclone atlântico misto	16	4	3	2		1	6	3		5			3	2	3		1		6	2	2	4	1	1	1	1	
31 - anticiclone atlântico misto com apófise polar	10	1	3	4			10	4	1	3	1	1	6			2			1			5	3				
32 - anticiclone atlântico misto estendido pela europa	24	9	1	3	1		28	6	1	5			14	3	2	7		1	18	3	1	15	3	1	3	1	
33 - anticiclone atlântico misto ligado ao A. térmico da europa	7	1					7	2		3			1	1	3				1	2		6	2				
34 - anticiclone europeu	5	1	2	1	1		8	1	1	4	1		8	1		1			7	3		5			2		
35 - anticiclone ibero - mediterrânico	10	11	1	4			10	2	1	3		1	6	3					1	6	1	11	9				
36 - anticiclone ibero - africano	4	2	1	3			4	1	3	1			2	1			1		2	0	1	5	0	2	1		
37 - anticiclone atlântico subtropical	19	12	2	10	1		29	27	12	7	1		23	9	5	18	3		18			8	2	1	10	2	
38 - margens anticiclónicas	40	4	1	6			24	7	2	4			14	9	1	6			14	3		17	3	1	10		1
Σ	135	45	14	33	3	1	126	53	21	35	3	2	77	29	14	34	5	1	68	19	5	76	23	6	27	4	1
COLOS E PÂNTANOS BAROMETRICOS																											
39 - colos	2	1	2	1			1			1			3						2		1	2	1				
40 - pântanos	2	2		2	2	2	3	1		1				4	1	2			1			2			2		
Σ	4	3	2	3	2	2	4	1	0	2	0	0	3	4	1	2	0	0	3	0	1	4	1	0	2	0	0

Situações sinópticas nos dias em que a acidez forte foi ≥ 100 µg/m3 para todos os postos da rede da DGQA-Porto (1 de Abril de 1987/31 Março de 1991).

	C.Saúde Boavista			Leça da Palmeira		
	100-150	150-200	>200	100-150	150-200	>200
SITUAÇÕES SINÓPTICAS EM ALTITUDE						
CIRCULAÇÃO ZONAL	65	24	5	45	32	10
CIRCULAÇÃO MERIDIANA - C. ONDULATÓRIAS	68	29	7	67	17	7
CIRCULAÇÃO MERIDIANA -SIT. DE BLOQUEIO	61	13	9	58	19	13
SITUAÇÕES SINÓPTICAS À SUPERFÍCIE						
SITUAÇÕES DEPRESSIONÁRIAS	56	19	5	40	14	9
SITUAÇÕES ANTICICLÓNICAS	135	45	14	126	53	21
COLOS E PÂNTANOS BAROMÉTRICOS	4	3	2	4	1	0

Quadro LXI - Situações sinópticas nos dias em que a acidez forte foi superior a 100 µg/m3 (de 1/4/87 a 31/3/91).

	C.Saúde Boav.		Pedras Rubras		Leça da Palmeira		F.Torrinha		Matosinhos		Irene Lisboa		Gomes Teixeira		Mártires da Lib.		R.Entreparedes	
	>150	>200	>150	>200	>150	>200	>150	>200	>150	>200	>150	>200	>150	>200	>150	>200	>150	>200
Nº de casos	88	21	9	3	97	30	6	2	55	17	7	2	31	6	35	6	7	2
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
SITUAÇÕES SINÓPTICAS À SUPERFÍCIE																		
SITUAÇÕES DEPRESSIONÁRIAS																		
21- perturbações de oeste	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22- perturbações de oeste afastadas	11	5	0	0	8	7	17	0	4	6	0	0	13	0	9	0	14	0
23- perturbações de oeste próximas	7	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	7	0	3	0	0	0
24- perturbações de norte	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	14	50
25- perturbações de noroeste	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26- perturbações de sul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27- perturbações de sudoeste	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28 - centros depressionários estacionários	6	14	11	0	11	23	0	0	11	6	20	50	3	0	3	0	0	0
SITUAÇÕES ANTICICLÓNICAS																		
29 - anticiclone atlântico zonal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30 - anticiclone atlântico misto	8	14	11	33	3	0	0	0	9	18	0	0	13	33	6	17	14	0
31 - anticiclone atlântico misto com apófise polar	5	14	0	0	5	3	33	50	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0
32 - anticiclone atlântico misto estendido pela Europa	11	5	11	0	7	3	0	0	9	12	20	50	10	17	11	17	14	0
33 - anticiclone atlântico misto ligado ao A. térmico da Europa	1	0	0	0	2	0	0	0	7	18	0	0	7	0	6	0	0	0
34 - anticiclone europeu	3	10	11	0	2	3	17	0	2	0	0	0	10	0	0	0	0	0
35 - anticiclone ibero - mediterrânico	14	5	0	0	3	3	17	50	6	0	0	0	23	17	26	0	0	0
36 - anticiclone ibero - africano	3	5	0	0	4	10	0	0	2	0	20	0	3	17	6	33	0	0
37 - anticiclone atlântico subtropical	16	10	11	0	40	40	17	0	26	29	40	0	0	0	9	17	29	0
38 - margens anticiclónicas	6	5	0	0	8	6	0	0	16	6	0	0	10	0	9	17	14	50
COLOS E PÂNTANOS BAROMÉTRICOS																		
39 - colos	3	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	17	3	0	0	0
40 - pântanos	2	0	44	66	1	0	0	0	9	6	0	0	0	0	0	0	0	0

	C.Saúde Boav.		Leça da Palmeira	
	>150	>200	>150	>200
Nº de casos	**88**	**21**	**97**	**30**
SITUAÇÕES DEPRESSIONÁRIAS	27%	24%	23%	32%
SITUAÇÕES ANTICICLÓNICAS	67%	67%	75%	68%
COLOS E PÂNTANOS BAROMÉTRICOS	5%	10%	1%	0%

Quadro LXII - Frequência relativa de cada situação sinóptica nos dias em que a acidez forte foi ≥ 150 µg/m3 (1 de Abril de 1987/31 Março de 1991)

Situações sinópticas mais frequentes nos dias com acidez forte elevada.

	C.S.Boavista		L.Palmeira	
	>150	>200	>150	>200
Nº de casos	88	21	97	30
SITUAÇÕES SINÓPTICAS EM ALTITUDE				
CIRCULAÇÃO ZONAL	**33%**	**24%**	**43%**	**33%**
CIRCULAÇÃO MERIDIANA:	**67%**	**76%**	**57%**	**67%**
C. ONDULATÓRIAS	42%	33%	24%	23%
SIT. DE BLOQUEIO	25%	43%	33%	44%
SITUAÇÕES SINÓPTICAS À SUPERFÍCIE				
SITUAÇÕES DEPRESSIONÁRIAS	**27%**	**24%**	**23%**	**32%**
22- perturbações de oeste afastadas	11%	5%	8%	7%
28 - centros depressionários estacionários	6%	14%	11%	23%
SITUAÇÕES ANTICICLÓNICAS	**67%**	**67%**	**75%**	**68%**
30 - anticiclone atlântico misto	8%	14%	3%	0%
31 - anticiclone atlântico misto com apófise polar	5%	14%	5%	3%
32 - anticiclone atlântico misto estendido pela europa	11%	5%	7%	3%
35 - anticiclone ibero - mediterrânico	14%	5%	3%	3%
37 - anticiclone atlântico subtropical	16%	10%	40%	40%

(excerto dos Quadros LXI e LXII)

Frequência relativa mais elevada

Comportamento de alguns elementos climatológicos na estação de Porto-Serra do Pilar nos dias sob a acção das situações sinópticas acima referenciadas.

	Rumo Predom.			Insol. %		Nebulosidade(1/10) %				T mínima (°C) %					T.máxima (°C) %				
	1º	2º	3º	Moda	(Moda/total)%	<4	4\6	6\8	≥8	0-5	5\10	10\15	15\20	20\25	5\10	10\15	15\20	20\25	25\30
SITUAÇÕES SINÓPTICAS À SUPERFÍCIE																			
SITUAÇÕES DEPRESSIONÁRIAS																			
22- perturbações de oeste afastadas	WNW	SSW	ESE	<20	55			21	78		40	46				33	57		
28 - centros depressionários estacionários	ESE	WNW	SSW	<20	31			18	60		21	42	30				35	32	
SITUAÇÕES ANTICICLÓNICAS																			
30 - anticiclone atlântico misto	ESE	NNW	E	60-80	29	30	21		32		37	33				26	44	23	
31 - anticiclone atlântico misto com apófise polar	NNW	E	ESE	80-100	42	49		21		28	40	25				30	45		
32 - anticiclone atlântico misto estendido pela europa	ESE	E	WNW	80-100	56	56	22				39	34					34	31	17
35 - anticiclone ibero - mediterrânico	ESE	SE	E	80-100	36	34		20	35		46	26				27	36	29	
37 - anticiclone atlântico subtropical	WNW	NNW	ESE	80-100	37	54	16		16			48	45					48	29

(excerto do Quadro XXXIV)

Quadro LXIII - Comportamento típico de alguns elementos climatológicos nos dias em que ocorreram concentrações de SO2 ≥ 150 µg/m3 (entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1991).

Para o posto localizado em Leça da Palmeira, quer nos dias com SO_2 acima dos 150 $\mu g/m^3$, quer nos dias com SO_2 acima dos 200 $\mu g/m^3$, predominou, claramente, à superfície, o anticiclone atlântico subtropical (Quadro LXI e LXII).

Parece daqui poder deduzir-se, então, que, enquanto nos postos fora da área administrativa da cidade do Porto, a presença do anticiclone atlântico subtropical, com a inversão térmica entre os 1000 m e os 2000 m que lhe está normalmente associada, foi determinante para manter na atmosfera concentrações de SO_2 muito elevadas, nos postos dentro da cidade tais concentrações surgiram em dias com situações sinópticas muito diversas. Neste último caso, ter-se-ão de procurar noutros factores explicativos[233], que não exclusivamente nas condições físico-químicas da atmosfera, as razões determinantes para o registo de concentrações de SO_2 tão elevadas.

A importância da existência de inversões térmicas baixas para compreender as sequências de dias com maior poluição ($\geq$ 200 $\mu g/m^3$).

Tendo constatado que o número de dias em que a degradação da qualidade do ar na região portuense ultrapassou os limites admissíveis e atingiu níveis já, indubitavelmente, prejudiciais para a saúde, mesmo em curtos períodos de exposição[234], foi, em muito, superior ao desejável, e tendo observado, nestes dias, a presença, com grande frequência, de certos tipos de situações sinópticas a que, normalmente, está associada a ocorrência de

---

[233]As características das fontes emissoras de SO_2, tanto em termos da quantidade de efluente emitido como na sua maior dispersão no espaço, é, inequivocamente, uma das diferenças de que não nos podemos alhear quando analisamos uma e outra área.

O SO_2 medido nos postos localizados fora da área administrativa da cidade tem origem, fundamentalmente, na Refinaria da Petrogal e noutros pólos industriais a NW da cidade. Tratam-se, portanto, de fontes muito localizadas mas que emitem para a atmosfera grandes quantidades de SO_2.

O SO_2 medido nos postos localizados no interior da cidade pode ter origem, exclusivamente, num conjunto muito disperso de fontes com fracas e irregulares emissões, ou ser proveniente dos pólos industriais a NW dos limites da cidade, caso tenham existido boas condições de transporte.

[234]ELSOM, 1989, p.25.

inversões térmicas baixas, pareceu-nos inevitável verificar a efectiva importância explicativa da existência destas inversões térmicas baixas para justificar tão elevadas concentrações de SO_2 (Quadro LXIV e Fig. 96)[235].

Para esta análise seleccionamos, da totalidade de registos disponíveis, apenas os **75 dias** em que a concentração de **SO_2 ultrapassou os 200 $\mu g/m^3$**[236]pelo menos num dos postos da rede de medição da DGQA-Porto (Quadro LXIV e Fig. 96).

Os dias em que o SO_2 ultrapassou os 200 $\mu g/m^3$, na nossa área de estudo, distribuiram-se por todos os meses do ano. Até Novembro de 1990, surgiram com maior frequência entre Julho e Outubro, e depois desta data passaram a ocorrer, predominantemente, entre Novembro e Março (Fig. 96).

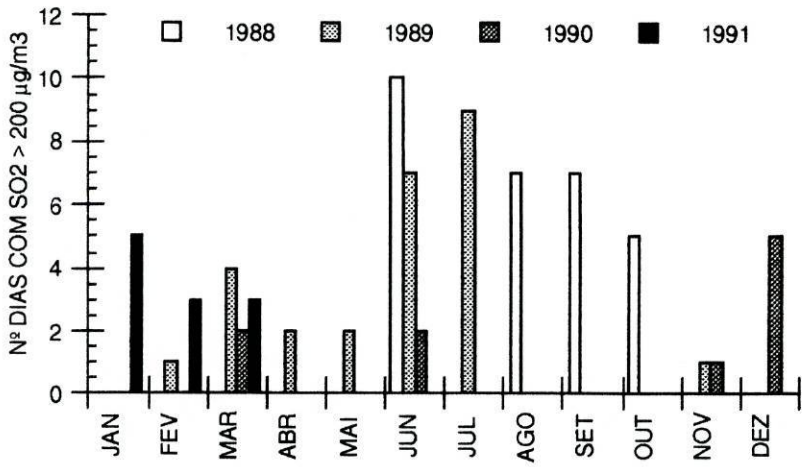


Fig. 96 - Número de dias em que o SO_2 ultrapassou 200 $\mu g/m^3$ em pelo menos um dos postos (ver Quadro LXIV).

---

[235]M.J.ALCOFORADO, 1988, concluiu, por exemplo, que em Lisboa e no que respeita aos fumos negros de Verão"...foi verificado que, em todos os locais de observação, há um aumento de concentração de poluição [...] sempre que há inversões baixas às 12 horas e a existência de inversões junto ao solo às 0h", ALCOFORADO, 1988, p. 320.

Segundo a mesma autora e apesar do "...coeficiente de correlação entre a concentração de fumos negros e a intensidade da inversão (-0.21) não ser suficientemente alto para ser significativo...", ALCOFORADO, 1988, p.326, merece ser considerada sempre que tal for possível.

[236]Só foram considerados os dias com SO_2> 200 $\mu g/m^3$.

	INVERSÕES EM LISBOA					SITUAÇÃO	A inversão é ●
DATA	SO2 (µg/m3)	BASE DA INV. (mb)	ESPESSURA INV (mb)	T°C base	T°C topo	SINÓPTICA	provável no Porto?
17-6-88	LP- 208					Ant.Atlâ.Subtropical	
19-6-88	LP - 220	994	55	16.4	18.6	Ant.Atlâ.Subtropical	sim
20-6-88	LP - 234	978	12	21	22.6	Centro Depr. Estac.	não é possível saber
21-6-88	LP - 389					Centro Depr. Estac.	
22-6-88	LP - 402	1000	20	19	23	Ant.Atlâ.Subtropical	sim
23-6-88	LP - 383					Centro Depr. Estac.	
24-6-88	LP - 361					Centro Depr. Estac.	
25-6-88	LP - 334					Ant.Atlâ.Subtropical	
26-6-88	LP - 368	975	21	16.2	18	Centro Depr. Estac.	não é possível saber
27-6-88	LP - 374	952	24	13.4	16.6	Margem Anticicl.	não é possível saber
	ENT - 382						
6-8-88	IL - 225	990	22	17	21.6	Centro Depr. Estac.	não é possível saber
7-8-88	IL - 229	985	47	16.6	17.8	Ant. Atlâ. Misto	não é possível saber
9-8-88	LP - 333	976	29	16.8	22.6	Pert. W afastada	não é possível saber
11-8-88	LP - 272	945	71	15.2	18.2	Ant.Atlâ.Subtropical	não é possível saber
13-8-88	LP - 308	961	36	15.4	20.6	Ant.Atlâ.Subtropical	não é possível saber
14-8-88	LP - 240	988	23	15.8	20.2	Ant.Atlâ.Subtropical	sim
15-8-88	LP - 303	969	41	17.2	22	Ant.Atlâ.Subtropical	sim
6-9-88	LP - 219	1006	32	27.6	31.4	Ant. Ibero-Medit.	não é possível saber
7-9-88	LP - 231	1003	39	27.4	30	Ant. Ibero-Africano	não é possível saber
8-9-88	LP - 225	1003	32	29	31.2	Ant. Ibero-Africano	sim
20-9-88	LP - 272 MAT - 218	1009	36	22	23.8	Ant. Atlâ. Misto	sim
21-9-88	MAT - 214	979	21	20.8	23.6	Margem Anticicl.	não é possível saber
27-9-88	CSB - 207					Ant.Atlâ.Subtropical	
28-9-88	CSB - 223					Colo	
4-10-88	LP - 223					Margem Anticicl.	
25-10-88	LP - 236					Ant. Ibero-Africano	
28-10-88	LP - 257					Pert. W afastada	
29-10-88	LP - 215	1000	32	18.2	20	Centro Depr. Estac.	não é possível saber
30-10-88	LP - 227	971	22	16	16.4	Centro Depr. Estac.	não é possível saber
16-2-89	CSB - 243 MLI - 221	1014	27	13	17	Ant. Ibero-Africano	sim
4-3-89	GT - 204	1013	22	12.2	13.4	Ant. Atlâ. Misto	não é possível saber
8-3-89	GT - 209 MLI - 220	991	25	11.2	12.2	Ant. Atlâ. Misto	sim
22-3-89	CSB - 241	982	43	11.2	14.6	Ant. Atlâ. Misto	sim
25-3-89	GT - 202 MLI - 236	998	70	11.9	15.2	Ant. Ibero-Africano	sim
5-4-89	CSB - 205					Pert. W próxima	
21-4-89	MLI - 245					Margem Anticicl.	
2-5-89	CSB - 209					Ant. Europeu	
3-5-89	CSB - 310					Ant. Europeu	
15-6-89	MLI - 229					Ant.Atlâ.Subtropical	
21-6-89	CSB - 211					Ant. Atlâ. Misto	
22-6-89	CSB - 269					Ant. Atlâ. Misto	
	MAT - 240						
	MLI - 261						
25-6-89	MAT - 271					Pântano	
27-6-89	ENT - 383	958	45	14	17.6	Perturbação de N	não é possível saber
28-6-89	MAT - 249	939	20	14.6	16.4	Ant.Atlâ.Subtropical	sim
29-6-89	MAT - 300	983	93	15.6	19.6	Ant.Atlâ.Subtropical	sim
8-7-89	MAT - 369	959	26	14.2	17	Ant.Atlâ.Subtropical	sim
9-7-89	MAT - 341	956	46	14	20.6	Ant.Atlâ.Subtropical	sim
11-7-89	MAT - 206	989	13	28.2	30.6	Ant.Atlâ.Subtropical	sim
12-7-89	MAT - 219	996	30	27.4	29.8	Ant. Atlâ. Misto	não é possível saber
13-7-89	MAT - 232 CSB - 223	1004	30	27.6	31.2	Ant. Atlâ. Misto	sim
14-7-89	MAT - 208	1006	53	22.8	27.8	Ant. Atlâ. Misto	sim
27-7-89	LP - 201 MAT - 205	1004	28	29.2	32.6	Ant.Atlâ.Subtropical	sim
28-7-89	MAT - 240	1002	46	27.2	31.6	Ant.Atlâ.Subtropical	não é possível saber
29-7-89	MAT - 210	1002	25	25.6	27.8	Centro Depr. Estac.	não é possível saber
10-11-89	MAT - 223	914	48	10	11.4	Ant. Atlâ. Misto	não é possível saber
1-3-90	CSB - 237	931	47	6.4	15.4	Ant. Atlâ. Misto	não é possível saber
15-3-90	CSB - 214	1017	17	12.2	14	Ant. Ibero-Medit.	não é possível saber
	TOR - 215						
13-6-90	CSB - 205					Centro Depr. Estac.	
17-6-90	CSB - 288	851	25	8.4	9.2	Ant.Atlâ.Subtropical	não é possível saber
29-11-90	LP - 209	1006	6	8.2	9.8	Ant. Atlâ. Misto	sim
12-12-90	CSB - 210					Ant. Atlâ. Misto	
13-12-90	CSB - 224					Ant. Atlâ. Misto	
	TOR - 227						
19-12-90	CSB - 300	950	24	6	6.6	Centro Depr. Estac.	não é possível saber
21-12-90	GT - 220	978	26	6.2	7.8	Ant. Ibero-Medit.	sim
23-12-90	CSB - 206	1011	11	7.4	9.6	Colo	não é possível saber
	GT - 218						
2-1-91	GT - 225	1017	17	8	10	Ant. Atlâ. Misto	não é possível saber
15-1-91	LP - 228	1005	5	6.4	7.4	Ant. Europeu	não é possível saber
17-1-91	MAT - 297					Pert. W afastada	
21-1-91	MAT - 329	1014	31	11.2	13.2	Ant. Atlâ. Misto	sim
22-1-91	MAT - 251	1016	29	10	10.4	Ant. Atlâ. Misto	sim
8-2-91	CSB - 282					Pert. W afastada	
18-2-91	CSB - 260					Centro Depr. Estac.	
24-3-91	CSB - 208					Margem Anticicl.	
26-3-91	PR - 314	964	23	8.6	9.6	Pântano	não é possível saber
27-3-91	PR - 230					Pântano	

FONTE: Sondagens aerológicas dos Boletins Meteorológicos Diários publicados pelo INMG.

sem inversão ou sem informação

● Critérios: 1-extensão da área anticiclónica; 2- continuação da circulação anticiclónica sobre o Porto; 3-área dentro da mesma isóbara ou de isóbaras mais elevadas, 4- inexistência de vestígios de chuva;etc.

Quadro LXIV- Sequências de dias muito poluidos durante o período estudado - inversões detectadas para Lisboa

Nestes dias com acidez forte muito elevada é importante sublinhar que apesar de ter predominado à superfície a presença do Anticiclone Atlântico Subtropical e do Anticiclone Atlântico Misto, tal não significa que sob a acção de outro tipo de situações anticiclónicas ou mesmo sob a influência de situações depressionárias, não tenham sido registadas elevadas concentrações de SO_2 (Quadro LXIV e LXV).

A determinação da existência, ou não, de inversão em Lisboa, e depois a extrapolação da sua permanência, ou não, sobre a área do Porto, está, como facilmente se deduz, pejada de subjectividade. Os resultados obtidos pareceram-nos, no entanto, razoavelmente sugestivos e eficazes para ilustrar a hipotética relação de causalidade entre a existência de inversões térmicas baixas e a magnitude dos episódios de poluição, inúmeras vezes mencionada na bibliografia sobre este tema (Quadro LXIV)[237].

SITUAÇÃO SINÓPTICA À SUPERFÍCIE	Nº CASOS
Anticiclone Atlântico Subtropical	18
Anticiclone Atlântico Misto	18
Centro Depressionário Estacionário	12
Perturbações	6
Anticiclone Ibero-Africano	5
Margem Anticiclónica	5
Anticiclone Ibero-Mediterrâneo	3
Anticiclone Europeu	3
Pântano; Colo	3; 2

Quadro LXV - Situações sinópticas à superfície nos dias com SO_2 acima dos 200 $\mu g/m^3$ (ver Quadro LXIV).

Para cada um destes 75 dias com SO_2 acima dos 200 $\mu g/m^3$, em pelo menos um dos postos da DGQA-Porto, inventariámos, recorrendo à informação fornecida pelo Boletim Meteorológico - diário, publicado pelo INMG, os dias em que ocorreu uma inversão térmica baixa para Lisboa às 0h[238] (Quadro LXIV).

---

[237], SCORER, R., 1968, p.20-50, OKE, T.R., 1990, p. 310-320 ou ELSOM, D., 1989, p. 19-61

[238]Deparámo-nos, para esta análise, com um grande número de lacunas de informação. Primeiro, porque infelizmente o INMG só faz observações aerológicas, às 0h e às 12h, para Lisboa, Lages e Funchal. Segundo, porque mesmo para Lisboa nem sempre existem registos. Terceiro, porque as altitudes a que foram efectuados os registos, nas sondagens, estão publicados em hPa, o que não nos permite saber a altitude a que correspondem.

Destes 75 dias inicialmente seleccionados fomos forçados a eliminar 26 dias por falta de informação ou pela inexistência de qualquer inversão térmica baixa em Lisboa (Quadro LXIV).

Embora o facto de não existir inversão térmica baixa em Lisboa não signifique que não pudesse existir sobre a área do Porto, ficámos, de imediato, obrigados a eliminar da nossa análise estes cerca de 34% de dias para os quais se tornou, de todo, impossível demonstrar a sua ocorrência sobre o Porto.

Do conjunto restante e depois de definida a base, a espessura e a magnitude da inversão, procurámos, criteriosamente[239], definir os dias em que a inversão térmica detectada para Lisboa teve grande probabilidade de existir, também, sobre a área do Porto (Quadro LXIV).

Concluímos que era possível afirmar, sem grande margem de erro, que em cerca de 50% dos 49 dias para os quais detectámos uma inversão térmica baixa sobre a área de Lisboa o mesmo sucedeu, também, sobre a região do Porto (Quadro LXIV e LXVI).

DATA	SO_2 ($\mu g/m^3$)	SITUAÇÃO SINÓPTICA À SUPERFÍCIE
19-6-88	L.Pal (220)	Anticiclone Atlântico Subtropical
22-6-88	L.Pal (402)	Anticiclone Atlântico Subtropical
14-8-88	L.Pal (240)	Anticiclone Atlântico Subtropical
15-8-88	L.Pal (303)	Anticiclone Atlântico Subtropical
8-9-88	L.Pal (225)	Anticiclone Ibero-Africano
20-9-88	L.Pal (272)	Anticiclone Atlântico Misto
16-2-89	C.S.Boav (243); M.Lib (221)	Anticiclone Ibero-Africano
8-3-89	G.Teix.(209); M.Lib (220)	Anticiclone Atlântico Misto
22-3-89	C.S.Boav. (241)	Anticiclone Atlântico Misto
25-3-89	G.Teix.(202); M.Lib (236)	Anticiclone Ibero-Africano
28-6-89	Matos. (249)	Anticiclone Atlântico Subtropical
29-6-89	Matos. (300)	Anticiclone Atlântico Subtropical
8-7-89	Matos. (369)	Anticiclone Atlântico Subtropical
9-7-89	Matos. (341)	Anticiclone Atlântico Subtropical
11-7-89	Matos. (206)	Anticiclone Atlântico Subtropical
13-7-89	Matos. (232); C.S.Boav. (223)	Anticiclone Atlântico Misto
14-7-89	Matos. (208)	Anticiclone Atlântico Misto
27-7-89	L.Pal (201); Matos. (205)	Anticiclone Atlântico Subtropical
29-11-90	L.Pal (209)	Anticiclone Atlântico Misto
21-12-90	G. Teix. (220)	Anticiclone Ibero-Mediterrâneo
21-1-91	Matos. (329)	Anticiclone Atlântico Misto
22-1-91	Matos. (251)	Anticiclone Atlântico Misto

Quadro LXVI - Dias com SO_2 acima de 200 $\mu g/m^3$ em que há grande probabilidade de ter existido inversão térmica baixa na área do Porto (entre 1/4/1987 e 31/3/1991).

---

[239]Os quatro critérios básicos, que referimos no Quadro LXIV resultaram, da nossa interpretação da representação cartográfica de superfície, às 0h e às 12h, das representações cartográficas de altitude, das superfícies isobáricas de 850 hPa, de 700 hPa , de 500 hPa e de 300 hPa, às 12h, combinada com a leitura dos registos das observações de superfície para o Porto às 0h, 6h, 12h e 18h.

Embora com base, exclusivamente, nas características físico-químicas da atmosfera associadas às situações sinópticas presentes na totalidade dos dias com SO_2 acima de 200 $\mu g/m^3$ pudéssemos, desde logo, deduzir empiricamente a grande probabilidade da existência de inversão térmica baixa na maioria dos 75 dias com acidez forte muito elevada, em face da escassez de informação sobre o perfil térmico da baixa atmosfera para a nossa área de estudo, restringiremos a nossa demonstração apenas a estes 22 dos 75 dias seleccionados (Quadro LXIV e LXVI).

Parece não restar qualquer dúvida que para um número muito significativo de dias com concentração de SO_2 muito elevada, a ocorrência de uma inversão térmica baixa contribui, de facto, para dificultar a dispersão do poluente, favorecendo a sua permanência sobre a nossa área de estudo (Quadro LXVI).

Para os dias muito poluídos, nos postos localizados no exterior da área administrativa da cidade do Porto, a inversão térmica coincidiu, quase sempre, com a presença, à superfície, do Anticiclone Atlântico Subtropical.

O tipo de situações sinópticas que coexistiram com uma inversão térmica baixa, nos dias em que se registaram elevadas concentrações de SO_2, nos postos localizados no interior da cidade do Porto, foi muito diverso (Quadro LXVI). Tal sucedeu na presença dos anticiclones Atlântico Misto, Ibero-Africano e Ibero-Mediterrâneo.

Curiosamente, nenhum dos dias muito poluídos, nos postos localizados no interior da cidade, coincidiu com a presença do Anticiclone Atlântico Subtropical, ao qual está frequentemente associada uma inversão térmica entre os 1000 m e os 2000 m de altitude.

Se atentarmos, no entanto, na época do ano a que se reportam os exemplos de elevada concentração de SO_2 nos postos localizados no interior da cidade do Porto verificamos que a probabilidade da região portuense estar sob a influência do Anticiclone Atlântico Subtropical, tanto em Fevereiro como em Março, ou em Dezembro, é quase nula (rever Quadro XXIX).

Pelo contrário, entre Junho e Setembro, os meses em que ocorreu o maior número de dias muito poluídos nos postos localizados no exterior da cidade, o Anticiclone Atlântico Subtropical influencia a região portuense na maior parte dos dias (rever Quadro XXIX).

A observação tanto dos registos do quadrante predominante e da velocidade média do vento, como da nebulosidade média na estação de Porto-Serra do Pilar, não sendo, absolutamente, a mais adequada para nos ajudar a

compreender as relações de causalidade que pretendemos, permite-nos, contudo, constatar que em qualquer dos dias muito poluídos dentro da cidade o vento soprou, invariavelmente, de ESE (Quadro LXVI). O que não aconteceu para os postos localizados no exterior da cidade.

A variabilidade dos valores de nebulosidade média e da velocidade do vento nos dias em que o SO_2 ultrapassou os 200 $\mu g/m^3$, em alguns postos dentro da cidade, foi muito menor do que nos dias em que as concentrações elevadas de SO_2 ocorreram nos postos localizados no exterior da cidade (Quadro LXVI).

Note-se, também, que foram os postos localizados no interior da cidade, praticamente[240] os únicos em que coincidiram, no mesmo dia, concentrações de SO_2 acima de 200 $\mu g/m^3$ em mais do que um posto (Quadro LXIV).

DATA	SO_2 ($\mu g/m^3$)	Rumo Pred. Serra Pilar	Vel. média Serra Pilar	Neb. média Serra Pilar
19-6-88	L.Pal (220)	ESE	14 km/h	4/10
22-6-88	L.Pal (402)	ENE	14 km/h	7/10
14-8-88	L.Pal (240)	NNW	14 km/h	4/10
15-8-88	L.Pal (303)	NW	16 km/h	5/10
8-9-88	L.Pal (225)	W	12 km/h	4/10
20-9-88	L.Pal (272)	ESE	16 km/h	0/10
16-2-89	C.S.Boav (243); M.Lib (221)	ESE	18 km/h	1/10
8-3-89	G.Teix.(209); M.Lib (220)	ESE	15 km/h	4/10
22-3-89	C.S.Boav. (241)	ESE	11 km/h	4/10
25-3-89	G.Teix.(202); M.Lib (236)	ESE	11 km/h	0/10
28-6-89	Matos. (249)	NW	14 km/h	0/10
29-6-89	Matos. (300)	ESE	14 km/h	0/10
8-7-89	Matos. (369)	NW	24 km/h	0/10
9-7-89	Matos. (341)	WNW	15 km/h	0/10
11-7-89	Matos. (206)	ESE	24 km/h	0/10
13-7-89	Matos. (232); C.S.Boav. (223)	E	23 km/h	0/10
14-7-89	Matos. (208)	WNW	12 km/h	0/10
27-7-89	L.Pal (201); Matos. (205)	ESE	23 km/h	0/10
29-11-90	L.Pal (209)	E	16 km/h	3/10
21-12-90	G. Teix. (220)	ESE	17 km/h	2/10
21-1-91	Matos. (329)	ENE	29 km/h	2/10
22-1-91	Matos. (251)	E	19 km/h	5/10

Quadro LXVII - Comportamento de alguns elementos climáticos nos dias com SO_2 acima de 200 $\mu g/m^3$ e em que há grande probabilidade de ter existido inversão térmica baixa na área do Porto (entre 1/4/1987 e 31/3/1991).

Assim, para além do importante papel desempenhado pelas inversões térmicas baixas na manutenção, durante um ou mais dias, de grandes concentrações de SO_2 sobre a nossa área de estudo, emerge, também, desta

---

[240]A única excepção foi o dia 20-9-88 em que tanto Leça da Palmeira como Matosinhos registaram concentrações de SO_2 acima de 200 $\mu g/m^3$

análise, mais uma vez, a diversidade de condições associadas à degradação da qualidade do ar patenteada pelos registos dos postos localizados no interior e no exterior da cidade.

3.7. Outros factores explicativos

Um dos factores explicativos que, por exemplo, não pode ser descurado para a compreensão da degradação da qualidade do ar, sobretudo nos postos do interior da cidade é, sem dúvida, o ritmo a que se processa, semanalmente, o *metabolismo* urbano (Fig. 97).

O ritmo a que se processaram as diversas actividades funcionais urbanas na região portuense emerge, inequivocamente, ao constatarmos o aumento de frequência de dias com maior acidez forte entre segunda-feira e sexta-feira (Fig. 97).

À habitual *limpeza da atmosfera* que se inicia, frequentemente, no sábado e se prolonga pelo domingo, escaparam, ainda, cerca de 15 a 30 dias em que, mesmo nestes dias da semana, se registaram concentrações elevadas de SO_2.

A partir de segunda-feira, o dia em que o *ecossistema urbano* reinicia, em pleno, a sua actividade, observou-se um aumento da frequência de dias com SO_2 acima dos 150 $\mu g/m^3$, com um máximo na terça-feira, seguido de uma ligeira diminuição na quarta, na quinta e na sexta-feira.

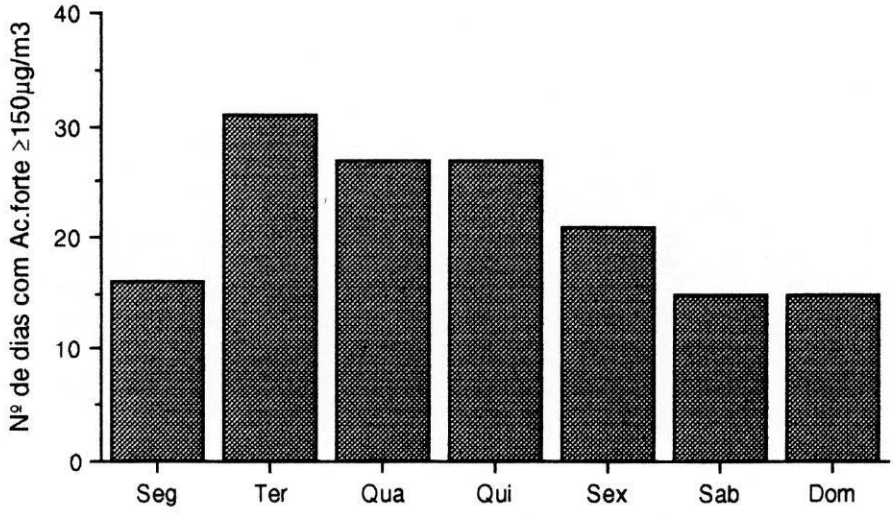


Fig. 97 - Número de dias com acidez forte ≥ 150 $\mu g/m^3$, em pelo menos um posto da rede de medição da qualidade do ar da DGQA-Porto, segundo o dia da semana (de 1/4/87 a 31/3/91)

O número de ocorrências que observámos para segunda-feira, abaixo do que esperaríamos, por ser um dos dias em que o ritmo a que se processa a circulação de bens, serviços e informações é dos mais acelerados de toda a semana, gerando constantes congestionamentos na já, habitualmente, difícil fluidez dos circuitos urbanos, só se compreende se aceitarmos que a *limpeza da atmosfera* durante o fim de semana foi de uma excelente eficácia.

4. Chumbo e outros metais pesados na cidade do Porto

Embora pelo seu curto tempo de residência na atmosfera, não esperássemos, à partida, grande participação deste tipo de poluentes nas modificações do balanço energético, que detectámos, anteriormente, na área do Porto, o facto de terem vindo a ser cada vez mais utilizados pelo homem, provocou um extraordinário aumento na concentração destes metais no ar, nos solos, na água e nos seres vivos, que lhes passou a conferir importância, também ao nível das modificações climáticas locais e regionais.

4.1. A nossa opção metodológica: avaliação directa e indirecta dos teores de chumbo e outros metais pesados na atmosfera portuense

Embora tenham vindo a merecer, cada vez mais, um lugar de destaque nas preocupações dos decisores e dos investigadores, por serem, dentro do grupo de poluentes perigosos, aqueles que, relativamente a outros metais detectáveis na atmosfera, como o níquel, o crómio ou o zinco, mais têm aumentado o seu teor na atmosfera, não existe, ainda, em Portugal uma rede de medição sistemática de chumbo, de mercúrio ou de cádmio.

Confrontados com as inúmeras lacunas de informação sobre o teor na atmosfera de chumbo e de outros metais pesados, tanto na nossa área de estudo como à escala nacional, procurámos superar esta falta de registos recorrendo a dois tipos de fontes de informação diversas, mas complementares.

O curto tempo de residência na atmosfera deste tipo de poluentes, que já mencionámos (capítulo VIII, ponto 2.3.), sugeriu-nos a possibilidade de colmatar esta falta de informação directa, essencial para o diagnóstico e avaliação do seu contributo para a degradação da qualidade do ar portuense, recorrendo a uma avaliação indirecta efectuada através da análise química dos teores de chumbo, cobre e zinco em amostras retiradas da camada superficial do solo urbano não pavimentado.

4.2. Tipo de fontes e magnitude dos efeitos do chumbo e de outros metais pesados

O chumbo tem sido alvo, dentro do seu grupo, de um interesse excepcional que advém quer do ritmo crescente com que tem vindo a ser libertado para o meio, quer pela diversificação de utilizações que tem, quer, sobretudo, pelos riscos acrescidos devidos à enorme gama de percursos que pode seguir dentro do Ecossistema (Fig. 98).

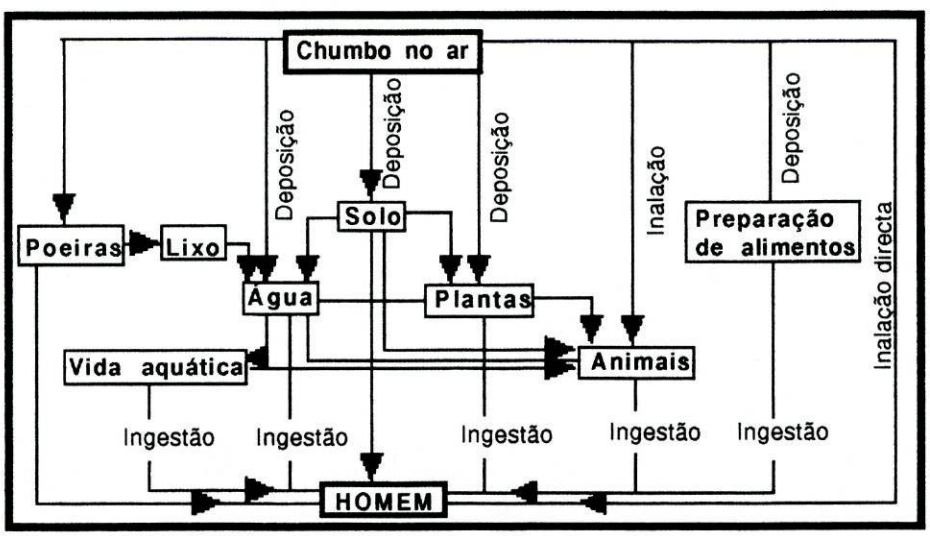


Fig. 98 - Vias de acesso do chumbo libertado na atmosfera até alcançar o organismo humano (WMO, 1977)[241].

Apesar de lhe serem atribuíveis apenas efeitos adversos, uma vez que não participa em nenhuma função bioquímica vital para o homem, a labiríntica teia de vias de acesso, pelas quais o chumbo pode introduzir-se nas diversas

---

[241]WMO, Environmental Health Criteria 3. Lead, Geneva, 1977

Esta figura foi reproduzida e adaptada de ROSE, J., Trace elements in Health, Butterworth & Co, London, 1983, p.85 e de ELSOM, 1989, p.53.

componentes do Ecossistema e em particular afectar o homem, faz com que não seja suficiente reconhecer o seu maior uso para determinar a magnitude e intensidade dos seus efeitos.

Actualmente, as maiores fontes de chumbo são a manufactura de aditivos do petróleo, a produção de baterias, a fabricação de condutas e cabos, os processos de soldadura e a produção de tintas.

De todas estas fontes, a sua inclusão como aditivo na gasolina, ao longo dos últimos 50 anos[242] e o facto de Portugal ser um dos países da Europa Ocidental em que o teor de chumbo utilizado na gasolina é dos mais elevados da CEE[243], é, sem dúvida, uma das, senão a principal, causa do aumento do teor de chumbo colocado na atmosfera, particularmente em meios urbanos.

