

CARLA MORA

ASPECTOS DO CLIMA LOCAL DA ARRÁBIDA

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
FACULDADE DE LETRAS
UNIVERSIDADE DE LISBOA
1998



CARLA MORA

194

ASPECTOS DO CLIMA LOCAL DA ARRÁBIDA

Dissertação apresentada à Faculdade de Letras de Lisboa, sob orientação da Professora Doutora Maria João Alcoforado, para a obtenção do grau de Mestre em Geografia Física e Ambiente

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
FACULDADE DE LETRAS
UNIVERSIDADE DE LISBOA
1998

PREFÁCIO

Esta dissertação foi desenvolvida na sequência de dois projectos de investigação. O primeiro, “As arribas da Arrábida e o sistema ambiental atmosfera-oceano” subsidiado pela JNICT, decorreu entre 1992 e 1995 e foi coordenado pela Professora Suzanne Daveau, estando os estudos de climatologia a cargo da Professora Maria João Alcoforado; o segundo, “Investigação geo-ecológica da Serra da Arrábida: o solo, o clima e a utilização do solo”, subsidiado pelo Conselho de Reitores das Universidades Portuguesas (CRUP) e pelo *Deutscher Akademischer Austauschdienst* (DAAD), no âmbito de acções integradas luso-alemãs. Os responsáveis foram os Professores Wilfried Endlicher da Universidade de Marburg e Maria João Alcoforado. No decurso destes projectos, duas estações automáticas foram oferecidas pelo DAAD ao grupo liderado pela Profª Maria João Alcoforado. Problemas logísticos impossibilitaram a utilização dos dados das estações meteorológicas no decurso destes projectos. A Professora Maria João Alcoforado pôs à minha disposição os dados das estações, tendo-me ocupado da sua manutenção, com o apoio técnico do Engº. Adriano Lanhoso.

A realização desta dissertação fica a dever-se a várias pessoas que em muito contribuíram para a levar a bom termo.

Começo por agradecer à Professora Maria João Alcoforado, a quem devo em grande parte os conhecimentos que tenho sobre topoclimatologia, a orientação desta investigação, bem como o apoio, as críticas e sugestões, dadas sempre com a simpatia que lhe é particular. A prontidão com que sempre cedeu as suas observações sobre a área e os dados climáticos recolhidos no passado foram fundamentais para consolidar este trabalho. Agradeço-lhe ainda a possibilidade única de poder usufruir de dados climáticos das duas estações automáticas localizadas na Arrábida.

Tive a sorte de conhecer a Professora Suzanne Daveau durante a cadeira de Hidrologia, ainda na licenciatura, e a ela devo grande parte do fascínio pela Geografia Física.

Também ao Professor António de Brum Ferreira devo parte dos conhecimentos em Geografia Física e em especial, em Geomorfologia. Agradeço-lhe também a sua exigência e o rigor com que orientou os estudos geomorfológicos efectuados nos cursos do mestrado.

Aos meus amigos, Vitor Machado e Tiago Vieira, agradeço o apoio prestado nas medições itinerantes. Ao Henrique Andrade e António Lopes agradeço a simpatia e a ajuda que sempre deram na resolução e discussão de problemas que foram surgindo ao longo da tese.

Por fim, mas não menos importante, ao meu marido, agradeço a ajuda prestada ao longo da elaboração da tese, na sua discussão, no trabalho de campo, nas sugestões várias, na orientação científica e também o incentivo nos momentos mais difíceis.

1. INTRODUÇÃO

O clima é um conceito abstracto, que nasce da necessidade do homem de caracterizar os fenómenos atmosféricos a que está sujeito, num determinado período de tempo. Segundo Geiger (1961, p.7) “A noção de ‘clima’ é sempre abstracta. O clima só pode ser determinado através de números obtidos por laboriosos cálculos. Pois o clima abrange a totalidade dos fenómenos meteorológicos isolados de um dado local a que nós chamamos ‘estado do tempo’, ou sejam as situações médias e o decurso normal do tempo, compreendendo além disso fenómenos extraordinários, repetidas vezes observados, como tufões, tempestades de poeira ou geadas tardias”. ALCOFORADO (1993, p.11) refere que as definições de clima “demonstram que o clima é uma noção abstracta, construída pelo espírito humano para representar, por uns poucos valores numéricos, o conjunto de estados do tempo a que o homem está sujeito e que, esses sim, são concretos para ele”.

A climatologia surge portanto da necessidade do homem compreender os fenómenos atmosféricos que, depois de identificados, são estudados no sentido de serem determinadas as suas causas e efeitos. Consoante o fenómeno estudado, assim vão existir diferentes escalas espaciais e temporais de análise. As escalas espaciais são definidas pela dimensão da área onde ocorre o fenómeno, que pode variar entre um espaço centimétrico, correspondendo a uma microescala, a um espaço com centenas de quilómetros, que se enquadra numa macroescala. A escala temporal é determinada pela duração do fenómeno atmosférico, que pode durar desde alguns segundos, a várias centenas, ou mesmo, milhares de anos. Apesar de existirem diversas escalas de análise, como refere OKE, todos os fenómenos estão ligados entre si, fazendo parte de um todo (OKE, 1995, p.3).

Os trabalhos à escala local são aqueles que me despertam mais interesse, pois possibilitam reconhecer e estudar as influências dos factores geográficos locais, que geram por vezes grandes diferenças nas características climáticas em pequenas áreas. Em termos práticos, os trabalhos feitos ao nível do clima local podem ser utilizados por agrónomos, botânicos, técnicos de planeamento, geomorfólogos, entre outros.

Os estudos ao nível do clima local começaram quando surgiu a necessidade, na agricultura, e mais tarde no planeamento regional, de conhecer as características climáticas da camada de ar mais próxima do solo, bem como a variabilidade dos elementos climáticos numa determinada área. A noção de clima influenciado pela topografia foi desde sempre aceite, mas

só em 1953, THORNTHWAITE propôs a designação de topoclimatologia (GEIGER, 1961). Alguns autores, como BITAN (1975) e PASZYNSKI (1983) preferem o termo clima local (ALCOFORADO, 1993, p.11). No entanto, climatologia local é sinónimo de topoclimatologia, ou seja, o estudo do “clima do terreno” (GEIGER, 1961). Este é influenciado pelas características da superfície terrestre, como a topografia, a natureza do substrato, o coberto vegetal, a ocupação humana, etc.