Recorde-se, a este propósito, que só na cidade do Porto circulam, diariamente, cerca de 306000 veículos. O facto da sua circulação se fazer, especialmente, a determinadas horas do dia, em difíceis condições de fluidez, provocadas quer pelo exagerado aumento do parque automóvel, nos últimos anos, quer pela topografia acidentada e grande compacidade do espaço construído, contribui para incrementar, substancialmente, a quantidade de chumbo e de outros poluentes emitidos para a atmosfera (Quadro LVI b e Quadro LXVIII).

TIPO DE VEÍCULO	VELOCIDADE (km/h)	FACTOR EMISSÃO (g/Km)	CHUMBO EMITIDO **10000** veículos (g/km)
Ligeiros	100	0.017	170
Ligeiros	19	0.025	250
Ligeiros	6	0.056	560
Pesados	-	0.015	150
Motociclos > 50 cm3	-	0.013	130
Motociclos < 50 cm3	-	0.005	50

Fonte: Ministry of Health and Environmental Protection, Handbook of Emission Factors, non-industrial sources, The Hague, 1980, p.67.

Quadro LXVIII - Factores de emissão para o chumbo, consoante o tipo de veículo e a velocidade de circulação

---

[242]O uso, na gasolina, de um dos compostos orgânicos de chumbo, o tetraetilo de chumbo (Pb C_2H_5) como anti-detonante, substitui, de um modo mais barato, o mais apurado refinamento da gasolina exigido pela maioria dos motores de explosão dos veículos. Atinge-se, assim, idêntica qualidade de combustão com uma gasolina com um número de octanas inferior (um tipo de hidrocarboneto mais refinado e de melhor qualidade).

[243]Em Portugal a gasolina utiliza o máximo legal de chumbo autorizado, isto é ± 0.4g/l (Portaria 412/84 do Diário da República, I, 2210, 1984).

"...A maior parte dos países europeus ocidentais utilizam gasolina com teor de chumbo ≤ 0.15g/l..." VASCONCELOS, M.T.et al., "Lead and other heavy metals in atmospheric aerosols of Oporto", Chemosphere, vol.17, nº10, 1988, p.2094.

A magnitude e a intensidade dos efeitos provocados pelas emissões de poluentes imputáveis, quase exclusivamente, ao tráfego[244] é facilmente perceptível na cidade do Porto, com a simples observação do progressivo escurecimento[245] e degradação dos inúmeros edifícios construídos em granito e dos passeios das principais vias de circulação (Fotografia 6a,6b e 6c).

Embora a degradação dos materiais de construção seja um processo de alteração química muito complexo, dependente de um vasto conjunto de factores[246], o contributo dos fumos emitidos pelos veículos que circulam na cidade é, inequivocamente, importante (Fotografia 6c).

Actualmente, os níveis de chumbo presentes nos alimentos, na água, no ar, nos animais e nas plantas é cerca de 100 a 1000 vezes superior ao que existiria *naturalmente* (Quadro LXIX).

---

[244]BARDESCHI, A. et al., "Analysis of the impact on air quality of motor vehicletraffic in the Milan urban area", Atmospheric Environment, vol. 25-B, nº3, 1991, p.415-428.

[245]Embora ao compararmos os factores de emissão para o mesmo tipo de veículo, a 20km/h, por exemplo (Quadro LVI a e LXVIII), vejamos que o teor de chumbo fornecido pelos escapes dos automóveis (0.025) é bastante inferior ao de CO (25), ao de CxHy (3.7), ao de NOx (1.25) e ao de SO_2 (0.042), o escurecimento dos edifícios não deixa de ser um bom indicador, ressalvadas as devidas proporções, do importante contributo fornecido pelos veículos em circulação para a concentração de chumbo e outros metais pesados no ar e nos solos urbanos.

[246]"...O escurecimento dos edifícios não é devido, normalmente, a uma simples deposição mas, envolve, frequentemente, reacções orgânicas de absorção do SO_2 do ar.[...] As reacções químicas e outros mecanismos indutores ou inibidores do escurecimento dos edifícios são por exemplo:

1-a capacidade do vento para secar as superfícies humedecidas depois de um aguaceiro;

2-o efeito do vento na produção de uma secagem diferenciada, já que a água pode funcionar como agente de limpeza ,se for em grande quantidade, mas também pode ser agente de escurecimento, se ficar retida em determinadas superfícies;

3-a exposição da superfície aos raios solares cria diferenciação na evaporação da água, fazendo com que as áreas de sombra (sob janelas, fachadas norte), demorem mais tempo a secar;

4-a natureza química dos materiais, particularmente a sua solubilidade;

5-a presença de um metal que funcione como catalisador dos processos químicos (o escurecimento é mais fácil junto a um parafuso ou próximo de uma peça de ferro);

6-a facilidade de deposição directa de partículas;

7-as características de aderência das superfícies para reter as poeiras que circulam no ar..." SCORER, R., Air pollution, Pergamon Press, Oxford, 1968, p.129-136.

a) Diferença entre a cor do granito nos dois monumentos. A Igreja do Carmo, à direita, está a ser restaurada (1/10/1992).

b) Cor do passeio na rua Augusto Rosa (1/10/1992).

Fot. 6 - Escurecimento das fachadas dos edifícios e dos passeios na cidade do Porto.

c) Cor das barreiras de protecção das obras do Hospital Geral de Stº António, cerca de seis meses após a sua colocação (1/1/1993).

Fot. 6 - Escurecimento das fachadas dos edifícios e dos passeios na cidade do Porto (cont.).

Quer directamente, pelo aumento do consumo de alimentos enlatados, quer indirectamente, pelo conteúdo de chumbo presente na carne e nos legumes[247], o teor de chumbo presente na dieta tem vindo a aumentar (Fig. 98 e Quadro LXIX).

TIPO DE M.AMBIENTE	Estimativa da conc. de chumbo *natural*	Conc. de chumbo típicas actuais	*Ratio* entre os níveis actual/natural
AR - rural	0.01 - 0.1 ng/m^3	0.1 - 1 00 ng/m^3	10-1000
AR - urbano	0.1 - 1.0 ng/m^3	0.1 - 10 µg/m^3	100-10000
SOLO-rural	5 - 25 µg/g	5 - 50 µg/g	1-2
SOLO-urbano	5 - 25 µg/g	10 - 5000 µg/g	2-200
ÁGUA-rios	0.005 - 10µg/l	0.005 - 10 µg/l	1
ÁGUA-oceanos	0.001 µg/l	0.005 - 0.015 µg/l	10
ALIMENTOS	0.0001 - 0.1 µg/g	0.01 - 10 µg/g	100

$1n = 10^3\mu$

Quadro LXIX - Comparação dos níveis *naturais* de chumbo com os que existem actualmente (adaptado de ROSE, 1983, p.85).

O solo e os oceanos - os maiores receptores do chumbo colocado na atmosfera - difundem, eficazmente, este elemento tóxico por toda a cadeia alimentar, através dos animais e das plantas que neles vivem, ou que deles se alimentam (Quadro LXIX e Fig. 98).

Os efeitos nocivos do chumbo e de outros metais no organismo humano, e no dos outros animais, pode ser veiculado através dos sistemas respiratório[248] e digestivo ou, mesmo, através da absorção pela pele (Fig. 98 e Quadro LXX).

Embora as manifestações de toxicidade por qualquer destes metais envolva circunstâncias muito complexas, em que, para além do tempo de exposição e da quantidade ingerida ou respirada, são importantes as características fisiológicas de cada indivíduo, os efeitos provocados pelo chumbo e por outros metais pesados, maioritariamente de origem antrópica, são, inequivocamente, preocupantes tanto em termos de saúde pública (Quadro LXX), como do ponto de vista da manutenção do equilíbrio das diversas componentes do Ecossistema.

---

[247]Para além do chumbo absorvido pelas plantas que ingerimos, as técnicas usuais de lavagem doméstica dos vegetais não eliminam totalmente o chumbo depositado à superfície.

[248]"...90% do chumbo que atinge os pulmões deriva dos fumos libertados pelos motores dos veículos...", Bryce-Smith, cit. por Rose, 1983, p.85.

METAL	FONTES	EFEITOS NO CORPO HUMANO
Chumbo	Fundições; manufactura de baterias; recuperação de metais; fabricação de cristais; cerâmica; tintas. Compostos orgânicos utilizados nas refinarias de petróleo.	Fadiga, insónia, perda de apetite. Após exposições prolongadas provoca encefalopatias (convulsões, delírio, coma ou morte), distúrbios na capacidade de aprendizagem, alterações no sistema nervoso periférico, etc.
Cádmio	Metalurgia; manufactura de baterias; aditivos plásticos e de borracha; fungicidas; mat. fotográfico; produção de ligas metálicas; chapeamento.	Náuseas, vómitos, cãibras, mau funcionamento dos rins. Irritação dos pulmões, perda do olfacto. Deformação óssea. Carcinomas.
Mercúrio	Instrumentos científicos; produção de cloro; revestimentos cirúrgicos, tintas especiais, fungicidas.	Distúrbios do sistema nervoso (tremuras, irritabilidade, atraso mental). Gengivite. Nefroses por envenenamento.
Zinco	Metalurgia; galvanização; fumos das caldeiras	Sintomas semelhantes à gripe
Cobre	Excessiva exposição a fumos e poeiras em qualquer processo industrial que envolva o cobre	Podem afectar o sistema hepático embora o fígado possua *naturalmente* mecanismos reguladores do teor de cobre no organismo.

FONTE: BONNER, W., BRIDGES, J.W."Toxicological properties of trace elements"Trace elements in Health, Butterworth & Co, London, 1983, p.10
ROWLAND, A., COOPER, P., Environment and Health, Edward Arnold, London, 1983, p.169-170.

Quadro LXX - Fontes e efeitos de alguns metais no organismo humano.

4.3. Teor de chumbo e de outros metais pesados detectado na atmosfera portuense[249]

Os resultados do trabalho de investigação efectuado por M.T.VASCONCELOS et al. (1988 e 1992), para determinar os níveis de chumbo e outros metais pesados em aerossóis da atmosfera portuense, permitiram aos autores, apesar do curto período de amostragem e do insuficiente número de

---

[249]Aproveitamos para agradecer à Professora Doutora M.Teresa S.D.Vasconcelos do Departamento de Química da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto a amabilidade com que nos atendeu e nos esclareceu as inúmeras dúvidas que lhe colocamos, bem como a prontidão com que nos forneceu a bibliografia disponível sobre este tema, de que é, na maior parte dos casos, autora ou co-autora.

pontos de recolha, demonstrar a sua importante contribuição para a degradação da qualidade do ar da área central da cidade do Porto (Quadro LXXI).

Média diária	CONC. CHUMBO ($\mu g/m^3$)
Fach. sul da Fac. Ciências a 3m altura - 1986	0.48 ± 0.28
Fach. sul da Fac. Ciências a 3m altura - 1991	0. 46 ± 0.18
Valor guia Português	**2.00**

Fonte: Vasconcelos, M.T. et al., 1988, p.2093 e Vasconcelos, M.T. et al., 1992, p.44

Quadro LXXI - Teor médio de chumbo nos aerossóis recolhidos numa área central do Porto comparativamente com o valor guia[250]

Os valores médios encontrados no posto de amostragem colocado ao nível de uma das ruas com maior tráfego da cidade do Porto, foram, para qualquer dos períodos de recolha (Quadro LXXII), inferiores ao valor guia sugerido na legislação portuguesa (Quadro LXXI).

Embora a configuração espacial, de grande arejamento, do local de amostragem e a ocupação, por parte dos veículos em circulação, prefencialmente, da metade oposta da via, possa justificar estes valores aquém dos esperados para quem conhece o local, parece-nos que esta subavaliação resulta, fundamentalmente, da ineficácia do uso da média diária para traduzir os efeitos de um fenómeno com tão grande variabilidade diurna como é o tráfego.

LOCALIZAÇÃO	PERÍODO DE AMOSTRAGEM[251]
Terraço da Fac. Ciências a17m altura	Janeiro 1984 -Maio 1985
Fach. sul da Fac. Ciências a 3m altura	Janeiro 1986 - Maio 1986
Fach. sul da Fac. Ciências a 3m altura	Março 1991- Outubro 1991

Quadro LXXII - Período e locais de amostragem do teor de chumbo nos aerossóis da atmosfera portuense

---

[250]Despacho Normativo 29/87 (3/20), Diário da República, I, 1987, 1114.

[251]VASCONCELOS, M.T., et al., "Níveis de metais pesados (Pb, Cu e Cd) e de SO_2 na atmosfera da cidade do Porto", Resumo das Comunicações do 10º Encontro Nacional de Química, Porto, 1987, p.485.

VASCONCELOS, M.T., et al., "Lead and other heavy metals in atmospheric aerosols of Oporto", Chemosphere, vol.17, nº10, Great Britain, 1988, p.2093-2106.

VASCONCELOS, M.T., et al., "Avaliação de um protótipo de amostrador de aerossóis para monitorização de chumbo na atmosfera", Resumo das Conferências Plenárias, Lições Temáticas e Comunicações do 12º Encontro Nacional de Química, Coimbra, 1991, p.120-124.

VASCONCELOS, M.T., et al., "Integração de indicadores biológicos na monitorização de chumbo na atmosfera urbana do Porto - primeiros resultados", Resumos da 3ª Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente, vol. I, Aveiro, 1992, p.42-50.

Atente-se, por exemplo, nos registos horários (entre as 8h e as 19h) do teor de chumbo, ao nível da rua, e observar-se-á que variaram entre os 0.069 $\mu g/m^3$ e os 3.8 $\mu g/m^3$ (VASCONCELOS, 1988, p.2093). Em mais de 10% desta amostra, o teor de chumbo **nos períodos de maior congestionamento** do trânsito, naquela área da cidade (8-11h e 15-17h), **ultrapassou 2 $\mu g/m^3$**.

O mesmo se passa quando se observam, separadamente, os valores médios de chumbo nos dias de trabalho e os valores médios no fim de semana. Durante a semana e, especialmente, ao nível da rua os teores de chumbo são mais elevados do que ao fim de semana (Quadro LXXIII).

LOCALIZAÇÃO	CONC. CHUMBO ($\mu g/m^3$)	DIA DA SEMANA
Terraço da Fac. Ciências a17m altura	0.30	Dia de trabalho
Terraço da Fac. Ciências a17m altura	0.29	Fim de semana
Fach. sul da Fac. Ciências a 3m altura	0.48	Dia de trabalho
Fach. sul da Fac. Ciências a 3m altura	0.44	Fim de semana

Fonte: Vasconcelos, M.T. et al., 1988, p.2104

Quadro LXXIII - Teor médio de chumbo nos aerossóis, consoante o dia da semana

Para além de revelar esta forte associação com o ritmo a que se processam as inúmeras actividades urbanas, a concentração de chumbo e outros metais pesados no ar demonstrou, segundo os autores, uma forte dependência do tipo de tempo presente (Quadro LXXIV).

LOCALIZAÇÃO	CONC. CHUMBO ($\mu g/m3$)	TIPO DE TEMPO
Terraço da Fac. Ciências a17m altura	0.33	Seco
Terraço da Fac. Ciências a17m altura	0.27	C/Precipitação
Terraço da Fac. Ciências a17m altura	0.29	Ventoso
Fach. sul da Fac. Ciências a 3m altura	0.58	Seco
Fach. sul da Fac. Ciências a 3m altura	0.32	C/Precipitação

Fonte: Vasconcelos, M.T. et al., 1988, p.2104

Quadro LXXIV - Teor médio de chumbo nos aerossóis da atmosfera portuense, consoante o tipo de tempo

Quer ao nível da rua, quer ao nível dos telhados dos edifícios, o teor de chumbo diminuiu nos dias em que ocorreu precipitação e/ou nos dias em que o vento soprou com maior velocidade (Quadro LXXIV).

Os resultados deste trabalho de investigação sobre o teor de chumbo e outros metais pesados na atmosfera da cidade do Porto, embora não tenha

revelado, neste local de amostragem, valores tão preocupantes como os de outras cidades do globo (Quadro LXXV), sugere-nos a possibilidade de poder encontrar noutras áreas da cidade, onde as ruas são mais estreitas, a compacidade dos edifícios é maior e a topografia é mais acidentada, estados de contaminação da atmosfera muito mais graves.

CIDADE	CONC. CHUMBO ($\mu g/m^3$)
Porto - Fach. sul da Fac. Ciências a 3m altura	0.48
Oslo	0.383
Chicago	0.359
Copacabana	0.499
Tucson, Arizona	0.47

Fonte: Vasconcelos, M.T. et al., 1988, p.2105

Quadro LXXV - Teor médio de chumbo nos aerossóis da atmosfera portuense comparativamente com o de outras cidades

4.4. Teor de chumbo, zinco e cobre nos solos da cidade do Porto

Os indícios de forte contaminação da atmosfera portuense, sugeridos pelos resultados obtidos por VASCONCELOS (1988), motivaram-nos a procurar verificar, para outros pontos da cidade, a magnitude e a intensidade da degradação da qualidade do ar pelo chumbo e outros metais pesados.

Na impossibilidade técnica, financeira e logística de distribuir pela cidade equipamentos idênticos aos utilizados por VASCONCELOS (1988), recorremos a um procedimento metodológico indirecto de diagnóstico do teor de chumbo, cobre e zinco, através da avaliação da sua concentração em amostras de solo urbano não pavimentado[252].

4.4.1. - Procedimento metodológico

A recolha de amostras de solo urbano não pavimentado iniciou-se em Julho de 1990, sob orientação do Professor IAN DOUGLAS do Departamento de

---

[252]"...50-90% do chumbo emitido pelos veículos precipita-se num raio inferior a 100m do local de emissão...", Bryce-Smith, cit. por Rose, 1983, p.89.

Geografia da Universidade de Manchester, Reino Unido[253], e foi, posteriormente, repetida por nós em Julho de 1991 e Julho de 1992.

Após ter definido, dentro dos limites administrativos da cidade do Porto, cerca de 90 pontos de amostragem[254], recolhemos cerca de 100g a 150g da camada superficial do solo.

Na selecção dos locais de amostragem procurámos, sempre que possível, evitar os retalhos de terra que tivessem sido alvo de tratamento há pouco tempo e, dentro destes, optámos por retirar a amostra de solo da área mais próxima da via de circulação[255] (Fig. 99).

Tentámos, em qualquer das campanhas de recolha, demorar o menor tempo possível entre cada uma das recolhas, de modo a evitar a interferência de outras variáveis, tais como modificações no estado de tempo, alterações no caudal de tráfego em circulação, etc., que poderiam afectar a quantidade de metais depositada à superfície.

Todavia, e à semelhança do que já referimos anteriormente, neste trabalho, a cidade do Porto tem vindo a sofrer, ao longo dos últimos 3 anos, profundas modificações ao nível das infra-estruturas, que se traduzem num inumerável conjunto de obras ao nível do solo urbano, que, para além de nos terem impedido, de uns anos para os outros, a recolha de amostras em alguns dos pontos previamente seleccionados, provocaram grandes modificações na circulação do tráfego, tornando, assim, incomparáveis algumas das recolhas efectuadas, exactamente no mesmo local.

Depois de recolhidas, as amostras de solo foram enviadas para a Universidade de Manchester onde foram submetidas aos procedimentos laboratoriais adequados[256], com vista à obtenção dos valores do teor de chumbo, cobre e zinco.

---

[253]A deslocação do Professor Ian Douglas a Portugal inscreveu-se no âmbito do Projecto Urban Climate and environmental degradation in Manchester and Oporto, financiado pelo Programa Luso-Português de Investigação Conjunta - Tratado de Windsor.

[254]A selecção dos pontos de amostragem tentou, na medida do possível, englobar a maior diversidade possível de áreas quanto à intensidade e fluidez dos fluxos de tráfego.

[255]Sobre os critérios tanto da selecção dos pontos de amostragem como dos métodos de recolha ver a extensa revisão bibliográfica elaborada por AL-ALI, J., Lead in soil and grass along Manchester arterial roads, MSc. Thesis, Geography Department, Manchester, 1990.

[256]Extraído com a utilização de EDTA (Ethylene-Diamine Tetra Acid). A solução foi depois, filtrada com um filtro Whatman 540 e a concentração dos metais determinada através de espectroscopia por absorção atómica. Este método é usado, frequentemente, como indicador da concentração de metais pesados existente no solo, que pode ser absorvida pelas plantas. A concentração efectiva destes metais é, normalmente, maior do que a obtida por este método.

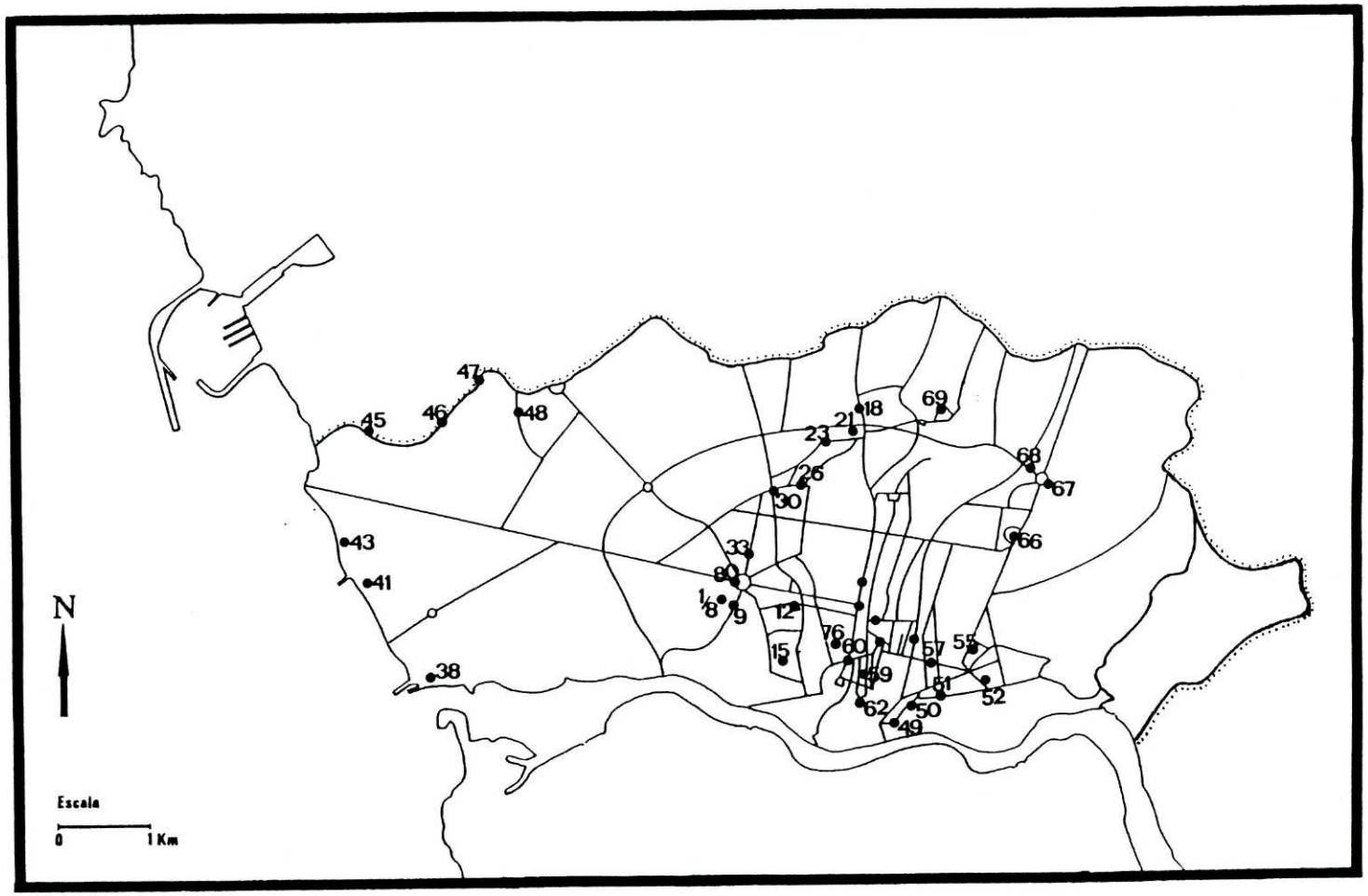


Fig. 99 - Localização dos pontos de recolha das amostras de solo urbano portuense não pavimentado

Todas as análises químicas foram efectuadas pelos Serviços Técnicos do Departamento de Geografia da Universidade de Manchester, Reino Unido, sob solicitação, orientação e supervisão do Professor IAN DOUGLAS.

Para cada uma das amostras foram avaliados, além do teor de chumbo, grandemente relacionado com o fluxo de tráfego, os teores de cobre e zinco, cujas origens nada têm a ver com as emissões libertadas pelos veículos. Pretendeu-se, com este procedimento, diagnosticar o efectivo estado de contaminação dos solos portuenses por mais do que um poluente sem, no entanto, deixar de prestar especial atenção àquele cujas concentrações são facilmente relacionáveis com a intensificação do fenómeno de urbanização.

4.4.2. - Metais pesados no solo urbano portuense

O teor médio de metais pesados presente nos solos portuenses próximos das ruas é comparável aos níveis encontrados por AL-ALI (1990) para os solos próximos das bermas na cidade de Manchester.

A concentração média de chumbo para a totalidade dos pontos de amostragem oscilou entre 110.9 μg/g em 1990 e os 132 μg/g em 1991(Quadro LXXVI b).

A concentração média de cobre oscilou entre 32.1 μg/g em 1991 e 45.9 μg/g em 1992 (Quadro LXXVI b).

A concentração média de zinco variou entre 63.5 μg/g em 1991 e 103.5 μg/g em 1990 (Quadro LXXVI b).

Se, no entanto, seleccionarmos, apenas, as concentrações médias de chumbo encontradas nos solos da "Baixa" e do "Núcleo Central" verifica-se que o limite de 150 μg/g, definido pela U.K.Royal Comission on Pollution, como indicador de contaminação de origem antrópica, foi ultrapassado em dois dos 3 anos analisados (Quadro LXXVI). Nomeadamente, em 1990 e em 1991 com valores médios de chumbo detectados nos solos da "Baixa" de 158.5 μg/ e 178.7 μg/g, respectivamente.

Apesar de termos procurado retirar as amostras de solo, dos locais que nos pareceram não terem sido alvo de renovação de terra há pelo menos um mês, não nos foi possível ter qualquer garantia de identidade de condições entre as amostras retiradas no mesmo local, mas em momentos diferentes.

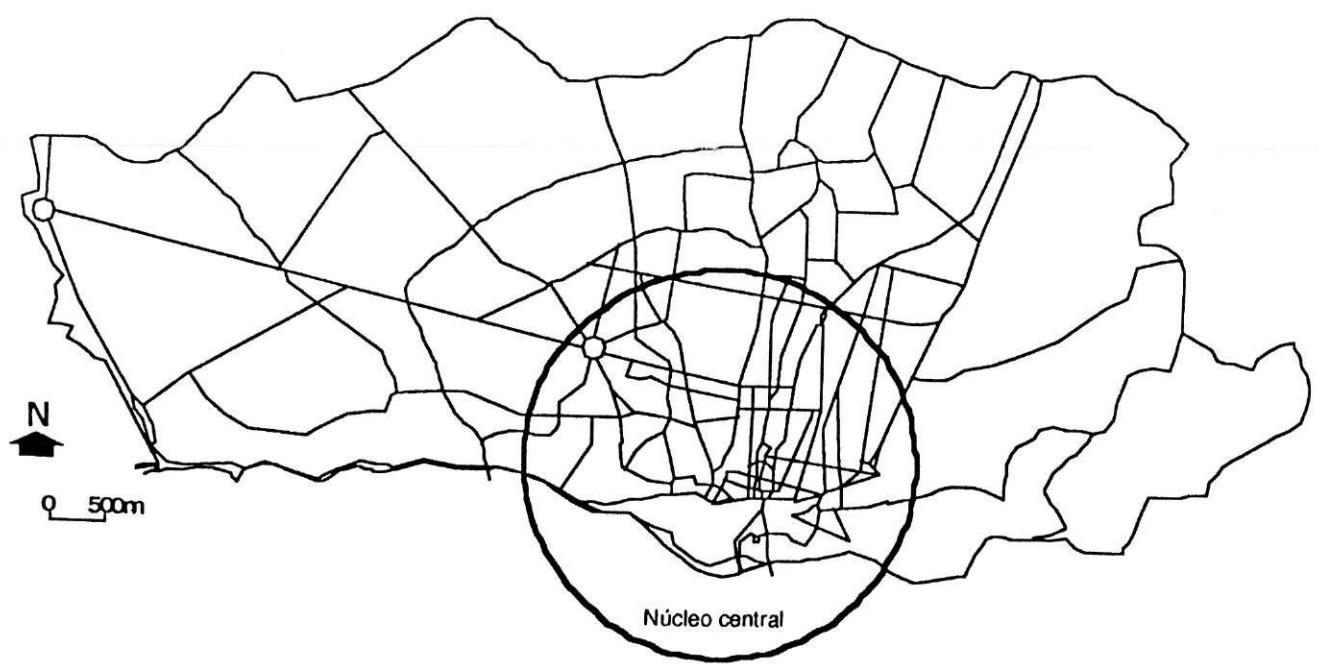
a) Resultados obtidos nas análises químicas das amostras de solo recolhidas na cidade do Porto.

		Jul-90 COBRE (µg/g)	Jul-91 COBRE (µg/g)	Jul-92 COBRE (µg/g)	Jul-90 CHUMBO (µg/g)	Jul-91 CHUMBO (µg/g)	Jul-92 CHUMBO (µg/g)	Jul-90 ZINCO (µg/g)	Jul-91 ZINCO (µg/g)	Jul-92 ZINCO (µg/g)
	1 R. Gonçalo Sampaio	25			106,6			60		
	2 R. Gonçalo Sampaio	21,5		22	88,3		84	40		50
	3 R. Gonçalo Sampaio			24			60	24		45
	4 R. Gonçalo Sampaio	3			15			18		
	5 R. Gonçalo Sampaio	75		28	26,6		92	30		40
	6 R. Gonçalo Sampaio	70		16	28,3		24	25,2		41
	7 R. Gonçalo Sampaio	90			33,3			70		
	8 R. Gonçalo Sampaio	10			33,3			34		
	9 R Bom Sucesso	15			54,2			32		
	10 R Bom Sucesso	11			42,5			146		
	11 R. Bom Sucesso	11,5			44			66		
	12 Lg Pnorado	59		38	12,8		132	87,5		63
	13 Lg Pnorado	15,5		30	104		96	60		70
	14 Lg Pnorado	33,5		66	188		268	166		94
	15 Lg. Maternidade	23,5	12	24	72	64	56	50	39	35
	16 Lg. Maternidade	16,5	15	26	68	58	68	116	18	67
	17 Lg. Maternidade	23	29	27	164	88	96	156	46	49
	18 R. Dr. Antonio B. Almeida	25			116			72		
	19 R. Dr. António B. Almeida	17,5			72			44		
	20 R. Dr. António B. Almeida	11,5		31	36		96	15		61
	21 R. Conde Avranches	15,5		31	172		168	116		108
	22 R. Conde Avranches	26		41	108		192	60		138
	23 R. de Monsanto	10	10	59	46	60	92	37	22	180
	24 R. de Monsanto	24		18	12		60	41		39
	25 R. de Monsanto	23,5			108			93		
	26 Tr. Bica Velha	32	4,5		148	16		650	13,5	
	27 Tr. Bica Velha	78	3	8	104	14	52	34	16,5	42
	28 R. S. Dinis	22	9	180	72	48	160	63	30	396
	29 R. S. Dinis	27,5	8,5	13	150	46	56	44	36	49
	30 Pç. Exército Libertador	42,5	42,5	45	84	292	124	51,5	145	95
	31 Pç. Exército Libertador	26	38,5	80	112	182	116	53	70	68
	32 Pç. Exercito Libertador	45,5	25,5	18	136	126	200	156	46	100
	33 Av. França	150		308	108		76	112		143
	34 Av. França	10,5			50			33		
	35 Av. França	9			40			29		
	36 Av. França	47			124			86		
	37 Av. França	225	282,5		52	96		38	250	
	38 Av. D. Carlos I-Passeio Alegre	15			88			57,5		
	39 Av. D.Carlos I- Passeio Alegre	27			36			39,5		
	40 Av. D.Carlos I- Passeio Alegre	23,5			32			36		
	41 Av. Mon- Homem do Leme	110			36			132		
	42 Av. Mon- Homem do Leme	23			40			87		
	43 Esplanada Rio de Janeiro	140			72			75,5		
	44 Esplanada Rio de Janeiro	24			48			35		
	45 Estrada da Circunvalação	22,5			42,4			136		
	46 Estrada da Circunvalação	27			108			360		
	47 Estrada da Circunvalação	14,5			118			1320		
	48 R. Lidador	10,5			16			18		
	49 Lg 1º Dezembro	52	55	51	328	288	252	120	180	228
	50 R. Saraiva de Carvalho	6,5	15	54	144	208	168	108	79	102
	51 Av.Rodrigues de Freitas	59	37	49	360	292	232	148	145	102
	52 Lg Soares dos Reis	13	20	28	92	76	112	31	19	20
	53 Lg Soares dos Reis	18	82	35	60	156	88	77,5	130	37
	54 R Ferreira de Castro	21	24	74	200	244	160	136	125	414
	55 Campo 24 Agosto	28	15	56	108	68	160	62	41	276
	56 Campo 24 Agosto	39	33	46	132	204	104	160	49	53
	57 R Fernandes Tomás	14,5		30	34		144	14		102
	58 Pç. Trindade	21,5	11		144	72		51	48	
	59 Av. Aliados	31	43,5	28	212	380	104	112	195	100
	60 R. Ramalho Ortigão	37,5		28	266		260	420		108
	61 Pç. Liberdade	17	30	42	122	80	212	124	65	150
	62 Pç. Liberdade	22,5	23	31	44	82	56	62	43	102
	63 Lg. Padrão	21		29	280		352	48		75
	64 Lg. Moreira da Silva	24,5			302			380		
	65 Pç. Rainha D. Amélia	24			154			70		
	66 Pç. Dr. Sá Carneiro	29	5	26	300	46	244	87	14,5	76
	67 Pç D. Manuel I	17	4,5	11	54	32	24	40	130	18
	68 Av. D.João II	8	33		18	180		35	61	
	69 Lg Igreja de Paranhos	84	6,5	12	130	28	72	96	20	18
	70 Lapa	15			120			73		
	71 Pç. República	15,5			94			32		
	72 V. Gonçalo Cristovão	25	33,5		182	480		60	92	
	73 R. Sá da Bandeira	15	6		64	24		37,5	10	
	74 Pç.Gen. Humberto Delgado	31	17		164	152		144	73	
	75 Pç Filipa de Lencastre	9,5			280			75		
	76 Pç. St. Teresa	39	18		204	78		65	42	
	77 Pç. Parada Leitão	41	22,5	33	80	260	60	43	30	35
	78 Jardim do Carregal	58			140			120		
	79 R. Júlio Dinis	10			132			67		
	80 R.Ju-Rot. Boavista	94			236			83		
	81 R.N.Sª Fátima-Rot.	24			128			44		
	82 Rot. Boavista /J.Dinis	41			140			96		
	83 Rot. Boavista/Av.Boav	42,5			100			23		
	84 Rot. Boavista/N.Sª Fátima	30			92			48		
	80a J.Dinis/Rot. Boavista EXT.		55,5	40		182	164		86	64
	80b J.Dinis/Rot. Boavista MEIO		24,5	52		92	100		19	39
	80c J.Dinis/Rot. Boavista MEIO		27,5	30		98	64		11	30
	80d J.Dinis/Rot. Boavista CENTRO									
	81a NSªFátima/Rot. Boavista EXT.		40	65		148	188		35	83
	81b NSªFátima/Rot. Boavista MEIO		33	53		60	76		20	76
	81c NSªFátima/Rot. Boavista CENTRO		35	21		92	56		25	39
	83a Av.França/Rot. Boavista EXT.		57	68		120	152		84	72
	83b Av.França/Rot. Boavista MEIO		43,5	86		136	120		49	62
	83c Av.França/Rot. Boavista CENTRO		20	36		96	92		14	61

Amostras de solo recolhidas no "Núcleo Central" da cidade

b) Média e desvio padrão dos valores de cobre, chumbo e zinco contidos nas amostras de solo recolhidas na cidade do Porto.

	Jul-90 COBRE (µg/g)	Jul-91 COBRE (µg/g)	Jul-92 COBRE (µg/g)	Jul-90 CHUMBO (µg/g)	Jul-91 CHUMBO (µg/g)	Jul-92 CHUMBO (µg/g)	Jul-90 ZINCO (µg/g)	Jul-91 ZINCO (µg/g)	Jul-92 ZINCO (µg/g)
MÉDIA									
TOTAL	34,8	32,1	45,9	110,9	132	126,2	103,5	63,5	92,1
"Baixa"	28,8	22,7	32,4	158,5	178,7	138,4	109,5	66,4	99
"Núcleo Central"	35,8	38,7	47,8	47,9	123,8	149,1	129,4	68,7	89,3
Periferia	33,1	15,9	40,9	89,3	89,2	118,3	134	50,4	99,1
Desvio Padrão									
TOTAL	34,8	43,1	47	78,4	103,2	71,6	164,1	56,1	82,6
"Baixa"	13	11,6	5,8	75	159,4	92,6	103,9	53,9	41,2
"Núcleo Central"	37,7	48,9	48,8	48,3	85,6	105,4	74,5	59,9	77,6
Periferia	29,9	14,7	44,9	60,1	87,2	65,7	251,2	44,7	96,8



Quadro LXXVI - Teor de chumbo, cobre e zinco nas amostras de solo urbano portuense não pavimentado.

Ainda assim, é notória, em qualquer dos anos, a diferença entre o grau de contaminação pelo chumbo dos solos do centro e da periferia da cidade (Fig. 100).

As amostras de solo retiradas nos locais do centro da cidade possuem, na maioria dos casos, concentrações de chumbo muito mais elevadas do que as recolhidas próximo de ruas da periferia, com menos trânsito (Fig.100).

As amostras 21, 30 e 66, localizadas fora do "Núcleo Central", mas em vias de grande acessibilidade ao centro, constituem a excepção que vem, mais uma vez, evidenciar a estreita relação entre o caudal de tráfego e os teores de chumbo no solo (Fig.100).

Embora a contaminação dos solos não tenha, em caso algum, atingido as 500 μg/g de chumbo detectadas por AL-ALI (1990) nas ruas mais movimentadas do centro da cidade de Manchester, encontramos frequentemente, no Porto, teores acima de 150 μg/g, o limite de risco para as plantas (Fig. 100 e Quadro LXXVII).

AMOSTRA Nº	LOCALIZAÇÃO	ANO	CHUMBO (μg/g)
30	Pç. Exército.Libertador	1991	292
30	Pç. Exército.Libertador	1992	200
49	Lg. 1º Dezembro	1990	328
49	Lg. 1º Dezembro	1991	288
49	Lg. 1º Dezembro	1992	252
50	R.Saraiva de Carvalho	1991	208
51	Av.Rodrigues de Freitas	1990	360
51	Av.Rodrigues de Freitas	1991	292
51	Av.Rodrigues de Freitas	1992	232
54	R. Ferreira de Castro	1990	200
54	R. Ferreira de Castro	1991	244
56	Campo 24 de Agosto	1991	204
59	Av. Aliados	1990	212
59	Av. Aliados	1991	380
60	R.Ramalho Ortigão	1990	266
60	R.Ramalho Ortigão	1992	260
61	Pç. da Liberdade	1992	212
63	Lg. do Padrão	1990	280
63	Lg. do Padrão	1992	352
64	Lg. Moreira da Silva	1990	302
66	Pç. Sá Carneiro	1990	300
66	Pç. Sá Carneiro	1992	244
72	Gonçalo Cristovão	1991	480
75	Pç.Filipa de Lencastre	1990	280
76	Pç. Stª Teresa	1990	204
77	Pç. Parada Leitão	1991	260
80	Rotunda da Boavista	1990	236

Fonte: Quadro LXXVI a)

Quadro LXXVII - Concentrações de chumbo superiores a 200 μg/g.

Esta relação, bem evidente, entre a contaminação dos solos pelo chumbo e o número de veículos em circulação, não existe para os outros metais.

O cobre e o zinco não apresentam qualquer variação sistemática, minimamente relacionável com os caudais de tráfego habituais nos locais de amostragem (Quadro LXXVI a, b e Fig. 100).

Reflectindo, provavelmente, a presença próxima de lixeiras a céu aberto e de alguns armazéns de sucata, detectámos, esporadicamente, concentrações elevadas de cobre e zinco[257]

4.4.3. - A contaminação dos solos na Rotunda da Boavista - um exemplo da importância do número de veículos em circulação extrapolável para a cidade?

À semelhança dos resultados obtidos para Manchester e para outras cidades da Europa Ocidental, também no Porto é possível testemunhar o decisivo contributo das emissões dos veículos para a grave contaminação dos solos urbanos.