Os estudos do clima local são efectuados a uma escala intermédia, entre mesoclima e microclima. YOSHINO (1975) apresenta uma tipologia para as escalas espaciais de investigação em climatologia, em que dá exemplos de possíveis estudos de mesoclima, clima local e microclima. Estudos mesoclimáticos poderiam ser feitos à escala de uma planície ou de uma montanha. É possível desenvolver trabalhos de clima local à escala de uma cidade, de um campo cultivado ou de uma floresta. No caso do microclima poder-se-iam estudar as características climáticas de um *canyon* urbano ou de um campo.

O trabalho que apresento é um estudo de climatologia local, devendo para isso, teoricamente, a área em análise ter uma extensão entre 100 m e 50 km (OKE, 1995). A área em que desenvolvo o presente estudo localiza-se no sul da Península de Setúbal, propriamente na Arrábida e o seu comprimento máximo é de cerca 27 km, enquadrando-se na dimensão referida por OKE. Devido à falta de tempo e de meios para desenvolver trabalho de campo em toda a área, escolhi três áreas de pormenor: a primeira situa-se no Cabo Espichel e tem um comprimento máximo de 4 km; a segunda área situa-se na Bacia de Sesimbra, tendo aproximadamente 3 km de distância; por último, a da Serra da Arrábida, é a mais extensa, com 6 km (fig. 1).

A definição de escala local que apresentei baseia-se na distância horizontal. No entanto, também se pode definir a escala de análise na vertical. Tendo como domínio a troposfera, onde ocorrem os fenómenos meteorológicos comuns, localiza-se uma camada com 1 a 2 km de espessura denominada *Planetary Boundary Layer* (camada limite). Trata-se da camada de ar acima da superfície da Terra, na qual os efeitos desta (como o atrito, o aquecimento e o arrefecimento) são sentidos directamente num período de tempo inferior a 1 dia (GARRATT, 1992, p.1) (fig. 2). A estrutura do *Planetary Boundary Layer* é constituída por três camadas. A camada superior, denominada *Ekman Layer*, ou *Mixed Layer*, é a que sofre menor influência das características da superfície terrestre. Abaixo dela, a *Inner Layer* ou *Surface Layer*, que no sector inferior, onde é influenciada directamente pela superfície, é denominada por *Interfacial Sublayer* ou *Roughness Layer* (OKE, 1995).

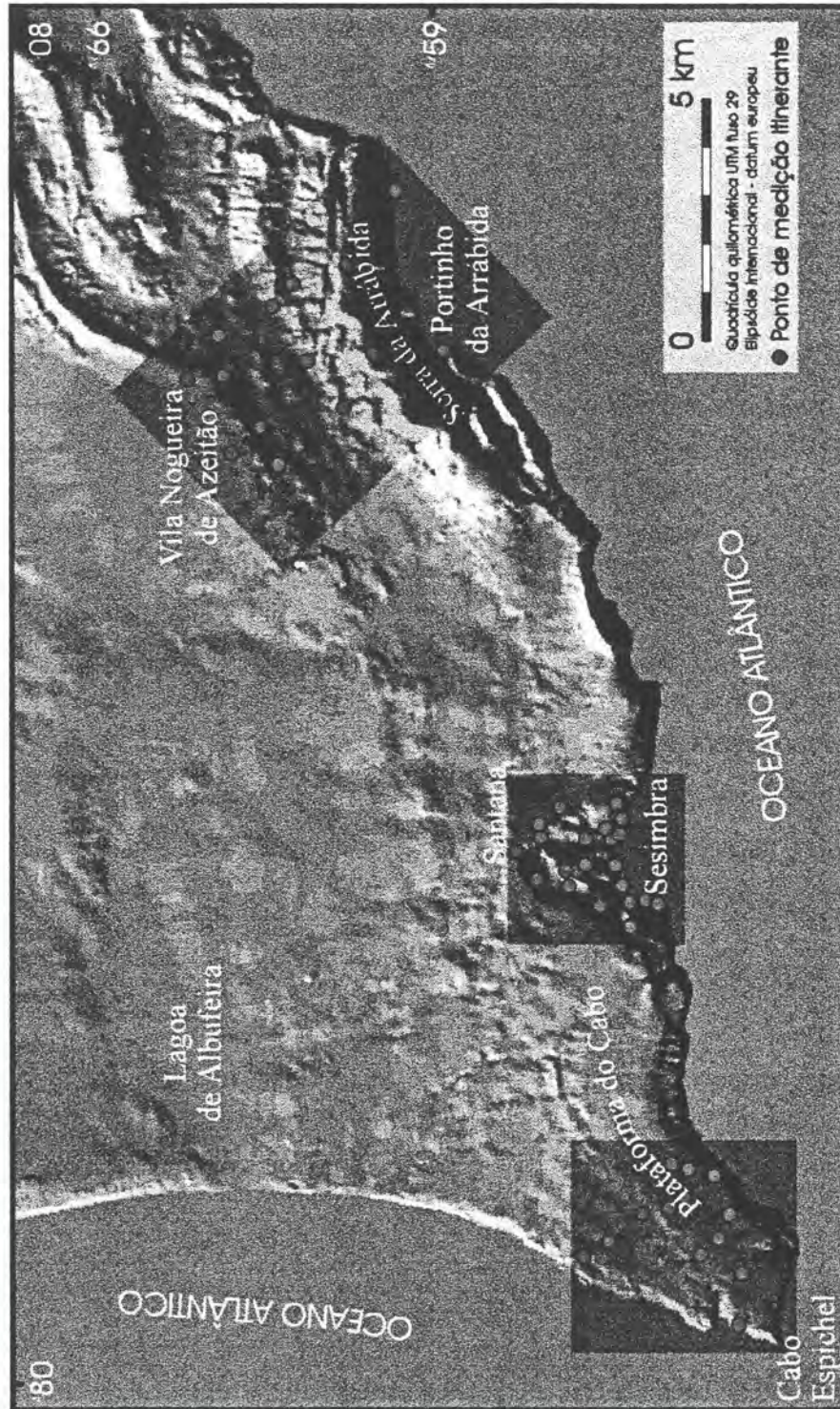


Figura 1 – Localização das áreas estudadas no Sul da Península de Setúbal (relevo baseado na Carta Corográfica de Portugal, folha 38-B – Setúbal, 1:50 000).