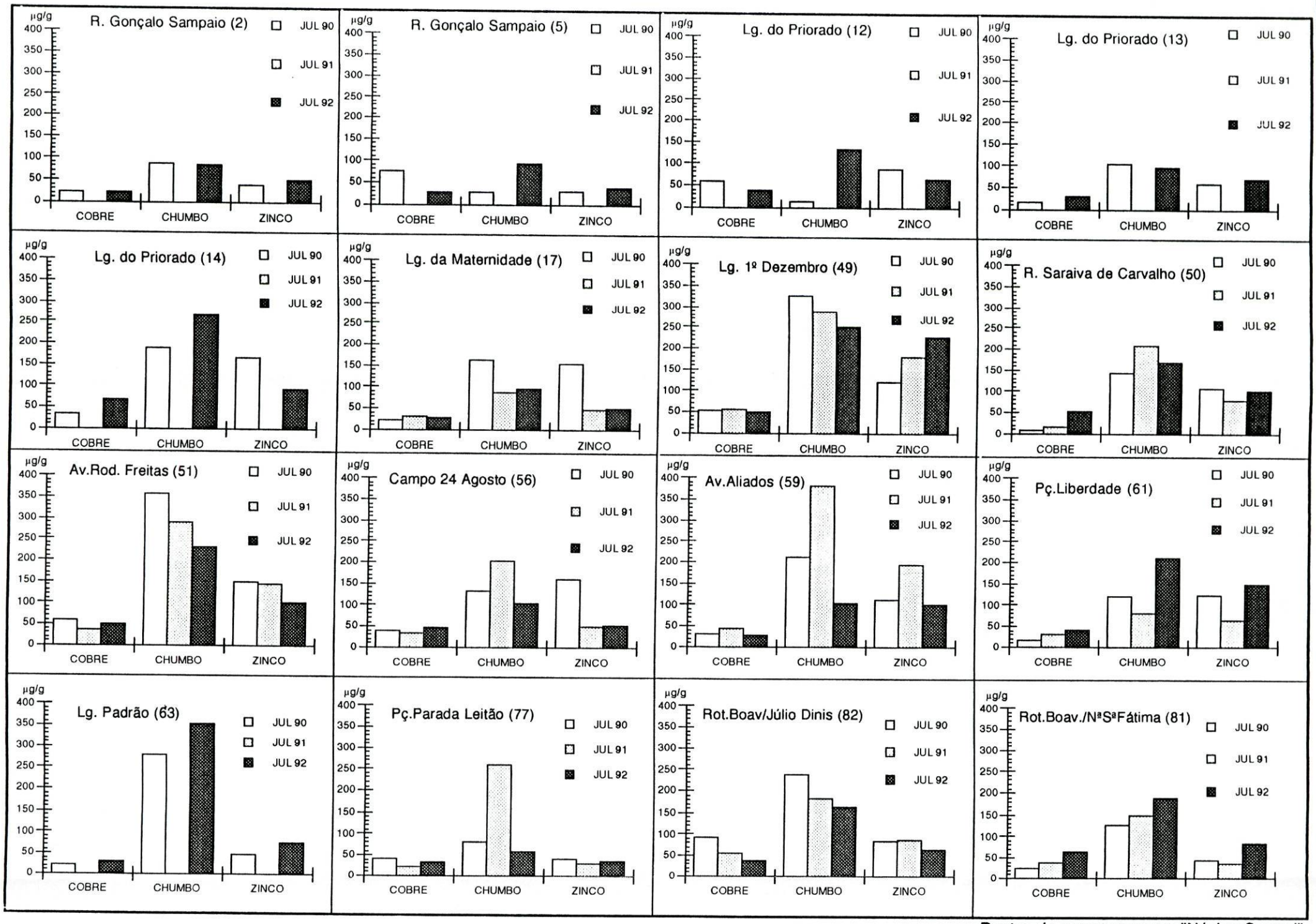
Baseando-nos num procedimento metodológico idêntico ao experimentado por AL-ALI (1990), recolhemos, no jardim da Rotunda da Boavista, amostras de solo a 1m, a 10 m e a 20 m de distância da rua (Fig. 101).

Os resultados obtidos na experiência que efectuámos neste jardim demonstraram, inequivocamente, uma relação **inversamente proporcional entre a distância à rua e a concentração de chumbo**, em tudo idêntica à obtida por AL-ALI (1990) para algumas ruas de Manchester (Quadro LXXVIII e Fig. 101).

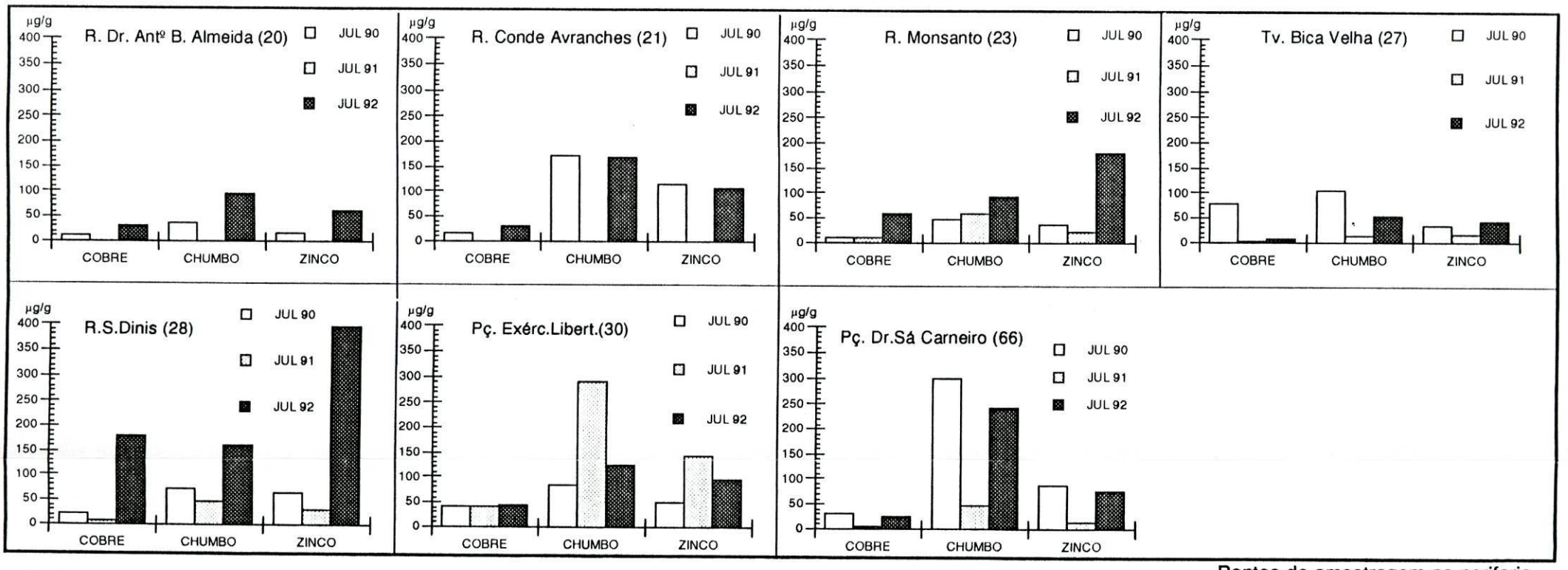
---

[257]O valor de cobre mais elevado (308 μg/g) foi encontrado num terreno expectante da Av. da França, próximo da linha de caminho de ferro da CP (amostra 33).

O valor mais elevado de zinco (1320 μg/g) foi encontrado na berma da estrada da Circunvalação, junto a uma construção clandestina, póximo do Hospital Magalhães Lemos (amostra 47).



Pontos de amostragem no "Núcleo Central"



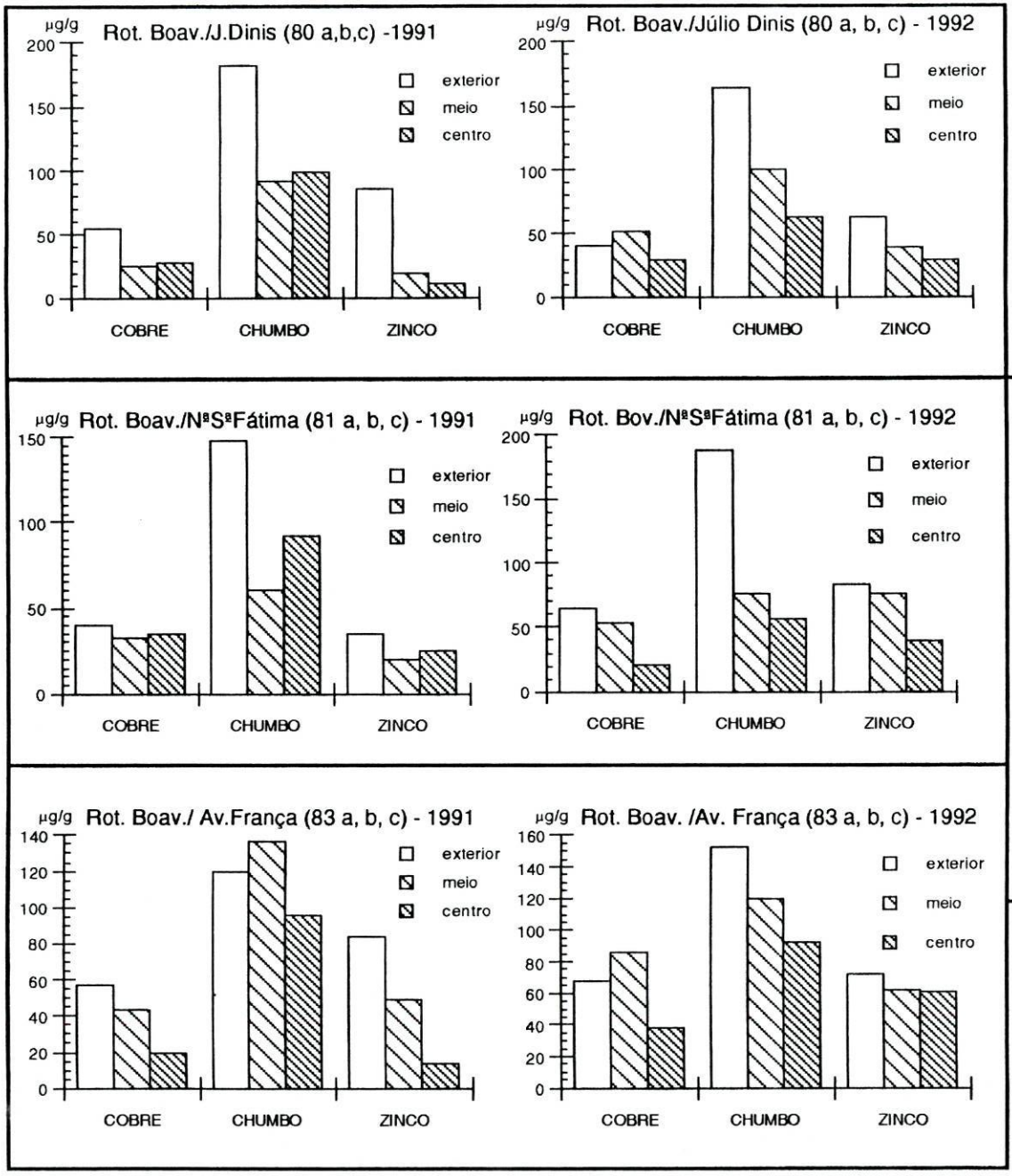
Pontos de amostragem na periferia

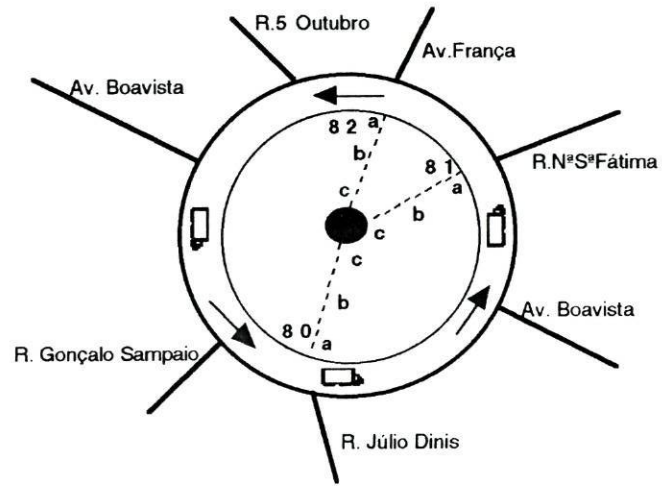
FONTE: Amostras de solo recolhidas por nós especificamente para este trabalho.
A análise química das amostras foi efectuada pelos técnicos do Departamento de Geografia da Universidade de Manchester, Reino Unido.

	LIMITE DE SEGURANÇA (µg/g)	LIMITE DE RISCO PARA AS PLANTAS (µg/g)	LIMITE DE RISCO PARA LAZER E RECREIO (µg/g)
COBRE	50	100	500
CHUMBO	50	150	600
ZINCO	200	500	3000

FONTE: Valores guia do governo holandês citados por AL ALI, JASEN, 1990.

Fig. 100 - Teor de cobre, chumbo e zinco de algumas amostras de solo urbano portuense não pavimentado.





Localização das amostras de solo do jardim da Rotunda da Boavista

Fig. 101 - Teor de cobre, chumbo e zinco nas amostras de solo recolhidas em vários pontos do jardim da Rotunda da Boavista

DISTÂNCIA À BERMA (m)	PRINCESS ROAD ($\mu g/m^3$)	A6 -SALFORD ($\mu g/m^3$)	RD A62-OLDHAM ($\mu g/m^3$)	ASHTON NEW ROAD ($\mu g/m^3$)
2	410.4	328.4		
4	244.8	196.5	286.2	332.5
6	183.6	180.8	204.6	176.7
8	144.5	141.0	145.8	140.3
10	109.6	126.1	125.5	119.7
15	98.2	108.8	123.6	114.1
20	79.3	97.6	136.4	92.8
25	66.0	104.3	126.5	76.6
30	58.5	101.0	126.0	74.2
35	52.8	112.0	109.8	82.2
40	51.8	118.2	113.2	89.3

Fonte : JASEN, AL-ALI, 1990

Quadro LXXVIII - Teor médio de chumbo em amostras de solo urbano de Manchester, retiradas a diversas distâncias da berma

Convém lembrar que o jardim da Rotunda da Boavista é constituído por um conjunto denso de árvores muito antigas, de grande porte, distribuídas uniformemente por todo o anel periférico do jardim. Esta disposição, reforça, substancialmente, o habitual efeito de barreira, exercido pela vegetação, à livre circulação do ar. Assim, a penetração do ar para o interior do jardim e, consequentemente, a sucessiva deposição das partículas que transporta, não depende, unicamente, do seu peso (Fig. 101).

Todavia, a maioria das amostras, retiradas em dois momentos diferentes, evidenciam uma forte relação entre a distância à rua e o teor de chumbo detectado (Fig. 101).

O único exemplo em que na periferia do jardim o teor de chumbo é ligeiramente inferior ao de um ponto mais distante da rua, é a amostra que retirámos em frente à Avenida da França, (83), no ano de 1991. Excepção irrelevante, na medida em que, no mesmo ponto, no ano seguinte, o teor de chumbo, tal como nos outros exemplos, diminui da periferia para o centro.

A deterioração da qualidade do ar e dos solos em função da magnitude e da proximidade da fonte emissora, bem evidentes neste exemplo do jardim da rotunda da Boavista, paralelamente ao facto de termos encontrado uma diminuição na contaminação dos solos, do interior para a periferia da cidade, permite-nos extrapolar as evidências detectadas na rotunda da Boavista para o resto da área urbana.

Assim sendo, e entendendo as emissões de chumbo como um bom indicador da vitalidade a que se processa o metabolismo urbano portuense[258], a

---

[258]O número de veículos em circulação depende ,directamente, do grau de crescimento económico da região.

verificação, a esta escala de análise, da relação causa-efeito entre **a magnitude** e a **intensidade das emissões** deste poluente e a alteração da **composição química da atmosfera** e posterior contaminação dos solos, conduz-nos, mais uma vez, a associar, inequivocamente, o modo como se tem vindo a processar e a intensificar o fenómeno urbano portuense e a **degradação da qualidade do ar**.

5. Síntese

Apesar das boas condições de dispersão e *limpeza da atmosfera,* típicas na região do Porto, observamos, ao longo deste capítulo, inúmeras evidências de deterioração da composição química da baixa atmosfera.

Impossibilitados de recorrer, para este diagnóstico, à avaliação dos poluentes que melhor traduzem, no nosso caso, os impactes gerados pelo fenómeno urbano, como os monóxidos de carbono, os dióxidos de azoto, etc., verificámos que, mesmo subavaliando a gravidade do estado de degradação da qualidade do ar, ao utilizarmos apenas os registos de dióxido de enxofre ou dois curtos e pontuais registos de chumbo na atmosfera, ou ainda, indirectamente, através do teor de chumbo e outros metais pesados no solo, as evidências de importantes impactes na composição química da atmosfera são inúmeras.

Ao longo do período estudado (de 1/4/87 a 31/3/91), as concentrações médias diárias de SO_2 ultrapassaram, por diversas vezes, o limite máximo admissível de 150 $\mu g/m^3$, em qualquer um dos postos da rede de medição da qualidade do ar da DGQA-Porto.

O número de dias em que as 150 $\mu g/m^3$ de SO_2 foram ultrapassadas, na atmosfera portuense, tem vindo a aumentar, a um ritmo acelerado, de ano para ano. Para além de terem aumentado, na sua totalidade, os dias com estas concentrações elevadas, elas generalizaram-se a um maior número de postos e passaram a ocorrer, indiferenciadamente, em todos os meses do ano.

Detectámos diversas *sequências potencialmente perigosas*[259], mesmo para curtos períodos de exposição, em Junho, Agosto, Setembro e Outubro de

---

[259]Mais de 3 dias seguidos com SO_2 acima dos 200 $\mu g/m^3$.

1988 e em Julho de 1989. Em alguns destes exemplos, os elevados teores de SO_2 perpetuaram-se por cerca de 8 dias[260].

A selecção dos dias com maiores concentrações de SO_2 fez emergir dois grupos de postos diversos, quanto à época do ano em que ocorreram, preferencialmente, os dias mais poluídos. Os postos no exterior da cidade registaram, frequentemente, as maiores concentrações entre Junho e Outubro. Os postos no interior da cidade atingiram, ou ultrapassaram, o limite máximo admissível com maior frequência no período de Dezembro a Março (Quadro LXXIX).

Esta *complementariedade,* na época do ano, em que ocorreram as maiores concentrações de SO_2 em duas áreas geograficamente tão próximas só se compreende se admitirmos, simultaneamente, diversidade nos tipos de fontes e nas condições de dispersão da atmosfera à escala local (Quadro LXXIX)

Sem ter a veleidade de pretender demonstrar, cabalmente, as relações de causalidade implicadas na manutenção de elevadas concentrações de SO_2 numa e noutra área, pareceu-nos que o conjunto de factos e/ou coincidências que fomos coligindo na nossa tentativa de compreensão dos mecanismos envolvidos neste fenómeno podem ajudar a clarificá-lo.

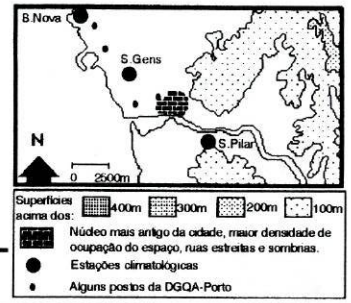
Primeiro, através da análise comparativa dos registos diários de alguns elementos climatológicos nos dias com maiores concentrações de SO_2, em cada um dos postos, definimos o que designamos por *perfil climatológico* dos dias mais poluídos.

Incluem-se neste *perfil climatológico* os dias com temperatura moderada, sem precipitação, com insolação relativa acima dos 50%, radiação solar elevada, nebulosidade média abaixo de 5/10, vento fraco e do quadrante predominante de ESE, para os postos no centro da cidade, e de ESE ou NNW para os postos no exterior da cidade (Quadro LXXIX).

Depois, demonstrámos estatisticamente que, enquanto nos postos da periferia da cidade, os dias mais poluídos ocorreram, preferencialmente, na presença do Anticiclone Atlântico Subtropical, nos postos localizados no interior da cidade, embora tenham predominado sob a acção de situações anticiclónicas, não surgiram em presença de nenhum subtipo em particular (Quadro LXXIX).

---

[260]Foi o que aconteceu entre 19 e 27 de Junho de 1988 e entre 8 e 14 de Julho de 1989.



	TIPO DE FONTE		ACIDEZ FORTE ELEVADA										CHUMBO
Área	INDUSTRIAL	TRÁFEGO	Nº MÁX.DIAS (1/4/87 a 31/3/91)	PERÍODO CRÍTICO	SIT.SINÓPTICA À SUPERFÍCIE	RUMO S.PILAR (dias + poluídos)	RUMO S.PILAR (1970-1989)	RUMO B.NOVA (1970-1989)	RUMO S.GENS (1970-1989)	VEL. VENTO (dias + poluídos)	NEBULOS. (dias + poluídos)	PRECIPIT. (dias + poluídos)	
Exterior da cidade (litoral NW)	. grandes emissões . poucas unidades . concentradas ex: refinaria (exemplo da estratégia económica seguida na década de 50)	. grandes fluxos . poucas vias de circulação (resultante da consolidação, nos anos 50, de grandes vias de acessibilidade N-S no exterior da cidade)	>150 µg/m3 98 dias >200 µg/m3 30 dias	Junho a Outubro	Anticiclone Atlântico Subtropical	ESE NNW	Jun. e Jul- W Ago. - NW Set. - W Out. - E	Jun., Jul . e Ago. - NW Set. - S Out. - E	Jun., Jul., Ago. e Set. - NW Out. - NE,SE	fraca (< 15Km/h)	fraca (<5/10)	inexistente	
Interior da cidade	. pequenas emissões . inúmeras unidades . dispersas (resultante do padrão de localização industrial de finais do séc.XIX, em volta do núcleo urbano medieval, perpetuado e reforçado até aos anos 60-70 pela criação de transporte colectivo por carro eléctrico com tarifas de baixo custo)	. grandes fluxos . grande número de pequenas vias de circulação (resultante do preenchimento, por edifícios, de todos os espaços vazios durante as décadas de 60-70 e dos investimentos , depois dos anos 80, num enorme conjunto de infra-estruturas de transportes de articulação interna E-W e N-S)	>150 µg/m3 87 dias >200 µg/m3 21 dias	Dezembro a Março	Ant. Atlân. Subt., Ant. Atlân. Misto, Ant. Ibero-Med.	ESE	Dez., Jan., Fev. e Mar. - E	Dez., Jan., Fev. e Mar. - E	Dez., Jan. e Fev.- SE Mar. - N, NW	fraca (< 15Km/h)	fraca (<5/10)	inexistente	teores elevados no "Núcleo central" (fortemente relacionado com a quantidade de veículos em circulação; 27 amostras recolhidas no centro da cidade continham mais de 200µg/g de chumbo)

Quadro LXXIX - Síntese dos potenciais factores explicativos da degradação da qualidade do ar detectada na região do Porto.

Testemunhámos também, nos exemplos possíveis, a relação existente entre os elevados teores de SO_2 na atmosfera e a ocorrência de inversões térmicas baixas na área do Porto.

Seguidamente, recordámos o que havíamos observado no capítulo V, ponto 2.2.6., quanto à diferenciação climática regional, particularmente no respeitante aos quadrantes predominantes do vento em algumas das estações climatológicas disponíveis (Quadro LXXIX).

Depois, verificámos que o tipo de fontes potencialmente fornecedoras de SO_2, no exterior e no interior da cidade são muito diversas, quer quanto às quantidades emitidas, quer quanto à sua distribuição no espaço (Quadro LXXIX).

Da conjugação deste conjunto de factos é possível, ainda que controverso, sugerir algumas hipóteses explicativas para a diversidade de causas que condicionam a acumulação de SO_2 nos postos localizados no interior e no exterior da cidade do Porto.

Assim, parece-nos que a predominância das maiores concentrações de SO_2 durante o período de Junho a Outubro, nos postos exteriores à cidade, pode justificar-se pela presença frequente, nesta época do ano, do Anticiclone Atlântico Subtropical ao qual está, normalmente, associada uma inversão térmica baixa. As excelentes condições de estabilidade atmosférica, reforçadas pela inversão, contribuem decisivamente para dificultar a dispersão do SO_2 libertado nesta área, principalmente pela Refinaria da Petrogal. Apesar dos rumos predominantes nesta área serem de NW, a fraca velocidade do vento não permite que os poluentes libertados, nesta área, se afastem das fontes emissoras. Daí, talvez, o não afectarem a cidade do Porto, pelo menos a sua metade sul[261], que lhes ficaria no percurso (Quadro LXXIX).

No Inverno, embora o contributo da principal fonte emissora, em princípio, não seja diferente, o facto da circulação do ar se fazer, em toda esta área, do quadrante de E, ajuda-nos a comprender, parcialmente, a menor ocorrência de elevadas concentrações de SO_2 (Quadro LXXIX). Os efluentes libertados tenderão a ser conduzidos para W da linha de costa, mantendo-se ou precipitando-se no oceano.

---

[261] Onde se localizam os postos da rede de medição da DGQA-Porto.

Na cidade, o número e o tipo de fontes emissoras de SO_2 é muito diverso. Embora emitam, individualmente, quantidades muito menores de SO_2, as potenciais fontes de SO_2 na área urbana, devido à sua grande dispersão, particularmente na metade oriental da cidade, dificultam, substancialmente, a detecção das relações de causa-efeito que procuramos. Tanto mais que a esta grande disseminação das fontes, em termos espaciais, associam-se as condicionantes impostas pela diferenciação topográfica e pela grande e complexa multiplicidade de microclimas gerados no interior da cidade.

A importância de factores de índole local está, aliás, bem patente na grande variabilidade de situações sinópticas presentes nos dias com elevadas concentrações de SO_2 nos postos do centro da cidade (Quadro LXXIX).

Todavia, o facto de constatarmos que o quadrante predominante do vento, em qualquer das estações climatológicas, no período de Dezembro a Março, é de E, exclui a hipótese do SO_2 acumulado sobre a atmosfera portuense ser proveniente do pólo industrial a NW da cidade e leva-nos a deduzir que as elevadas concentrações de SO_2 registadas, nesta época do ano, no interior da cidade, têm origem dentro da própria cidade.

Os ventos provenientes do quadrante de E podem acumular grandes quantidades de poluentes, uma vez que atravessam toda a área oriental da cidade, onde se localiza o maior número de indústrias, potencialmente poluentes. Isto, associado à subsidência mecânica provocada pelo facto de passarem da área mais alta da cidade para superfícies menos elevadas, pode justificar algumas das elevadas concentrações de SO_2 registadas nos postos do centro da cidade.

No Verão, os ventos predominantes dos quadrantes W e NW podem funcionar como eficazes agentes de *limpeza da atmosfera* portuense, ao transportarem para fora dos limites da cidade o SO_2 nela emitido. As superfícies mais elevadas, na metade oriental da cidade, passam agora a contribuir para promover a ascensão mecânica do ar proveniente de W e a sua eventual dispersão.

Sabendo, no entanto, que nos meios urbanos, e em particular no portuense, pela grande compacidade do espaço construído, é muito difícil existirem, em qualquer época do ano, boas condições de ventilação do ar e espessas camadas de mistura, essenciais para uma eficaz *limpeza da*

atmosfera[262], não se compreenderia o porquê da predominância dos episódios de maior poluição numa determinada época do ano.

Acontece, porém, que é, precisamente, entre Dezembro e Março, que surgem com maior frequência sobre a nossa área, inversões térmicas baixas promotoras de uma diminuição acrescida da espessura da camada de mistura.

Poder-se-á, então, pensar que na cidade os picos de poluição, para além de traduzirem a poluição gerada na própria cidade, só se evidenciam quando, aos factores climáticos de índole local, se vêm acumular outras condicionantes ligadas à estrutura vertical da atmosfera, nomeadamente a presença de inversões térmicas baixas.

Para além da concentração de SO_2, que como dissemos não é um poluente tipicamente urbano, procurámos outros testemunhos, associados a outro tipo de fontes, mais facilmente relacionáveis com os efluentes gerados pelas inúmeras actividades funcionais urbanas, e igualmente demonstrativos do grau de degradação da qualidade do ar na região do Porto, como é o caso do chumbo.

A forte dependência, que verificámos, entre os teores de chumbo detectados na atmosfera e nos solos portuenses e o número de veículos em circulação, foi um dos exemplos que veio reforçar, qualitativa e quantitativamente, o peso e a importância determinante da intensificação do fenómeno de urbanização para o estado actual de degradação da qualidade do ar nesta região (Quadro LXXIX)[263].

Tanto à escala da cidade, como no exemplo do jardim da rotunda da Boavista, emergiu o contributo directo que as emissões libertadas pelos cerca de 306000 veículos que diariamente circulam dentro da cidade, têm para a deterioração da qualidade do ar e para a contaminação dos solos.

---

[262]"...A concentração atmosférica de um determinado poluente está directamente relacionada com a magnitude e intensidade da emissão e com a distância a que vai ser transportado, e inversamente relacionado com a velocidade do vento e a espessura da camada de mistura...", OKE, 1990, p.330.

[263]Uma vez que o solo funciona como um precioso *arquivo* de uma multiplicidade de acções do passado, não nos é possível comprovar quantitativamente a relação de causalidade que parece existir entre os teores de chumbo e outros metais pesados no solo e o número de veículos em circulação nas proximidades.

IX - O BINÓMIO POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA - CLIMA : ESSENCIAL NA AVALIAÇÃO DOS IMPACTES AMBIENTAIS EM ESPAÇOS URBANIZADOS

1. Indispensável para a comprensão das manifestações de *mudança climática*

O nosso interesse pelo conhecimento do grau de degradação da qualidade do ar na região portuense foi exclusivamente estimulado pela necessidade de clarificar a escala espacial a que se têm vindo a processar as manifestações de mudança climática detectadas (Fig. 102).

A complexidade dos processos de resolução no interior do Sistema Climático e a enorme variabilidade intrínseca, ao nível das respostas, que o caracteriza, impede que se evidenciem, com clareza, as causas que geram os efeitos diagnosticados.

Todavia, os resultados obtidos na análise do comportamento de alguns elementos climáticos, ao longo das duas últimas décadas, revelaram inúmeros exemplos, do que na altura designámos como *novos equilíbrios* do subsistema climático portuense.

Um destes exemplos foi a concentração dos valores mais elevados das temperaturas mínimas e máximas, de qualquer das seis estações climatológicas localizadas na região, no final da década de 80 (Fig. 102).

Os valores de temperatura registados, particularmente no final da década de 80, não são *extraordinários* apenas no conjunto dos últimos vinte anos. Incluem-se também, num grupo de fraca probabilidade de ocorrência, por excesso, no âmbito do Calendário de Probabilidades das temperaturas ocorridas, nesta região, desde o início do século (Fig. 102).

Outro importante exemplo foi a constatação do desaparecimento, do ponto de vista térmico, das estações de transição, acompanhado por um aumento da precipitação nos meses em que já ocorria com maior frequência e uma diminuição da precipitação na época menos pluviosa do ano (Fig. 102).

MANIFESTAÇÕES DE MUDANÇA CLIMÁTICA

PERÍODO 1970-1989

Temperatura

Os valores mais elevados da T°C min.ocorreram na década de 80 (1988 e 1989 incluem 45% dos valores mais elevados de todas as séries)

Os valores mais baixos da T°C min.ocorreram na década de 70 (90% dos valores mais baixos de todas as séries)

Os valores mais elevados da T°C max.ocorreram na década de 80 (85% dos valores mais elevados de todas as séries)

Precipitação

Maior irregularidade

a) aumento dos totais em Abril e Novembro

b) exemplo: entre Setembro de 1988 e Agosto de 1989 houve uma seca intensa (choveu apenas 50-60%) precedida de um Verão extraordinariamente pluvioso

AQUECIMENTO GLOBAL VERSUS AUMENTO DO EFEITO DE ESTUFA LOCAL

AS *NORMAIS* 1960-89 RELATIVAMENTE 1931-60

Temperatura mínima

Desaparecimento das estações intermédias (ex: subida de 0.8 °C em Fevereiro e de 0.6 °C em Outubro, acompanhada de diminuição em Março, Abril e Maio)

Precipitação

Aumentou nos meses em que já ocorria com maior frequência e diminui nas época menos pluviosa do ano

TEMPERATURA DA ÁGUA DO MAR

Ao largo da cidade do Porto - não há qualquer tendência

No porto de leixões - tendência positiva entre Novembro e Abril

Em 1988, 1989 e 1990 as temperaturas mínimas e máximas incluiram-se no grupo de **fraca probabilidade** por excesso no âmbito do Calendário de Probabilidades dos últimos 100 anos

"ILHA DE CALOR" nocturna (1°C a 6 C) sob diversos tipos de tempo

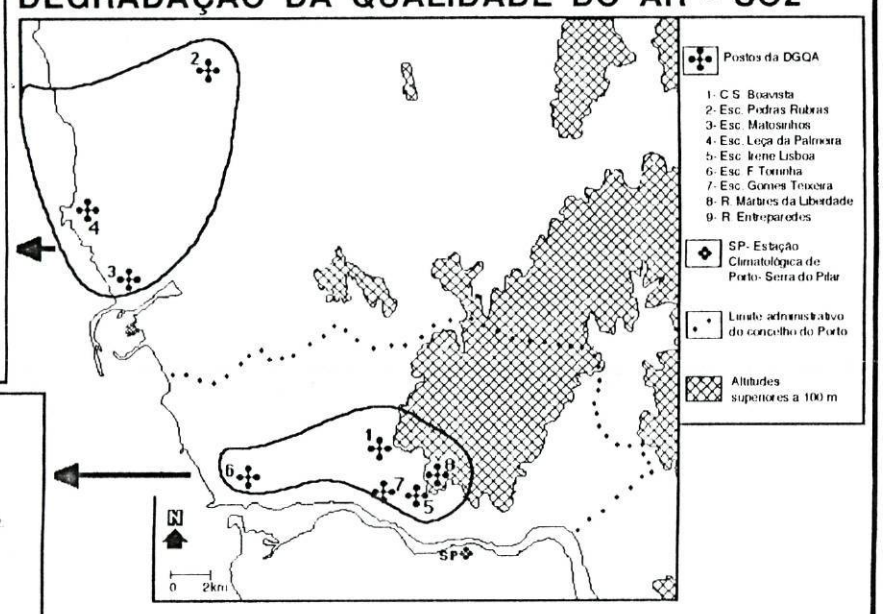
DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE DO AR - SO2

Media - 41 µg/m3 a 71 µg/m3
Mínimo - 0 µg/m3
Máximo - 314 µg/m3 a 402 µg/m3
Nº dias com SO2
- 100 µg/m3 55 a 268 dias
- 150 µg/m3 9 a 98 dias
- 200 µg/m3 3 a 30 dias
Época do ano c/ - conc. de SO2
Junho a Outubro
Nos dias mais poluídos:
Tipo de circulação em altitude
meridiana correntes ondulatórias e situações de bloqueio
Tipo de circulação à superfície
Anticiclone Atlântico Subtropical

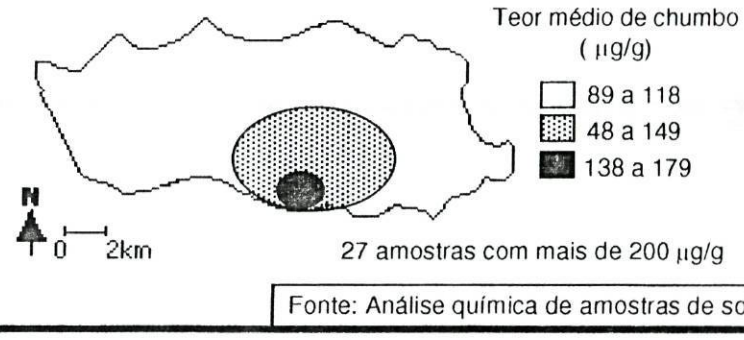
Perfil climatológico do dia mais poluído
- temperaturas moderadas
- sem precipitação
- insolação relativa acima de 50%, nebul fraca (< 5/10), radiação solar elevada (> 230 às 12-13h)
- velocidade do vento fraca (< 15 Km/h)
- rumos predominantes de ESE e NNW

Media - 47 µg/m3 a 71 µg/m3
Mínimo - 0 µg/m3
Máximo - 225 µg/m3 a 382 µg/m3
Nº dias com SO2
- 100µg/m3 - 53 a 281 dias
- 150 µg/m3 - 6 a 87 dias
- 200 µg/m3 - 2 a 21 dias
Época do ano c/ - concentraçoes de SO2
Dezembro a Março
Nos dias mais poluidos:
Tipo de circulação em altitude
meridiana - correntes ondulatórias
Tipo de circulação à superfície
Ant. Atlâ. Subtropical; Ant. Atlâ Misto; Ant. Ibero-Mediterrânico

Perfil climatológico dos dias mais poluído
- temperaturas moderadas
- sem precipitação
- insolação relativa acima de 50%, nebulosidade fraca (< 5/10), radiação solar elevada (> 230 às 12-13h)
- velocidade do vento fraca (< 15 Km/h)
- rumo predominante de ESE

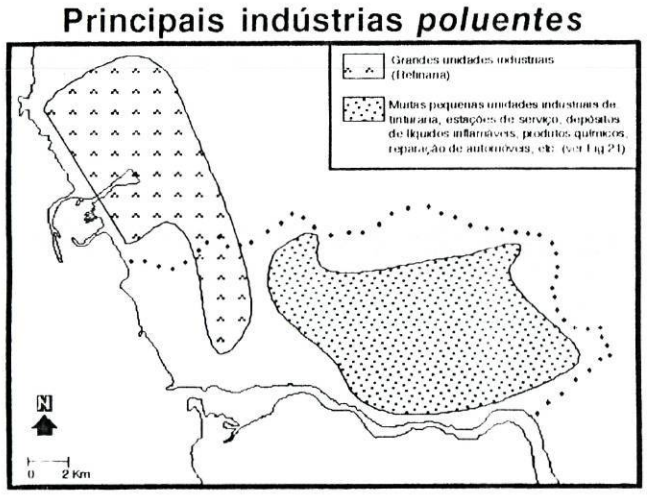


Contaminação dos solos



Fonte: Análise química de amostras de solo

Principais indústrias *poluentes*



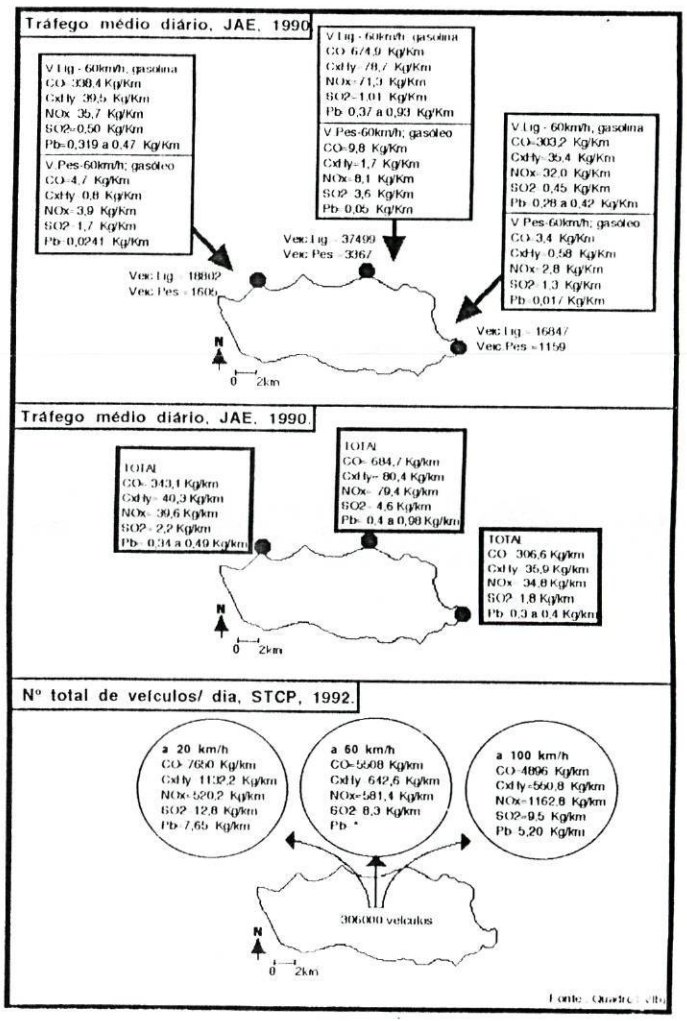


Fig. 102 - O estado de degradação da qualidade do ar na região do Porto - que contributo para as manifestações de mudança climática detectadas ?

Esta sequência de exemplos de mudança climática e, em especial, as *nuances* no padrão térmico regional, sugeriram-nos a hipótese de estarmos perante potenciais respostas *impulsivas* do subsistema climático, provocadas por interferências na capacidade de troca de energia e matéria essenciais para manter a vitalidade deste sistema aberto (Fig. 102).

A escala regional destes impactes começou a transparecer ao verificarmos que existia um comportamento térmico idêntico nas águas do mar mais próximas da costa. Contrariamente, noutro ponto do oceano Atlântico, mais afastado da costa, não se evidenciava qualquer tendência nos registos da temperatura da superfície das águas nos últimos anos (Fig. 102).

Colocámos, a partir de então, a hipótese das manifestações de mudança climática que testemunhámos, na região do Porto, reflectirem, sobretudo, os impactes provocados pelo aumento do efeito de estufa local e não serem, ainda, o resultado do *Aquecimento Global* já detectado noutras áreas da Zona Temperada.

De facto, os resultados obtidos na tentativa de definição da forma e da intensidade da "Ilha de Calor" vieram comprovar, definitivamente, a magnitude dos impactes no padrão térmico desta região provocados, exclusivamente, pelo tipo de utilização e pelo modo como tem vindo a ser gerido o espaço urbano portuense (Fig. 103 e 104).