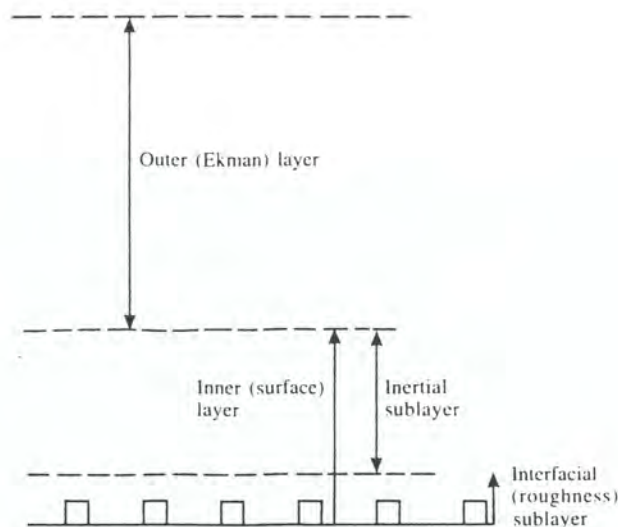


Figura 2 – Estrutura esquemática da camada limite atmosférica (GARRATT, 1992).

No que diz respeito à escala temporal, foi feita uma recolha de dados climáticos ao longo de um ano, tendo os fenómenos climáticos, aos quais que se referem, durações diversas. Por exemplo, foram estudadas brisas cuja duração se reporta a horas; foram analisados dados climáticos à escala horária, diária e mensal. Foram, também, realizadas medições itinerantes que ilustram os padrões térmicos nocturnos e diurnos em dias anticiclónicos, ao longo de várias estações do ano. Portanto os fenómenos observados desenvolveram-se entre os períodos de algumas horas a meses.

Para realizar estudos em topoclimatologia, GEIGER (1961) salienta a necessidade do trabalho de campo. O mesmo autor refere que a investigação em topoclimatologia só começou com o desenvolvimento de novas técnicas de trabalho. Terá sido SCHMIDT em 1929, o primeiro a desenvolver um estudo em topoclimatologia usando métodos de observação directa, através da instalação de uma rede de estações nos arredores de Viena e da realização de medições itinerantes em bicicleta. Para além do recurso aos métodos utilizados na Climatologia sinóptica, é portanto fundamental a realização de trabalho de campo (GEIGER, 1961).

A metodologia utilizada nos estudos topoclimáticos desde sempre me despertou interesse. Tomei contacto com ela durante a licenciatura e no, curso de Mestrado “Clima e Ambientes Urbanos”, surgiu a oportunidade de a pôr pessoalmente em prática. Desde então, ficou clara a escolha da área científica em que ia preparar a dissertação de mestrado. Faltava a escolha da área de trabalho. A Arrábida surgiu logo como uma possível opção. Desde muito nova, que me encantei pela Arrábida, e que muito me intrigavam as mudanças no vento ao longo do dia. Por

isso quando tive a oportunidade de escolher um local de estudo, não hesitei em escolher a Arrábida.

O objectivo desta dissertação de mestrado é pois, de aprofundar o conhecimento dos aspectos topoclimáticos do sul da Península de Setúbal, em particular nas áreas do Cabo Espichel, Bacia de Sesimbra e Serra da Arrábida. Pretende-se determinar a influência no clima local da altitude, morfologia, distância ao mar e exposição, nomeadamente na variação espacial da temperatura, da humidade e do vento.

O texto divide-se em nove capítulos. No primeiro, o presente, é feita uma introdução à escala de análise e aos objectivos do trabalho; no segundo capítulo apresento um ponto da situação dos estudos de clima local feitos em Portugal, dos seus objectivos e principais conclusões; o enquadramento geral da área é realizado no terceiro capítulo, contemplando os aspectos geomorfológicos e climáticos, tendo estes últimos um maior desenvolvimento; no quarto capítulo, o mais extenso da dissertação, é feita a caracterização topoclimática da Serra da Arrábida. Começo por utilizar os dados térmicos diários da estação de Setúbal para caracterizar o período em estudo, que decorreu entre 1/1/1996 e 26/3/97, sendo depois comparados com os das duas estações automáticas. Estas permitem uma análise com maior pormenor por facultarem dados horários, aos quais apliquei a análise em componentes principais e a classificação ascendente hierárquica. Este tratamento estatístico permitiu identificar grupos de dias com características semelhantes. Numa segunda parte do capítulo é feita a análise das medições itinerantes e são reconhecidos alguns dos padrões térmicos na Serra da Arrábida. No quinto capítulo são estudados os padrões térmicos da área da Bacia de Sesimbra, com base em medições itinerantes, e é feito um modelo, utilizando um Sistema Informação Geográfica para determinar a variação das temperaturas máximas e mínimas na área em condições de estabilidade atmosférica. No sexto capítulo é apresentado o estudo dos padrões térmicos da última área amostra, o Cabo Espichel. No capítulo seguinte é feita uma tentativa de reconhecer os padrões térmicos na Arrábida durante um dia em que foram realizadas medições itinerantes simultâneas em todas as áreas. Por fim, no oitavo capítulo, é apresentada uma conclusão geral e discutida a aplicabilidade prática dos aspectos observados.

Note-se que se optou por descrever a metodologia, bem como as técnicas utilizadas e os respectivos problemas em cada capítulo para facilitar a leitura e, também, porque aqueles são tão diversos e pontuais, que fora do contexto poderiam causar dificuldades na leitura.

2. ESTUDOS DE CLIMA LOCAL EM PORTUGAL. BREVE SÍNTESE

No presente capítulo, apresenta-se de forma sucinta os trabalhos realizados em Portugal no âmbito da climatologia local. Estes são descritos por ordem cronológica, para mostrar a evolução deste ramo da climatologia em Portugal. É de referir que a recolha bibliográfica terminou em Abril de 1997, existindo trabalhos posteriores não analisados. A recolha foi tão exhaustiva quanto possível, podendo no entanto algum trabalho ter escapado. A síntese é forçosamente subjectiva, sendo apresentados os aspectos que pareceram mais relevantes no âmbito desta tese.

Os trabalhos de topoclimatologia em Portugal têm sido desenvolvidos fundamentalmente por climatólogos. No entanto, existem outras ciências, que têm também contribuído para esses estudos. Exemplo disso são os agrónomos, que se interessam pelo conhecimento da camada de ar junto ao solo, com o objectivo de obter melhores produções agrícolas. Os médicos também se interessam por estudos do clima local, em particular nas cidades, para determinarem a influência dos estados do tempo no aparecimento de determinadas patologias, por exemplo QUEIRÓS *et al.* (1990). No entanto, os trabalhos realizados em Portugal nas cidades para determinar a relação entre o clima e a saúde, são do âmbito da climatologia aplicada. Por fim, os técnicos de planeamento e ordenamento do território interessam-se em conhecer as características climáticas de um determinado local, no sentido de beneficiar a população em termos de conforto e mesmo em termos de poupança de energia. Por exemplo, pela distinção entre as áreas em que há acumulação de ar frio e as áreas mais secas e quentes.