Decorrente desta hipótese explicativa, havia que demonstrar que não sendo provável esperar que existam, numa região com o posicionamento geográfico do Porto, condições atmosféricas favoráveis à concentração de poluentes, os padrões de qualidade do ar revelaram-se suficientemente degradados para justificarem um aumento do efeito de estufa local (Fig. 102).

Foi exactamente o que verificámos quando inventariámos o estado de degradação da qualidade do ar (Fig. 102).

No decurso dessa abordagem, observámos que a partir de um escasso número de postos de medição de um poluente, que traduz incipientemente os impactes provocados pelo fenómeno urbano na composição química da atmosfera portuense, como é o SO_2, era claramente atribuível à estrutura artificial criada pelo Homem, que dá pelo nome de cidade, o enorme incremento no aumento da acidez forte detectado em vários postos da região (Fig. 102).

Anomalias térmicas médias

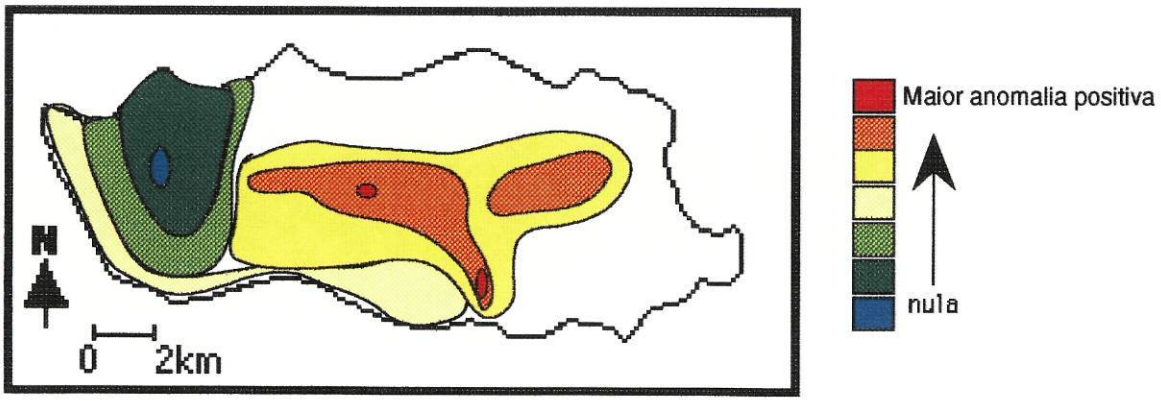


Fig. 103 - Anomalias térmicas médias na cidade do Porto
(extraída e ampliada da figura 79, p.266)

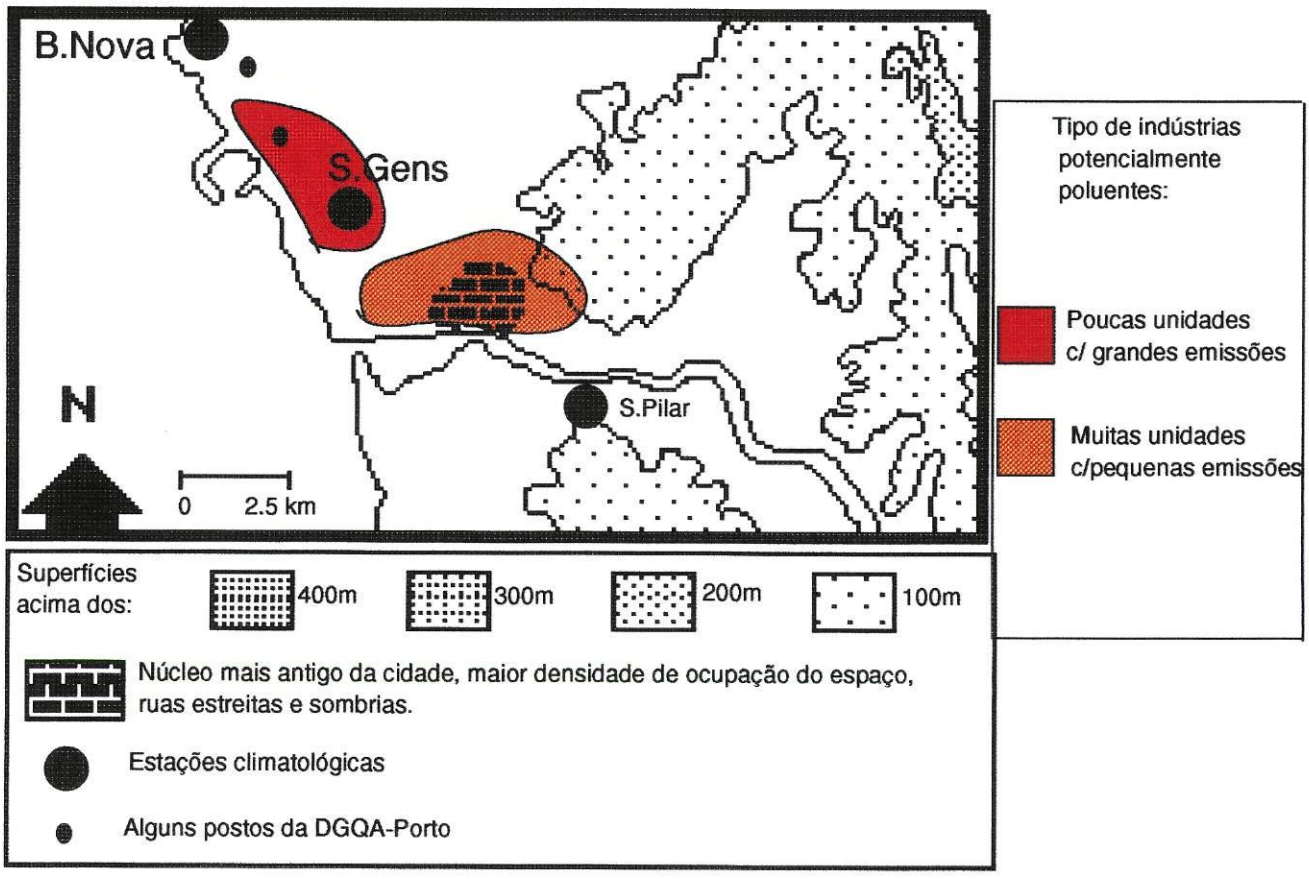


Fig. 104 - Características do espaço urbano portuense potencialmente condicionantes das trocas de energia e matéria no subsistema climático.

Notámos a *coincidência* entre a época em que os postos localizados dentro da cidade passaram a registar maior número de dias com teores de acidez forte elevados e a ocorrência das temperaturas mínimas mais elevadas.

O facto de termos constatado também, entre Dezembro e Março de 1989/90 e 1990/91, a existência, por diversas vezes, de anomalias térmicas positivas fortes na área central da cidade, fez-nos pensar na grande probabilidade dos dois fenómenos estarem mutuamente relacionados.

A modificação, na área urbana, do sistema de circulação dos ventos gerados pelas alterações introduzidas no padrão térmico, aspirando o ar ao nível do solo para o centro sobreaquecido e arrastando consigo todos os poluentes fornecidos pelo denso conjunto de fontes da periferia próxima, pode elucidar-nos sobre a magnitude da real degradação da qualidade do ar nas áreas centrais da cidade, onde não dispusémos de postos de medição.

As inversões térmicas criadas por um aquecimento devido à compressão mecânica do ar proveniente de E, que se desloca da área mais elevada da cidade para o núcleo central, a menor altitude, contribui também para impedir a dispersão dos poluentes. Sendo assim, é de supôr que existam, na área central da cidade, excelentes condições para aí se virem a acumular e se manterem, durante bastante tempo, concentrações elevadas de SO_2, de NOx, de CxHy ou de CO, emitidas em toda a área oriental.

Ao seleccionarmos outro indicador de qualidade do ar, facilmente relacionável com o fenómeno urbano, como é o caso do chumbo, verificámos que existem, também, indícios suficientes de que a composição química da atmosfera portuense está a ser alterada, fundamentalmente, por emissões excretadas pelo seu próprio *metabolismo* (Fig. 102).

Restringindo a nossa atenção a um único tipo de fonte, as emissões dos veículos, visualiza-se, inequivocamente, a magnitude das interferências que, quotidianamente, são exercidas na composição química da atmosfera portuense e que perduram disponíveis no *ecossistema urbano* por tempo indeterminado (Fig. 102).

Só os 306 000 veículos que diariamente circulam na cidade do Porto são responsáveis, como já referimos, pela libertação para a atmosfera de[264]: 5508

---

[264]Infelizmente não existe na J.A.E., nos S.T.C.P., nem na C.M.P. informação sobre a quilometragem efectuada, em média, por cada veículo, dentro da cidade. Por este facto, ficamos impedidos de avaliar o real e efectivo contributo do tráfego para a modificação da composição

kg/km de monóxido de carbono, 643 kg/km de hidrocarbonetos, 582 kg/km de óxidos de azoto, 8 kg/km de dióxido de enxofre e entre 5 a 7 kg/km de chumbo (Fig. 102). Valores que quase duplicam se a fluidez da circulação diminuir.

As emissões poluentes dos veículos nas horas de maior congestionamento de tráfego ultrapassam os 7750 kg/km de monóxido de carbono, os 1132 kg/km de hidrocarbonetos, os 520 kg/km de óxidos de azoto, os 13 kg/km de dióxido de enxofre e os 7 kg/km de chumbo, previstos para uma velocidade média de circulação de 20 km/h. As ruas estreitas, a topografia acidentada e a pouca dispersão de um grande número de actividades funcionais urbanas, contribuem para impedir que, a determinadas horas do dia, a velocidade média dos veículos seja sequer de 20 km/h (Fig. 102).

A contaminação dos solos pelo chumbo demonstrou, claramente, que alguns dos efluentes libertados pelos veículos, se depositam e/ou reagem quimicamente com a atmosfera, a pouca distância do lugar de emissão (Fig.102).

Todavia, se compararmos a totalidade dos gases emitidos, tanto pelas fontes industriais como pelos veículos, apercebemo-nos que a magnitude dos impactes previstos, por exemplo ao nível da concentração de SO_2 esperada no ar, está demasiado subavaliada nos registos disponíveis (Fig. 102).

Supomos que, com um adensamento da rede de medição da qualidade do ar, que privilegiasse os postos na metade oriental da cidade e com um incremento na qualidade da informação registada nos postos já existentes, localizados dentro da cidade, os exemplos de modificação da composição química da atmosfera detectados multiplicar-se-iam, reforçando os argumentos a favor da escala local das causas que têm vindo a provocar as manifestações de mudança climática (Fig. 102).

As relações que emergiram, no decurso deste trabalho, entre a degradação da qualidade do ar e as características da massa de ar presente, justificam, plenamente, o interesse de uma futura abordagem destas relações, agora, com a inclusão das alterações introduzidas pelo meio urbano.

Com instrumentos de trabalho mais eficazes, teria sido possível, talvez, demonstrar a real magnitude dos impactes gerados pela urbanização, definir concretamente as áreas de maior risco e seleccionar algumas das principais causas do aumento do efeito de estufa em cada subárea da cidade do Porto.

---

química da atmosfera portuense. Os valores que referimos traduzem apenas as emissões poluentes geradas por cada quilómetro percorrido dentro da cidade.

Ficou, no entanto, claro que a eficácia de qualquer estratégia para melhorar a qualidade do ar na cidade do Porto, tem de incluir um conhecimento exaustivo dos diversos mosaicos climáticos, de origem antrópica, existentes na cidade.

As interferências ao nível da estabilidade do ar, da espessura da camada de mistura, da velocidade e direcção do vento, provocadas pela intensificação de ocupação do espaço na região do Porto, contribuem decisivamente para modificar as condições de dispersão dos poluentes.

O *clima urbano* portuense é, portanto, simultaneamente, causa e efeito da degradação da qualidade do ar. O que significa que as intervenções na organização espacial, desde que correctamente direccionadas, podem surtir efeitos positivos múltiplos.

2. Indispensável na identificação das causas responsáveis pelo agravamento de determinadas patologias

Os impactes provocados pela intensificação do fenómeno de urbanização no ecossistema urbano portuense não sendo de fácil identificação, não são, também, objectivamente avaliáveis.

As inúmeras dificuldades com que nos deparámos, ao longo deste trabalho, para dissociar a variabilidade intrínseca ao Sistema Climático da variabilidade induzida pelas acções antrópicas, constitui um excelente exemplo do tipo de motivos que têm contribuído para *mascarar* a gravidade dos impactes provocados pela urbanização no Ecossistema em que se inclui.

O interesse pelas consequências imediatas das manifestações de mudança climática, geradas pelas várias intervenções no circuito energético natural e pelo extraordinário incremento nas fontes de alimentação de um circuito energético inteiramente artificial, aumenta consideravelmente quando se torna possível identificar riscos perceptíveis à escala de uma ou duas gerações.

O agravamento de determinadas patologias, associado à modificação do comportamento de alguns elementos climáticos e à degradação da qualidade do ar, pode ser uma forma eficaz de, indirectamente, estimular a atenção sobre a precaridade do equilíbrio do ecossistema urbano.

Embora os efeitos reais do meio urbano na saúde dos seus habitantes, possam ser, facilmente, confundidos com as maiores e mais profundas diferenças sócio-económicas, que este tipo de regiões normalmente alberga,

não deixa de ser evidente que a inadequação arquitectónica dos edifícios para residência ou para local de trabalho, o maior ruído de fundo, o aumento do uso de iluminação artificial, a maior concentração de pessoas e a poluição atmosférica, que caracterizam qualquer meio urbano, contribuem para agravar um variadíssimo conjunto de patologias[265].

Para além de interessarem ao Homem, em particular por lhe condicionarem directamente o conforto e o bem-estar, a comprovação de algumas consequências fisiológicas e psíquicas inerentes ao *modus vivendi* urbano pode contribuir para cativar os decisores ao evidenciarem, até, os graves prejuízos económicos e perda de capacidade de desempenho de determinadas tarefas[266], agravados pelo tipo e intensidade de ocupação do espaço nas cidades.

Exemplos de agravamento de algumas patologias do foro respiratório, relacionáveis com as modificações introduzidas pela urbanização portuense na conjuntura climática e na composição química da atmosfera[267]

A qualidade dos cerca de 15 000 litros de ar que respiramos diariamente e a conjuntura climática vivida em momentos anteriores condiciona, inequivocamente, o aparecimento e/ou agravamento de alguns sintomas ou sindromas mórbidos.

A análise do número de óbitos, segundo a causa de morte, no Continente, resultantes da consulta efectuada às Estatísticas da Saúde, INE

---

[265]MONTEIRO, A., 1990, p.33-49.

[266]BROADBENT, D.E., "Environment and performance" em HARRISON, G.A., GIBSON, J.B. (ed), Man in urban environments, Oxford University Press, Oxford, 1976, p.274-285.

[267] Dos numerosos trabalhos de investigação publicados sobre este tema salientamos nomeadamente: HOPKINSON, R.G. "Urban man in buildings" em HARRISON, G.A., GIBSON, J.B. (ed), Man in urban environments, Oxford University Press, Oxford, 1976, p.75-107, ROSE, G.A. "Epidemiological evidence for the effects of urban environment" em HARRISON, G.A., GIBSON, J.B. (ed), Man in urban environments, Oxford University Press, Oxford, 1976, p.204-216, CARRUTHERS, M. "Biochemical responses to environmental stress" em HARRISON, G.A., GIBSON, J.B. (ed), Man in urban environments, Oxford University Press, Oxford, 1976, p.246-273, e em ROWLAND, A.J., COOPER, P. Environment and Health, Edward Arnold, London, 1983, entre outros.

(1970-1989) reflecte uma concentração do número de óbitos em Dezembro e Janeiro (Fig. 105).

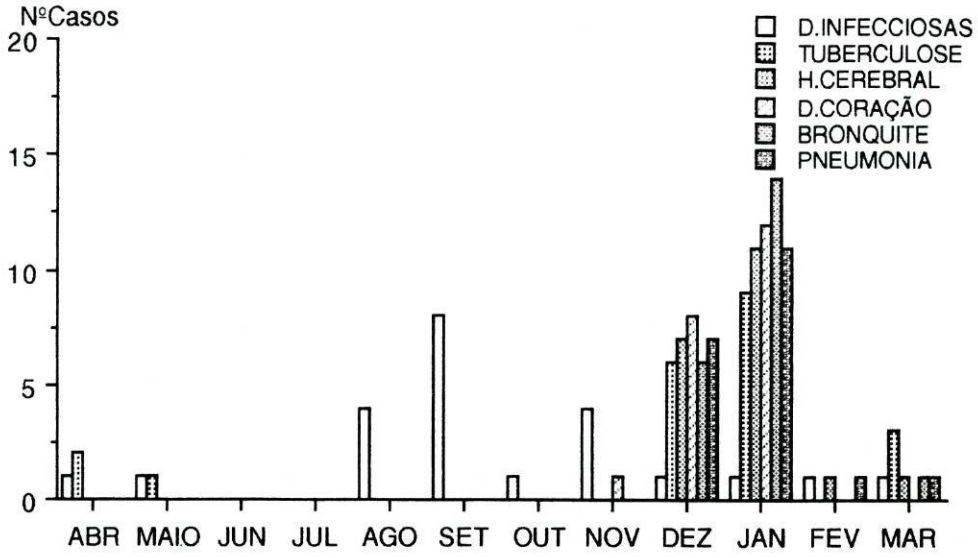


Fig. 105 - Época do ano em que as doenças infecciosas, a tuberculose, as hemorragias cerebrais, as doenças do coração, a bronquite[268] e a pneumonia[269], foram a primeira causa de morte, no Continente, entre 1970-1989.

---

[268]"...Um tipo de inflamação das vias respiratórias.Um ser humano inspira em média 15 milhões de ml de ar por dia no qual vão misturados um número incalculável de bactérias, poeiras, etc. A maior parte destes microorganismos não são patogénicos, constituindo a flora normal da cavidade bucofaríngea. A hipersensibilidade e/ou a grande irritabilidade de alguns destes microorganismos (como é o caso da maioria dos efluentes industriais e dos fumos emitidos pelos escapes dos automóveis) pode abrir caminho para invasões microbianas posteriores mais graves.

Como a secreção mucosa -um mecanismo de defesa normal - é produzida conforme a dose de microorganismos irritantes presentes, uma elaboração excessiva não consegue facilmente ser eliminada pelos mecanismos normais. A tosse persistente, por exemplo, traumatiza a mucosa de revestimento e contribui para criar um círculo vicioso preparando o terreno para a invasão bacteriana.[...]

A asma brônquica é na maioria dos casos provocada por inalação de pó, pólens ou mais raramente, certos alimentos. O desencadear e o potenciar das crises podem ser provocados por tensão emocional, fadiga excessiva e /ou pela exposição a fumos ou vapores irritantes...", ROBBINS, S., Pathology, W.B.Saunders, Philadelphia, 1967, p.632.

[269]"...Os pulmões desempenham ao nível da função respiratória duas tarefas importantes: a ventilação do ar para os espaços alveolares e o reenvio dos gases respiratórios (difusão do oxigénio e do dióxido de carbono através da membrana alveocapilar)

O critério de selecção destas patologias fundamenta-se nas sugestões fornecidas pela bibliografia consultada sobre este tema que as evidenciava como as mais facilmente relacionáveis com o *modus vivendi* urbano.

O carácter meramente exemplificativo, da importância do binómio Poluição Atmosférica - Clima como valioso indicador dos efeitos sobre o Homem gerados pela degradação da qualidade do meio, que se pretende demonstrar através do exemplo de agravamento de algumas patologias, levou-nos a escolher, do grupo inicial, apenas as que se relacionam com o foro respiratório.

Pareceram-nos serem aquelas cujo agravamento, segundo a opinião dos especialistas que consultámos, melhor evidencia a dependência da qualidade do ar inspirado e do tipo de tempo[270].

Para avaliar as dimensões do grupo populacional afectado por este tipo de patologias, recorremos aos registos de internamento, de indivíduos residentes no concelho do Porto, nos quatro serviços de Medicina do Hospital de S.João, disponíveis para o período entre 1 de Abril de 1989 e 31 de Março de 1991[271].

Durante o período analisado foram internados no Hospital de S.João 1147 pessoas, 417 do sexo feminino e 730 do sexo masculino, com sintomas de agravamento de patologias do foro respiratório (Fig. 106 e 107).

Durante um ciclo respiratório completo, numa situação de repouso entram e saem 500ml de ar, valor que em situação de esforço pode alcançar os 4000ml.

Os estados patológicos podem alterar a ventilação normal pelo simples facto de diminuirem a capacidade pulmonar (no caso da pneumonia os espaços alveolares estão ocupados por exsudado inflamatório)ou dificultarem o movimento do ar nas vias respiratórias...", ROBBINS, S., Pathology, W.B.Saunders, Philadelphia, 1967, p.640.

[270]Ideia partilhada pelo Dr.F.Seabra, director clínico do Serviço de Pneumologia do Hospital Joaquim Urbano, pela Drª Marianela do Serviço de Imuno-Alergologia de Medicina 4 do Hospital de S.João, pelo Dr. Vitor Bonito do Serviço de Pediatria do Hospital de S.João, entre outros.

[271]Aproveitamos para agradecer ao Dr. Fernando Lopes, médico do Serviço de Cirurgia 4 do Hospital de S.João e Assistente da Faculdade de Medicina da Universidade do Porto a disponibilidade dos registos de internamentos, segundo o tipo de patologia, a área de residência, a idade, o sexo, a data de internamento e o serviço de internamento.

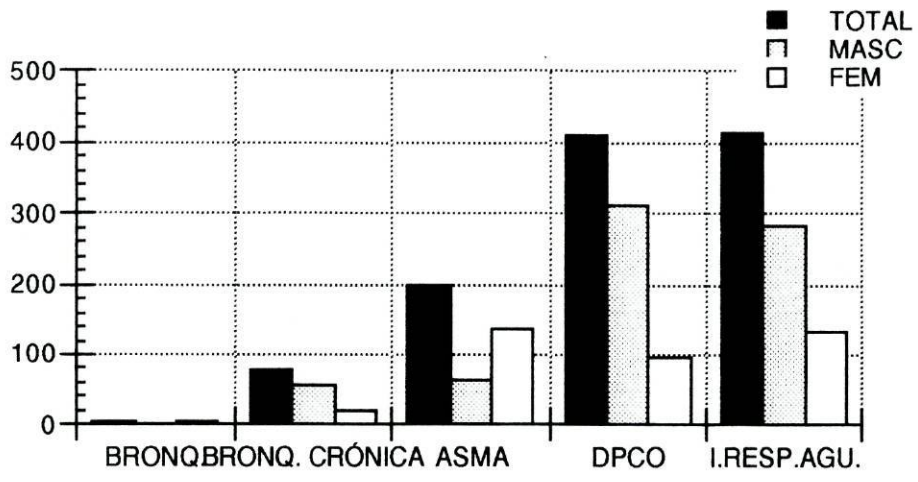


Fig. 106 - Número de internamentos no Hospital de S.João com patologias ligadas ao foro respiratório,segundo o sexo do paciente (1 de Abril de 1989/31 de Março de 1991).

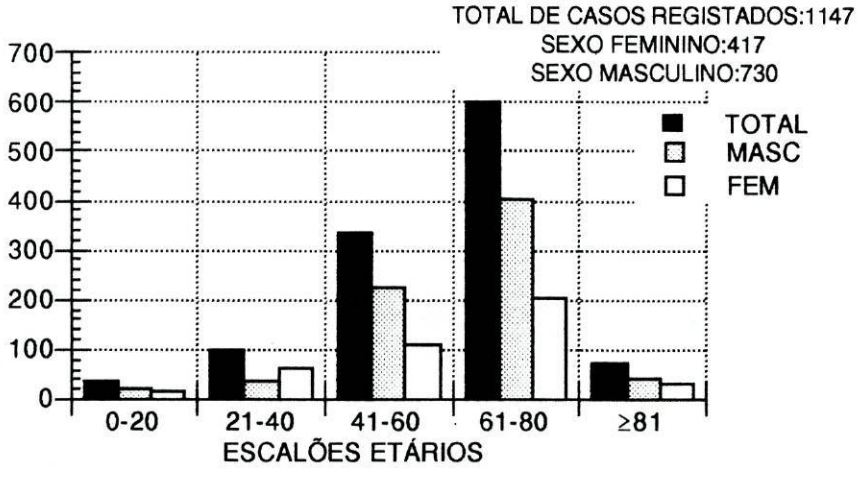


Fig. 107 - Número de internamentos no Hospital de S.João com patologias ligadas ao foro respiratório,segundo a idade do paciente (1 de Abril de 1989/31 de Março de 1991).

Mais de 50% dos internados incluiu-se no escalão etário dos 61 aos 80 anos, 30% tinham idades entre os 41 e os 60 anos e só uma pequena percentagem correspondeu a pessoas com menos de 40 anos.

A maior debilidade para accionar as defesas normais em organismos sadios e equilibrados e o peso relativo no mercado de trabalho e, consequentemente, a importância dos efeitos do tipo de vida urbana, reflecte-se claramente nesta distribuição etária e por sexo dos indivíduos internados. A especial incidência nos homens acima dos 60 anos sublinha, indubitavelmente, a permanência mais prolongada deste sexo, no mercado de trabalho (Fig. 107).

Deste conjunto de patologias, no entanto, as insuficiências respiratórias agudas, responsáveis por um grande número de internados, traduzem uma vastíssima gama de causas, que podem nada ter a ver com as características do meio ambiente, pelo que decidimos eliminá-las da nossa série de análise.

A descaracterização e inespecificidade inerente aos diagnosticados com doença pulmonar crónica obstructiva (DPCO) levou-nos, também, a não incluir este tipo de patologia na nossa série de análise.

Restaram-nos, portanto, a asma e a bronquite. Estas, sobretudo, nos adultos, dependem, para além da qualidade do ar e do estado de tempo, do tipo de vida e dos hábitos de cada indivíduo. O tabagismo, por exemplo, condiciona determinantemente, as crises brônquicas e asmáticas da maioria dos adultos. As condições do local de trabalho e as características da função desempenhada influenciam também, o desencadear de crises asmáticas ou brônquicas.

Para os adultos é, de facto, pouco verosímil que se consiga distinguir, com clareza, indícios das relações de causalidade, teoricamente esperadas, entre a qualidade do ar, a temperatura, a humidade relativa ou o vento e o momento em que se dá o agravamento destas patologias.

Decidimos, então, adicionar à nossa amostra inicial os internados com menos de 10 anos no Serviço de Pediatria do mesmo hospital (Fig. 108).

As vantagens da utilização deste escalão etário são múltiplas.

Primeiro, estão eliminadas todas as causas de agravamento da doença devidas aos hábitos tabágicos e ao tipo de emprego.

Depois, está, também, menos presente o efeito do stress, importante factor desencadeador deste tipo de crises, gerado pelo ritmo de vida a que está sujeita a população activa, em qualquer meio urbano.

E, por último, mas não menos importante, porque o cuidado e a atenção dos pais, evita a auto-medicação, muito frequente nos adultos. Para este escalão etário, há, de facto, uma maior proximidade temporal entre a altura em que é desencadeada a crise e o recurso ao hospital. No caso dos adultos, e face ao carácter crónico deste tipo de patologias, os indivíduos vão adquirindo, pela experiência, hábitos de resolução das crises menos graves, sem o recurso ao hospital (Fig. 108 e Quadro LXXX).

		Nº DIAS	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	MODA	C.VARIAÇÃO
TEMP. MÉDIA	ABR.89/MAR91	730	15,1	3,8	28,7		31,8
	SÓ DIAS C/BRONQ	79	14,2	6,6	28	16,3	22,6
	SÓ DIAS C/ASMA	171	14,6	3,9	29,7	18,1	33,7
	SÓ DIAS C/DPCO	280	13,6	4,6	26,9	16,4	35,5
	SÓ DIAS C/ASMA (<10)	494	15,4	3,8	29,7	20,2	30
	SÓ DIAS C/BRONQ (<10)	96	15,5	3,8	24,1	18,9	29,7
TEMP. MÍNIMA	ABR.89/MAR91	730	11,3	-0,5	24,1		40,6
	SÓ DIAS C/BRONQ	79	10,6	2	20,4	15	42,5
	SÓ DIAS C/ASMA	171	11,3	0,4	24,1	11,4	42
	SÓ DIAS C/DPCO	280	9,8	0,1	21,5		48,1
	SÓ DIAS C/ASMA (<10)	494	11,5	0,1	21,6	14	37,9
	SÓ DIAS C/BRONQ (<10)	96	12	0,4	19,6		36,2
TEMP. MÁXIMA	ABR.89/MAR91	730	19,6	8	37,7	14	28,7
	SÓ DIAS C/BRONQ	79	18,6	10,4	34,1		29,6
	SÓ DIAS C/ASMA	171	18,9	8	37,7		31,2
	SÓ DIAS C/DPCO	280	18	8,6	35,8	14	30
	SÓ DIAS C/ASMA (<10)	494	19,9	8,6	37,4	14	27,5
	SÓ DIAS C/BRONQ (<10)	96	20	8	32,6	23,1	26,8
VENTO R.DOM.	ABR.89/MAR91	730				ESE	
	SÓ DIAS C/BRONQ	79				ESE	
	SÓ DIAS C/ASMA	171				ESE	
	SÓ DIAS C/DPCO	280				ESE	
	SÓ DIAS C/ASMA (<10)	494				ESE	
	SÓ DIAS C/BRONQ (<10)	96				ESE	
INS.	ABR.89/MAR91	730	49	0	95,4	0	62,7
	SÓ DIAS C/BRONQ	79	46,4	0	93,2	0	71,5
	SÓ DIAS C/ASMA	171	46,2	0	94,2	0	68,2
	SÓ DIAS C/DPCO	280	47,1	0	95,4	0	65,9
	SÓ DIAS C/ASMA (<10)	494	49,7	0	95,4	0	61,1
	SÓ DIAS C/BRONQ (<10)	96	51	0	95,4	0	56
NEB.	ABR.89/MAR91	730	5,9	0	10	10	54,1
	SÓ DIAS C/BRONQ	79	6	0	10	10	53,4
	SÓ DIAS C/ASMA	171	6,3	0	10	10	49
	SÓ DIAS C/DPCO	280	6,2	0	10	10	50,1
	SÓ DIAS C/ASMA (<10)	494	6	0	10	9	52,7
	SÓ DIAS C/BRONQ (<10)	96	6	0	10		55,5
SIT.À SUP.	ABR.89/MAR91	730				Pântano	
	SÓ DIAS C/BRONQ	79				Pântano	
	SÓ DIAS C/ASMA	171				Pântano	
	SÓ DIAS C/DPCO	280				Margem	
	SÓ DIAS C/ASMA (<10)	494				Pântano	
	SÓ DIAS C/BRONQ (<10)	96					
SIT. EM ALT.	ABR.89/MAR91	730				C.Merid-Blo	
	SÓ DIAS C/BRONQ	79				C.Merid-Blo	
	SÓ DIAS C/ASMA	171				C.Merid-Blo	
	SÓ DIAS C/DPCO	280				C.Merid-Blo	
	SÓ DIAS C/ASMA (<10)	494				C.Merid-Blo	
	SÓ DIAS C/BRONQ (<10)	96				C.Merid-Ond.	

valor mais elevado

Quadro LXXX - Comportamento de alguns elementos climáticos nos dias em que houve internamentos com bronquite, asma e DPCO nos quatro serviços de Medicina do Hospital de S.João - Porto (1 de Abril de 1989/31 Março de 1991)

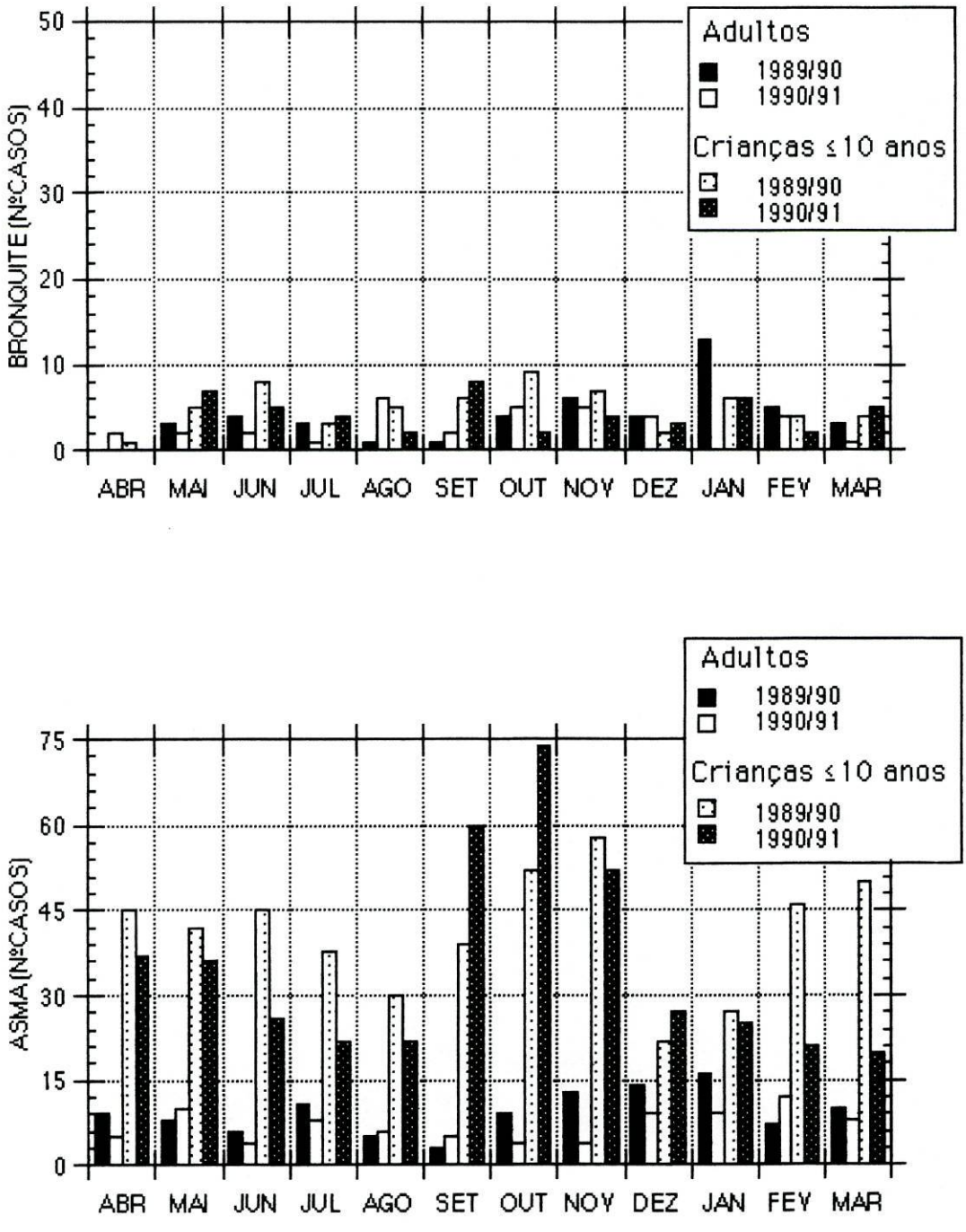


Fig. 108 - Número de internamentos no Hospital de S.João com asma e bronquite ,segundo a idade do paciente (1 de Abril de 1989/31 de Março de 1991).

A diferença no número de internamentos, entre os dois escalões etários, é particularmente notória no caso da asma (Fig.108). A dificuldade em diferenciar, até aos 7-8 anos de idade, a asma, a asma brônquica e a bronquite, faz com que esta população, com sintomas muito idênticos, seja genericamente diagnosticada com asma. Posteriormente, consoante o desenvolvimento da patologia, torna-se possível uma maior especificação.

Em qualquer mês do ano, e como seria de prever pelo que acabámos de dizer, as crianças internadas com asma foram, sempre, em muito maior número do que os adultos (Fig. 108 e Quadro LXXX).

Os meses mais críticos foram Setembro, Outubro e Novembro. Os dois primeiros, foram, aliás, os únicos em que o número de crianças com asma internadas sofreu um considerável aumento de 1989 para 1990. Em todos os outros meses do ano, o número de crianças internadas com esta patologia diminuiu (Fig. 108).

Outubro e Novembro destacaram-se, em qualquer dos anos, como o período em que um maior número de crianças recorreu ao hospital e necessitou de internamento com esta patologia (Fig. 108).

A análise do comportamento de alguns elementos climáticos, nos dias em que ocorreram os internamentos, efectuada através dos registos diários da estação de Porto-Serra do Pilar, revelou uma forte relação entre a temperatura e a insolação relativa e o número de crises de asma desencadeadas nas crianças com menos de 10 anos (Quadro LXXX).

Tanto as crises de asma, como as crises de bronquite, desenvolveram-se e agravaram-se nas crianças, nos dias com temperatura média, temperatura mínima, temperatura máxima e insolação relativa mais elevada do que a média da totalidade do período (Quadro LXXX).

Se a maioria dos 494 casos de asma e dos 96 casos de bronquite ocorreram nos meses que correspondem à época mais fria do ano, não seria de esperar que a média das temperaturas desse período superasse a média da totalidade do período (Fig. 108).

Compreende-se sim, se, como fizemos, confirmarmos que o maior número de casos ocorreu em dias com temperaturas ligeiramente acima da média mensal.

O *extraordinário* aumento, à escala da série secular, verificado nas temperaturas máximas e mínimas no final da década de 80 e no início dos anos 90, na região do Porto, as fortes anomalias térmicas positivas que demonstrámos existirem na região, o incremento no número de dias com SO_2 acima dos 100 $\mu g/m^3$, 150 $\mu g/m^3$ e 200 $\mu g/m^3$, nos postos localizados no interior

da cidade, o maior número de veículos e o maior congestionamento nos fluxos de circulação, não ajudará a explicar algumas das crises asmáticas e brônquicas ocorridas em crianças residentes na área do Porto?

Repare-se que há uma coincidência entre o período em que se verificou o maior número de crises asmáticas e a época do ano em que detectámos um aumento nos picos de poluição dos postos localizados no interior da cidade. Curiosamente, a mesma época do ano em que a "Ilha de Calor" se intensifica.

Se a este exemplo, em que é relativamente fácil estabelecer as ligações entre o binómio Poluição Atmosférica - Clima e o agravamento de algumas patologias do foro respiratório, for possível, com um trabalho interdisciplinar, demonstrar outros riscos para a Saúde Pública, provocados pela combinação de uma atmosfera alterada quimicamente e de uma modificação de alguns elementos climáticos, estar-se-á, indirectamente, a avaliar a qualidade do meio ambiente e a valorizá-lo.

A compreensão do tipo e da magnitude dos impactes que este tipo de organização do espaço exerce ao nível da saúde e do bem-estar dos cidadãos urbanos, obrigará a repensar os padrões de bem-estar e qualidade de vida actuais.

3. Indispensável na definição das estratégias de ordenamento do espaço urbano da "cidade do futuro"

Durante a segunda metade da década de 80 começaram a emergir novos modelos de desenvolvimento económico, que vieram contrariar a tendência, até então dominante, de que as aglomerações urbanas, como forma privilegiada de organização do espaço para servir o modelo económico de desenvolvimento do pós-guerra, tenderiam a perder a sua razão de existência (LIPIETZ, 1992[272]).

O aparecimento dos novos "milagres económicos", como o Japão, e a crise financeira nas principais Bolsas mundiais[273], sobretudo após 1983,

---

[272]LIPIETZ, A., LEBORGNE, D., "Idées fausses et questions ouvertes de l'après-fordisme", Espaces et societés, nº 66-67, Paris, 1992, p.39-67.

[273]Com a diminuição dos ganhos de produtividade devido ao maior peso relativo dos salários nos custos de produção e ao aumento do preço das matérias-primas e do petróleo dos países do Sul, associado à internacionalização dos circuitos produtivos e de mercado, tornou-se

obrigaram a repensar a necessidade de transformar o modelo de desenvolvimento económico, então vigente, baseado na produção em massa e nas economias de escala, onde vingavam os empreendimentos com melhores condições de produção[274].

Durante a implementação deste modelo de desenvolvimento económico, as aglomerações urbanas foram, sucessivamente, perdendo vantagens comparativas, enveredando por processos de degenerescência e degradação provocado pelo abandono dos principais agentes económicos. Tinham deixado de ser espaços economicamente vantajosos para o investimento produtivo e perderam, por completo, a capacidade atractiva para a função residencial.

A fuga para a periferia, suportada pelo menor custo dos transportes e pelo novo quadro de acessibilidades, gerou um grande desinteresse e uma diminuição dos laços de dependência entre os cidadãos e o espaço urbano.

A degradação da qualidade do ar e os impactes no balanço energético que detectámos no Porto são, precisamente, os reflexos da aplicação deste modelo de desenvolvimento económico, que viriam a fazer do Porto, à semelhança do que aconteceu com outras aglomerações urbanas, um espaço *sem futuro* enquanto estrutura urbana.

Todavia, os novos modelos de desenvolvimento económico, baseados numa especialização flexível, encorajando a implementação de empreendimentos independentes mas interligados, capazes de reagir rapidamente às mudanças do mercado, revitalizou, completamente, as aglomerações urbanas como espaços privilegiados de organização do espaço[275].

A concorrência deixou de assentar nas condições de produção e passou a existir em função da criatividade e da flexibilidade dos sistemas de produção. Os equipamentos mecânicos de usos múltiplos, a cultura artesanal, a mobilidade e a iniciativa do trabalhador dentro da empresa, a inexistência de

---

incontrolável a coordenação entre a capacidade de oferta e a procura, possível ao nível de um Estado, mas absolutamente impraticável à escala mundial.

[274]Modelo de desenvolvimento económico comumente apelidado de *Fordista* porque na altura em que se institucionalizou a "produção em massa", baseada numa completa separação entre a concepção do processo de produção e a execução standardizada das tarefas, nos anos 20, é atribuída a Henri Ford a solução para o escoamento das grandes quantidades produzidas : os trabalhadores com o seu salário.

[275]LIPIETZ, A.,1992, KOMINOS, N., 1992, FERRÃO, J., 1991, CASTELLS, M., 1990, etc.

hierarquias fixas, promoveram uma grande necessidade de inovação tecnológica.

A concorrência, agora, ao nível dos projectos e dos laboratórios implica uma proximidade entre os centros de investigação, a indústria e os serviços de apoio.

A necessidade de encontrar um "modo de organização territorial de sucesso" (FERRÃO, 1991), onde se pudessem concentrar as actividades produtivas, os laboratórios, os centros de pesquisa, que facilitasse a difusão das inovações e intensificasse as sinergias necessárias ao novo modelo económico, reavivou a atractividade potencial do tecido urbano.

Como facilmente se compreende, para se adequar a este novo *papel*, o meio urbano tem de oferecer, para além da facilidade de comunicação, de um excelente quadro de acessibilidades, um enquadramento físico atractivo para uma população muito mais exigente em termos de *qualidade de vida*.

A necessidade de *sedução*, através da qualidade do meio ambiente, passou a ser, para as novas aglomerações urbanas, tão importante como as suas capacidades de oferta em redes de comunicação, diversidade funcional, etc.

Os novos espaços de crescimento desenvolver-se-ão consoante a sua capacidade de integrar, harmoniosamente, um aparelho sócio-produtivo muito mais exigente nos padrões de bem-estar e qualidade de vida[276].

A Comissão das Comunidades Europeias, no Livro Verde sobre o Meio Ambiente Urbano (1991), enumera um vasto conjunto de causas profundas da degradação urbana[277] e define um conjunto de orientações, instrumentos de acção e prioridades para uma estratégia comunitária do ambiente urbano[278].

Como causas da profunda degradação do meio ambiente urbano são apontados: o *funcionalismo* compartimentado herdado das teorias de planeamento dos anos 40, que se traduziu, espacialmente, numa localização rígida das diversas actividades com base na sua função, os *modos de produção* e *organização do trabalho* do pós-guerra, favorecendo um grande distanciamento físico entre o local onde o produto é concebido e o local onde é

---

[276]Esta inversão na valorização da qualidade ambiental dos meios urbanos é notória até nas técnicas de *marketing* dos agentes imobiliários. Tanto os novos empreendimentos para fins residenciais, como as grandes superfícies multifuncionais em construção na área do Porto revelam, já, a necessidade de vender uma *imagem* , que se traduz até pelo nome que é dado aos empreendimentos e que incluem uma forte ligação a diversas componentes ambientais, incluindo normalmente no seu nome "Jardim", "Quinta", Lago", etc.

[277]C.C.E., 1991, p.40-45

[278]C.C.E., 1991, p.48-80.

fabricado, os modos de *distribuição* e de *consumo de massas* que deslocaram as grandes superfícies comerciais para a periferia da cidade, etc.

A semelhança detectada no tipo de problemas e nas principais causas de degradação do meio ambiente, em diversas cidades europeias, levou a Comunidade Europeia a definir um conjunto de orientações-chave para melhorar a qualidade do meio ambiente urbano, das quais salientamos: **coordenação-integração** do desenvolvimento económico e da política social, **responsabilização**, do indivíduo, da empresa e da administração pública, pelos impactes causados no meio ambiente e **sustentabilidade** ambiental e económica[279].

Para garantir a sua aplicação, a CE colocou à disposição dos países membros legislação, recomendações e assistência financeira[280], destinada a promover a inversão dos acelerados processos de degradação ambiental nas principais cidades europeias.

Segundo este documento comunitário, é necessário cuidar da estrutura física da cidade, ao nível do planeamento, dos transportes urbanos e da protecção e valorização das áreas naturais e do património histórico, e em simultâneo desenvolver uma política que reduza os impactes das actividades urbanas sobre o meio ambiente.

O reconhecimento desta grande dependência entre os novos padrões de desenvolvimento económico e a qualidade das diversas componentes ambientais, faz com que, até do ponto de vista económico, se torne urgente reverter, absolutamente, os inúmeros impactes ambientais detectados na região do Porto.

O binómio Clima-Poluição Atmosférica no Porto, passará a ser, cada vez mais, um excelente indicador da capacidade de sobrevivência da cidade no *futuro* .

3.1 As propostas do Plano Geral de Urbanização

Do conjunto de medidas propostas por este documento produzido pelo Gabinete de Planeamento Urbanístico da Câmara Municipal do Porto em 1987, seleccionámos, apenas, dois exemplos: espaços verdes e desportivos e sistema viário e de transportes.

---

[279]C.C.E., 1991, p.53-54.

[280]ENVIREG, FEDER, MEDSPA, etc.

Estes, pareceram-nos suficientemente elucidativos do importante enriquecimento que a inclusão do binómio Clima-Poluição, na fase de diagnóstico deste projecto, poderia trazer para a eficácia das propostas finais ao nível do melhoramento da qualidade do meio ambiente urbano portuense.

A importância das modificações no subsistema climático urbano já detectáveis e a identificação de algumas das principais causas responsáveis pelo aumento do efeito de estufa local poderia, eventualmente, ter contribuído para o estabelecimento de outro tipo de prioridades nas acções de planeamento sugeridas.

Embora seja regulamentado um coeficiente de ocupação do solo que visa, claramente, controlar e moderar a grande pressão exercida sobre determinadas áreas da cidade, e se preconize uma nova estruturação orgânica do tecido urbano, suportada nas *Unidades de Ordenamento* , onde serão salvaguardadas as características próprias de cada área, intra e interligadas por um sistema viário eficaz visando "*...a promoção de condições básicas de uma vida urbana qualificada...*" (GPU, 1987, p.5), não nos parece que a distribuição das zonas verdes propostas ou a Via de Cintura Interna, a funcionar como *tampão* de acesso ao centro da cidade, possam vir a resolver, a curto ou médio prazo, os acelerados processos de entropia do ecossistema urbano portuense, diagnosticados ao longo deste trabalho (Fig. 109, Quadro LXXXI e Fig. 110).

Via de Cintura Interna

Dificultar o acesso do transporte privado ao centro da cidade, não resolve os impactes ambientais provocados pelo congestionamento. O que acontece, é uma progressiva transferência do problema da poluição atmosférica, do ruído, do estacionamento e do congestionamento do centro para a orla da cidade. No caso do Porto, os actuais problemas de degradação ambiental provocados pela intensidade de tráfego serão transferidos para as áreas adjacentes ao anel exterior da Via de Cintura Interna (Fig. 109).

Esta infra-estrutura viária, isoladamente, estará condenada a fracassar no que respeita aos seus objectivos de *requalificação do meio ambiente urbano.* Revela uma visão estreita de planeamento em que os habitantes da cidade são excessivamente penalizados, sem que sejam tidos em conta os seus interesses, e contraria as intenções, inicialmente definidas no PGU, ao reforçar uma compartimentação rígida do centro relativamente ao resto da cidade (Fig. 109).

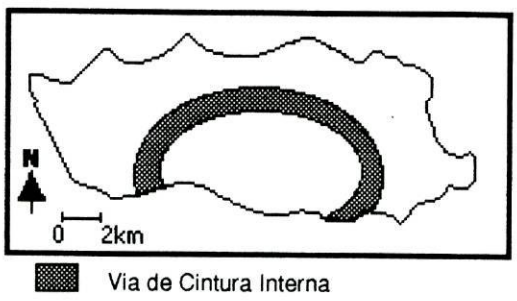


Fig. 109 - Localização aproximada da Via de Cintura Interna.

O desencorajamento da utilização da rede viária do centro da cidade através da criação de sucessivos estrangulamentos na circulação, não se traduz, também, por uma melhoria da qualidade do ar nestas áreas. Este desencorajamento, passando naturalmente por uma diminuição da fluidez, continuará a ser gerador de poluição.

Para além de não solucionar, por si, só, os impactes ambientais no centro da cidade, as características de circulação perspectivadas para esta via, torná-la-ão um percurso alternativo atractivo para um maior número de veículos[281]. O grande caudal de tráfego gerará um novo tipo de pressão sobre as diversas componentes ambientais, agora, concentrada ao longo dos dois anéis.desta via de maior velocidade.

Se recordarmos a importância da diferenciação topográfica NNE-SSW associada à grande frequência, nesta área, dos ventos do quadrante E, para promover a degradação da qualidade do ar nas áreas centrais da cidade, à custa de *inputs* gerados na área oriental da cidade, podemos imaginar a ordem de grandeza dos impactes, provocados pelo aumento do número de emissões ao longo desta via, na qualidade do ar do núcleo central da cidade que esta infra-estrutura pretende *proteger*.

---

[281]"....a construção de estradas, túneis, etc., para acomodar um tráfego sempre crescente, tem o efeito perverso de o tornar mais lento durante a construção, ao mesmo tempo que aumenta a poluição e o ruído. Uma vez terminadas essas infra-estruturas, o tráfego aumenta rapidamente até atingir novamente os mesmos níveis de congestionamento....[...] o objectivo deve ser tornar o automóvel uma opção e não uma necessidade criada pela separação da cidade em segmentos monofuncionais...", CCE, 1991, p.44.

Zonas verdes e desportivas existentes e propostas

A concepção dos novos espaços verdes na cidade baseou-se, exclusivamente, numa perspectiva antrópica[282].

A reorganização espacial dos espaços verdes na cidade do Porto visa, antes de mais, servir melhor as necessidades de recreio e lazer dos seus habitantes. Não se vislumbra, ao longo da proposta, qualquer preocupação de índole puramente biológica ou climatológica.

Assim, e com o objectivo primordial de satisfazer as necessidades lúdicas dos residentes e harmonizar, do ponto de vista estético, a *imagem* da cidade, as áreas favorecidas, pelo PGU, para os novos espaços verdes, são as mais periféricas da cidade, nomeadamente as unidades de ordenamento D, F e P (Fig. 110 e Quadro LXXXI).

A ordem de grandeza das áreas *verdes* propostas, para estas unidades de ordenamento periféricas, conferirão à cidade do Porto um valor médio de 13.73 m^2 de área verde por habitante, que a posicionará dentro dos parâmetros médios de outras cidades europeias[283]

Todavia, a distribuição da área verde por habitante em cada uma das unidades de ordenamento revela diferenças substanciais (Quadro LXXXI).

Enquanto na área central da cidade (L1, L2, L3 e M) passará a existir entre 0.74 e 1.89 m^2 de área verde por habitante, na periferia este valor ascenderá a mais de 20m^2/hab. (Quadro LXXXI e Fig. 110).

Nas áreas centrais da cidade, com maior pressão sobre o espaço e onde a degradação ambiental detectada através do binómio Clima-Poluição se revelou mais preocupante (L1 e L2), não está sequer previsto um redimensionamento das áreas verdes.

Os potenciais efeitos, como *pulmões* eficazes fixadores dos gases e poeiras excretadas pelo *metabolismo urbano* ou os efeitos moderadores sobre os diversos mosaicos microclimáticos detectados no Porto, que as áreas verdes poderiam exercer, não serão aproveitados com as novas propostas (Fig.110).

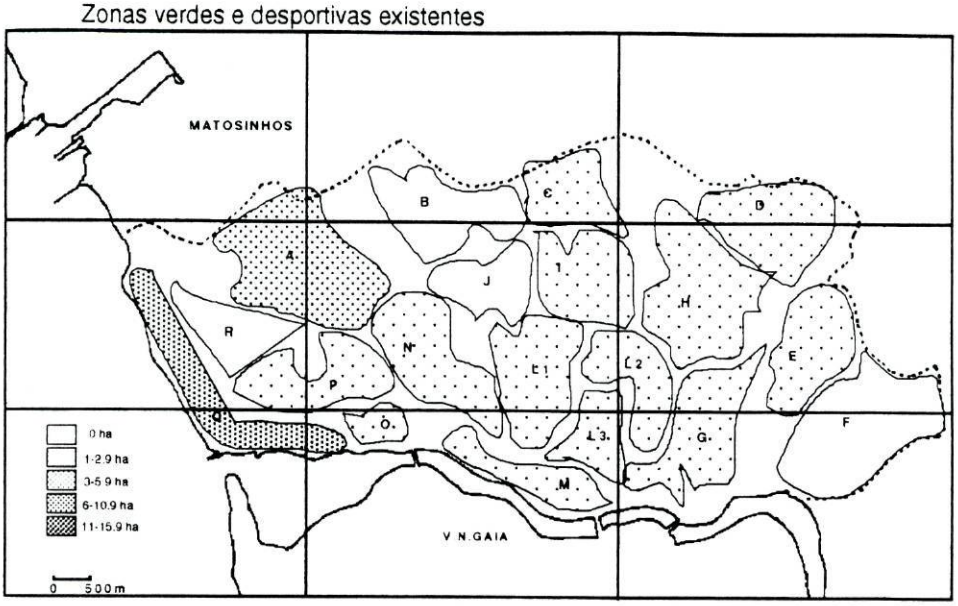
Para funcionarem como filtros da poluição atmosférica teriam de se localizar, preferencialmente, nas áreas mais poluídas do centro sul da cidade. As espécies teriam de ser criteriosamente escolhidas de forma a absorverem, sem se degradarem, a maior parte dos efluentes libertados pelos veículos e pelas indústrias.

---

[282]CMP, Opções do Plano, vol.III, Porto, Junho 1984, p.128-138.

[283]Madrid = 10m^2/hab; Roma = 9m^2/hab.

Zonas verdes e desportivas existentes



Zonas verdes e desportivas propostas no Plano Geral de Urbanização

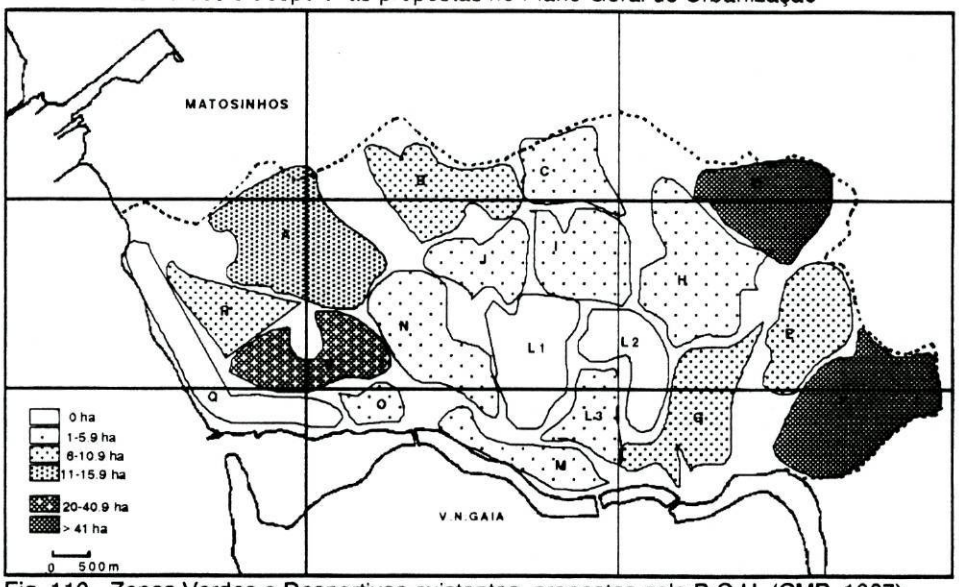


Fig. 110 - Zonas Verdes e Desportivas existentes, propostas pelo P.G.U. (CMP, 1987).

Unid. ordenamento	m2/hab.
A	7.58
B	7.73
C	1.9
D	25.6
E	5.6
F	2.58
G	3.9

Unid. ordenamento	m2/hab.
H	1.1
I	1.84
J	0.64
L1	0.75
L2	0.74
L3	1.89
M	1.40

Unid. ordenamento	m2/hab.
N	1.55
O	2.2
P	18.6
Q	5.8
R	19.36

Quadro LXXXI - Zonas Verdes e Desportivas existentes e propostas pelo P.G.U. (m2/habitante).

Os efeitos que estas áreas verdes, de utilização pública, poderiam ter como importantes elementos de articulação do espaço construído, promovendo uma maior ligação entre o cidadão e o seu suporte físico, também não serão provavelmente maximizados nas áreas da cidade mais necrosadas.

As preocupações crescentes com a manutenção de um ecossistema mais equilibrado que preserve a maior biodiversidade possível, não nos parece, também, ter presidido à definição do novo rearranjo espacial das zonas verdes na cidade do Porto.

Recorde-se que as extensas áreas relvadas que tipificam a maioria das *zonas verdes* para a prática de desporto e lazer, são das áreas mais pobres do ponto de vista da diversidade da fauna e da flora. Se pensarmos, exclusivamente, na diversidade biológica, as bolsas de terreno expectantes, frequentes em qualquer cidade, são muito mais ricas em espécies faunísticas e florísticas *naturais* do meio ambiente urbano do que qualquer "Parque da Cidade".

A menos que se promovam, ao nível das unidades de ordenamento, alterações profundas na quantidade e nas características dos *espaços verdes*, através de um levantamento exaustivo das comunidades biológicas e habitats existentes, seguido de um debate público sobre as alternativas viáveis de gestão e manutenção desses habitats que pondere, simultaneamente, os custos e os benefícios, tanto para o público como para a administração pública, não será possível maximizar os efeitos positivos da implantação dos *espaços verdes* nas diversas componentes do *ecossistema urbano*.

Embora seja, indubitavelmente, um prejuízo para o Homem, o corte de espécies arbóreas com dezenas de anos, como ocorreu há pouco tempo, a todo o corredor arborizado da Av. da Boavista, a verdade é que nem sempre a plantação de determinadas espécies arbóreas ou arbustivas, em determinados pontos da cidade, significa um benefício para o equilíbrio do ecossistema.

A inclusão, desde início, no processo de planeamento urbano, da componente climatológica teria evidenciado as inúmeras modificações climatológicas introduzidas, nesta área, pela intensificação do processo de urbanização, demonstrando, provavelmente, que algumas das opções não surtirão os efeitos desejados de *requalificação da vida urbana* (Fig.111).

Tendo em consideração o aumento das temperaturas verificado no núcleo central da cidade e a frequência com que se ultrapassaram os limites máximos admissíveis de alguns poluentes por toda a cidade, surgiriam naturalmente, aos decisores outras prioridades, talvez mais simples, mas muito mais eficazes.

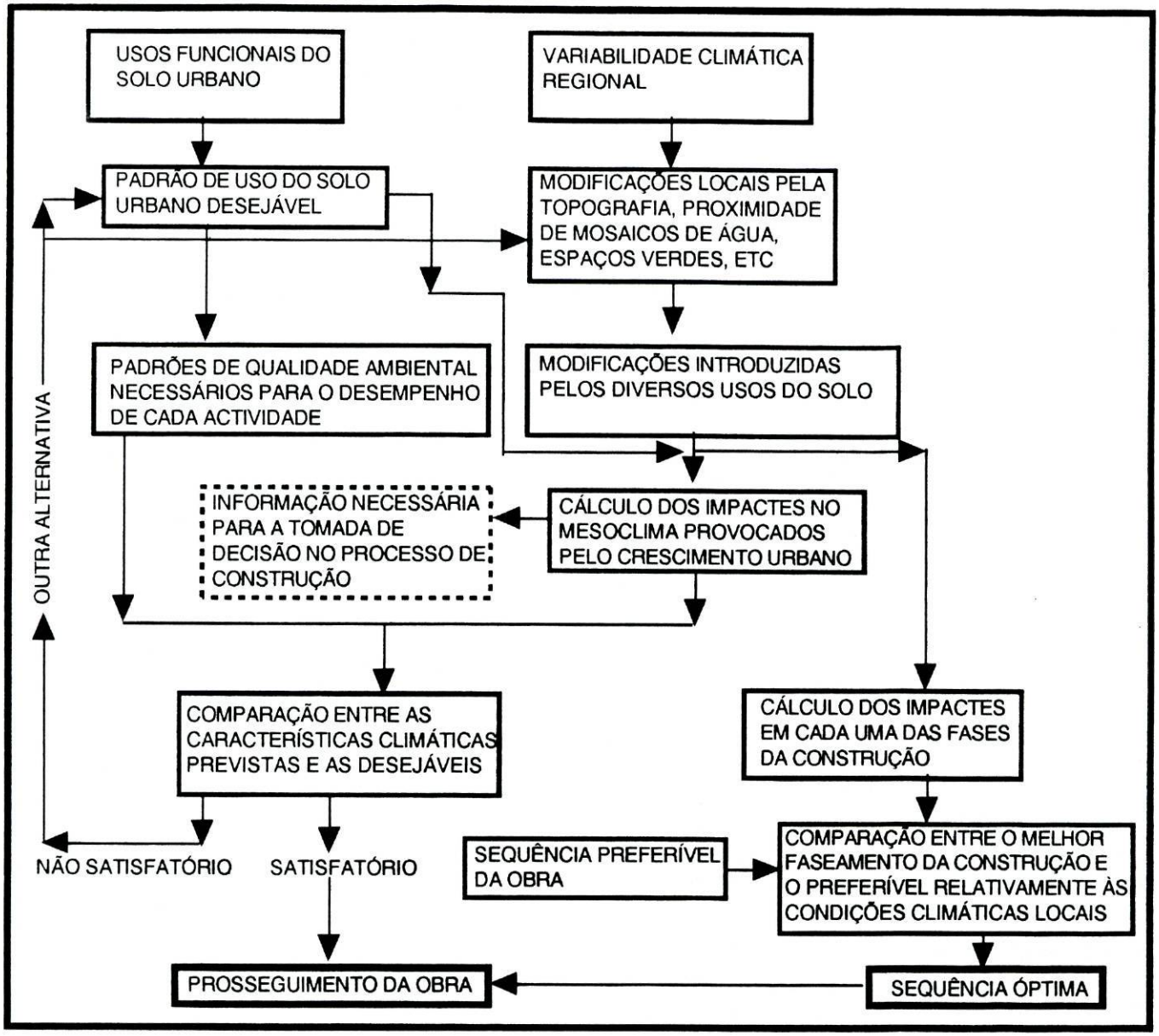


Fig. 111 - A inclusão da climatologia urbana nos processos de tomada de decisão em planeamento urbano (adaptado de CHANDLER, 1976)

Os *espaços verdes* incrementam a ventilação e modificam os sistemas de circulação na cidade, reduzindo, portanto, as temperaturas extremas. Sem perderem a sua importante função lúdica como espaços de recreio e lazer, quando correctamente planeados, podem também contribuir para diminuir o ruído e filtrar alguns poluentes.

O conhecimento dos *diversos padrões térmicos urbanos* durante a fase de diagnóstico do P.G.U. teria alertado os decisores para a importância de condicionar, para além das volumetrias, os materiais de construção e as cores das fachadas, em determinadas áreas da cidade (Fig. 111).

A interrelação existente entre a intensidade da "ilha de calor urbano" e a conductividade calórica e a capacidade de armazenamento de energia de determinados materiais de construção, e/ou desta com as diferentes capacidades de absorção e os diversos albedos das cores das fachadas, teria mostrado, claramente, aos decisores a ineficácia da limitação dos coeficientes de utilização do solo para promover uma *requalificação da vida urbana*.

X - CONCLUSÃO

Os resultados alcançados, até este momento, à semelhança do que sucede com qualquer *sistema de cascata*[284], apesar de contribuirem para resolver a *tese* que nos propusemos defender, sugerem uma nova e variada gama de *percursos* a explorar e a trilhar futuramente.

A perspectiva reducionista, que adoptamos como filosofia deste trabalho, e as características do nosso objecto de estudo permitem-nos especular, discutir e compreender, talvez um pouco melhor, algumas relações de causalidade entre **o tipo de utilização do espaço nos meios urbanos** e o comportamento de alguns **parâmetros climatológicos**, mas não nos poderiam, em caso algum, conduzir às sempre tentadoras e gratificantes *conclusões*.

Não poderíamos, todavia, finalizar, por ora, este trabalho sem antes, tecer algumas considerações finais sobre a relevância dos resultados obtidos e sintetizados em cada uma das diversas fases do nosso argumento.

Revisitando a *Introdução* a este trabalho, na qual se definiu como objecto primordial de estudo o conhecimento do tipo de relações de interdependência existentes entre a **intensificação do fenómeno de urbanização** e o **clima local e regional**, congratulamo-nos com o facto de, tanto o exemplo escolhido para *experimentar* a nossa tese - a cidade do Porto - como a estrutura lógica e a metodologia definidas terem, ao longo dos nove capítulos em que se foi, cadenciadamente, forjando este argumento, justificado, plenamente, a oportunidade, a premência e a validade do tema.

A oportunidade do nosso objecto de estudo reside, sobretudo, no facto das cidades terem sido e continuarem a ser, no futuro, o suporte artificial mais eficaz para as trocas de bens, serviços e informações.

Apesar de nos últimos anos, as cidades terem vindo a corresponder cada vez menos às necessidades de qualidade de vida e bem-estar para os que nelas trabalham e/ou residem, continuam, no entanto, a ser o tipo de organização espacial que mais facilita a difusão das inovações e promove a intensificação das sinergias necessárias à implementação do novo modelo económico, o que lhes veio reavivar a atractividade potencial.

---

[284]Uma cadeia de subsistemas ligados, mecanicamente, de forma ordenada, em que o sinal de entrada de um subsistema é o sinal de saída do antecedente.

A premência em conhecer um pouco melhor o grau de interdependência entre o clima regional e o fenómeno de urbanização portuense emerge dos inúmeros exemplos que ao longo deste trabalho foram revelando um distanciamento crescente entre o cidadão urbano e o seu espaço. Quanto mais privado do contacto com o meio ambiente, mais o menospreza ou, simplesmente, o ignora. Este, por seu lado, cada vez lhe é mais hostil.

A clarificação e a comprovação experimental das relações de causalidade existentes entre o Clima e o tipo de fenómeno urbano, que demonstrámos, nomeadamente através da forma e da intensidade da "ilha de calor", facilitará, certamente, a rendição dos mais *optimistas* e dos que subscrevem uma visão demasiado *antropocêntrica* do nosso papel, como parte integrante do Ecossistema, à validade da ideia, subjacente ao nosso trabalho, de que tipos de organização espaço-funcional como o do Porto, representam o vértice de uma enorme pirâmide de ilusões de superioridade do Homem sobre o seu suporte ambiental, da qual nada beneficiaremos.

Ao demonstrar alguns exemplos da adopção de atitudes demasiado optimistas e imodestas, quanto ao nosso papel no Ecossistema, plasmadas, por exemplo, no estado caótico e necrosado de algumas áreas da cidade do Porto, para além de esclarecermos a magnitude e intensidade dos riscos resultantes do progressivo distanciamento efectivo do Homem relativamente ao seu suporte ambiental implícitos no actual *modus vivendi* urbano, contribuimos para reforçar a credibilidade dos argumentos em torno da importância e da gravidade do *Global Warming*.

A caracterização física e sócio-económica da cidade do Porto, com que iniciámos este trabalho, mostrou que estávamos, de facto, na presença de um vasto conjunto de potenciais impactes no Ecossistema, provocados, exclusivamente, por atitudes de grande *irreverência* do Homem face às componentes ambientais.

Recordámos diversas condicionantes topográficas, hidrológicas e geológicas que, se tivessem sido incluídas nas diversas fases de crescimento do espaço urbano, teriam, provavelmente, propiciado uma organização espacial da cidade do Porto diferente da actual mas, inequivocamente, mais aprazível.

Da totalidade das *pressões* sobre o suporte ambiental que o fenómeno urbano portuense tem vindo a exercer, seleccionámos, como objecto de estudo, apenas as que se fazem sentir no **clima regional e local**.

A complexidade e a diversidade de variáveis, teoricamente passíveis de sofrerem modificações, originadas unicamente pelo fenómeno de urbanização, levou-nos a restringir a nossa análise à observação das consequências deste apenas na **modificação do resultado final da equação do balanço energético**.

Isto porque, ao tentar *perceber* o clima da região do Porto em vez de, mais uma vez, tentar *arrumá-lo* num qualquer grupo de uma das muitas tipologias de classificação disponíveis, verificámos que emergem inúmeros exemplos ao nível da modificação do regime térmico potencialmente atribuíveis à intensa, constante e determinante co-participação do Homem no nível de resolução geral deste subsistema climático.

Ao comparar os registos de temperatura, mínima e máxima, em várias estações climatológicas, localizadas na proximidade da cidade do Porto, constatámos que os valores têm vindo a aumentar ao longo dos últimos vinte anos (1970-89), especialmente a partir de meados da década de 80.

Os valores **mais elevados das temperaturas mínimas** ocorreram **todos na década de 80**.

Durante os vinte anos analisados (1970-89), as únicas excepções foram o mês de Janeiro em 1974 no Porto-Serra do Pilar e em 1970 em Paços de Ferreira, e o mês de Junho em 1976 no Porto-Serra do Pilar. Nos restantes 57 casos os valores mais altos ocorreram sempre após 1980.

Só aos anos de **1988 e 1989** correspondem **45% dos valores mais elevados** da temperatura média mínima de cada série de 20 anos.

As temperaturas médias mínimas mais altas dos últimos 20 anos, nos meses de Maio, de Julho, e de Dezembro, em qualquer das estações, ocorreram em 1988 ou 1989. O mesmo sucedeu com as de Agosto em S.Gens, Boa Nova, e Paços de Ferreira, com as de Outubro na Boa Nova, em Pedras Rubras, no Porto-Serra do Pilar e Paços de Ferreira e com as de Janeiro em S.Gens, Boa Nova e Paços de Ferreira.

Curiosamente, foram as duas estações climatológicas que mais se distinguem do ponto de vista dos factores geográficos potencialmente condicionantes, Boa Nova e Paços de Ferreira, as que melhor evidenciaram o aumento das temperaturas mínimas nos dois últimos anos.

Este facto não se justifica por uma maior irregularidade nos últimos anos, já que as temperaturas mínimas mais baixas só em 7 dos 60 casos é que aconteceram após 1980.

A maioria das médias mensais mais baixas dos últimos 20 anos ocorreram entre 1970 e 1980. As únicas excepções foram os meses de Fevereiro e Maio de 1984 em S.Gens, Pedras Rubras e Paços de Ferreira, o

mês de Julho de 1982 e o mês de Agosto de 1985 em Pedras Rubras em que as mínimas mais baixas do período em análise ocorreram na década de 80.

Tudo parece, portanto, apontar para uma nova *ordem* nos valores extremos de temperatura mínima em todas as estações, adivinhando-se uma *tendência* para o aumento das temperaturas mínimas nos últimos anos.

Tal como havíamos constatado com as temperaturas médias mensais mínimas, também as **máximas mais elevadas ocorreram na década de 8 0** (51 casos num total de 60).

As 9 excepções em que a máxima mais alta dos últimos 20 anos (1970-89) não foi na década de 80 correspondem a Maio de 1970, no Porto-Serra do Pilar, em S.Gens e Pedras Rubras, a Fevereiro de 1971, em S.Gens e Porto-Serra do Pilar, a Agosto de 1975, em S.Gens, a Junho de 1976, em S.Gens e Paços de Ferreira, e a Janeiro de 1976, em Paços de Ferreira.

Dos 51 casos restantes em que as temperaturas médias mensais mais altas ocorreram na última década, **45% aconteceram em 1988 e 1989.** Foi o caso do mês de Julho e de Outubro em todas as estações climatológicas, o mês de Janeiro na Boa Nova, o mês de Fevereiro na Boa Nova, Pedras Rubras e Paços de Ferreira, o mês de Março em Pedras Rubras, os meses de Junho e Agosto na Boa Nova, o mês de Novembro em Pedras Rubras e o mês de Dezembro no Porto-Serra do Pilar.

Boa Nova foi a única que teve todos os valores mais altos na década de 80 e também a que assistiu, nos últimos dois anos, às temperaturas máximas mais elevadas durante maior número de meses (Janeiro, Fevereiro, Junho, Julho, Agosto e Outubro).

Uma vez mais, não parece lógico justificar esta tendência para o aumento de frequência de valores mais elevados nos últimos anos, exclusivamente com o argumento da variabilidade inerente a este elemento climático, já que, na maior parte das séries mensais (50 num total de 60), os valores mais baixos ocorreram antes da década de 80.

Se se tratasse, apenas, de uma maior irregularidade, esperaríamos, certamente, encontrar também na última década, um número significativo de valores menores dentro das médias mensais de temperatura máxima dos últimos 20 anos, o que de facto, não acontece.

A ordem de grandeza dos valores de temperatura registados no final da década de 80, não se destaca apenas no quadro dos últimos vinte anos, ela é também extraordinária à escala da série centenária, o que vem reforçar a fraca probabilidade deste *aquecimento* ser um fenómeno acidental resultante de mais uma das muitas irregularidades que tipificam este parâmetro climatológico.

A comparação das *Normais Climatológicas* de 1931-60, 1951-80 e 1960-89, com o *Calendário de Probabilidades* de temperatura, nesta região, à escala do século, e com as médias móveis, de 4 em 4 anos, efectuadas para as temperaturas médias mensais mínimas e máximas, revelaram que estes valores não foram nem casuais, nem aleatórios.

Recorde-se, por exemplo, que as temperaturas médias mínimas no período 1951-80 foram superiores às do período 1931-60, em Dezembro (+0.1°C), em Janeiro (+0.5°C), em Fevereiro (+0.5°C) e em Julho (+0.2°C).

As temperaturas médias máximas também foram superiores em 1951-80 nos meses de Dezembro (+0.1°C), de Janeiro (+0.2°C), de Maio (+0.4°C), de Julho (+0.1°C) e de Outubro (+0.2°C).

O aumento dos valores médios de temperatura mínima, detectável quando comparamos os períodos 1931-60 e 1951-80, é ainda muito maior quando estabelecemos a comparação imediatamente com 1960-89 (Fig.55).

Os incrementos, sobretudo nas temperaturas mínimas entre Setembro e Fevereiro e em Julho, são particularmente relevantes.

Fevereiro registou nos últimos 30 anos, temperaturas mínimas **0.8°C** superiores às verificadas durante 1931-60.

As temperaturas mínimas de **Outubro** foram, em média, superiores **0.6°C** às registadas durante 1931-60.

Em Setembro, Novembro, Dezembro, Janeiro e Julho as temperaturas mínimas foram também mais elevadas do que no período anterior.

Pelo contrário, **Março, Abril e Maio** têm vindo a assistir a uma **diminuição** das temperaturas mínimas durante os últimos anos, em Março, por exemplo, a diminuição rondou os **0.7°C**.

A mudança no ritmo térmico inter-estacional é particularmente evidente em Fevereiro e Março. Enquanto para Fevereiro se assistiu nos últimos 30 anos a um aumento das temperaturas mínimas de aproximadamente 0.8°C, em Março as temperaturas mínimas desceram cerca de 0.7°C, o que aproximou muito as temperaturas nos dois meses. A transição de um para outro mês, que se traduzia por um aumento médio de 2.5°C, passou a ser de apenas 1.0°C.

Parece, portanto, que para além do incremento nas temperaturas mínimas e máximas se tem vindo a assistir, nos últimos anos, a alterações no ritmo térmico estacional. O que vem dar suporte científico à ideia de "desaparecimento das estações de transição" que tão frequentemente nos foi mencionada durante o inquérito à perceptibilidade climática dos portuenses.

Este aumento das temperaturas médias mensais, mínimas e máximas, na região do Porto, coincidiu com incrementos nos totais de precipitação

acumulados na época mais pluviosa e com uma diminuição destes na época mais seca.

A tendência para um agudizar das situações extremas, que apontámos para a temperatura, parece também ser válida no caso da precipitação.

De facto, a precipitação total mensal tem vindo a aumentar nas últimas três décadas. Esta tendência crescente da precipitação, muito evidente em Fevereiro (+60 mm), estende-se a quase todos os meses do ano. Só Julho e Agosto é que totalizaram, em média, nos últimos 30 anos, menos precipitação do que no período 1931-60 .

Como se deduz, o aumento da precipitação nos últimos anos foi particularmente notório nos meses em que ela normalmente já ocorria com maior frequência e intensidade. Nos meses habitualmente mais secos do ano, pelo contrário, houve uma diminuição.

Apesar da grande variabilidade que caracteriza o comportamento deste elemento climático, mesmo na época do ano mais chuvosa, pareceu-nos mais uma vez possível pensar também aqui numa presumível alteração do ritmo da sua distribuição anual.

Ao procurarmos delimitar a escala espacial das relações de causalidade envolvidas directamente nesta manifestação de mudança climática, verificámos, por exemplo, que o ligeiro aquecimento das águas do mar próximo da linha de costa ao longo dos últimos 20 anos, especialmente nos meses de Inverno, não foi extensivo a outros pontos da superfície oceânica mais afastados.

Embora não possamos colocar inteiramente de lado a hipótese de já se estarem a manifestar, na temperatura da água do mar, os efeitos do *Aquecimento Global* , mencionados por outros autores para as nossas latitudes, o facto de não ter havido qualquer identidade de comportamento ao nível dos registos da temperatura das águas do mar num ponto de medição próximo da linha de costa e noutro mais afastado não contribui para a consolidar.

É talvez mais plausível acreditar que as causas que justificam os **incrementos sucessivos** a que se tem vindo a assistir nas temperaturas de Porto-Serra do Pilar se devam principalmente ao **agravamento do efeito de estufa local**, causado pelo fenómeno de urbanização acelerado que a área envolvente da estação tem vivido, especialmente nas duas últimas décadas.

Recorde-se que foi, precisamente, durante a década de 80 que a cidade do Porto foi alvo de uma considerável aceleração do ritmo de *crescimento económico*, sem precedentes até então. Esta intensificação do ritmo de crescimento económico traduziu-se, espacialmente, por uma maior pressão sobre o suporte ambiental, nomeadamente, ao nível do uso do solo e da modificação da composição química da camada gasosa.

A verificação da existência destas relações de dependência entre a intensidade a que se processam as diversas funções urbanas e a modificação do padrão térmico regional transpareceu, claramente, dos resultados das medições itinerantes que efectuámos e que nos permitiram definir ilha(s) de calor dentro da cidade do Porto.

Nem a diferenciação topográfica E-W, nem a presença próxima de dois importantes mosaicos de água (o mar e o rio Douro), nem, tão pouco, as repercussões em termos de diversidade de ocupação do espaço, inerentes aos seus mais de oito séculos de história, que fazem da cidade do Porto um espaço original e único, são suficientes para dissimular os impactes do metabolismo urbano portuense, pelo menos, ao nível do balanço energético.

A cidade do Porto apesar de consideravelmente afastada, do ponto de vista da combinação dos factores geográficos, do *modelo* que nos serviu de motivação inicial, e que nos fazia prever uma diferença máxima entre a temperatura na cidade e na periferia de 6.9°C não se revelou tão distante da realidade quanto poderíamos esperar, em face desta sua *especificidade* geográfica e funcional.

As diferenças altimétricas, a acção da brisa do mar, os efeitos climatológicos da presença próxima do rio Douro, a distribuição desigual, pela cidade, de espaços verdes com características diversas e as diferentes tipologias de ocupação do espaço urbano, contribuem para distorcer a forma da "ilha de calor" mas, raramente, a conseguem anular. Consoante o peso relativo que, momentaneamente, as características físico-químicas da massa de ar presente sobre a região, lhes permite ter, assim se vão evidenciando uns factores e anulando outros.

Ao observarmos que os registos de temperatura dentro dos limites administrativos da cidade do Porto foram frequentemente superiores aos registados, no mesmo momento, na estação de Porto-Serra do Pilar, vimos reforçada a tese que desde início defendemos sobre a estreita e forte relação de causalidade existente entre a **magnitude do fenómeno urbano** e os **excedentes energéticos** gerados. Tanto mais, que encontramos com frequência anomalias térmicas positivas para pontos de registo dentro da cidade, próximos e/ou com características muito semelhantes às de Porto-Serra do Pilar.

Esta relação de causa-efeito, entre o ritmo a que se desenrola o *modus vivendi* urbano portuense e o aumento da temperatura, ficou especialmente evidenciado na comparação que estabelecemos entre os registos semi-horários de temperatura na Av. da Liberdade e no Porto-Serra do Pilar durante o mês de Dezembro de 1990.

Recorde-se, a título meramente exemplificativo, que entre as 07h do dia 22 de Dezembro (sábado) e as 24h do dia 24 de Dezembro (segunda-feira), a temperatura aumentou ininterruptamente. Um comportamento absolutamente *anormal* da temperatura, só compreensível pelo facto de nesses 3 dias de Dezembro o centro da cidade ter visto prolongado o seu período de maior *vitalidade* pela noite dentro.

A facilidade e a expressividade com que emergem os impactes no balanço energético, provocados pela presença de outras fontes de calor e/ou pela maior capacidade de armazenamento e condução da energia, devidas ao rearranjo espacial, artificialmente produzido pelo Homem, levou-nos a procurar identificar as áreas onde estes impactes se manifestavam com maior nitidez.