O estudo do clima local impõe o uso de novas técnicas e novos instrumentos, os quais não estão muitas vezes disponíveis devido ao elevado custo financeiro que implicam. Pela falta de aparelhos, recorre-se muitas vezes às observações fisiológicas e morfológicas da vegetação. Por exemplo, através da deformação das árvores, pode-se saber o rumo do vento dominante; o tipo de vegetação dá indicações ambientais, como por exemplo o grau de secura, de humidade, de salinidade, bem como outras características ambientais.

Em Portugal, os primeiros trabalhos em topoclimatologia foram feitos com base em observações da deformação da vegetação. No mesmo período surgem também os trabalhos em clima urbano, por serem os locais onde o homem se fixa, sendo importante conhecer as modificações que ele provoca no clima, bem como os padrões climáticos, que poderão condicionar as suas actividades.

As primeiras referências ao clima das cidades portuguesas surgem em monografias, como por exemplo “O espaço urbano do Porto - condições naturais e desenvolvimento” (OLIVEIRA, 1973, citado por ALCOFORADO, 1984c). No entanto, estes trabalhos não seguiam as metodologias de análise topoclimática já aplicadas no estrangeiro em estudos de clima urbano (ALCOFORADO, 1984c).

A primeira abordagem, em português, aos trabalhos realizados fora do país em climatologia local foi feita por ALCOFORADO (1978) que apresentou um artigo intitulado “Reflexões metodológicas em climatologia regional e local”. A autora faz uma apresentação dos conhecimentos em climatologia regional e local a nível mundial e em Portugal, sendo sintetizados os principais resultados dos trabalhos feitos em microclimatologia, clima local e urbano. Trata-se de um ponto da situação dos conhecimentos e metodologias aplicadas até à data.

Os primeiros trabalhos práticos sobre clima local surgem na década de oitenta. ALCOFORADO (1984a) estudou “Os ventos dominantes em torno da Serra de Sintra”. Observou a deformação da vegetação na Serra, no sentido de determinar os ventos dominantes. Os ventos responsáveis pela deformação da vegetação são os de N ou NW, tendo estes uma maior velocidade e frequência de ocorrência junto ao oceano. A autora observou que a Serra influencia o fluxo do vento dominante de NW, provocando a sua deformação na camada de ar mais próxima da superfície. Constitui portanto um obstáculo que induz à travagem e divergência do vento a barlavento. O vento que ultrapassa a Serra tende a adquirir maior velocidade devido ao movimento descendente. No mesmo ano, a autora apresenta um artigo sobre a “Representação cartográfica das arvores deformadas” (ALCOFORADO, 1984b), onde é explicada a acção directa e indirecta do vento na vegetação, bem como as adaptações morfológicas e fisiológicas ao factor limitante que constitui o vento. Começa por descrever a metodologia aplicada nas escalas de deformação da vegetação pelo vento. A partir da deformação da vegetação foram assim determinadas as trajectórias e as intensidades relativas do vento em torno da Serra de Sintra.

Outro estudo dedicado à deformação da vegetação é da autoria de FERREIRA (1984), que aplicou à ilha do Faial, nos Açores, escalas de deformação da vegetação arbórea. O objectivo era estudar os ventos dominantes na ilha, aplicando a metodologia proposta por BARSCH (1963) e YOSHINO (1972). Com base neste método, a autora salienta quatro factos: o vento dominante de NW ao encontrar a ilha divide-se em dois ramos; no sector oriental do Faial há uma zona de convergência de vento; o vento de SW aumenta de velocidade no sul da ilha, ao

longo do canal do Faial. Observou ainda canalizações do vento na ilha, influenciadas pela topografia.

Um ano depois, surge o primeiro estudo que envolve o uso de termografias uma ferramenta tecnologicamente mais avançada, para o estudo do clima local. ALCOFORADO (1985) apresentou uma comunicação sobre “Dois exemplos de utilização de termografias obtidas de avião” no primeiro Seminário sobre Cartografia Temática e Cadastral. As termografias utilizadas são imagens analógicas que traduzem a radiação térmica terrestre. A autora começa por explicar a importância do conhecimento das características do clima local no planeamento, indicando também alguns dos meios que fornecem informação sobre o clima local. Posteriormente, procede à análise de uma termografia, lembrando que se tratam de imagens que mostram as características térmicas da superfície, num dado instante. É por isso fundamental compará-las com as características sinópticas do dia, para se poderem extrapolar para outras situações. Dá ainda exemplos do uso das termografias no planeamento urbano e na ocupação agrícola. “O estudo das características térmicas que cada estrutura urbana confere à atmosfera com que está directamente em contacto permite dar algumas sugestões para que, ao serem planeados novos bairros ou remodeladas as partes antigas da cidade, sejam evitados um arrefecimento ou um aquecimento excessivos” no sentido de uma maior poupança de energia e maior grau de conforto (ALCOFORADO, 1985, p.15). Com base na observação da termografia de Lisboa e nos dados dos termógrafos, a autora confirma a existência de uma ilha de calor nocturna no Inverno (com uma intensidade que varia entre 2 a 3°C) estando o máximo próximo do centro da cidade. Conclui que a temperatura depende do relevo, densidade de construção, presença de espaços verdes e da intensidade de tráfego (ALCOFORADO, 1986). No que diz respeito ao planeamento na ocupação do solo agrícola, exemplifica a aplicação de uma “carta de factores térmicos limitantes” para diferentes utilizações agrícolas.

No sentido de perceber os padrões térmicos na cidade de Lisboa é fundamental conhecer as brisas que influenciam a ilha de calor urbano. ALCOFORADO (1987) apresentou um artigo sobre as “brisas estivais do Tejo e do oceano na região de Lisboa”. Com este trabalho identifica os regimes diários dos ventos estivais, nomeadamente das brisas. Começa por tecer algumas considerações teóricas sobre as brisas de mar e de terra, passando depois à utilização de dados das estações meteorológicas. O tratamento estatístico é feito com o objectivo de reconhecer os fenómenos de brisa. Desse modo, o estudo do regime diário do vento mostra a elevada frequência dos ventos do quadrante N (45% dos dias estudados). O vento de norte e brisa foi observado em 30% dos dias, podendo esta, em Cabo Ruivo ser de SE ou sofrer uma rotação

ao longo do dia de E para SE, depois para SW e, finalmente, para W devido à força de Coriolis. É salientada a importância do conhecimento das brisas uma vez que tornam a cidade mais fresca nos dias de Verão, podendo estes estudos ser usados no planeamento urbano.