Após cerca de 4 anos de experimentação, sob os mais diversos tipos de tempo, em diferentes épocas do ano e a várias horas do dia, concluímos que os postos da nossa rede de medições itinerantes de temperatura incluídos nos troços **Av.Aliados-Pç.República-R.Boavista** e **Marquês-Constituição-S.Roque** registaram, frequentemente, temperaturas superiores às verificadas nos restantes pontos disseminados pela cidade. O que nos levou a definir duas potenciais "ilhas de calor".

Estas duas "ilhas de calor" coincidem com o *centro* da cidade, do ponto de vista administrativo e funcional. A primeira, delimita a coalescência do *CBD* principal, localizado na Av. da Liberdade, com o *CBD secundário* em torno da rotunda da Boavista. A segunda, engloba os pontos mais utilizados da rede viária, de melhor acessibilidade à "Baixa", que serve a área E da cidade, para além de ser uma área onde a função residencial coexiste com um grande número de pequenas e médias indústrias.

As anomalias térmicas mais intensas ocorreram, especialmente, nos dias com grande estabilidade, fraco gradiente barométrico, vento fraco e calmas frequentes. Condições normalmente associadas à presença de situações anticiclónicas, mas que, como vimos, podem surgir sob a influência de situações depressionárias, quando o movimento ascendente do ar está condicionado pela presença, em altitude, de uma "gota fria", ou quando deriva de um forte aquecimento de base.

Na maioria dos dias com perturbações, centros depressionários e margens anticiclónicas, o que verificámos, com frequência, foi um *distúrbio* na capacidade explicativa dos dois factores geográficos considerados -a distância ao mar e a altitude.

Estes dois factores geográficos revelaram-se, todavia, determinantes para *explicar* o padrão térmico nocturno portuense, em dias sob a acção de massas de ar secas e muito quentes ou muito frias.

Recorde-se no entanto que a diversidade de padrões térmicos detectados sob a acção deste tipo de massas de ar incluiu até um exemplo em que sob a acção de um anticiclone atlântico misto estendido pela Europa, a cidade do Porto esteve mais fria do que a sua área envolvente (Fig.76 I, p.248).

É também de salientar que não houve uma particular intensificação da "ilha de calor" na época mais fria do ano. Tal não sucedeu, em nossa opinião, porque, por um lado, as amplitudes térmicas anuais são fracas, e, por outro, porque o estádio de desenvolvimento económico de Portugal não se compadece com o uso generalizado da variadíssima gama de equipamentos destinados a proporcionar *ambiências mais confortáveis* no interior dos edifícios.

Constatámos que consoante a vitalidade funcional de cada uma das diversas subáreas da cidade do Porto, variava a intensidade das anomalias térmicas positivas registadas. Estas anomalias térmicas positivas frequentes surgiram, inequivocamente, associadas às maiores densidades de ocupação do espaço, às áreas com maior tráfego, às que concentravam maior número de fontes de calor antrópico, etc..

Por tudo isto parece legítimo pensar que os *excedentes energéticos* que alimentam o subsistema climático portuense e justificam as anomalias térmicas positivas, particularmente significativas em alguns pontos da cidade, são devidos sobretudo à associação, nesses lugares, de tráfego intenso, grande compacidade do espaço construído e topografia acidentada.

Embora todos os argumentos favoreçam como hipótese explicativa mais plausível para estas manifestações de mudança climática o agravamento de efeito de estufa local promovido pela intensificação do fenómeno de urbanização portuense, as boas condições de dispersão e *limpeza da atmosfera,* típicas na região do Porto impediam-nos de prosseguir com esta explicação sem antes comprovar que existe uma deterioração da composição química da baixa atmosfera.

De facto, detectámos diversas sequências potencialmente perigosas, mesmo para curtos períodos de exposição, em Junho, Agosto, Setembro e Outubro de 1988 e em Julho de 1989. Em alguns destes exemplos, os elevados teores de SO_2 perpetuaram-se por cerca de 8 dias.

A selecção dos dias com maiores concentrações de SO_2 fez emergir dois grupos de postos diversos, quanto à época do ano em que ocorreram, preferencialmente, os dias mais poluídos. Os postos no exterior da cidade registaram, frequentemente, as maiores concentrações entre Junho e Outubro. Os postos no interior da cidade atingiram, ou ultrapassaram, o limite máximo admissível com maior frequência no período de Dezembro a Março.

Esta *complementariedade,* na época do ano, em que ocorreram as maiores concentrações de SO_2 em duas áreas geograficamente tão próximas só se compreende se admitirmos, simultaneamente, diversidade nos tipos de fontes e nas condições de dispersão da atmosfera à escala local

Sem ter a veleidade de pretender demonstrar, cabalmente, as relações de causalidade implicadas na manutenção de elevadas concentrações de SO_2 numa e noutra área, pareceu-nos que o conjunto de factos e/ou coincidências que fomos coligindo na nossa tentativa de compreensão dos mecanismos envolvidos neste fenómeno podem ajudar a clarificá-lo.

Primeiro, através da análise comparativa dos registos diários de alguns elementos climatológicos nos dias com maiores concentrações de SO_2, em cada um dos postos, definimos o que designamos por *perfil climatológico* dos dias mais poluídos.

Incluem-se neste *perfil climatológico* os dias com temperatura moderada, sem precipitação, com insolação relativa acima dos 50%, radiação solar elevada, nebulosidade média abaixo de 5/10, vento fraco e do quadrante predominante de ESE, para os postos no centro da cidade, e de ESE ou NNW para os postos no exterior da cidade.

Depois, demonstrámos estatisticamente que, enquanto nos postos da periferia da cidade, os dias mais poluídos ocorreram, preferencialmente, na presença do Anticiclone Atlântico Subtropical, nos postos localizados no interior da cidade, embora tenham predominado sob a acção de situações anticiclónicas, não surgiram em presença de nenhum subtipo em particular.

Verificámos ainda, que o tipo de fontes potencialmente fornecedoras de SO_2, no exterior e no interior da cidade são muito diversas, quer quanto às quantidades emitidas, quer quanto à sua distribuição no espaço.

Da conjugação deste conjunto de factos foi possível, ainda que controverso, sugerir algumas hipóteses explicativas para a diversidade de causas que condicionam a acumulação de SO_2 nos postos localizados no interior e no exterior da cidade do Porto.

Pareceu-nos que a predominância das maiores concentrações de SO_2 durante o período de Junho a Outubro, nos postos exteriores à cidade, pode justificar-se pela presença frequente, nesta época do ano, do Anticiclone Atlântico Subtropical ao qual está, normalmente, associada uma inversão térmica baixa. As excelentes condições de estabilidade atmosférica, reforçadas pela inversão, contribuem decisivamente para dificultar a dispersão do SO_2 libertado nesta área, principalmente pela Refinaria da Petrogal. Apesar dos rumos predominantes nesta área serem de NW, a fraca velocidade do vento não permite que os poluentes libertados, nesta área, se afastem das fontes

emissoras. Daí, talvez, o não afectarem a cidade do Porto, pelo menos a sua metade sul, que lhes ficaria no percurso.

No Inverno, embora o contributo da principal fonte emissora, em princípio, não seja diferente, o facto da circulação do ar se fazer, em toda esta área, do quadrante de E, ajuda-nos a comprender, parcialmente, a menor ocorrência de elevadas concentrações de SO_2. Os efluentes libertados tenderão a ser conduzidos para W da linha de costa, mantendo-se ou precipitando-se no oceano.

Na cidade, o número e o tipo de fontes emissoras de SO_2 é muito diverso. Embora emitam, individualmente, quantidades muito menores de SO_2, as potenciais fontes de SO_2 na área urbana, devido à sua grande dispersão, particularmente na metade oriental da cidade, dificultam, substancialmente, a detecção das relações de causa-efeito que procuramos. Tanto mais que a esta grande disseminação das fontes, em termos espaciais, associam-se as condicionantes impostas pela diferenciação topográfica e pela grande e complexa multiplicidade de microclimas gerados no interior da cidade.

A importância de factores de índole local está, aliás, bem patente na grande variabilidade de situações sinópticas presentes nos dias com elevadas concentrações de SO_2 nos postos do centro da cidade.

Todavia, o facto de constatarmos que o quadrante predominante do vento, em qualquer das estações climatológicas, no período de Dezembro a Março, é de E, exclui a hipótese do SO_2 acumulado sobre a atmosfera portuense ser proveniente do pólo industrial a NW da cidade e leva-nos a deduzir que as elevadas concentrações de SO_2 registadas, nesta época do ano, no interior da cidade, têm origem dentro da própria cidade.

Os ventos provenientes do quadrante de E podem acumular grandes quantidades de poluentes, uma vez que atravessam toda a área oriental da cidade, onde se localiza o maior número de indústrias, potencialmente poluentes. Isto, associado à subsidência mecânica provocada pelo facto de passarem da área mais alta da cidade para superfícies menos elevadas, pode justificar algumas das elevadas concentrações de SO_2 registadas nos postos do centro da cidade.

No Verão, os ventos predominantes dos quadrantes W e NW podem funcionar como eficazes agentes de *limpeza da atmosfera* portuense, ao transportarem para fora dos limites da cidade o SO_2 nela emitido. As superfícies mais elevadas, na metade oriental da cidade, passam agora a contribuir para promover a ascensão mecânica do ar proveniente de W e a sua eventual dispersão.

Sabendo, no entanto, que nos meios urbanos, e em particular no portuense, pela grande compacidade do espaço construído, é muito difícil

existirem, em qualquer época do ano, boas condições de ventilação do ar e espessas camadas de mistura, essenciais para uma eficaz *limpeza da atmosfera,* não se compreenderia o porquê da predominância dos episódios de maior poluição numa determinada época do ano.

Acontece, porém, que é, precisamente, entre Dezembro e Março, que surgem com maior frequência sobre a nossa área, inversões térmicas baixas promotoras de uma diminuição acrescida da espessura da camada de mistura.

Poder-se-á, então, pensar que na cidade os picos de poluição, para além de traduzirem a poluição gerada na própria cidade, só se evidenciam quando, aos factores climáticos de índole local, se vêm acumular outras condicionantes ligadas à estrutura vertical da atmosfera, nomeadamente a presença de inversões térmicas baixas.

Este comprovado estado de degradação progressiva e já preocupante da qualidade do ar sobre a região portuense veio, quanto a nós, reforçar definitivamente o argumento em favor da escala regional destas modificações no balanço energético ao demonstrar que, apesar das boas condições de dispersão atmosférica que caracterizam esta região, **o efeito de estufa local tem vindo a aumentar** sobretudo à custa das *excreções* para a atmosfera emitidas pelo *metabolismo urbano.*

Depois de evidenciada a magnitude e a intensidade dos impactes provocados pelo homem numa das componentes do ecossistema urbano restava-nos a tarefa de demonstrar como este, por seu lado, cada vez lhe é mais hostil.

Foi exactamente o que tentámos fazer quando procurámos relacionar os resultados das modificações detectadas em alguns parâmetros climatológicos e da degradação de qualidade do ar na região do Porto com o agravamento de determinadas patologias.

Tanto as crises de asma, como as crises de bronquite, desenvolveram-se e agravaram-se nas crianças com menos de 10 anos, nos dias com temperatura média, mínima e máxima e a insolação relativa foram mais elevadas do que a média da totalidade do período considerado (1/4/87 a 31/3/91). A maioria dos 494 casos de asma e dos 96 casos de bronquite detectados, ocorreram nos meses de Inverno, precisamente nos dias em que a temperatura foi ligeiramente acima da média mensal.

Ao constatarmos, durante a análise efectuada que existe uma coincidência entre o período em que se verificou o maior número de agravamento das crises asmáticas quer com a época do ano em que detectámos um aumento nos picos de poluição dos postos localizados no

interior da cidade, quer com época do ano em que a "Ilha de Calor" se intensifica, mais não pretendemos do que sugerir um dos muitos exemplos possíveis da nossa débil capacidade de adaptação fisiológica a ligeiras *nuances* no Ecossistema em que nos integramos.

Acreditando na relevância deste exemplo e tendo em conta o papel determinante atribuído no futuro às cidades, novamente como motor de desenvolvimento regional, mas agora, sobretudo, à custa da sua *imagem* e da *qualidade de vida* e *bem-estar* que forem capazes de propiciar, não pudemos deixar de criticar, a título de exemplo, algumas das acções de planeamento previstas no *Plano Geral de Urbanização*, cujos efeitos pretendidos poderão não vir a ser alcançados na sua totalidade, exclusivamente, pela ausência, na sua fase de concepção destas e doutras componentes ambientais.

O conhecimento dos *diversos padrões térmicos urbanos* durante a fase de diagnóstico do P.G.U. teria alertado por exemplo os decisores para a importância de condicionar, para além das volumetrias, os materiais de construção e as cores das fachadas, em determinadas áreas da cidade.

A devida valorização da importância da diferenciação topográfica NNE-SSW associada à grande frequência, nesta área, dos ventos do quadrante E, para promover a degradação da qualidade do ar nas áreas centrais da cidade, à custa de *inputs* gerados na área oriental da cidade, poderia, por exemplo, levar os decisores a imaginar a ordem de grandeza dos impactes, provocados pelo aumento do número de emissões ao longo da nova via de cintura interna, na qualidade do ar do núcleo central da cidade que esta infra-estrutura pretende *protege.*

Se é certo que compreendemos, agora, um pouco melhor o modo de funcionamento do ecossistema urbano portuense e, sobretudo, nos surpreendemos com a magnitude dos impactes detectados no balanço energético e traduzidos pela intensidade da(s) "ilha(s) de calor", numa conjuntura geográfica onde todos os factores contribuem para a sua *diluição*, muitas dúvidas e incertezas permanecem.

Dos vários percursos que ao longo deste trabalho ficaram por explorar gostaríamos de trilhar num futuro próximo pelo menos, alguns deles.

Primeiro, é imperioso confirmar, com outros recursos técnicos e humanos os padrões térmicos urbanos pré-definidos neste trabalho. Adensar a rede de postos itinerantes, e complementar esta informação com alguns postos de registo fixos dentro e fora das duas áreas com maiores e mais frequentes anomalias térmicas positivas.

Depois, e em simultâneo, é indispensável procurar motivar os responsáveis pela monitorização da qualidade do ar na cidade do Porto a multiplicar a rede de postos dentro da cidade e a diversificar o tipo de poluentes analisados.

Se a par desta melhoria na qualidade e quantidade de informação, ao nível dos parâmetros climatológicos e da qualidade do ar, formos capazes de dissecar e conhecer mais pormenorizadamente o triângulo Clima-Poluição-Saúde, poderemos, então sim, prosseguir com mais eficácia na nossa intenção de participar na definição das estratégias de ordenamento do espaço urbano portuense futuro, mais aprazível e equilibrado.

XI- BIBLIOGRAFIA

ABARBANEL, H.D.I., "Prediction in chaotic nonlinear systems: time series analysis for aperiodic evolution", Global Climate and Ecosystem Change, NATO ASI Series, MacDONALD, G., SERTORIO, L. (ed), vol. 240, Plenum Press, New York, 1989, p.185-238.

ABLER,R., ADAMS,J.S., GOULD,P., Spatial Organization - the geographer's view of the world, Prentice/Hall International Editions, London, 1971.

ACKERMAN,B., "Temporal March of the Chicago heat island", Journal of climate and applied meteorology, vol.24, 1985, p.547-553.

ADEBAYO, Y.R., "A note on the effect of urbanization on temperature in Ibadan", Journal of climatology, vol.7, Department of geography, University of Sheffield, P.A.Smithson(ed.), 1987, p.185-192.

AHRENS, C.D., "Meteorology today: an introduction to weather, climate, and the environment", Bulletin of the American Meteorological Society, vol.73, May, 1992, p.665.

AL-ALI, JASEN M.A., Lead in soil and grass along Manchester arterial roads, MSc Thesis, unpublished, Geography Department, Manchester, 1990.

AL-JERASH, M.A., "Climatic subdivisions in Saudi Arabia: an application of principal component analysis", Journal of climatology, vol.5, Department of geography, University of Sheffield, P.A.Smithson(ed.), 1985, p.307-323.

ALBISTUR, JAVIER, " Cambios a introducir para potenciar la ciudade como factor de desarrollo", Las grandes ciudades: debates y propuestas, RODRÍGUEZ, J. et al.(ed.),Economistas Libros, Madrid, 1991, p.479-488.

ALBUQUERQUE, J. PINA MANIQUE, "Correlação pluviométrica entre precipitação e frequência no litoral da Península ", Agronomia Lusitana, nº3, Sacavém, 1960.

ALCOFORADO, M.J., "Representação cartográfica das árvores deformadas, ventos dominantes em torno da Serra de Sintra", Finisterra, vol.XIX, nº38, CEG, Lisboa, 1984, p.137-169.

ALCOFORADO, Mª J., "Reflexões metodológicas em climatologia regional e local (aspectos térmicos), Finisterra, vol. XIII, nº25, CEG, Lisboa, 1978, p.108-120.

ALCOFORADO, Mª J., Os ventos dominantes em torno da Serra Sintra - a deformação das árvores, CEG, Lisboa, 1984.

ALCOFORADO, MªJ., "Brisas estivais do Tejo e do Oceno na região de Lisboa", Finisterra, vol. XXII, nº43, Lisboa, 1987, p.71-112.

ALCOFORADO, MªJ., "Calendários de probabilidade da temperatura em Portugal", Finisterra, vol. XXII, nº43, Lisboa, 1987, p.213-225.

ALCOFORADO, Mª.J., O clima da região de Lisboa. Vento, insolação e temperatura, FLUL, Lisboa, polic., 1988.

ALCOFORADO, MªJ., "Représentativité temporelle des mesures itinérantes. Exemple de Lisbonne", Publications de l'Association International de Climatologie, vol. 3, Pavia, 1989, p.69-74.

ALCOFORADO, MªJ., "Influence de l'advection sur les champs thermiques urbains à Lisbonne", Publications de l'Association International de Climatologie, vol. 4, Fribourg, 1991, p.29-35.

ARAÚJO, MARIA ASSUNÇÃO F.P., "Acerca dos terraços do litoral das proximidades do Porto", Livro de Homenagem a O.Ribeiro, Lisboa, CEG, 1984, p.347-355.

ARAÚJO, MARIA ASSUNÇÃO F.P., Linhas gerais duma nova metodologia do estudo do litoral.Exemplo da plataforma litoral da região do Porto", Revista da Faculdade de Letras - Geografia, 1ª série, Vol.I, Porto, p.75-85.

ARAÚJO, MARIA ASSUNÇÃO F.P., Evolução geomorfológica da plataforma litoral da região do Porto, FLUP, Porto, polic., 1991.

ARLÉRY,R., GRISOLLET,H., GUILMET,B., Climatologie-méthodes et pratiques, vol, Gauthiers-Villars Éditeur, Paris, 1973.

ARYA, S.P., Introduction to micrometeorology, Academic Press Inc., London, 1988.

ATKINSON, B.W., "The reality of the urban effect on precipitation a case study approach", WMO Technical Note, 108, World Meteorological Organization, Geneva, 1970, p.344-362.

ATKINSON, B.W., The urban atmosphere, Cambrigde University Press, Cambridge, 1985.

ATWATER, MARSHALL, "Thermal changes induced by urbanization and pollutants", Journal of applied meteorology, vol.14, 1975, p.1061.

ATWATER, MARSHALL, "Urbanization and pollutants effects on the thermal structure in four climatic regions", Journal of applied meteorology, vol.16, 1977, p.888-895.

AUSUBEL, J.H., MAUNDER, W.J. , "Identifying climate sensitivity", Climate Impact Assessment, KATES, R.W., AUSUBEL, J.H., BERBERIAN, M. (ed.), John Wiley & Sons, Series Scope, Chichester, 1986, p.85-105.

AZEVEDO, ANTHIMIO J., "O crescimento urbano e a influência no clima local", Boletim Informativo INMG, 59, INMG, Lisboa.

BACH, WILFRID, Our threatened climate - ways of averting the CO2 problem through rational energy use, D.Riedel Publishing Company, Dordrecht, Holland, 1984.

BACHELARD, G., La formation de l'esprit scientifique, Vrin, Paris, 1957.

BAIK, JONG-JIN, "Response of a stably stratified atmosphere to low-level heating - an application to the heat island problem", Journal of Applied Meteorology, vol. 31, March 92, p.291-303.

BALLING, R.C., CERVENY, R.S., "Long-term associations between wind speeds and the urban heat island of Phoenix, Arizona", Journal of Climate and Applied Meteorology, vol. 26, Jun 87, p.712-716.

BANSAL, A.K., "The behaviour of bayes decision for normal mean under nonstandard prior:unknown precision", Statistical, climatology, developments in atmospheric science, 13, S.Ikeda et al. (ed.), Elsevier scientific publishing Company, 1980.

BARDESCHI, A., et al., "Analysis of the impact on air quality of motor vehicle traffic in the Milan urban area", Atmospheric Environment, vol.25-B, nº3, 1991, p.415-428.

BARRÈRE, P., CASSOU-MOUNAT, M., Le document géographique, Masson &CIE, Paris VI, 1972.

BARRETT, E.C., A study of rainfall variations in the Macclesfield- Preston region from 1890-1959 , Univ. Sheffield- Msc Thesis, 1962.

BARRETT, E.C., "Regional variations of rainfall trends in Northern England, 1900-59", Institute of British Geographers, London, 1966.

BASTO, A.M., O Porto, Livraria Bertrand, Lisboa, s/data.

BATTERMAN, S.A., "Optimal estimators for ambient air quality levels", Atmospheric Environment, Part A, vol. 26- A, Nº1, 1992, p.113-123.

BEAUJEU-GARNIER,J, La géographie- méthodes et perspectives, Masson & Cie, Paris, 1971.

BENEVOLO, LEONARDO, The History of the city, Scholar Press, London, 1980.

BENNET, R.J., CHORLEY, R.J., Environmental systems: philosophy, analysis and control, Methuen, London, 1978.

BENNET, R., ESTALL, R. (ed.), Global Change and Challenge - geography for thr 1990s, Routledge, London, 1991.

BENNETT, M., SAAB, A.E., "Modelling of the urban heat island and of its interaction with pollutant dispersal", Atmospheric Environment, vol. 17, nº9, 1983, p.1855-1856.

BERGER, A., DICKINSON, R.E., KIDSON, J.W., (ed.), Understanding Climate Change, Washington D.C., American Geophysical Union, 1989.

BERGER, W.H., LABEYRIE, L.D., (ed.), Abrupt Climatic Change - evidence and implications, NATO ASI Series, vol. 216, Plenum Press, New York, 1985.

BERGSTEN, E.K., "Some characteristics of the dispersion of the annual precipitation in Sweden during the period 1881-1970", Lund Studies in geography, ser. A, Physical geography, nº1, Lund, 1950.

BESLEAGA, NICOLAS, La secheresse en France: 1976-1990, Meteo-France, 1990.

BESLEAGA, NICOLAS, Vagues de froid sur la france et les pays voisins, Meteo-France, 1991.

BETTENCOURT, M.L., "A meteorologia ao serviço da viticultura", Boletim Informativo INMG, vol.3, nº3 e 4, INMG, Lisboa, 1980.

BETTENCOURT, M.L., "A previsão do tempo e a agricultura", Boletim Informativo INMG, vol.3, nº3 e 4, INMG, Lisboa, 1980.

BETTENCOURT, M.L., "O verão em Portugal Continental", Boletim Informativo INMG, vol.3, nº1 e 2, INMG, Lisboa, 1980.

BIGG,G.R., "Micrometeorology of a Moorland Lake", Weather, vol.43, nº6, Published by the Royal Meteorological Society, 1988.

BILLET,J., JAIL,M., "Caractéristiques climatiques et developpement urbain: l'exemple de la cuvette grenobloise", Revue de geographie Alpine, Grenoble, 60, 1972, p.253-259.

BIRD, E.C.F., "Physiographic indications of sea-level rise", Greenhouse, Planning for Climate Change, CSIRO - Division of Atmospheric Research, PEARMAN, G.I., (ed.),Melbourne, Australia, 1989, p.60-73.

BIROT,P., Portugal, Colecção Horizonte, 31, Livros Horizonte, Lisboa, s/d.

BITAN, ARIEH, "The high climatic quality city of the future", Atmospheric Environment, Part B, vol. 26- B, Sept.92, p.313-329.

BIZJAK, M., et al., "Spatial and temporal variations of aerosol sulfate and trace elements in a source dominated urban environment", Atmospheric Environment, vol. 22, nº 12, 1988, p.2851-2862.

BLECKERT, H., A geografia económica marxista, Iniciativas Editoriais, col. séc. XX/XXI, Lisboa, 1977.

BOLEA, M.T.E., Las evaluaciones de impacto ambiental, CIFCA, MADRID, 1980.

BOLEA, MªTERESA ESTEVAN, Impacto ambiental de centrales nucleares, CIFCA-Centro Internacional de Formação en Ciencias Ambientales, Madrid, 1976.

BONNER, FRANK W., BRIDGES, JAMES W., "Toxicological properties of trace elements", Trace Elements in health, Butterworth & Co, London, 1983, p. 1-16.

BORGES, F.S., MARQUES, M., NORONHA, F., "Excursão geológica no Complexo Gnaissico da Foz do Douro", IX Reunião de Geologia do Oeste Peninsular (Livro-Guia das Excursões a realizar em Portugal), F.C.U.P., Porto, 1985, polic.

BORNSTEIN, R., "The two dimensional URBMET urban boundary layer model", Journal of Applied Meteorology, vol.14, nº8, American Meteorological Society, 1975, p.1459-1477.

BORNSTEIN, R. et al., "Application of linked three-dimensional PBL and dispersion models to New York city", Air pollution modeling and its application, Wispelaere et al, 1986

BORNSTEIN, R., FONTANA P.H., THOMPSON W.T., "Frictional retardation of sea breeze front penetration in the New York City and its implications for pollutant distribution", WMO Symposium on Boundary Layer Physics Applied to Specific Problems of Air Pollution, Norrköping, 1978.

BORNSTEIN, R., GAFFEN, D.J. "Observations of three-dimensional SO2 distributions in an urban coastal environment", Fourth Joint Conference on Applications of Air Pollution Meteorology, Portland, 1984.

BORNSTEIN, R., JOHNSON,D.S., "Urban-rural wind velocity differences", Atmospheric Environment, vol.11, Pergamon Press, 1977, p.597-604.

BORNSTEIN, R., KLOTZ S., "Simulations of the coastal urban boundary layer over NYC using a three-dimensional higher order turbulence closure model", AMS Conference on turbulence and diffusion, Boulder, Colorado, 1985.

BORNSTEIN, R., RUNCA,ELI, "Preliminary investigations of SO2 patterns in Venice, Italy using linked PBL and K-models, including removal processes", Joint Conference on Applications of Air Pollution Meteorology, Salt Lake City, Utah, 1977.

BOWEN, MICHAEL (COLL.), "Air pollution", Environmental science & technology, vol. 3-6, ACS Reprint Collection, Washington D.C., 1973.

BOWLER, P.J., The Environmental Sciences, Fontana Press, London, 1992.

BOWONDER, B., "Environmental problems in developing countries", Progress in physical geography, vol.11,nº2, Edward Arnold, 1987.

BOYDEN, S., MILLAR, S., NEWCOMBE, K., O'NEILL, B., The ecology of a city and its people, Australian University Press, Camberra, 1981.

BRÁZDIL,R., SAMAJ,F., VALOVIC,S., "Variation of spatial annual precipitation sums in central europe in the period 1881-1980", Journal of climatology, vol.5, Sheffield, 1985, p.617-631.

BREWER, G.D., "Methods for synthesis:policy exercises", Sustainable development of Biosphere, W.C.CLARK, MUNN,R.E. (ed.), IIASA, Cambridge University Press, Cambridge, 1986, p.455-477.

BROOKS, H., "The typology of surprises in technology, institutions and development", Sustainable development of Biosphere, W.C.CLARK, MUNN,R.E. (ed.), IIASA, Cambridge University Press, Cambridge, 1986, p.325-348.

BRYANT, E., "Sea-level variability and its impact within the greenhouse scenario", Greenhouse, Planning for Climate Change, CSIRO - Division of Atmospheric Research, PEARMAN, G.I., (ed.),Melbourne, Australia, 1989, p.135-147.

BRYCE-SMITH, D., STEPHENS, R., "Sources and effects of environmental lead", Trace elements in Health, Butterworth &Co, London, 1983, p.83-117.

BRYSON, R.A., MURRAY,T.J., Climates of hunger, Wisconsin University Press, Wisconsin, 1977.

BRYSON, R.A., "Civilisation and rapid climatic change", Environmental Conservation, vol.15, nº1, 1988, p.7-15.

BRYSON, R.A., "Late Quaternary volcanic modulation of Milankovitch climate forcing", Theoretical and Applied Climatology, nº39, Springer-Verlag, 1989, p.115-125.

BRYSON, R.A., "Modelling the NW India monsoon for the last 40000 years", Climate Dynamics, nº3, Springer-Verlag, 1989, p.169-177.

BRYSON, R.A., GOODMAN,B.M., "Milankovitch and global ice volume simulation", Theoretical and Applied Climatology, nº37, Springer-Verlag, 1986, p.22-28.

BRUGMANN, JEB, "Global environmental response through a local ecosystems management network", Ekistics - The problems and science of human settlements, vol. 59, nº 352/353, 1992, Atenas, p. 78-83.

BUDYKO, M.I., Climate and life, DAVID H. MILLER (ed.), Academic Press, New York, 1974.

BUNYARD, P., GOLDSMITH, EDWARD, Gaia and evolution, Proceedings of the Second Annual Camelford Conference on the Implications of the Gaia Thesis, Abbey Press, Camelford, Cornwall, 1989.

BUISHAND, T.A., "Urbanization and changes in precipitation, a statistical approach", Journal of hydrology, 40, 1979, p.365-375.

BUTLER, J., Air pollution chemistry, Academic Press, London, 1979.

BUTLIN, R.N., et al., "Preliminary results from the analysis of metal samples from the national materials exposure programme", Atmospheric Environment, vol.26-B, nº2, 1992, p.199-206.

BUTTEL, F.H., HAWKINS, A.P., POWER, A.G., "From limits to growth to global change", Global Environmental Change, vol.1, nº1, December, Butterworth-Heinemann Ltd, 1990, p.57-66.

BUTZER, K.W., "Accelerated soil erosion: a problem of man-land relationships", Perspectives on environment, Association of American Geographers, public.nº13, Washington, 1974.

CABRAL, J., RIBEIRO, A., Carta neotectónica de Portugal de escala 1:1000000 (nota explicativa), Serv. Geol. de Portugal, Lisboa, 1989.

CALVET, C., "Les mesures météorologie en milieu urbain", Physio-Géo, nº16, Paris, 1986, p.11-16.

CÂMARA MUNICIPAL DO PORTO, Plano Geral de Urbanização, Porto, 1983.

CAMPAR, A., " O concelho de Anadia do Cértima ao rebordo montanhoso- um contributo da geografia física para o urbanismo", Cadernos de Geografia, nº7, IEG, Coimbra, 1988.

CAMPOS, EZEQUIEL, Plano da cidade do Porto - Prólogo, CMP, Porto, 1932.

CAMUFFO, D., "Acid rain and deterioration of monuments: how old is the phenomenon?", Atmospheric Environment, vol.26-B, nº2, 1992, p.241-247.

CAPDEVILA, M.B., "Problemática actual de los estudios de paisaje integrado", Revista de Geografia, vol.XV, Barcelona, 1981, p.45-68.

CAPEL, H., URTEAGA, L., Las nuevas geografias, Aula Abierta Salvat, Barcelona, 1984.

CAPEL, HORACIO, Filosofía y ciencia en la geografía contemporánea- una introducción a la geografia, Barcanova-temas universitários, Barcelona, 1983.

CARDOSO, ABÍLIO S., Área metropolitana do Porto: que futuro? Comissão de Coordenação da Região Norte, Série Perspectivas nº 3, Porto, 1990.

CARDOSO, ABÍLIO S., De ponte a ponte: o processo de urbanização da Área Metropolitana do Porto desde os anos cinquenta Comissão de Coordenação da Região Norte, Série Perspectivas nº 4, Porto, 1990.

CARLSSON, JAN O., "Políticas de medio ambiente europeas", , Las grandes ciudades en la decada de los noventa, BORJA, JORDI et al. (ed.), Editorial Sistema, Madrid, 1990, p.371-388.

CARMICHAEL, GREGORY R., PETERS, LEONARD, K., "Some aspects of SO2 absorption by water-generalized treatment", Atmospheric Environment, vol.13, Pergamon Press, Great Britain, 1979, p.1505-1513.

CASTELLS, MANUEL, "Estrategias de desarrollo metropolitano en las grandes ciudades españolas : la articulación entre crecimiento económico y calidade de vida", Las grandes ciudades en la decada de los noventa, BORJA, JORDI et al. (ed.), Editorial Sistema, Madrid, 1990, p.17-64.

CASTRO,J., Geopolítica da fome, Brasília Editora, Lisboa, 1974.

CENTRE FOR URBAN ECOLOGY (CUE), The urban environment - a source book for the 1990s, CUE, Birmingham, 1990.

CERVENY, R.S., BALLING, R.C., "Constable: a simple one dimensional climate model for climatologists in geography", Professional geographer, 36(2), Association of American geographers, New York, 1984, p.188-196.

C.C.E., Livro Verde sobre o Ambiente Urbano, Direcção-Geral do Ambiente, Segurança Nuclear e Protecção Civil, Bruxelas, 1991.

C.G.A. da área do Porto- gab. técnico, A qualidade do ar na área do Porto em 1986/87- sua evolução desde 1968, CCRN, Porto, 1988.

C.G.A. da área do Porto- gab. técnico, A qualidade do ar na área do Porto em 1987/88- sua evolução desde 1968, CCRN, Porto, 1989.

C.G.A. da área do Porto- gab. técnico, A qualidade do ar na área do Porto em 1988/89- a sua evolução desde 1986, CCRN, Porto, 1989.

CHAMPALIMAUD, CARLOS BARREIROS MONTEZ, "Febre tifóide" in Monografias do Porto - Foz do Douro, Porto, 1901.

CHANDLER, T.J., Urban climatology - inventory and prospect (an introductory lecture), separata do original, Biblioteca do Departamento de Geografia da Universidade de Manchester, s/data.

CHANDLER, T.J., "London climatological survey", Int. J. Air Wat. Poll., vol.7, Pergamon Press, Great Britain, 1963, p.959-961.

CHANDLER, T.J., The climate of London, Hutchinson of London, London, 1965.

CHANDLER, T.J., "Absolute and relative humidities in towns", Bull. of the American Meteorological Society, nº 48, USA, 1967, p.394-399.

CHANDLER, T.J., The management of climatic resources, (an inaugural lecture delivered at University College London), H.K.Lewis & Co, London, 1970.

CHANDLER, T.J., "Urban climatology and it's relevance to urban design", WMO Technical Note nº 149, Genéve, 1976.

CHANDLER, T.J., "The Royal Commission on Environmental Pollution and the control of air pollution in Great Britain", AREA, vol.8, nº2, Institute of British Geographers, 1976, p.87-92.

CHANDLER, T.J., "Urban climates and the natural environment", Int.J.Biometeor., vol.20, nº2, 1976, p.128-138.

CHANG, T.Y., NORBECK, J.M., WEINSTOCK, B., "Ambient temperature effect on urban CO air quality", Atmospheric Environment, vol.14, Pergamon Press, Great Britain, 1980, p.603-608.

CHANGNON, S.A., "The La Porte anomaly - fact or fiction?", Bull.Amer.Met.Soc., 49, 1968, p.4-11.

CHANGNON, S.A., "Recent studies of urban effects on precipitation in the United States", WMO Technical Note, 108, World Meteorological Organization, Geneva, 1970, p.327-343.

CHANGNON, S.A., "Atmospheric alterations from man-made biospheric changes", Modifying the weather: a social assessment, W.R.D.SEWELL (ed.), Univ.Victoria, Adelaide, 1973, p.135-184.

CHANGNON, S.A., "Urban effects on severe local storms at St.Louis", J.App.Meteor., 17, 1978, p.578-586.

CHANGNON, S.A., "More on the La Porte anomaly: a review", Bull.Amer.Met.Soc., 61, 1980, p.702-711.

CHANGNON, S.A., "Inadvertent weather modification in urban areas: lessons for global climate change", Bulletin of the American Meteorological Society, vol.73, May 92, p.619-627.

CHANGNON, S.A., Jr. HUFF, F.A., SEMONIN, R.G., "Metromex . An investigation of inadvertent weather modification", Bull.Amer.Met.Soc., 52, 1971, p.958-967.

CHAUBEY, Y.P., "Testing homogeneity of variance of a series of linear models", Statistical, climatology, developments in atmospheric science, 13, S.Ikeda et al. (ed.), Elsevier Scientific Publishing Company, 1980.

CHORLEY, R.J., BARRY, R.G., Atmósfera tiempo y clima, segunda ed., Omega SA, Barcelona, 1978.

CLARK, E.C., BORNSTEIN,R., TAM,Y.T., "Current and potential anthropogenic moisture effects on the New York City Planetary Boundary Layer", JAPCA, vol.35, nº 8, 1985, p.831-835.

CLAVAL, P., A nova geografia, Livraria Almedina, Coimbra, 1978.

CLAVER FARIAS, I. (coord), Guia para la elaboracion de estudios del medio fisico : contenido y metodologia, 2ed., Min. Obras Publicas y Urbanismo, Madrid, 1984.

CLOZIER, R., Histoire de la géographie, Que sais-je, PUF, Paris V, 1972.

COELHO, A.G., "Análise cartográfica da estabilidade de taludes para o planeamento urbano", Geotecnia-Revista da Sociedade Portuguesa de Geotecnia , nº26, Lisboa, 1979.

COELHO, JOAQUIM GUILHERME GOMES, Da importância dos estudos meteorológicos para a medicina, Porto, 1861.

COHMAP MEMBERS, "Climatic changes of the last 18000 years: observations and model simulations", Science, vol.241, American Association for the Advancement of Science, 1988, p.1043-1052.

COLE, D.A., McLAREN, N.E., "Planning systems and the greenhouse effect", Greenhouse, Planning for Climate Change, CSIRO - Division of Atmospheric Research, PEARMAN, G.I., (ed.),Melbourne, Australia, 1989, p.680-693.

CORTESE, A.D., "Clearing the air (sources of outdoor contamination)", Environmental Science & Technology, vol. 24, Apr. 90, p. 442-444.

COSTA, C., TEIXEIRA, C., Carta Geológica de Portugal. Notícia Explicativa da folha 9-C (Porto), Lisboa, 1957.

CREUTIN, J.D., OBLED,C., "Objective analysis and mapping techniques for rainfall fields: an objective comparison", Water resources research, vol.18, nº2, American Geophysical Union, 1982, p.413-431.

CUNHA, LÚCIO, "Tipos de tempo no Norte e Centro de Portugal", Biblos, LIX, Coimbra, 1983, p.161-182.

CUNHA, O.S., RAMOS, F.A.O., Iniciação á estatística, - vol. I , Economia e Empresa/3, Figueirinhas, Porto, s/data.

CUNHA, O.S., RAMOS, F.A.O., Iniciação á estatística, - vol. II , Economia e Empresa/3, Figueirinhas, Porto, s/data.

DAGNELIE, P., Estatística-teoria e métodos- 2º volume, Publicações Europa-América- Biblioteca Universitária, Lisboa, 1973.

DAILY, G.C., EHRLICH, P.R., "An exploratory model of the impact of rapid climate change on the world food situation", Simulation, vol. 59, Nov.92, p.348-351.

DAJOZ, ROGER, Ecologia Geral, 4ª ed., Vozes, Petrópolis, 1983.

DANSEREAU, P. (ed.), Challenge for survival, land, air, and water for man in megalopolis, Columbia University Press, New York, 1970.

DARMSTADTER, J., "Energy patterns- in retrospect and prospect", Sustainable development of Biosphere, W.C.CLARK, MUNN,R.E. (ed.), IIASA, Cambridge University Press, Cambridge, 1986, p.140-168.

DARWIN, C.G., "The time scale in human affairs", Man's role in changing the face of the earth, THOMAS, W.L.(ed.), The University of Chicago Press, Ltd., London, 1970, p.963-970.

DAUPHINÉ, A., "L'analyse factorielle: ses contraintes mathématiques et ses limites en géographie", L'Espace Géographique, 1, Paris, 1973, p.74-80.

DAVEAU, S., "Répartition géographique des pluis excepcionnellement fortes au Portugal", Finisterra, vol.VII, nº13, Lisboa, 1972, p.5-28.

DAVEAU, S., "Influence de la continentalité sur le rythme thermique au Portugal", Finisterra, vol.X, nº19, Lisboa, 1975, p.5-52.

DAVEAU,S., O ambiente geográfico natural- aspectos fundamentais, Imprensa Nacional, Col. Manuais Escolares , Lisboa, 1976.

DAVEAU, S., "Répartition et rythme des précipitations au Portugal", Memórias do CEG, nº3, Lisboa, 1977.

DAVEAU,S.,"O interesse das imagens dos satélites ERTS para o estudo do clima às escalas regional e local em Portugal", Finisterra, vol.XII, nº23, CEG, Lisboa, 1977, p.148-156.

DAVEAU, S., "Os temporais de Fevereiro e Março de 1978", Finisterra, vol.XIII, nº26, Lisboa, 1978, p.236-260.

DAVEAU,S., "A utilização possível dos registos de satélites em infravermelho térmico na climatologia regional", Cadernos de Teledetecção, CEG, INIC, Lisboa, 1980.

DAVEAU, S., "Les temperatures des 3 et 4 Juillet 1978, au Portugal et dans l'ouest de l'Espagne, d'aprés les satellites météosat et HCMM", Finisterra, vol. XVII, nº33, Lisboa, 1982, p.53-96.

DAVEAU,S., "Mapas climáticos de Portugal-nevoeiro e nebulosidade contrastes térmicos", Memórias do CEG, nº7, Lisboa, 1985.

DAVEAU, S., et al. Geografia de Portugal, I - A Posição Geográfica e o Território, Edições João Sá da Costa, Lisboa, 1987.

DAVEAU, S., et al. Geografia de Portugal, II - O ritmo climático e a paisagem, Edições João Sá da Costa, Lisboa, 1988.

DAVID, HENRIQUE, "A mortalidade no Porto em finais do sec.XIX", Actas de O Porto Contemporâneo, Porto, 1989.

DAWSON, ALASTAIR, Global climate change, Contemporary Issues in Geography, Oxford University Press, Oxford, 1992.

DELANNOY, H., LECOMPTE,M., "Utilisation de l'analyse factorielle des correspondences pour l'étude des précipitations quotidiennes:un exemple au Maroc", Méditerranée-Revue geographique des pays mediterranées, 3ªsérie, nº4, Aix-Marseille, 1980.

DELLANNOY, H., LECOMPTE, M., ROMANE, F., "Etude des temperatures quotidiennes dans le moyen-atlas et ses bordures. analyse multivariée et situations atmosphériques", Recueil de méthodes phyto-écologiques, Ecole d'Emberger, fasc.10, 1978.

DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT, Land use planning policy and climate change, London, 1992.

DETTWILLER, J., Évolution séculaire du climat de Paris. Influence de l'urbanisation, Mémorial de la Meteorologie Nationale, 52, Paris, 1970.

DETWYLER,T.R., MARCUS, M.G., Urbanization and environment, Duxbury Press, Belmont, 1975.

DICKINSON, R.E., "Impact of human activities on climate- a framework", Sustainable development of Biosphere, W.C.CLARK, MUNN,R.E. (ed.), IIASA, Cambridge University Press, Cambridge, 1986, p.252-289.

DJEN, C.S., "The urban climate of Shanghai", Atmospheric Environment, vol.26-B, nº1, 1992, p.9-15.

DOLFUS, O., L'espace geographique, PUF, PARIS, 19???.

DOMINGUES, A.A.G., "A geografia regional vidaliana", Revista da Faculdade de Letras, Geografia, vol.I, Fac. Letras, Univ. Porto, Porto, 1985.

DOMINGUES, A.A.G., "Terciarização e centralidade: Tendências locativas dos serviços à actividade produtiva e reconfiguração da rede urbana no NW de Portugal", 1º Encontro da APDR, Aveiro, 1990.

DOORNKAMP, J.C., Global Warming: Climate Change and rising sea levels : a bibliography, Long Eaton: M1 Press, 1990

DOUGHTY, R., "The human predator: a survey", Perspectives on environment, Association of American Geographers, public.nº13, Washington, 1974.

DOUGLAS, I., The urban environment, Edward Arnold, London, 1983.

DOUGLAS, I., "The rain on the roof: a geography of the urban environment", Horizons in Human Geography, GREGORY, D., WALFORD, R. (ed.), London, 1989, p.217-238.

DOUGUEDROIT, ANNICK, "The variations of dry spells in Marseilles from 1865 to 1984", Journal of Climatology, vol.7, Royal Meteorological Society, 1987, p.541-551.

DOUGUEDROIT, ANNICK, et al., "Variations des precipitations annuelles en Afrique Orientale", ER 30 CNRS-GRENOBLE, Aix MARSEILLE II, 1988.

DRAIN, M., Geografia da Peninsula Ibérica, Livros Horizonte, Lisboa, 1964.

DRAXLER, R.R.,"Simulated and observed influence of the nocturnal urban heat island on the local wind field", Journal of Climate and Applied Meteorology, vol. 25, Aug. 86, p.1125-1133.

DRAXLER, R.R., "One year of tracer dispersion measurements over Washington, D.C.", Atmospheric Environment, vol. 21, nº1, 1987, p.69-77.

DRISCOLL, D.M., "Human Health", Handbook of applied meteorology, David D. Houghton Wiley, Interscience, New York, 1985, p.778-814.

DUVIGNEAUD, P. A síntese ecológica, Socicultura, Lisboa, 1974

EBDON, DAVID, Statistics in geography, second ed., Basil Blackwell Ltd, Oxford, 1988.

ECSEDY, C.J., MURPHY, C.G., "Global climate warming", Water Environment Research, vol.64, Jun. 92, p.647-653.

EGGLESTON, S., HACKMAN, M., HEYES, C., "Trends in urban air pollution in the United Kingdom during recent decades", Atmospheric Environment, Part B, vol. 26- B, Jun. 92, p.227-239.

EHRENDORFER, M., "A regionalization of Austria's precipitation climate using principal component analysis", Journal of climatology, vol.7, P.A.Smithson(ed.)- Department of geography, University of Sheffield, New York, 1987, p.71-89.

EINSTEIN, A., INFELD,L., L'Evolution des idées en Physique, Flamarion, Paris, 1948.

EL-HINNAWI, ESSAM, "The world environment:wich way now?", Mazingira-The international journal for environment and development, vol.6, nº1, Mazingira Ed., U.K., 1982.

ELSOM, DEREK, Atmospheric Pollution, Basil Blackwell Ltd, Oxford, 1989.

ENDLICHER, W., "L'îlot de chaleur urbain d'Annecy. Quelques remarques sur le climat local d'une ville alpine", Révue de Géographie Alpine, LXIX, 3, Grenoble, 1981, p.407-420.

EPPLE,D., LAVE,L.B., "Scenario analysis", Climate Impact Assessment,, KATES, R.W., AUSUBEL, J.H., BERBERIAN, M. (ed.), John Wiley & Sons, Series Scope, Chichester, 1986, p.511-529.

ESCOURROU,G., "Climatologie Appliquée et mésures des températures", Physio-Géo, nº16, Meudon, Paris VIII, 1986, p.3-9.

ESCUDERO, J.C., "Health, nutrition and human development", Climate Impact Assessment, KATES, R.W., AUSUBEL, J.H., BERBERIAN, M. (ed.), John Wiley & Sons, Series Scope, Chichester, 1986, p.251-273.

ESSENWANGER, O.M., "On red noise and quasi-periodicity in time series of atmospheric temperature", Statistical, climatology, developments in atmospheric science, 13, S.Ikeda et al. (ed.), Elsevier scientific publishing company, 1980.

ESTIENNE, P., GODARD, A., Climatologie, Armand Colin, col. U, Paris V, 1970.

EVANS, I. O., O planeta terra, Edições Melhoramentos, Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1970.

EXLINE, C.H., PETERS,G.L., LARKIN, R.P., The city, patterns and processes in the urban ecossystem, Westview Press, Colorado, 1982.

FALLOT, J.-M., ALCOFORADO, M.J., "Mesures de l'influence de l'îlot de chaleur de Lisbonne sur les écoulements régionaux en été", Actes des Journées de Climatologie de Liége, Liége, 1988, p.57-74.

FARHAR-PILGRIM, BARBARA, "Social Analysis", Climate Impact Assessment, KATES, R.W., AUSUBEL, J.H., BERBERIAN, M. (ed.), John Wiley & Sons, Series Scope, Chichester, 1986, p.323-351.

FEIO, M., HENRIQUES,V., "As secas de 1980-81 e de 1982-83 e as principais secas anteriores-intensidade e distribuição regional", Memórias do Centro de Estudos Geográficos, nº10, Lisboa, 1986.

FERNANDES, J.A.R., "A Foz", Revista da Faculdade de Letras - Geografia, I Série, vol. III, Porto, 1987, p.13-56.

FERRÃO, J., "Terciarização e território : emergência de novas configurações espaciais?", Análise Social, vol. XXVI, 114, 1991, p.829-845.

FERREIRA, A., "Duração e intensidade da estação seca em Portugal", Boletim do Centro de Estudos Geográficos, 6-7, Coimbra, 1953.

FERREIRA, DENISE BRUM, "Contribuition à l'étude des vents et de l'humidité dans les îles centrales de l'archipel des Açores- vol.1", Linha de Acção de Geografia Física, Relatório nº9, CEG, Lisboa, 1980.

FERREIRA, DENISE BRUM, Le climat de l'Atlantique oriental des Açores aux Iles du Cap Vert. Contribuition à l'étude du systéme océan-atmosphére, Thése de Doctorat d'Etat, Paris, 1989.

FERREIRA, DENISE BRUM, "La pollution photochimique de l'atmosphére urbaine. Le cas de l'ozone à Lisbonne/Portela", Linha de Acção de Geografia Física, Relatório nº 29, CEG, Lisboa, 1991, p.47-97.

FERREIRA, DENISE BRUM, FERREIRA, ANTÓNIO BRUM, Alguns aspectos da seca invernal de 1980-81 em Portugal, Linha de Acção de Geografia Física, 13, CEG, Lisboa, 1981.

FERREIRA, H. AMORIM, "Valores médios dos elementos climáticos no território nacional em 1921-1950", O clima de Portugal, fascículo IX, SMN, Lisboa, 1956.

FERREIRA, H. AMORIM, "Normais climatológicas do Continente, Açores e Madeira correspondentes a 1931-1960", O clima de Portugal, fascículo XIII, SMN, Lisboa, 1970.

FERREIRA DA SILVA, "As águas", Contribuições para a Higiene da cidade do Porto, Porto, 1889.

FEVROT, Ch., LEROUX, G., Meteorologia, Almedina, Coimbra, 1976.

FIGUEIRA, M., CARVALHO, R., GONÇALVES, C., SANTOS, J., "A meteorologia e os problemas urbanos", Divisão de protecção do ar, proj. investigação I2 do PIDDAC, INMG, Coimbra, 1983.

FIGUEIRA,M.F., "Ocorrência de ozone e de radioactividade natural do ar à superfície em Lisboa/Portela", Boletim Informativo INMG, vol.2, nº3 e 4, INMG, Lisboa, s/d.

FLOHN, HERMANN, FANTECHI, ROBERTO (ed), The Climate of Europe: past, present and future, D. Reidel Publishing Company, Lancaster, Dordrecht, 1984.

FORBES, D.K., Uma visão crítica da geografia do subdesenvolvimento, Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1989.

FORUM PORTUCALENSE, Espaço Imperfeito - área metropolitana do Porto, Rés-Editora, Porto, 1989.

FOUTS, J.R., PIVER, W.T., "Human health effects and globalclimate change", Marine Technology Society Journal, vol.25, Winter 91, p.38-44.

FOWLER, R.J., "Policy and legal implications of greenhouse effect", Greenhouse, Planning for Climate Change, CSIRO - Division of Atmospheric Research, PEARMAN, G.I., (ed.),Melbourne, Australia, 1989, p.694-707.

FRANK,A.G., Acumulação, dependência e subdesenvolvimento, Iniciativas Editoriais, col. séc. XX/XXI, Lisboa, 1977.

FRÉMONT,A., A região espaço vivido, Livraria Almedina, Coimbra, 1980.

FUKUOKA, YOSHITAKA, "Dendroclimatological study on urban atmospheric environment", Japanese Progress in climatology, March, Tokyo, 1982, p.71-89.

GABINETE DE PLANEAMENTO URBANÍSTICO, Plano Geral de Urbanização, CMP, Porto, 1987.

GALLIMORE,R.G., KUTZBACH, J.E., "Sensitivity of a coupled atmosphere/mixed layer ocean model to changes in orbital forcing at 9000 years BP", Journal of Geophysical Research, vol.93, nºD1, 1988, p.803-821.

GALLIMORE,R.G., KUTZBACH, J.E., "Effects of soil moisture on the sensitivity of a climate model to earth orbital forcing at 9000 BP", Climatic Change, nº14, Kluwer Academic Publishers, 1989, p.175-205.

GANHO, N., MONTEIRO, A., "Nota sobre a anomalia climática de 1 de Junho a 10 de Julho de 1988 em Portugal Continental", Biblos, vol. LXV, Coimbra, 1989, p.165-188.

GANHO, N., "Contribuição para o conhecimento dos tipos de tempo de Verão em Portugal - o exemplo de Coimbra", Cadernos de Geografia, 10, Coimbra, 1991, p.431-513.

GANHO, N., O clima urbano de Coimbra - aspectos térmicos estivais, Coimbra, 1992, polic..

GARCIA, B.A., DIAZ, J.M.F., RUIPEREZ, L.G., "Concentration, sources and particle size distribution of the atmospheric aerosol of the Oviedo urban nucleus (Spain)", Atmospheric Environment, vol. 22, nº 12, 1988, p.2863-2869.

GARNET, A., "Some climatological problems in urban geography with special reference to air pollution", Transactions, nº42, December, Institute of British Geographers, London, 1967.

GARRETT, A. A., Plano Regulador, C M Porto, Porto, 1952.

GARRETT, A. A., História da evolução dos PGU da cidade do Porto, FEUP, Porto, 1974.

GARRETT, A. A., Ante-Plano Regional do Porto, DGSU, Porto, 1946.

GATES, W.L., "Modelling the surface temperature changes due to increased atmospheric CO2", Interactions of energy and climate, Wilfrid Bach (ed.), 1980.

GEIGER, R., Manual de microclimatologia - o clima da camada de ar junto ao solo, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1980.

GENTILLI,J., BEKLE, H., "Modelling a climatically pulsating population: grey teal in south-western Australia", Journal of biogeography, 10, Hull, 1983, p.75-96.

GETIS, A., "A method for the study of sequences in geography", Transactions, nº42, December, Institute of British Geographers, London, 1967.

GIVONI, B., "Impact of planted areas on urban environmental quality: a review", Atmospheric Environment, Part B, vol. 25-B, nº3, 1991, p.289-299.

GLANTZ,M.H., ROBINSON,J., KRENZ,M.E., "Recent assessments", Climate Impact Assessment, KATES, R.W., AUSUBEL, J.H., BERBERIAN, M. (ed.), John Wiley & Sons, Series Scope, Chichester, 1986, p.565-599.

GODINHO, S.F., "Contribuição para o conhecimento do regime das chuvas em Portugal Continental", Boletim Informativo INMG, vol.1, nº2 e 3, INMG, Lisboa, s/d

GOITIA,F.C., Breve história do urbanismo, Editorial Presença, col. Dimensões, Lisboa, 1982.

GOLDREICH,Y., "The structure of the ground-level heat island in a central business district", Journal of climate and applied meteorology, vol.24, 1985, p.1236-1244.

GOLDREICH, Y., KANNER, M., "Advertent/Inadvertent effect on rainfall center displacement in Northern Israel", Atmospheric Environment, vol.25-B, nº3, 1991, p.301-309.

GÓMEZ, A. LÓPEZ, GARCIA, F.F., "La isla de calor en Madrid: avance de un estudio de clima urbano", Estudios Geográficos, 45, 174, 1984, p.5-34.

GÓMEZ, A. LÓPEZ, "El clima de las ciudades", Abor, 474, 121, 1985, p.13-32.

GÓMEZ, A. LÓPEZ, JIMÉNEZ, A., GARCIA, F.F., PALOU, F., "La temperatura diurna en la aglomeración de Madrid mediante imágenes remotas", Estudios Geográficos, 51, 201, 1990, p.705-733.

GÓMEZ, A. LÓPEZ, et al., El clima urbano de Madrid : la isla de calor, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 1991.

GOODRIDGE, J.D., "Urban bias influences on long-term California air temperature trends", Atmospheric Environment, vol.26-B, nº1, 1992, p.1-7.

GOOSSENS, CHR., "Principal component analysis of mediterranean rainfall", Journal of climatology, vol.5, P.A.Smithson(ed.)- Department of geography, University of Sheffield, 1985, p.379-388.

GORE, ALBERT, Earth in the balance - forging a new common purpose, Earthscan Publications Ltd, London, 1992.

GOTOH, T., "Relation between heat islands and NO2 pollution in some Japanese cities", Atmospheric Environment, vol.27-B, nº1, 1993, p.121-128.

GOUDIE, ANDREW, The Human Impact on Natural Environment, Third Ed., Basil Blackwell Ltd., Oxford, 1990.

GOUDIE, ANDREW, Environmental Change, 3ªed., Clarendon Press, Oxford, 1992.

GOULD, P., "On the geographical interpretation of eigenvalues", Transactions, nº42, December, Institute of British Geographers, 1967.

GRAEDEL,T.E., CRUTZEN,P.J., "The role of atmospheric chemistry in the environment-development interactions", Sustainable development of Biosphere, W.C.CLARK, MUNN,R.E. (ed.), IIASA, Cambridge University Press, Cambridge, 1986, p.213-250.

GREGORY, S., Statistical methods and the geographer, fourth ed., Longman Ltd, Essex, 1985.

GRIBBIN, JOHN (ed), Climatic Change, Cambridge University Press, Cambridge, 1979.

GRIBBIN, JOHN, Hothouse Earth - the greenhouse effect and Gaia, Blackswan, UK, 1990.

GRIFFITHS, J., "Climatology", Handbook of Applied Meteorology, David D. Houghton (ed.), Wiley & Sons, Interscience, New York, 1985, p.62-132.

GRIMMOND, C.S.B., CLEUGH, H.A., OKE, T.R., "An objective urban heat storage model and its comparison with other shemes", Atmospheric Environment, vol.25-B, nº3, 1991, p.311-326.

GRIMMOND, C.S.B.,"The suburban energy balance: methodological considerations and results for a mid-latitude west coast city under winter and spring conditions", International Journal of Climatology, vol. 12, 1992, p.481-497.

GRONSKEI, K.E., WALKER, S.E., GRAM, F., "Evaluation of a model for hourly spatial concentration distributions", Atmospheric Environment, vol.27-B, nº1, 1993, p.105-120.

GRUNTFEST, E., The role of geographical analysis in public policy", Transition, Quaterly journal of the socially and ecologically responsible geographers, Spring, vol.10, nº1, 1980.

GUIOT,J., "The extrapolation of recent climatological series with spectral canonical regression", Journal of climatology, vol.5, P.A.Smithson(ed.)- Department of Geography, University of Sheffield, 1985, p.325-335.

GUPTA, S.S., PANCHAPAKESAN,S., "Some statistical techniques for climatological data", Statistical, climatology, developments in atmospheric science, 13, S.Ikeda et al. (ed.), Elsevier Scientific Publishing Company, 1980.

GUTHRIE, FRANK E., "Nonagricultural pollutants", Introduction to Environmental Toxicology, Elsevier North Holland, New York, 1980.

GUYE, C., L'Evolution Physico-chimique, 3ªed., Rouge, Lausanne, 1947.

HAGE, K.D., "Urban-rural humidity differences", Journal of applied meteorology, vol.14, 1975 p.1277-1283.

HÄGERSTRAND, T., "The computer and the geographer", Transactions, nº42, December, Institute of British Geographers, London, 1967.

HAGGARD, J., "Architecture", Handbook of applied meteorology, David D. Houghton Wiley, Interscience, New York, 1985, p.815-845.

HAGGETT, P., L'analyse spatiale en géographie humaine, Armand Colin, Paris, 1973.

HAGGETT, P., Geography: a modern synthesis, vol I, vol.II, Harper & Row, New York, 1975.

HAGGETT, P., CHORLEY,R.J.(ed.), Integrated models in geography, Methuen & Co Ltd, London, 1976.

HANEL, G., WEIDERT, D., BUSEN, R., "Absorption of solar radiation in an urban atmosphere", Atmospheric Environment, Part B, vol. 24- B, nº 2, 1990, p.283-292.

HANNA, S.R., BRIGGS, G.A., HOSKER, R.P., "Urban diffusion models", Handbook on atmospheric diffusion, Technical Information Centre-U.S.Department of energy, Jean S.Smith Editors, 1982.

HANSEN, J. et al., "Regional greenhouse climate effects", Greenhouse-gas-induced climatic change: a critical appraisal of simulations and observations, SCHLESINGER, M.E.(ed.),Elsevier Science Publishing Company, New York, 1991, p.211-229.

HARE, F.K., "Climatic variability and change", Climate Impact Assessment, KATES, R.W., AUSUBEL, J.H., BERBERIAN, M. (ed.), John Wiley & Sons, Series Scope, Chichester, 1986, p.37-69.

HARE, W.L., QUILLIGAN, H., "A climate of risk: an environmental response", Greenhouse, Planning for Climate Change, CSIRO - Division of Atmospheric Research, PEARMAN, G.I., (ed.),Melbourne, Australia, 1989, p.665-679.

HARRIS, C.D., "The pressure of residential-industrial land use", Man's role in changing the face of the earth, THOMAS, W.L.(ed.), The University of Chicago Press, Ltd., London, 1970, p.881-896.

HARRIS, EDWARD D., "Copper in human health", Trace Elements in health, Butterworth & Co, London, 1983, p. 44-63.

HARRISON, G.A., GIBSON, J.B. (ed), Man in urban environments, Oxford University Press, Oxford, 1976.

HARVEY, DAVID, Teorías, leyes y modelos en geografia, Alianza Universidad Textos, Madrid, 1983.

HARVEY, J.G., Atmosphere and ocean: our fluid environments, The Artemis Press Ltd., U.K., 1976.

HAYASAKA, T., NAKAJIMA, T., OHTA, S., "Optical and chemical properties of urban aerossols in Sendai and Sapporo, Japan", Atmospheric Environment, Part A, vol. 26- A, Aug. 92, p.2055-2062.

HEATHCOTE, R.L., "The extreme event analysis", Climate Impact Assessment, KATES, R.W., AUSUBEL, J.H., BERBERIAN, M. (ed.), John Wiley & Sons, Series Scope, Chichester, 1986, p.369-403.

HENDERSON-SELLERS,A., ROBINSON,P.J., Contemporary climatoly, Longman Scientific & Technical, U.S.A., 1987.

HENRY, J.A., DICKS, S.E., "Urban and rural humidity distributions: relationships to surface materials and land use", Journal of climatology, vol.5, 1985, p.53-62.

HERNANDEZ, E., MARTIN, F., VALERO, F., "Statistical forecast models for daily air particulate iron and lead concentrations for Madrid, Spain", Atmospheric Environment, vol.26-B, nº1, 1992, p.107-116.

HESS, G.D., "Simulation of photochemical smog in the melbourne airshed: worst case studies", Atmospheric Environment, vol. 23, nº 3, 1989, p.661-669.

HESSINGER,E., "La distribuicion estacional de las precipitaciones en la peninsula Iberica y sus causas", Estudios Geograficos,X, 34, Madrid, 1949.

HEWITT, C.N., "Spatial variations in nitrogen dioxide concentrations in an urban area", Atmospheric Environment, Part B, vol. 25- B, nº 3, 1991, p.429-434.

HILL, A.R., "Ecosystem stability: some recent perspectives", Progress in Physical geography, II, 3, London, 1987.

HIROKAWA,Y., HORIE, G., NAKAMURA,S., TSUKAMOTO, N., WATANABE, M., "Effect of energy consumption on urban air temperature pre and post oil crisis", Jap. J. Biometeor., November, 1978, p.18-20.

HOBBS,J.E., Applied climatology- a study of atmospheric resources, Dawson Westview Press, USA, 1980.

HODGE, D.C., "Urban congestion: reshaping urban life", Urban Geography, vol. 13, nº 6, Nov/Dec 92, p. 577-588.

HOLDGATE, M.W., A perspective of environmental pollution, Cambridge University Press, Cambridge, 1980.

HOLLING,C.S., "The resilience of terrestrial ecosystems: local surprise and global change", Sustainable development of Biosphere, W.C.CLARK, MUNN,R.E. (ed.), IIASA, Cambridge University Press, Cambridge, 1986, p.292-321.

HORIE, G., HIROKAWA,Y., "Effect of energy consumption on urban air temperature", Japanese Progress in climatology, March, 1979.

HOUGH, MICHAEL, City form and natural process, Routledge, London, 1989.

HOUGHTON, DAVID D. (ed.), Handbook of Applied Meteorology, Wiley & Sons, Interscience, New York, 1985

HUANG, GUOHE, "A stepwise cluster analysis method for predicting air quality in an urban environment", Atmospheric Environment, Part B, vol. 26- B, Sept.92, p.349-357.

HUFTY, A., "Les types de temps dans le Québec Méridional. Méthode pédagogique de description des climats", Cahiers de Géographie de Québec, 34, 1971, p.29-52.

HUFTY, A., "Types de temps et climats locaux de la region Liégeoise", Bulletin Soc. Belge d'Études Géographiques, 1, 1973, p.125-172.

HUFTY, A., "Situations synoptiques et analyse multivariée des types de temps à Québec", Cahiers de Géographie de Québec, 49, 1976, p.69-92.

HSU, SHENG-I, "Variation of an urban heat island in Phoenix", Professional geographer, 36(2), Association of American Geographers, 1984, p.196-200.

INNES,J.L., Air pollution and forestry, HMSO publications Centre, London, 1988.

INSTITUTO DAMIÃO DE GOIS, Indústria e energia - evolução recente, situação actual e algumas perspectivas de desenvolvimento, 1983.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, Climate Change - the IPCC Scientific Assessment, WMO/UNEP, Cambridge University Press, Cambridge, 1990.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, Climate Change 1992 - the IPCC Scientific Assessment, (supplementary report), WMO/UNEP, Cambridge University Press, Cambridge, 1992.

JACOBEIT,J., "Variations of trough positions and precipitation patterns in the mediterranean area", Journal of climatology, vol.7, P.A.Smithson(ed.)- Department of geography, University of Sheffield, New York, 1987, p.453-476.

JAKEMAN, A.J., BAI, J., MILES, G.H., "Prediction of seasonal extremes of one-hour average urban CO concentrations", Atmospheric Environment, Part B, vol. 25- B, nº2, 1991, p.219-229.

JEFTIC, L., MILLIMAN, J.D., SESTINI, G., (ed.), Climatic Change and the Mediterranean - environmental and societal impacts of climate change and sea-level rise in the Mediterranean region, Edward Arnold, London, 1992.

JENNE, R.L., "Climate trends, the U.S. drought of 1988, and access to data", Greenhouse-gas-induced climatic change: a critical appraisal of simulations and observations, SCHLESINGER, M.E.(ed.),Elsevier Science Publishing Company, New York, 1991, p.195-209.

JIM, C.Y., "Street tree study as a theme in urban biogeography", Geography, 73,3, Sheffield, 1988.

JOHNSTON, R.J., Multivariate statistical analysis in geography, Longman, New York, 1980.

JOHNSTON, R.J. (ed.), The future of geography, Methuen, London, 1985.

JOLLIFE,I.T., "Rotation of principal components: some comments", Journal of climatology, vol.7, P.A.Smithson(ed.)- Department of geography, University of Sheffield, New York, 1987, p.507-510.

JOLY,F., La cartographie, PUF, Paris, 1976.

JONES, P.D., WIGLEY, T.M.L., "Marine and land temperature data sets: a comparison and a look at recent trends", Greenhouse-gas-induced climatic change: a critical appraisal of simulations and observations, SCHLESINGER, M.E.(ed.),Elsevier Science Publishing Company, New York, 1991, p.153-172.

JORGE, RICARDO, Saneamento do Porto, Typographia de António José da Silva Teixeira, Porto, 1888.

JORGE, RICARDO, Origens e desenvolvimento da população do Porto- notas históricas e estatísticas, Separata do Annuario Municipal de Saude e Hygiene, nº 140, Typographia Occidental, Porto, 1897.

KAHN, D.H., "Lead in the soil environment", Monitoring and Assessment Research Centre Report, nº 21, London, 1980.

KATES, R.W, "The interaction of climate and society", Climate Impact Assessment, KATES, R.W., AUSUBEL, J.H., BERBERIAN, M. (ed.), John Wiley & Sons, Series Scope, Chichester, 1986, p.3-37.

KATSOULIS, B.D., THEOHARATOS, G.A., "Indications of the urban heat island in Athens, Greece", Journal of Climate and Applied Meteorology, vol. 24, Dec.85, p.1296-1302.

KIM, J.,VERMA, S.B., ROSENBERG, N.J., "Energy balance and water use of cereal crops", Agricultural and forest meteorology, 48, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, 1989, p.135-147.

KIMURA, J.C., "Temperature differences between the Japan Sea and the Pacific Sides of Japan during January and August", The Sciences Reports of the Tôhoko University, 7th séries (geography), 36,1, Sendai, 1986.

KITABAYASHI, K., "Wind Tunnel simulation of air flow and pollutant diffusion over complex terrain", Atmospheric Environment, Part A, vol. 25- A, nº 7, 1991, p.1155-1161.

KOMEIJI, T., AOKI, K., KOYAMA, I., "Trends of air quality and atmospheric deposition in Tokyo", Atmospheric Environment, Part A, vol. 24- A, nº 8, 1990, p.2099-2103.

KOMNINOS, NICOS, " Les nouveaux espaces de croissance. La naissance des centres du développment postfordiste", Espaces et Societés, nº 66-67, 1992, p. 217-233.

KOHN, R.E., "Premature mortality in a general equilibrium model of air pollution control", Socio-Economic Planning Sciences - The International Journal of Public Sector Decision-making, vol. 27, nº 1, March 93, p.1-8.

KRÄTKE, STEFAN, " Villes en mutation, hiérarchies urbaines et structures spatiales dans le processus de reestructuration sociale: le cas de l'Allemagne de l'Ouest", Espaces et Societés, nº 66-67, 1992, p. 69-98.

KUTZABACH,J., GUETER,P.J., "The influence of changing orbital parameters and surface boundary conditions on climate simulations for the past 18000 years", Journal of the Atmospheric Sciences, vol.43, nº16, American Meteorological Society, 1986, p.1726-1759.

KUTZBACH,J., STREET-PERROT,F.A., "Late-Quaternary Paleoclimatic data and climatic models", Episodes-International Geoscience Newsmagazine, vol.10, nº1, 1987, p.4-6.

LACHS, M., "El médio ambiente en los 80:acción o desastre", Mazingira-The international journal for environment and development, vol.6, nº3, Mazingira Ed., U.K., 1982.

LACOSTE,Y., A geografia serve antes de mais para fazer a guerra, Iniciativas Editoriais, col. séc. XX/XXI, Lisboa, 1977.

LANDSBERG, H., "Man-made climatic changes", Science, vol.170, nº3964, 1970.

LANDSBERG, H., "Inadvertent atmospheric modification through urbanization", Weather and climate modification, Wilmont N. Hess, New York, 1974.

LANDSBERG, H.E., "The climate of towns", Man's role in changing the face of the earth, vol.2, THOMAS, W.L.(ed.), The University of Chicago Press, Ltd., London, 1970, p.584-607.

LANDSBERG, H.E., The Urban Climate, International Geophysics Series, vol. 28, Academic Press, London, 1981.

LANHOSO, A.COUTINHO, "Observatório da Serra do Pilar", Tripeiro, nº8, VI Série, Ano V, 1965.

LAUTENSACH, H., Geografía de España y Portugal- atlas temático, Vicens-Vives, 1932.

LEAN, GEOFFREY, HINRICHSEN, D., MARKHAM, A., Atlas of the environment, WWF, Arrow Books, London, 1990.

LEE, D.O., "The influence of atmospheric stability and the urban heat island on urban-rural wind speed differences", Atmospheric Environment, vol.13, Pergamon Press, Great Britain, 1979, p.1175-1180.

LEE, D.O., "Urban Climates", Progress in Physical Geography, 8, 1, 1984, p.1-32.

LEE,D.O., "A preliminary analysis of long-term visibility trends in central Scotland", Journal of climatology, vol.5, P.A.Smithson(ed.)- Department of geography, University of Sheffield, New York, 1985, p.673-680.

LEE, D.S., LONGHURST, J.W.S., GEE, D.R., GREEN, S.E., Urban acid deposition, Acid Rain Information Unit, Manchester, 1988.

LEE, D.S., Facts and uncertainties regarding urban acid deposition in Great Manchester, Acid Rain Information Unit, Manchester, 1989.

LEE, HYOUN-YOUNG, "Application of NOAA AVHRR thermal data to the study of urban heat islands", Atmospheric Environment, vol.27-B, nº1, 1993, p.1-13.

LENCASTRE, A.FRANCO,F.M., Lições de hidrologia, Universidade Nova de Lisboa-Fac.Ciências e Tecnologia, Lisboa, 1984.

LEROUX, M. "L'anticyclone mobile polaire: facteur premier de la climatologie tempérée", Bull.Assoc. Géogr. Franç., 63(4), 1986, p.311-328.

LEVINE, M.D., SATHAYE, J.A., CRAIG, P.P., "Strategies for adressing climate change: policy perspectives from around the world", Energy, vol.17, Dec. 92, p. 1121-1136.

LEVITON, ALAN, et al., "Pre and postnatal low level lead exposure and children's dysfunction in school", Environmental Research, vol. 60, nº1, Jan. 1993, p.

LIPFERT, F.W., et al. "Relative humidity predictor equations based on environmental factors", Atmospheric Environment, vol.25-B, nº3, 1991, p.435-441.

LIPIETZ, A., Crise et inflation: porquoi?, F. Maspéro, Paris, 1979.

LIPIETZ, A., Choisir l'audace. Une alternative pour le XXI éme siécle, La Découverte, Paris, 1989.

LIPIETZ, A., LEBORGNE, D., "Idées fausses et questions ouvertes de l'après-fordisme", Espace et Sociétés, Editions L'Harmattan, Paris, 1992, p.39-68.

LLÉS, CARLOS, "Ciudad y demanda de servicios en los años noventa", , Las grandes ciudades: debates y propuestas, RODRÍGUEZ, J. et al.(ed.),Economistas Libros, Madrid, 1991, p.111-134.

LOCKWOOD, J. Tthe climatic future", Progress in Physical Geography, 2(1), London, 1978, p.107-115.

LOCKWOOD,J., Causes of Climate, Edward Arnold, London, 1979.

LOPES,A.S., Desenvolvimento regional, vol.I, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1980.

LOUP,J., "70 ans de précipitations a la cote Saint-André (Isère)", Études hydrologiques et géographiques , Ophrys, Paris, 1968.

LOURENÇO, L., "Ventos em Coimbra", Cadernos de Geografia, nº6, Instituto de Estudos Geográficos, Fac. Letras de Letras, Univ. Coimbra, Coimbra, 1987, p.181-201.

LOWRY, W.P., "The climate of cities", Man and the ecosphere, Scientific American, 1967.

LU ZHANG-YUE, "A preliminary comparison of atmospheric aerossols in urban and non-urban areas in Nanjing, China", Atmospheric Environment, Part A, vol. 24- A, nº 5, 1990, p.1341-1344.

MacDONALD, G., SERTORIO, L. (ed), Global Climate and Ecosystem Change, NATO ASI Series, vol. 240, Plenum Press, New York, 1989.

MacDONALD, G.J., "Global Climate Change", Global Climate and Ecosystem Change, NATO ASI Series, MacDONALD, G., SERTORIO, L. (ed), vol. 240, Plenum Press, New York, 1989, p.1-96.

MACHADO, A., Observatório da Serra do Pilar - breves notas históricas, Porto, 1929.

MAEJIMA, I. et al., Recent climatic change and urban growth in Tokyo and its environs", Japanese progress in climatology, March, Tokyo, 1983, p.1-22.

MAHERAS, P., "The synoptic weather types and objective delimitation of the winter", Weather, vol.43, nº2, Published by the Royal Meteorological Society, 1988, p.40-44.

MAIRE, G., "Influence des sites et des appareils dans la mesuredes precipitations selon les donnees de quatre postes pluviometriques de la region du Donon", Recherches géographiques à Strasbourg, 4, Strasbourg, 1977, p.87-103.

MANNERS, I., "The environmental impact of modern agricultural technologies", Perspectives on environment, Association of American Geographers, public.nº13, Washington, 1974.

MANNERS, I.R., MIKESEL,M.W., Perspectives on environment, Association of American Geographers, public.nº13, Washington, 1974.

MARAGALL, PASQUAL, "La ciudade: contradiciones, retos y futuro", , Las grandes ciudades: debates y propuestas, RODRÍGUEZ, J. et al.(ed.),Economistas Libros, Madrid, 1991, p.507-524.

MARGALEF, R., Ecologia, Ediciones Omega, Barcelona, 1986.

MARQUES, H., FERNANDES, J.A., MARTINS, L.P., Porto - percursos nos espaços e memórias, Afrontamento, Porto, 1990.

MARSHALL, J.U., "Geography as a scientific enterprise", em The future of geography, editado por R.J.Johnston, Methuen, London, 1985.

MARTIN, S., SAINTIGNON, M.-F., "Application de l'analyse factorielle en composantes principales a l'etude de la variabilite regionale et interannuelle des precipitations ardechoises", Révue de Geographie de Lyon- publication trimestrielle, vol.49, nº1, Lyon, 1974.

MARVIN, S.J., "Towards sustainable urban environments: the potential for least-cost planning approaches", Journal of environmental planning and management, vol. 35, nº 2, 1992, p.193-202.

MASCARÓ, LÚCIA R., Luz, clima e arquitectura, Livraria Nobel,S.A., São Paulo, 1983.

MATHER, J.R., "Climate and architecture", Climatology, fundamentals and applications, McGraw-Hill, New York, 1974.

MATHER, J.R., "Climate,industry, commerce and engeneering", Climatology, fundamentals and applications, McGraw-Hill, New York, 1974.

MATHER, P.M., Computational methods of multivariate analysis in physical geography, John Wiley & Sons, London, 1976.

MATHEWS, W., KELLOG, W., ROBINSON, G.(ed.), Man's impact on the climate, MIT Press, Cambridge, 1971.

MAUNDER, W.J., The value of the weather, Methuen, London, 1970.

McBURNEY, STUART, Ecology into economics won't go - or life is not a concept, Green Books, Devon, 1990.

McELROY, M.B., "Change in the natural environment of the earth: the historical record", Sustainable development of Biosphere, W.C.CLARK, MUNN,R.E. (ed.), IIASA, Cambridge University Press, Cambridge, 1986, p.199-212.

McHARG, IAN L., "The place of nature in the city of man", Challenge for survival, land, air and water, PIERRE DANSEREAU (ed.), Columbia University Press, New York, 1970.

McKIBBEN, B., O fim da natureza, Terramar, Mem Martins, 1989.

McLAFFERTY, S., "Health and the urban environment", Urban Geography, vol. 13, nº 6, Nov/Dec 92, p. 567-576.

MEAKIN, J.D., AMEST, D.L., "Degradation of monumental bronzes", Atmospheric Environment, vol.26-B, nº2, 1992, p.207-215.

MEDINA, MARIANO, Iniciacion a la meteorologia, Paraninfo, Madrid, 1984.

MEREC, Dados Climáticos de Base- sector da construção, Guarda, 1988.

MICHAELS, P.J., STOOKSBURY, D.E., "Global warming: a reduced threat?", Bulletin of the American Meteorological Society, vol. 73, Oct.92, p.1563-1577.

MIHAI, E, BOGDAN,O., "Occasional variations of cloudiness over Romania's territory in the years 1961-1970", Revue Roumanie de Géologie, Géophysique et Géographie, 17, 1, Bucareste, 1973.

MIHAI, E, BOGDAN,O., "Particularités du contraste thermique des régions de plaine et des dépressions intramontanes de Roumanie", Revue Roumanie de Géologie, Géophysique et Géographie, 25, 2, Bucareste,1981.

MILLER, DAVID, H., Energy at the surface of the earth - an introduction to the energetics of ecossystems, International Geophysics Series, vol. 27, Academic Press, London, 1981.

MILLIMAN, J.D., "Sea-level response to climate change and tectonics in the Mediterranean sea", Climatic Change and the Mediterranean - environmental and societal impacts of climate change and sea-level rise in the Mediterranean region, JEFTIC, L., MILLIMAN, J.D., SESTINI, G., (ed.), Edward Arnold, London, 1992, p.45-57.

MILLWARD, G.E., MOTTE, R.H., "Observations of Plymouth temperature field", Weather, (31), 8, Published by the Royal Meteorological Society, 1976, p.255-261.

MINISTRY of HEALTH and ENVIRONMENTAL PROTECTION, Handbook of Emission Factors. Non-Industrial Sources, The Hague, 1980.

MISAWA,S., "Some considerations on the secular change of urban temperature in Tokyo", Japanese Progress in Climatology, March 1985, Japan Climatology Seminar, Tokyo, 1985.

MOBLEY,C.D., PREISENDORFER, R.W., "Statistical analysis of historical climate data series", Journal of climate and applied meteorology, vol.24, 1975, p.554-567

MOHEN, VOLKER A., GOLDSTEIN, WALTER, WANG, WEICHYUNG, "The conflict over global warming", Global Environmental Change, Butterworth-Heinemann Ltd, vol.1, nº2, March, 1991, p.109-123.

MOLINA,J.C., "Evolucion y desarrollo de la ola de frio del 21 de Diciembre de 1970 al 3 de Enero de 1971, sobre la Peninsula Ibérica", Cuadernos Geograficos de la Univ de Granada, 2, Granada, 1972.

MOLINA, J.C., Los climas de España, Oikos-Tau, Barcelona, 1981.

MONK,G.A., BADER,M.J., "Satellite images showing the development of the storm of 15-16 October 1987", Weather, vol.43, nº3, Published by the Royal Meteorological Society, 1988.

MONOD, JACQUES, O acaso e a necessidade, Publicações Europa América, Lisboa, 1970.

MONTANER, JAIME, "La vuelta de las ciudades al pensamiento económico", Las grandes ciudades: debates y propuestas, RODRÍGUEZ, J. et al.(ed.),Economistas Libros, Madrid, 1991, p.333-338.