ALCOFORADO, em 1988, defende a dissertação de doutoramento “O clima da região de Lisboa”, publicada em 1993. No preâmbulo menciona “São aqui dados os primeiros passos em estudos de clima local, praticamente inexistentes em Portugal há uma década. É descrito pela primeira vez o clima urbano de Lisboa” (ALCOFORADO, p.9, 1993). A dissertação tem duas partes distintas, que se completam. Na primeira, é feita uma abordagem ao clima da região de Lisboa, sendo estudados o regime dos ventos, da insolação, da nebulosidade e o regime anual e mensal da temperatura. No final desta parte são analisados os dados diários da temperatura. Na segunda parte, a autora dedica-se ao estudo do clima local de Lisboa e do litoral ocidental. Começa por fazer algumas considerações teóricas sobre de ilha de calor urbano e os factores que vão interferir na sua formação, tais como o sítio, a morfologia urbana e a poluição. Seguidamente, são descritas as técnicas e os métodos utilizados no estudo do clima local, bem como analisados os resultados.

A autora observou a existência de uma ilha de calor urbana com uma intensidade normalmente entre 3 e 4°C, tendo atingido 10°C de diferença entre o interior e a área envolvente numa situação particular com nevoeiro no Tejo. Foi estudado o Verão e o Inverno. Nos dias de Verão com Nortada a cidade não parece exercer um efeito muito significativo nas temperaturas. Só as áreas abrigadas do vento de norte são mais quentes. Nos dias com brisa em que o vento sopra de sul, do estuário ou do Oceano, as temperaturas são mais baixas. Então, a diferença de temperatura entre as áreas ribeirinhas e o norte da cidade (Aeroporto) pode variar entre 2 e 7°C. Nas noites de Verão, foi observado um aumento da temperatura à medida que se caminha para o interior da cidade. Quando o vento é forte de norte (em 40% das noites), os bairros meridionais são os mais quentes, sendo as temperaturas mais elevadas, nas das áreas deprimidas do centro da cidade (por exemplo Baixa e Restauradores). Em noites quentes e secas, com atmosfera instável, também se observa a ilha de calor, com uma intensidade entre 4 a 5°C. No caso de a humidade ser elevada, os interflúvios próximos da Baixa são os mais quentes. Pelo contrário, nos vales, vai-se acumular ar mais fresco e húmido marítimo ou estuário. Neste caso não se nota a influência da cidade nas temperaturas (ocorreu em 15% das noites).

Nos dias de Inverno a autora distingue dois padrões térmicos: quando o vento é fraco de N ou NW há um aumento de 2°C da temperatura em direcção ao centro; pelo contrário, quando

o vento é do quadrante sul, do estuário ou do oceano, associado por vezes a nevoeiro, observa-se o contrário, sendo as áreas ribeirinhas centrais, as mais frescas. Nas noites de Inverno há sempre um aumento da temperatura em direcção ao centro, sendo a temperatura mais elevada nos vales abrigados do vento. Quando não se regista vento, o padrão é idêntico, embora sejam os interflúvios que têm temperatura mais elevada.

Foi ainda estudado o regime térmico em dois bairros, com distinta morfologia urbana (Bairro Alto e Avenidas Novas), de modo a evidenciar a importância da densidade de construção no aumento da temperatura e da localização dos bairros na cidade. A autora conclui que a ilha de calor urbano é mais frequente de noite e tem maior intensidade nas Avenidas Novas do que no Bairro Alto. Apesar deste último estar mais próximo do centro da cidade, é mais fresco, por se situar num interflúvio exposto à influência do oceano e do estuário. Os resultados demonstram que a forma da ilha de calor é complexa, dependendo, não só da construção urbana, mas também do relevo e da influência do estuário e do oceano, que em certos locais e situações podem diluir ou contrariar o efeito urbano na temperatura.

Por fim, é caracterizado o tempo estival no litoral ocidental, através da observação dos ventos dominantes e da temperatura. É também apresentada uma tipologia para os tipos de tempo no Guincho, com base em observações itinerantes e em inquéritos feitos aos veraneantes. A autora conseguiu assim caracterizar os bons dias de praia sem vento até ao fim da tarde, ou com vento fraco de E, e os maus dias de praia com Nortada, em que há uma aceleração do vento a sotavento da Serra de Sintra. O vento surge como um factor determinante no bem estar dos veraneantes.

MONTEIRO (1988) apresenta um trabalho intitulado “Contribuição para o estudo das implicações no clima local geradas pela construção de uma barragem”. O objectivo é o estudo das consequências, no impacte ambiental e no clima, da construção da barragem de Crestuma-Lever. Para reconhecer as implicações da sua construção no clima local é usada a estação meteorológica do Porto/Serra do Pilar, que serve de referência. As variáveis meteorológicas estudadas são a precipitação, temperatura e evaporação. Para o tratamento estatístico dos dados é utilizada uma média móvel de cinco anos, a variância e a regressão linear. No que diz respeito à avaliação dos impactes ambientais é utilizada uma *check list*.

No final da década de 80 é notório o aumento do interesse pela poluição atmosférica nas cidades. O objectivo é reconhecer os principais poluentes, se possível, as suas causas e, por último, os seus efeitos na população. Em 1989 é publicado por MONTEIRO um trabalho sobre a qualidade do ar no Porto. São analisados os níveis de poluição atmosférica na cidade,

identificadas as suas origens e as direcções do vento responsáveis pelo transporte dos poluentes para a cidade. A poluição na cidade do Porto resulta fundamentalmente das emissões dentro da cidade (de origem industrial) e no tráfego automóvel. No entanto, segundo a autora, a sua posição geográfica contribui para que os níveis de poluição não sejam muito elevados. São também comparados os picos de poluição com as condições atmosféricas. O vento de NW transporta efluentes da refinaria da Petrogal para a cidade e os de ESE dispersam na cidade os poluentes transportados das áreas industriais. Por fim, o vento de NE e ENE favorece a subsidência mecânica do ar, que além de trazer novos poluentes dificulta a dispersão dos pré-existentes.

Na investigação em topoclimatologia é importante a técnica das medições itinerantes. No entanto, as medições são pontuais, surgindo por isso a necessidade de saber a sua representatividade no tempo. ALCOFORADO (1989) apresenta uma forma de generalizar as medições itinerantes com base num estudo regional das temperaturas diárias máximas e mínimas, para conhecer a frequência de cada padrão térmico urbano no Inverno e no Verão. Começa por caracterizar as situações sinópticas, no sentido de conhecer a dinâmica da atmosfera, para seguidamente generalizar as observações sobre o campo térmico local. No sentido de identificar os dias em que se fizeram as medições com maior representatividade, a autora utilizou a Análise em Componentes Principais. Determinou assim, com base nos dados diários da temperatura máxima, a frequência dos padrões térmicos observados em Lisboa no Verão. Utilizou o mesmo processo para as temperaturas mínimas de Verão e para as temperaturas máximas e mínimas de Inverno (ALCOFORADO, 1988).