MONTEIRO, A.M.R., Contribuição para o estudo das implicações no clima local, da construção de barragens, Porto, 1987, polic.

MONTEIRO, A.M.R., "La régionalisation climatique portugaise par une analyse factorielle-essai méthodologique", Actas do Colloque de Climatologie, Aix-en-Provence, Junho 1988, p.49-58.

MONTEIRO, A.M.R., "Contribuição para o estudo das implicações no clima local gerados pela construção de uma barragem", Revista da Faculdade de Letras, Geografia, I Série, vol. IV, Porto, 1988, p.157-222.

MONTEIRO, A.M.R., "A importância dos estudos de climatologia regional para a compreensão dos processos de degradação da qualidade do ar - o exemplo da cidade do Porto entre 1 Abril 1987 a 31 de Março de 1989", Actas do V Colóquio Iberico de Geografia, Leon, Novembro de 1989.

MONTEIRO, A.M.R., "Contribuição para o estudo da degradação da qualidade do ar na cidade do Porto" Revista da Faculdade de Letras, Geografia, I Série, vol.V, Porto, 1989, p.5-32.

MONTEIRO, A.M.R., "A composição quimica da atmosfera: contributo da climatologia para a implementação de uma política de desenvolvimento sustentado", Notas e Recenções, Revista da Faculdade de Letras, Geografia, I Série, vol.V, Porto, 1989, p.257-294.

MONTEIRO, A.M.R., "O Porto e os portuenses no final do séc.XX ou as relações entre os homens e um ecossistema urbano em entropia acelerada", Revista da Faculdade de Letras, Geografia, I Série, vol.VI, Universidade do Porto, 1990, p.5-64.

MONTEIRO, A.M.R., "Les calendriers de probabilités appliqués à la variabilitá des températures minimales et maximales de Porto", Climat urbain et qualité de l'air, Actes du Colloque de Climatologie, Fribourg, Suiça, 1991, p.63-70.

MONTEIRO, C.A.F., O clima e a organização do espaço no Estado de São Paulo: problemas e perspectivas, IGEOG-USP, São Paulo, 1976.

MONTEIRO, C.A.F., Teoria e clima urbano, IGEOG-USP, Univ. de S.Paulo, São Paulo, 1976.

MOORE, R.L., COOPER,L., Transport and road traffic, Transport and road research laboratory-department of the environment, TRRL Report LR446, 1972.

MORENO, M.C., Estudio del clima urbano de Barcelona: la "isla de calor", (2vol.), Thèse de doctorat, inédit., Université de Barcelone, 1990.

MÖRNER, NILS-AXEL, "Short-term paleoclimatic changes : observational data and a novel causation model", Climate, history, periodicity and predictability, Van Nostrand Reinhold, New York, 1987.

MOUNIER,J., "Le type de temps, un choix pour le geographe: climatologie synoptique ou climatologie compréhensive", Cahiers du centre de recherches en climatologie, (7), Dijon, 1977, p.99-117.

MOUNIER,J., Les climats océaniques des régions atlantiques de l'Espagne et du Portugal, Rennes, 1978.

MPAT, GEPAT, CDI, Administração do território e ambiente, vol I, nº1-3, 1986.

MPAT, GEPAT, CDI, Administração do território e ambiente,, vol I, nº4 -6, 1986.

MPAT, GEPAT, CDI, Administração do território e ambiente,, vol I, nº7-9, 1986.

MROWKA, J., "Man's impact on stream regimen and quality", Perspectives on environment, Washington, 1974.

MUMFORD, LEWIS, Man's role in changing the face of the earth, vol.2, 8ªed, W.L.THOMAS et al.(ed.), University of Chicago Press, Chicago, 1970.

MUÑIZ, MIGUEL, "Las ciudades como problema y factor de desarrollo", Las grandes ciudades: debates y propuestas, RODRÍGUEZ, J. et al.(ed.),Economistas Libros, Madrid, 1991, p.13-24.

MUNN, R.E., Environmental Impact Assessment, John Wiley & Sons, Scope 5, Chichester, 1979.

MUNN,R.E., IZRAEL,Y., "Monitoring the environment and renewable resources", Sustainable development of Biosphere, W.C.CLARK, MUNN,R.E. (ed.), IIASA, Cambridge University Press, Cambridge,1986, p.360-378.

MUSK,L.F."The local fog hazard as a factor in planning new roads and motorways", Environmental education and information, vol.2, nº2, 1982, p.119-129.

MUSK, L., "Applied climatology", Progress in physical geography, vol.11, nº3, 1987, p.371-383.

MUSK,L.F., "Applied climatology", Progress in physical geography, vol.11,nº2, Edward Arnold, 1987.

MUSK, LESLIE F., Climate as a factor in the planning and design of new roads and motorways, versão manuscrita oferecida pelo autor, Manchester, 1989.

MUSK, LESLIE F., The fog hazard, versão manuscrita oferecida pelo autor, Manchester, 1989.

NADAL,J.M.R., PARICIO,P.C., VIDE, J.M., "Distribuicion probabilística de la precipitación anual en Cataluña", Revista de Geografia, vol. XVIII, Barcelona, 1984, p.47-68.

NAREDO, JOSÉ MANUEL, "El crecimiento de la ciudade y el medio ambiente", Las grandes ciudades: debates y propuestas, RODRÍGUEZ, J. et al.(ed.),Economistas Libros, Madrid, 1991, p.191-206.

NEILD,R.E., WILWHITE,D.A., HUBBARD,K.G., "Preseason precipitation probabilities as an aid to corn planting decisions", Agricultural and Forest Meteorology, vol.41, Elsevier Science Publishers B.V., Amesterdam, 1987, p.259-266.

NEWCOMBE,K., MILLAN, S., BOYDEN,S.,O'NEILL,B., The ecology of a city and its people, Australian National University Press, Camberra,1981.

NICHOLSON,S.E., "Land surface atmosphere interaction", Progress in physical geography, vol.11,nº2, Edward Arnold, 1988.

NICHOLSON-LORD, DAVID, The greening of the cities, Routledge & Kegan Paul, London, 1987.

NICKERSON, E.C., et al., "Project Aguila: in situ measurements of Mexico city air pollution by a research aircraft", Atmospheric Environment, vol.26-B, nº4, 1992, p.445-451.

NISHIZAWA, T., YAMASHITA, S., "On attenuation of solar radiation in the large cities", Japanese Progress in climatology, Nov., Tokyo, 1967, p.66-70.

NKEMDIRIM, LAWRENCE C., "Cold air drainage and temperature fields in an urban environment a case study of topographical influence on climate", Atmospheric Environment, vol.14, Pergamon Press, Great Britain, 1980, p.375-381.

NORTHROP, F.S.C., "Man's relation to the earth in its bearing on his aesthetic, ethical and legal values", Man's role in changing the face of the earth, THOMAS, W.L.(ed.), The University of Chicago Press, Ltd., London, 1970, p.1052-1071.

NUNES, MªFÁTIMA, "Notas sobre o publicismo liberal: o discurso de Marino Miguel Franzini-geógrafo e meteorologista", Revista de História das Ideias, vol.10, Fac. Letras de Coimbra, Coimbra, 1988.

O'RIORDAN, T., "Environmental issues", Progress in physical geography, I,(3), Edward Arnold, London, 1977, p.518-527.

O'RIORDAN, T., Environmentalism, 2ªed., Pion Limited, London, 1983.

O'RIORDAN, T., RAYNER, S., "Risk management for global environmental change", Global Environmental Change, Butterworth-Heinemann Ltd, vol.1, nº2, March, 1991, p.91-108.

ODMAN, M.T., RUSSEL, A., "A multiscale finite element pollutant transport scheme for urban and regional modeling", Atmospheric Environment, Part A, vol. 25- A, nº 10, 1991, p.2385-2394.

ODUM, Ecologia, Interamericana, Rio Janeiro, 1985.

OERLEMANS, J., "Linear theory of the urban heat island circulation", Atmospheric Environment, vol.20, nº3, Pergamon Press, Great Britain, 1986, p.447-453.

OESCHGER,H., SIEGENTHALER,U., HEIMANN,M., "The carbon cycle and its perturbation by man", Interactions of energy and climate, Wilfrid Bach (ed.),1980.

OGAWARA,M., "On the use of exponencial smoothing for the estimation of climatic elements", Statistical, climatology, developments in atmospheric science, 13, S.Ikeda et al. (ed.), Elsevier Scientific Publishing Company, 1980.

OKE, T.R., "City size and urban heat island", Atmospheric Environment, 7, 1973, p.769-779.

OKE, T.R., "Review of urban climatology - 1973-1976", WMO Techn. Note, nº 169, Geneva, 1979.

OKE, T.R., "Canyon geometry and nocturnal urban heat island: comparation of scale model and field observations", Journal of Climatology, 1, 1981, p.237-254.

OKE, T.R., "The energetic basis of the urban heat island", Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 108, 455, 1982, p.1-24.

OKE, T.R., Boundary Layer Climates, 2ª ed., Routledge, London, 1990.

OKE, T.R., ZEUNER, G., "The surface energy balance in Mexico City", Atmospheric Environment, vol.26-B, nº4, 1992, p.433-444.

OLADIPO, E.O., Power spectra and coherence of drought in the interior plains", Journal of climatology, vol.7, P.A.Smithson(ed.)- Department of geography, University of Sheffield,New York, 1987, p.477-491.

OLGYAY, VICTOR, Design with climate : bioclimatic apprroach to architectural regionalism, Van Nostrand Reinhold, New York, 1992.

OLIVEIRA, J.M.P., O espaço urbano do Porto-condições naturais e desenvolvimento, Instituto de Alta Cultura, Centro de Estudos Geográficos, Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, Coimbra, 1973.

OLIVER, J.E., Climate and man's environment-an introduction to applied climatology, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1973.

ORDEM DOS ENGENHEIROS, Prioridades na luta contra a poluição em Portugal, Conselho cultural de engenharia químico-industrial e Comissão de engenharia sanitária, Lisboa, 1973.

PACHECO, HELDER, Porto, Novos guias de Portugal, 3ªed., Editorial Presença, Lisboa, 1988.

PAGÈS, M., La maitrise de la croissance urbaine, Que sais-je, PUF, Paris V, 1980.

PARK, HYE-SOOK, "Features of the heat island in Seoul and its surroundings cities", Atmospheric Environment, vol. 20, nº10, 1986, p.1859-1866.

PARKER, D.E., "The statistical effects of incomplete sampling of coherent data series", Journal of climatology, vol.4, P.A.Smithson(ed.)- Department of geography, University of Sheffield, New York, 1984, p.445-449.

PARKER, D.E., "Worldwide surface temperature trends since the Mid-19th century", Greenhouse-gas-induced climatic change: a critical appraisal of simulations and observations, SCHLESINGER, M.E.(ed.),Elsevier Science Publishing Company, New York, 1991, p.173-193.

PARRY, M.L., "Some implications of climatic change for human development", Sustainable development of Biosphere, W.C.CLARK, MUNN,R.E. (ed.), IIASA, Cambridge University Press, Cambridge, 1986, p.378-411.

PAUL,P., "Remarques preliminaires a propos de deux climats locaux dans le bassin versant experimental de Soultzeren (Vosges)", Actas do Colloque de Climatologie , Aix-en-Provence, 1988.

PEARMAN, G.I., (ed.), Greenhouse, Planning for Climate Change, CSIRO - Division of Atmospheric Research, Melbourne, Australia, 1989.

PÉDÉLABORDE, P., "Le tourbillon, principe générale a la base de la climatologie dynamique", Annalle de Géographie, nº 358, Paris, 1957, p.481-498.

PÉDÉLABORDE, P., DELANNOY, H., "Recherches sur les types de temps et le mécanisme des pluies en Algérie", Annalle de Géographie, nº 361, Paris, 1958, p.216-244.

PÉGUY, Ch. P., Précis de climatologie, Masson & Cie, Paris VI, 1970.

PÉGUY, Ch. P., "Une nouvelle expression graphique de la variabilité interannuelle des climats: les calendriers de probabilités", Bull. Assoc. Géogr. Franç., nº 431, Paris, 1976.

PEIXOTO,J.P., A radiação solar e o ambiente, Secretaria de Estado do Ambiente e dos Recursos Naturais, Lisboa, 1987.

PEIXOTO,J.P., As variações do clima e o ambiente, Secretaria de Estado do Ambiente e dos Recursos Naturais, Lisboa, 1987.

PEIXOTO,J.P., O Sistema climático e as bases físicas do clima, Secretaria de Estado do Ambiente e dos Recursos Naturais, Lisboa, 1987.

PEIXOTO,J.P., Meteorologia descritiva, 79/80, Fac. Ciências, Lisboa, 1980, polic..

PEPPER, DAVID, The roots of modern environmentalism, Routledge, London, 1989.

PEREIRA, E., Ciclo Hercínico e o sector entre Douro e Minho (deduções baseadas na paleogeografia da Peninsula Ibérica), F.C.U.P., Porto, 1985, polic.

PETTERSSEN, SVERRE, "Meteorology", Handbook of applied hydrology, section 3, Ven Te Chow (ed.), New York, 1964.

PITTS, R.O., LYONS, T.J., "A coupled mesoscale/particle model applied to an urban area", Atmospheric Environment, Part B, vol. 26- B, Sept. 92, p.279-289.

PORTAS, NUNO, "Un nuevo urbanismo", Las grandes ciudades en la decada de los noventa, BORJA, JORDI et al. (ed.), Editorial Sistema, Madrid, 1990, p.273-282.

POTTER,G.L., ET AL., "Climate change due to anthropogenic surface albedo modification", Interactions of energy and climate, Wilfrid Bach (ed.),1980.

PRICE, MARTIN, F., "Humankind in the biosphere", Global Environmental Change, Butterworth-Heinemann Ltd, vol.1, nº1, December, 1990, p.3-13.

QUEIRÓS, D.X., "O clima e o homem", Boletim Informativo INMG, 27, INMG, Lisboa, s/d.

RACINE, J.B., REYMOND, H., L'analyse quantitative en géographie, Presses Universitaires de France, Paris, 1973.

RAFFESTIN,C., "Du paysage à l'espace", Hérodote, nº9, Paris, 1978, p.90-104,.

RAMALHO, ANTÓNIO PEREIRA, Pequeno subsídio para o estudo da Climatologia Médica Portuguesa . (Serra de Montemuro, região da Gralheira), Encyclopedia Portugueza, Porto, 1908.

RAMOS, C., Tipos de anticiclones e ritmo climático de Portugal, CEG, rel nº25, Lisboa, 1986.

RAVETZ, J.R., "Usable knowledge, usable ignorance: incomplete science with policy implications", Sustainable development of Biosphere, W.C.CLARK, MUNN,R.E. (ed.), IIASA, Cambridge University Press, Cambridge, 1986, p.415-435.

REBELO, F., Serras de Valongo-estudo de geomorfologia, Suplementos de Biblos, 9, Fac. Letras da Univ. Coimbra, Coimbra, 1975.

REBELO, F., "Mapas de declives. Análise de alguns exemplos portugueses", Finisterra, vol. XI, nº 22, Lisboa, 1976, p. 267-283.

REED, D., "Simulation of time series of temperature and precipitation over eastern England by an atmospheric general circulation model", Journal of climatology, P.A.Smithson(ed.)- Department of geography, University of Sheffield, 1986.

REGIER, H.A., BASKERVILLE, G.L., "Sustainable redevelopment of regional ecosystems degraded by esploitive development", Sustainable development of Biosphere, W.C.CLARK, MUNN,R.E. (ed.), IIASA, Cambridge University Press, Cambridge, 1986, p.75-101.

REGO, ANTÓNIO BALBINO, "Pneumonia Pestosa (a peste bubónica 1899/1900)", Monografia do Porto, Escola Médico-Cirúrgica do Porto, Porto, 1900.

REVELLE, R., "Carbon dioxide and world climate", Scientific American, vol.247, nº2, 1982.

RIBAS, B.B.R., Dispersão de poluentes na atmosfera, Serviço de Estudos do Ambiente- Secretaria de Estado do Ordenamento Físico, Recursos Hídricos e Ambiente, s/d.

RIBEIRO, A., "Néotectonique du Portugal", Livro de Homenagem a O.Ribeiro, CEG, Lisboa, 1984, p.173-182.

RIBEIRO, A., CABRAL, J., "The neotectonic regime of the West Iberia continental margin: a transition from passive to active?", Maleo, vol.2, nº13, Soc.Geol. de Portugal, Lisboa, 1986.

RIBEIRO, O., Portugal, o mediterrâneo e o Atlântico, Livraria Sá da Costa, Lisboa, 1987.

RICHARDS,J.F., "World environmental history and economic development", Sustainable development of biosphere, p.53-71, W.C.CLARK, MUNN,R.E. (ed.), IIASA, Cambridge University Press, Cambridge, 1986.

RICHMAN,M., "Rotation of principal components: a reply", Journal of climatology, vol.7, P.A.Smithson(ed.)- Department of geography, University of Sheffield, New York, 1987, p.511-520.

ROBBINS, S., Pathology, W.B.Saunders, Philadelphia, 1967.

ROBINSON, J., "Global modelling and simulations", Climate Impact Assessment, KATES, R.W., AUSUBEL, J.H., BERBERIAN, M. (ed.), John Wiley & Sons, Series Scope, Chichester, 1986, p.3-37.

ROCHA, M. S., "Flutuações climáticas relacionadas com os ciclos de actividade solar", Boletim Informativo INMG, 60, INMG, Lisboa, s/d.

ROCHA, M. S., "A radiação global em Portugal Continental", Boletim Informativo INMG, 61, INMG, Lisboa, s/d.

RODRÍGUEZ, J. et al.(ed.), Las grandes ciudades: debates y propuestas, Economistas Libros, Madrid, 1991.

ROMIEU, I., WEITZENFELD, H., FINKELMAN, J., "Urban air pollution in Latin America and the Caribean", Journal of the air & Waste Management Association, vol. 41, Sept. 91, p.1166-1171.

RONCHAIL,J., LECOMPTE, M., "Essais de climatologie dynamique dans les Alpes internes francaises", La météorologie, VI série, nº26, 1981, p.57-91.

ROSE, J., (ed.) Trace elements in health, Butterworth &Co, London, 1983.

ROSE, G.A. "Epidemiological evidence for the effects of urban environment", Man in urban environments, HARRISON, G.A., GIBSON, J.B. (ed), Oxford University Press, Oxford, 1976, p.204-216.

ROSEMARIN, ARNO, "The 1990's - the decade for generalists to lead the way", Ambio - a Journal of the Human Environment, vol. XIX, nº 1, Fev. 1990, p.1.

ROSENBERG, NORMAN J., Microclimate, Wiley Interscience Publication, John Wiley & Sons, New York, 1974.

ROTEN, M., BAERISWYL, I., "Mesures de la pollution atmosphérique dans l'agglomération de Fribourg", UKPIK, Cahiers de l'Institut de Geographie de Fribourg, nº5, Institut de Geographie de l'Université de Fribourg, Fribourg, 1987, p.73-87.

ROTEN, M., "Étude aérologique de la région du Conde de Martigny, à l'entrée de la vallée du Haut-Rhône (Suisse)", Cahiers de l'Institut de Géographie de Fribourg, 6, 1988, p.19-32.

ROWLAND, ANTHONY J., COOPER, PAUL, Environment and health, Edward Arnold, London, 1983.

RUBIN, E., SOULET, JÉRÔME, "Deux ans de secheresse:l'eau va monter", Science & Vie, nº 174, Março 1991, p.132-137.

RUFFIEUX, D., WOLFE, D., RUSSEL, C., "The effect of building shadows on the vertical temperature structure of the lower atmosphere in downtown Denver", Journal of Applied Meteorology, vol. 29, Dec.90, p.1221-1231.

RUSSELL, R.J., "Environmental changes through forces independent of man", Man's role in changing the face of the earth, THOMAS, W.L.(ed.), The University of Chicago Press, Ltd., London, 1970, p.453-471.

SAARINEN, "Environmental perception", Perspectives on environment, Association of American Geographers, public.nº13, Washington, 1974.

SABIN,T.E., SHULMAN, M.D., "A statistical evaluation of the efficiency of the climatic normal as a predictor", Journal of climatology, vol.5, P.A.Smithson(ed.)- Department of geography, University of Sheffield, New York, 1985, p.63-77.

SACARRÃO,G.F., A temperatura como factor ecológico, Comissão Nacional do Ambiente, Lisboa, 1987.

SAIZ-JIMENEZ, C., "Deposition of airborne organic pollutants on historical buildings", Atmospheric Environment, vol.27-B, nº1, 1993, p.77-85.

SALDIVA, P.H.N., KING, M., DELMONTE, V.L.C., "respiratory alterations due to urban air pollution: an experimental study in rats", Environmental Research, vol. 57, Feb.92, p.19-33.

SAMARA, C., TSITOURIDOU, R., BALAFOUTIS, Ch., "Chemical composition of rain in Thessaloniki, Greece, in relation to Meteorological conditions, Atmospheric Environment, vol.26-B, nº3, 1992, p.359-367.

SANCHEZ, M.L., PASCUAL, D., RAMOS, C., "Forecasting particulate pollutant concentrations in a city from meteorological variables and regional weather patterns (Villadolid, Spain)", Atmospheric Environment, Part A, vol. 24- A, nº 6, 1990, p.1509-1519.

SANI, SHAM, Urbanization and the atmospheric environment in the low tropics (experiences from the Kelang Valley region Malaysia), Penerbit University Kebangsaan Malaysia, Bangi, 1987.

SATURNINO, OSCAR, "Subsídio para a Climatologia da cidade do Pôrto (seis meses de observações)" in Notas de Estudo, Fac.Ciências, Porto, 1932.

SAUNDERS, P.J.W.,The estimation of pollution damage, Manchester University Press, Manchester, 1976.

SAVILLE, C. B., "Some rainfall variations, England and New England (USA)", Quaterly Journal of the Royal Meteorological Society, vol.60, 1933.

SCARLOTT, C.H., "Limitations to energy use", Man's role in changing the face of the earth, THOMAS, W.L.(ed.), The University of Chicago Press, Ltd, London, 1970, p.1010-1023.

SCHAEFER,F.K., Excepcionalismo en geografía, Ediciones de la Universidade de Barcelona, Barcelona, 1980.

SCHAEFER, V.J., DAY, J.A., "A field guide to the atmosphere - clouds, rain, snow, storms", The Peterson field guide series, USA, 1981.

SCHEFFE, R.D., MORRIS, R.E., "A review of the development and application of the urban airshed model", Atmospheric Environment, vol.27-B, nº1, 1993, p.23-39.

SCHLESINGER, M.E.(ed.), Greenhouse-gas-induced climatic change: a critical appraisal of simulations and observations, Elsevier Science Publishing Company, New York, 1991.

SCHMID,J.A., "Environmental impact of urbanization", Perspectives on environment, Association of American Geographers, public.nº13, Washington, 1974.

SCHUURMANS, C.J.E., "Climate variability and its time changes in European countries, based on instrumental observations", The Climate of Europe: Past, Present and Future, FLOHN, H., FANTECHI, R. (ed.), D.Reidel Publishing Company, Boston, 1978, p.65-101.

SCORER, RICHARD, Air pollution, Pergamon Press Ltd, Oxford, 1968.

SEARS, P.B., "The processes of environmental change by man", Man's role in changing the face of the earth, THOMAS, W.L.(ed.), The University of Chicago Press, Ltd., London, 1970, p.471-487.

SERRANO, E., ZURITA, E., CASTRO, M., "Analysis of the annual trend in SO2 and particulate matter emissions in Madrid", Atmospheric Environment, vol. 23, nº3, 1989, p.631-642.

SERRÃO,J., MARTINS,G., Da indústria portuguesa do antigo regime ao capitalismo (antologia), Horizonte Universitário, Lisboa, 1978.

SHANKAR, R., KU, J., TRIVIKRAMA R.S., "A comparison study of three urban air pollution models", Atmospheric Environment, vol. 23, nº4, 1989, p.793-801.

SHREFFLER, JACK, H., "Heat island convergence in St.Louis during calm periods", Journal of Applied Meteorology, vol.18, American Meteorological Society, 1979, p.1513-1520.

SHUKLA, V., PARIKH, K., "The environmental consequences of urban growth: cross-national perspectives on economic development, air pollution, and city size", Urban Geography, vol. 13, nº 5, Sept/Oct 92, p. 422-449.

SIMMONS,I.G., Biogeography: natural and cultural, Edward Arnold, London, 1979.

SIMMONS,I.G., COX, N.J., "Holistic and reductionostic approaches to Geography", The future o geography, JOHNSTON, R.J. (ed.), Methuen, London, 1985, p.43-58.

SIMMONS,I.G., Changing the face of the earth - culture, environment, history, Basil Blackwell Ltd, Oxford, 1989.

SINGH, KRISHAN, "Water management", Handbook of applied meteorology, David D. Houghton Wiley, Interscience, New York, 1985.

SINGH, M.P., GOYAL, P., BASU, S., "Predicted and measured concentrations of traffic carbon monoxide over Delhi", Atmospheric Environment, Part A, vol. 24- A, nº 4, 1990, p.801-810.

SMITH, D.BRYCE, STEPHENS,R., "Sources and effects of environmental lead", Trace Elements in health, Butterworth & Co, London, 1983, p. 83-117.

SMITH, D.M., Patterns in human geography, Penguin Books, Middlessex, U.K., 1977.

SMITH, KEITH, "Environmental issues", Progress in physical geography, vol.9,nº1, Edward Arnold, London, 1985, p.83-87.

SONKA, S.T. et al., "Economic use of weather and climate information: concepts and an agricultural example", Journal of climatology, vol.6, P.A.Smithson(ed.)- Department of geography, University of Sheffield, New York, 1986, p.447-457.

SPIEGEL, MURRAY R., Estatística, Coleção Schaum, McGraw-Hill do Brasil,Ltda, S.Paulo, 1977.

STAMM,A., CAPLAN,P., HINRICHS,R.A., "Rain chemistry under the plume from an oil-fired power plant- a case study", Atmospheric Environment, vol.18, Pergamon Press, 1984, p.817-823.

STARK, K.P., "Designing for coastal structures in a greenhouse age", Greenhouse, Planning for Climate Change, CSIRO - Division of Atmospheric Research, PEARMAN, G.I., (ed.),Melbourne, Australia, 1989, p.161-176.

STARK, L.P., "Positions of monthly mean throughs and ridges in the northern hemisphere", Monthly Weather Review, vol.93, Boston, 1965, p.705-720.

STRAHLER,A.N., Physical geography, John Wiley & Sons, USA, 1975.

SURRIDGE,A.D., "Extrapolation of the nocturnal temperature inversion from ground-based measurements", Atmospheric Environment, vol.20, nº4, Pergamon Press, Great Britain, 1986, p.803-806.

SUTCLIFFE, R.C., "Agroclimatological methods", Climatic change, UNESCO, 1968, p.189-193.

SUZUKI,E., MIYATA,M., HONGO, S., "Statistical prediction of climatological extreme value and return period in case of small samples", Statistical, climatology, developments in

atmospheric science, 13, S.Ikeda et al. (ed.), Elsevier scientific publishing company, 1980.

SWEENEY, JOHN, "The urban heat island of Dublin City", Irish Geography, vol. 20, part1, 1987, p.1-10.

TAKAHASHI, K.,"Key day analysis on relationship between solar activity and precipitation", Japanese Progress in climatology, Nov., Tokyo, 1967, p.102-110.

TAVEIRA, A.A.S., "O regime de chuvas do Porto", Revista de Engenharia, nº26, Porto, 1960, p. 9-21.

TEIXEIRA, C., "Acerca da idade das rochas graníticas portuguesas", Boletim da Sociedade Geológica de Portugal, XX, 1976, p.131-163.

TEIXEIRA, C., PAIS, J., ROCHA, R., Quadros de unidades estratigráficas e da estratigrafia Portuguesa, INIC, Lisboa, 1979.

TEIXEIRA, C., Geologia de Portugal, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1981.

TENNEKES, H., "Numerical weather prediction:ilusions of security, tales of imperfection", Weather, vol.43, nº4, Published by the Royal Meteorological Society, 1988.

THOM, B.G., ROY, P.S., "Sea-level rise and climate: lessons from the Holocene", Greenhouse, Planning for Climate Change, CSIRO - Division of Atmospheric Research, PEARMAN, G.I., (ed.),Melbourne, Australia, 1989, p.177-188.

THOMPSON, C.S., "Homogeneity analysis of rainfall series: an application of the use of a realistic rainfall model", Journal of climatology, vol.4, P.A.Smithson(ed.)- Department of geography, University of Sheffield, New York, 1984, p.609-619.

THORNES, J.E., "Applied climatology: ozone comes to London", Progress in physical geography, I,(3), Edward Arnold, London, 1977, p.507-517.

TIMBERLAKE, L, THOMAS, L. When the bough breaks..., Earthscan Publications Ltd, London, 1990.

TIMMERMAN, P., "Mythology and surprise in the sustainable development of the biosphere", Sustainable development of Biosphere, W.C.CLARK, MUNN,R.E. (ed.), IIASA, Cambridge University Press, Cambridge, 1986, p.435-455.

TINAS, JORGE, "Políticas de medio ambiente para las grandes ciudades españolas", Las grandes ciudades en la decada de los noventa, BORJA, JORDI et al. (ed.), Editorial Sistema, Madrid, 1990, p.389-408.

TODD, CLEMENT J., "Weather modification", Handbook of applied meteorology, David D. Houghton Wiley, Interscience, New York, 1985.

TOKUNOSUKE, F., "Seasonal variation of the structure of the atmospheric boundary layer over a suburban area", Atmospheric Environment, vol. 20, nº 10, 1986, p. 1867-1876.

TRENBERTH, K.E., "Recent Climate Changes in the Northern Hemisphere", Greenhouse-gas-induced climatic change: a critical appraisal of simulations and observations, SCHLESINGER, M.E.(ed.),Elsevier Science Publishing Company, New York, 1991, p.377-390.

TREWARTHA, GLENN, T., An introduction to climate, fourth ed., McGraw-Hill Book Company, New York, 1968.

TRIPATHI, R.M., KHANDEKAR, R.N., RAGHUNATH, R., "Assessment of atmospheric pollution from toxic heavy metals in two cities in India", Atmospheric Environment, vol. 23, nº4, 1989, p.879-883.

TULLOT, INOCENCIO FONT, Climatologia de España y Portugal, Instituto Nacinal de Meteorologia, Madrid, 1983.

TURNER II, B.L., et al., "Two types of global environmental change", Global Environmental Change, Butterworth-Heinemann Ltd, vol.1, nº1, December, 1990, p.14-22.

TURNER II, B.L., et al., The Earth as transformed by Human Action, Cambridge University Press, Cambridge,1990.

TYSON,P.D., TOIT, W.J.F., FUGGLE, R.F., "Temperature structure above cities: review and preliminary findings from the Johannesburg urban heat island project", Atmospheric Environment, vol.6, Pergamon Press, Great Britain, 1972, p.533-542.

UNESCO, Agroclimatological Methods, UNESCO, Chambéry, 1968.

UNITED KINGDOM CLIMATE CHANGE IMPACTS REVIEW GROUP, The Potential Effects of Climate Change in the U.K., HMSO, London, 1991.

UNO, I., WAKAMATSU, S., "Observed structure of the nocturnal urban boundary layer and its evolution into a convective mixed layer", Atmospheric Environment, vol.26-B, nº1, 1992, p.45-57.

UNWIN, D.J., "Statistical methods in physical geography", Progress in Physical geography, I, 2, London, 1977.

UNWIN, D.J., "The synoptic climatology of Birmingham's urban heat island, 1965-1974", Weather, vol. 35, 1980, p.43-50.

U.S.NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, Lead in the human environment; Washington, D.C., 1980.

VAN BORM, W.A., ADAMS, F.C., "Characterization of individual particles in the Antwerp aerosol", Atmospheric Environment, vol. 23 , nº5, 1989, p.1139-1151.

VASCONCELOS, M.T., et al., "Níveis de metais pesados (Pb, Cu e Cd) e de SO_2 na atmosfera da cidade do Porto", Resumo das Comunicações do 10º Encontro Nacional de Química, Porto, 1987.

VASCONCELOS, M.T., et al., "Lead and other heavy metals in atmospheric aerosols of Oporto", Chemosphere, vol.17, nº10, Great Britain, 1988, p.2093-2106.

VASCONCELOS, M.T., et al., "Avaliação de um protótipo de amostrador de aerossóis para monitorização de chumbo na atmosfera", Resumo das Conferências Plenárias, Lições Temáticas e Comunicações do 12º Encontro Nacional de Química, Coimbra, 1991, p.120-124.

VASCONCELOS, M.T., et al., "Integração de indicadores biológicos na monitorização de chumbo na atmosfera urbana do Porto - primeiros resultados", Resumos da 3ª Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente, vol. I, Aveiro, 1992, p.42-50.

VÁZQUEZ, I.B., " Crescimento urbano e suburbanização no Grande Porto : uma perspectiva relacional", Análise Social, vol. XXVII, (115), 1992, p.191-205.

VÁZQUEZ, I.B., " A evolução da cidade do Porto e a estrutura dos concelhos periféricos. Algumas considerações sobre modalidades de articulação territorial", Sociedade e Território, ano 6, 1992, p.98-105.

VELHAS, EDITE M.F.S., A bacia hidrográfica do rio Leça - estudo hidroclimático, FLUP, Porto, polic., 1991.

VEN TE CHOW, "Statistical and probability analysis of hydrological data", Handbook of applied hydrology, section 8-I, New York, 1964, p.1-97.

VENTURA, J.E., Influência das gotas de ar frio no ritmo e na repartição espacial das chuvas em Portugal, CEG, rel. nº24, Lisboa, 1986.

VERMA, S.B., KIM,J., CLEMENT,R.J., "Carbon dioxide, water vapor and sensible heat fluxes over a tallgrass prairie", Boundary - layer meteorology, 46, Kluwer Academic Publishers, 1989, p.53-67.

VOGEL, J.L., HUFF, F.A., "Relation between the St.Louis urban precipitation anomaly and synoptic weather factors", Journal of Applied Meteorology, vol.17, American Meteorological Society, 1978, p.1141-1152.

VRIES, J., "Analysis of historical climate- society interaction", Climate Impact Assessment,, KATES, R.W., AUSUBEL, J.H., BERBERIAN, M. (ed.), John Wiley & Sons, Series Scope, Chichester, 1986, p.273-293.

WACHS, M., CRAWFORD, M., The car and the city: the automobile, the built environment and the daily urban life, University of Michigan Press, Anne Arbor, 1972.

WANG, PAO-KUAN, "Air pollutant measurements", Handbook of applied meteorology, David D. Houghton Wiley, Interscience, New York, 1985.

WANNER, H., HERTIG, J., "Studies of urban climates and air pollution in Switzerland", Journal of Climate and Applied Meteorology, Vol. 23, Dec. 84, p. 1614-1625.

WATSON,I.D., JOHNSON, G.T., "Graphical estimation of sky view-factors in urban environments", Journal of climatology, vol.7, P.A.Smithson(ed.)- Department of geography, University of Sheffield, New York, 1987, p.193-197.

WAYLEN, P.R., "Statistical analysis of freezing temperatures in central and southern Florida", Journal of climatology, vol.8, Royal Meteorological Society, 1988, p.607-628.

WEBB, A.H., et al., "Studies on the effects of air pollution on limestone degradation in Great Britain", Atmospheric Environment, vol.26-B, nº2, 1992, p.165-181.

WHEELER, D.A., "The Summer of 1987 in North-East England", Weather, vol.43, nº5, Published by the Royal Meteorological Society, 1988.

WHITE, J.C., Global climate change linkages: acid rain, air quality and stratospheric ozone, Proceedings of a Conference sponsored by the Center for Environmental Information, Inc., Elsevier, New York, 1989.

WHITE, R., "Está el hombre cambiando el clima?", Mazingira-The international journal for environment and development,vol.6, nº3, Mazingira Ed., U.K., 1982.

WHO, Environmental health criteria 3. Lead, World Health Organization, Geneva, 1977.

WHO-REGIONAL OFFICE FOR EUROPE, "Environmental health impact assessment of urban development projects", Guidelines and recommendations :draft report , Geneve, 1985.

WHYTE, A.V.T., "Perception", Climate Impact Assessment,, KATES, R.W., AUSUBEL, J.H., BERBERIAN, M. (ed.), John Wiley & Sons, Series Scope, Chichester, 1986, p.403-437.

WIGLEY,T.M.L., etal., "Historical climate impact assessments", Climate Impact Assessment,, KATES, R.W., AUSUBEL, J.H., BERBERIAN, M. (ed.), John Wiley & Sons, Series Scope, Chichester, 1986, p.529-565.

WIGLEY,T.M.L., LOUGH,J.M., JONES,P.D., "Spatial patterns of precipitation in England and Wales and a revised, homogeneous England and Wales precipitation series", Journal of climatology, vol.4, P.A.Smithson(ed.)- Department of geography, University of Sheffield, 1984, p.1-25.

WIGLEY, T.M.L., RAPER, S.C.B., "Internally generated natural variability of global-mean temperatures", Greenhouse-gas-induced climatic change: a critical appraisal of simulations and observations, SCHLESINGER, M.E.(ed.),Elsevier Science Publishing Company, New York, 1991, p.471-482.

WIGLEY, T.M.L., "Future climate of the Mediterranean basin with particular emphasis on changes in precipitation", Climatic Change and the Mediterranean - environmental and societal impacts of climate change and sea-level rise in the Mediterranean region, JEFTIC, L., MILLIMAN, J.D., SESTINI, G., (ed.), Edward Arnold, London, 1992, p.15-44.

WILHEIM, JORGE, "Medio Ambiente y ciudade", Las grandes ciudades en la decada de los noventa, BORJA, JORDI et al. (ed.), Editorial Sistema, Madrid, 1990, p.347-370.

WILHITE, D.A., EASTERLING, W.E., "Coping with drought: toward a plan of action", Eos, vol. 70, nº7, American Geophysical Union, 1989, p. 106-108.

WILHITE,D., EASTERLING,W.E., WOOD,D.A. (ed.), Planning for drought, toward a reduction of societal vulnerability, Westview Press/UNEP, Boulder and London, 1987.

WILLIAMS, M.L., BROUGHTON, G.F.J., BOWER, J.S., "Ambient NOx concentrations in the U.K. 1976-1984 - a summary", Atmospheric Environment, vol. 22, nº12, 1988, p.2819-2840.

WIMAN, I.M.B., "Expecting the unexpected: some ancient roots to current perceptions of nature", Ambio - a Journal of the Human Environment, vol. XIX, nº 2, Abril 1990, p.62-69.

WMO, "Some methods of climatological analysis", Technical note nº81, Geneva, 1966.

WMO, "Dispersion and forecasting of air pollution, Technical Note, nº 121, Geneva, 1972.

WMO, "Outline plan and basis for the world climate programme 1980-83", Technical note, WMO nº540, Geneva, 1980.

WOLMAN, A., "Disposal of man's wastes", Man's role in changing the face of the earth, THOMAS, W.L.(ed.), The University of Chicago Press, Ltd., London, 1970, p.807-817.

WOOD, C.M., LEE, N., LUKER, J.A., SAUNDERS, P., THe geography of pollution: a study of Greater Manchester, Manchester University Press, Manchester, 1974.

WOOD, WILLIAM B., "Tropical deforestation, balancing regional development demands and global environmental concerns", Global Environmental Change, Butterworth-Heinemann Ltd, vol.1, nº1, December, 1990, p.23-33.

WORLD CLIMATE CONFERENCE, Climate Change: science, impacts and policy, Proceedings of the Second World Climate Conference, Cambridge, Cambridge University Press, 1991.

WORLD COMMISION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, Our common future, Oxford University Press, Oxford, 1987.

WORLD RESOURCES INSTITUTE, World Resources 1990-91, Report of the World Resources Institute, Oxford University Press, New York and Oxford, 1990.

WRIGHT, D.H., "Human impacts on energy flow through natural ecosystems and implications for species endangerment", Ambio - a Journal of the Human Environment, vol. XIX, nº 4, Jul. 1990, p.189-194.

YAGUE, C., ZURITA, E., MARTINEZ, A., "Statistical analysis of the Madrid urban heat island", Atmospheric Environment, Part B, vol. 25- B, nº3, 1991, p.327-332.

YAMASHITA, S., SEKINE, K., SHODA, M., "On relationships between heat island and sky view factor in the cities of Tama River basin, Japan", Atmospheric Environment, vol. 20, nº4, 1986, p.681-686.

YARNAL,B.,WHITE,D., "Subjectivity in a computer-assisted synoptic climatology I: classification results", Journal of climatology, vol.7, P.A.Smithson(ed.)- Department of geography, University of Sheffield, New York, 1987, p.119-128.

YIP YAT HOONG, LOW KWAI SIM (ed.), Urbanization and environment with special reference to Kuala Lumpur, Institut Pengajian Tinggi, University of Malaya, Kuala Lumpur, 1984.

YOSHIDA, A., "Two-dimensional numerical simulation of thermal structure of urban polluted atmosphere (effects of aerosol characteristics)", Atmospheric Environment, Part B, vol. 25- B, nº 1, 1991, p.17-23.

YUEN, TSAN-YING, HARRISON, HALSTEAD, CHARLSON, ROBERT, BAKER, M.B., "The global sulfur box model", Atmospheric Environment, vol.13, Pergamon Press, Great Britain, 1979, p.1351-1359.

ZUIDEMA, F.C.Impacto da urbanização no planeamento e gestão dos recursos hídricos- uma contribuição para o programa Hidrológico Internacional, UNESCO, Zandvoort, 1977.