Na sequência do estudo dos padrões térmicos de Lisboa, surge a publicação de ALCOFORADO (1991a) com o título a “Influence de l’advection sur les champs thermiques urbains à Lisbonne”. O objectivo deste trabalho é explicar a variação espaço-temporal das temperaturas de Inverno e de Verão em função do regime dos ventos. É descrita a ilha de calor urbano nocturna no Inverno e no Verão e é feita a apresentação do padrão térmico diurno ao longo do ano. Por fim, é descrita a influência das brisas na distribuição da temperatura durante o dia, uma vez que estas podem atenuar, modificar ou inibir a influência da cidade.

Com base no trabalho desenvolvido na região de Lisboa sobre os padrões térmicos, ALCOFORADO (1992) apresenta uma comunicação intitulada “Lisbon thermal patterns”. O trabalho é feito com base em dados da estação meteorológica de Lisboa/aeroporto, em duas termografias da cidade, em medições itinerantes para as temperaturas máximas e mínimas de Verão e Inverno, na utilização de balões estabilizados durante o Verão e em imagens

infravermelhas da cidade no Inverno. Com base nestas ferramentas, são reconhecidos vários padrões térmicos na cidade, no Verão e no Inverno. Por fim, são apresentadas as características da ilha de calor urbano, a sua magnitude e posição. Trata-se de um trabalho que pode servir de exemplo para a metodologia normalmente utilizada no estudo do clima local de uma cidade. No que diz respeito à metodologia utilizada nos trabalhos de clima urbano DAVEAU (1994, p.461) refere “ As termografias registadas por avião ou satélite fornecem destes fenómenos imagens de maior interesse, mas que precisam de ser interpretadas em função dos correspondentes tipos de tempo. É também possível determinar a extensão das ilhas de calor urbanas através da observação da trajectória de balões estabilizados”.

Contribuindo para o estudo do clima local, GANHO tem-se dedicado ao estudo do clima urbano de Coimbra. Em 1992 defende a tese de mestrado “O clima urbano de Coimbra - Aspectos térmicos estivais”. O trabalho divide-se em duas partes principais. Na primeira, estuda o regime anual e médio da insolação e da temperatura. São analisados os dados da estação meteorológica de Coimbra usada como estação de referência. Estuda também a temperatura diária e apresenta os tipos de tempo de Verão. Numa segunda parte, procede à análise das diferenças de temperatura entre a cidade e os arredores. Para isso, calcula os desvios de temperatura, estuda os contrastes térmicos observados e os padrões de repartição da temperatura diurna e nocturna. No último capítulo caracteriza a ilha de calor urbano de Coimbra. Os resultados das medições itinerantes evidenciam a existência de uma ilha de calor urbana no Verão, estando esta directamente dependente da ocupação do solo e da topografia. O núcleo principal situa-se na baixa da cidade e um outro secundário manifesta-se principalmente à noite, no sector meridional e também densamente urbanizado da cidade. A intensidade da ilha de calor é maior durante a noite e varia em função do tipo de tempo, acentuando-se em condições anticiclónicas sem nebulosidade, com vento fraco e ar seco. Também este autor salienta a importância destes estudos para o planeamento urbano.

No mesmo ano, GANHO apresenta uma comunicação no IV Colóquio Ibérico de Geografia sobre “A ilha de calor de Coimbra”, onde são mencionados alguns dos resultados obtidos no trabalho anterior.

ALCOFORADO *et al.* em 1993 publicam os primeiros resultados sobre o trabalho que têm vindo a desenvolver na Arrábida (“Climas locais da Arrábida no Inverno”). Trata-se do estudo do clima local numa área topograficamente movimentada na Arrábida, tendo sido utilizadas medições itinerantes em situações anticiclónicas de Inverno. Foram calculados os desvios da temperatura em relação à estação de Setúbal, com o objectivo de encontrar os padrões de

distribuição da temperatura em função da topografia e posteriormente comparar as temperaturas. Foi também estudado o vento, a sua direcção, velocidade e as situações de calma, no sentido de entender e explicar os padrões térmicos observados. O estudo começou por evidenciar a grande variedade climática da área. Revela a existência de áreas deprimidas com características mais continentais apesar da sua proximidade do mar. No Inverno, as temperaturas mínimas são frequentemente negativas no vale da Ribeira da Ajuda. Com base nas observações, os autores construíram um mapa de risco de nevoeiro de irradiação e de geada em noites anticiclónicas de Inverno, onde se verifica que o risco é máximo no fundo do vale da Ribeira da Ajuda. Concluem salientando que o objectivo é de, depois de identificadas as características climáticas da área, estas se poderem extrapolar para outros locais topograficamente idênticos.

Em 1993, na Faculdade de Letras da Universidade do Porto, MONTEIRO defende a sua dissertação de doutoramento em climatologia, denominada “O clima do Porto”. Trata-se de um novo contributo para o estudo do clima local em Portugal. O objectivo é o estudo do clima urbano no sentido de uma aplicação prática ao ordenamento do território. Este trabalho, divide-se em duas partes. Começa por caracterizar o clima da área do Porto ao longo do século XX, seguindo-se uma análise diária da temperatura, vento, nebulosidade, precipitação e radiação solar para o período de 1987/1991. Na segunda parte, é estudada a ilha de calor urbano e a poluição atmosférica no Porto. A ilha de calor urbano máxima observada foi de 6°C, com dois máximos nocturnos localizados em pontos diferentes da cidade, que coincidem com o centro principal e secundário da cidade. Observou a ilha de calor urbano em dias com estabilidade atmosférica, podendo estar associada a situações sinópticas anticiclónicas, mas também com depressionárias ou perturbadas. Não observou, no entanto, um aumento na sua frequência durante o Inverno.

MONTEIRO (1993a) apresenta um estudo sobre a ilha urbana de humidade no Porto, no qual se propõe estudar o padrão de distribuição da humidade sob diferentes condições atmosféricas. São apontados alguns dos factores determinantes na formação da ilha de humidade, como as características topográficas, proximidade do mar e do rio, bem como a densidade de ocupação do solo. A partir das observações, a autora pretendia fazer uma tentativa de generalização da distribuição da humidade no Porto, no entanto os dados revelaram-se insuficientes. Apesar disso foi possível observar que o centro da cidade tem uma humidade absoluta mais baixa do que as áreas envolventes.

Em 1994, na Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa são apresentadas duas dissertações de mestrado em clima local. ANDRADE (1994) estudou a “Poluição atmosférica e clima em Lisboa”. O objectivo é o estudo da qualidade do ar em Lisboa, bem como a sua relação com as condições atmosféricas na cidade. A tese está organizada em quatro capítulos. É feita uma abordagem à poluição atmosférica, a que se segue a caracterização urbanística e morfológica da cidade. É feita, também, uma caracterização do clima de Lisboa, bem como das ambiências atmosféricas e das situações sinópticas típicas. Em função dos dados da qualidade do ar e da sua variação anual, semestral e diária, o autor procedeu à análise da poluição atmosférica na região de Lisboa. Os valores mais elevados de poluição ocorrem no Inverno, com o máximo em Janeiro devido à maior frequência de condições de estabilidade da atmosfera. A nível semanal, o mais evidente foi a redução do valor dos poluentes ao domingo. A variação diária permitiu a distinção de dois compostos poluidores. Para o SO_2 , o máximo ocorre geralmente às 12 horas e para o NO_2 e CO à hora de ponta, variando esta de local para local. A distribuição espacial dos poluentes depende da posição topográfica (os valores mais elevados foram registados em locais deprimidos), da localização dos postos de medição em relação às áreas mais poluidoras e dos factores atmosféricos (como o rumo do vento) (ANDRADE, 1996). São ainda estudados os factores climáticos que condicionam a concentração de poluentes na cidade. São as condições de bom tempo, estável, frio e com vento fraco de E que favorecem a concentração de poluentes. Os valores elevados de NO_2 podem também estar associados a tempo quente e os de CO_2 , a mau tempo com vento de S.

LOPES (1994a) apresentou uma dissertação de mestrado com o título “Padrões térmicos do clima local da região de Oeiras”. A tese está dividida em seis capítulos. No primeiro, é localizada a região de Oeiras e são discutidas as questões metodológicas relativas às medições itinerantes e à recolha e correcção dos dados; no segundo capítulo é estudada a frequência e representatividade dos dias em que foram feitas as medições itinerantes; seguidamente, o autor faz uma abordagem estatística inovadora utilizando técnicas geoestatísticas, como a variografia e krigagem na interpolação das temperaturas; nos dois capítulos seguintes são estudados os padrões térmicos da região de Oeiras e os factores que os influenciam; por fim, no último capítulo, o autor põe em prática a metodologia aplicada por NAKAMURA (1989) para estudar a drenagem de ar frio no vale da Ribeira de Barcarena.

LOPES (1994a) identifica deste modo vários padrões térmicos. O mais frequente nas madrugadas, foi observado no final do Verão, início do Outono e em alguns dias de Inverno e ocorre principalmente quando o fluxo é de N ou NE. As temperaturas mais baixas ocorrem nos

topos do norte da região e as áreas menos frias situam-se junto ao Tejo (com uma diferença média de 2°C). A altitude surge como o factor explicativo mais importante, sendo de referir também o papel amenizador do oceano nas temperaturas. A área urbana e a mata funcionam como uma barreira ao vento, acentuando o efeito do oceano. Outro padrão térmico observado ocorre em noites anticiclónicas sem nebulosidade e com vento fraco, dando-se a drenagem do ar frio e a acumulação em áreas deprimidas, existindo uma cintura térmica em alguns locais. Nestes casos, as áreas litorais podem estar mais frias e, principalmente, quando o vento é fraco de NE, dá-se o um escoamento de ar frio ao longo dos vales, podendo estes, ter a jusante uma temperatura 1 a 2°C mais baixa do que nos topos. Relativamente às temperaturas máximas, LOPES observou um padrão térmico com contraste N/S: em situações anticiclónicas as áreas deprimidas por estarem em situação de abrigo têm as temperaturas mais elevadas, sendo a altitude e a latitude os factores responsáveis pela variabilidade térmica. Outro aspecto importante observado foi a relação entre a temperatura e a direcção do vento. Quando o vento é de E pode haver uma diferença de 4°C para sotavento em apenas 3 km.

LOPES (1994b), com base na tese anteriormente descrita, exemplifica a aplicação das técnicas geo-estatísticas da variografia e krigagem na interpolação espacial de dados térmicos pontuais resultados de medições itinerantes.

No seguimento deste trabalho, o autor apresenta, em 1995 um artigo sobre a drenagem e acumulação de ar frio no vale de Barcarena. Aponta, então, as condições necessárias para a drenagem de ar frio e explica a formação de lagos de ar frio, bem como a variação na espessura destes ao longo da noite. Verificou que a drenagem não é contínua e que os lagos de ar frio têm duas fontes de alimentação: o ar que é arrefecido localmente por irradiação e o que desce ao longo das vertentes pela acção da gravidade. A forma e a espessura dos lagos de ar frio depende da intensidade de arrefecimento do ar, das características topográficas e da existência de obstáculos.

ALCOFORADO (1994), com base em informações recolhidas sobre a deformação da vegetação na Arrábida fez uma representação cartográfica preliminar dos ventos dominantes, tal como anteriormente tinha feito para a serra de Sintra. Do mesmo modo que na área estudada 10 anos antes, é visível a acção da nortada na deformação da vegetação. A topografia modifica em alguns locais a direcção do vento, canalizando-o ao longo dos valeiros. No topo da Serra da Arrábida, a deformação da vegetação varia entre N a NW. Nesta área, os graus de deformação não são tão elevados como na serra de Sintra facto que se deverá principalmente à elevada densidade da vegetação (ecossistema de maquis) e à menor altura. Em alguns locais a

topografia protege as árvores do vento dominante, como acontece a barlavento do interflúvio do Castelo de Sesimbra. Aquele interflúvio constitui um obstáculo ao vento, obrigando a uma bifurcação. Um outro local onde a autora não observou deformação na vegetação foi a SE do Formosinho. Por fim os arbustos situados no Cabo Espichel apresentam uma deformação de W.

Continuando a investigação em Lisboa, ALCOFORADO *et al.* (1994) apresentam o uso da combinação das técnicas da análise factorial com a regressão múltipla para construir um modelo que estima a temperatura nocturna em Lisboa. Apresenta as variáveis dependentes (temperaturas médias, medianas, decis, entre outros) utilizadas na regressão, e as variáveis independentes (altitude, espaços verdes, espaços construídos, distância média ao Tejo, ocupação do solo, posição topográfica). Os resíduos próximos de zero testam a validade do modelo. Os resíduos positivos maiores ocorrem nas ruas abrigadas com uma orientação E-W e os negativos nas ruas com uma orientação N-S. Aponta outras variáveis que podem ser mais significativas e que poderá usar no futuro, como o *sky-view factor*.

Numa outra dissertação de mestrado, mas no âmbito da geomorfologia, é apresentado por VIEIRA (1995) um pequeno estudo topoclimático de uma área na Serra do Gerês. O autor teve como objectivo conhecer as características climáticas da área em episódios frios. Para isso, realizou perfis climáticos numa pequena área entre 1425 e 1455 m de altitude. As campanhas decorreram no Inverno, durante um período anticiclónico, de madrugada e de noite. Foi medida a temperatura do ar a 1,5 m e a 2cm do solo, bem como a do solo, por contacto, e quando possível, a 1 e 2 cm de profundidade. Apesar de se tratar de um pequeno interflúvio e de uma extensão de cerca de 750 m, o autor observou diferenciações térmicas, havendo acumulação de ar frio nas áreas mais deprimidas, e verificando diferenças de 8°C entre aquelas e as áreas de topo. A variação das temperaturas do ar e solo foi de modo geral semelhante, sendo de salientar que a diferença de temperatura entre o ar e o solo, no mesmo local, atingiram 10°C. É ainda apresentado um pequeno mapa que evidencia as diferenças encontradas na área, salientando-se os sectores côncavos como áreas de acumulação de ar frio, e as convexidades como áreas menos frias.

Recentemente, surge o trabalho de ALCOFORADO e ANDRADE (1997) “Detailed thermal maps concerning urban areas. Lisbon’s case study”, com o objectivo de, partindo dos dados de medições itinerantes em noites de Inverno, modelizar a temperatura em Lisboa. Foram calculados os desvios em relação ao aeroporto, através do método da regressão múltipla. Utilizando diversas variáveis, foi calculada através de uma regressão múltipla, uma equação da

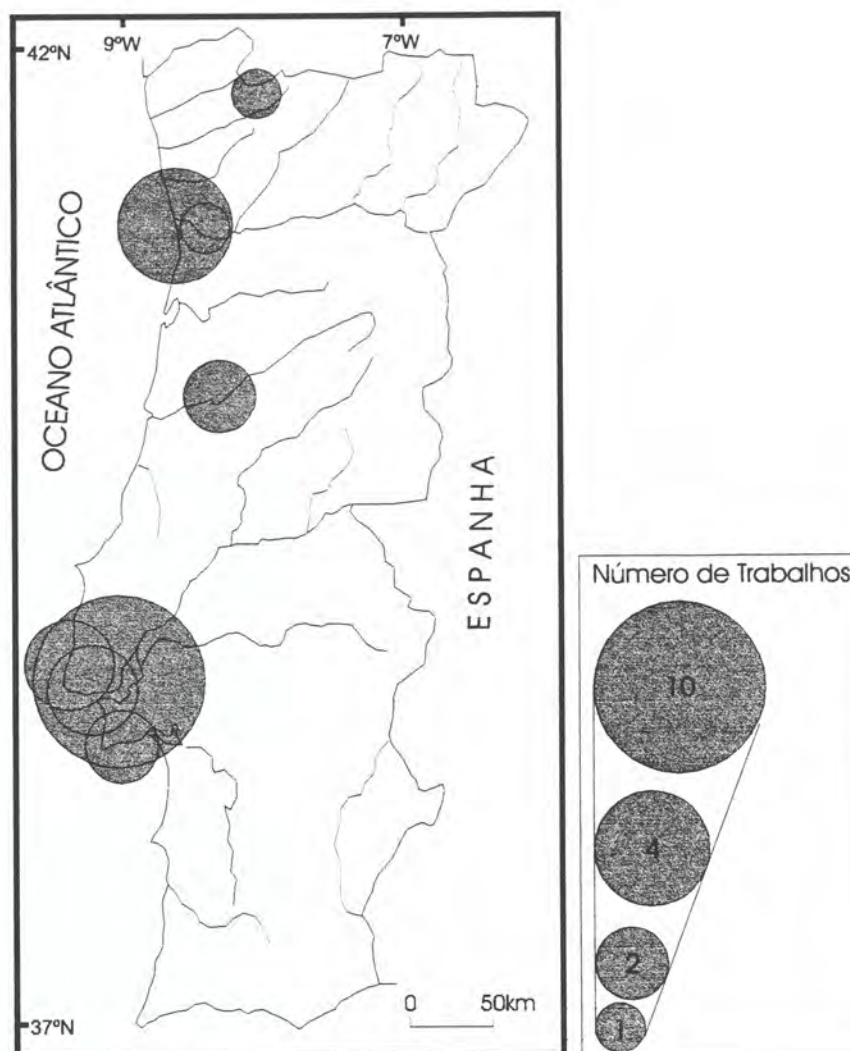


Figura 3 – Estudos de clima local publicados em Portugal Continental entre 1973 e 1997.

recta que traduz a variação da temperatura em Lisboa. Os valores elevados da variância explicada ilustram a validade do modelo.

Em resumo, dominam claramente os estudos de clima urbano nas grandes cidades como Lisboa, Porto e Coimbra (fig. 3). Algumas das razões já mencionadas, como o interesse em conhecer as características climáticas locais das áreas onde há grandes concentrações de população e a proximidade dos locais de trabalho dos investigadores explicam o facto. Por vezes, as áreas de trabalho afastam-se um pouco dos centros urbanos, como por exemplo os trabalhos desenvolvidos na Serra de Sintra, em Oeiras e na Arrábida (Quadro I). No entanto tal como aponta DAVEAU em RIBEIRO *et al* (1994, p.461) “O conhecimento dos climas locais está ainda pouco adiantado em Portugal, a despeito do seu enorme interesse prático. Uma das razões é, sem dúvida, o custo elevado deste tipo de investigação”.

Autor	Data	Assunto	Local	Título	Tipo
Oliveira	1973	Clima urbano	Porto	O espaço urbano do Porto - condições naturais e desenvolvimento	Monografia
Alcoforado	1978	Síntese	-	Reflexões metodológicas em climatologia regional e local	Artigo
Alcoforado	1984	Rumo do vento	Sintra	Os ventos dominantes em torno da Serra de Sintra	Relatório
Alcoforado	1984	Vento	Sintra	Representação cartográfica das árvores deformadas	Artigo
Ferreira	1984	Vento	Faial	Un méthode d'étude des vents dominants: le profilé de la végétation	Artigo
Alcoforado	1985	Temperatura	Lisboa	Dois exemplos de utilização de termografias obtidas de avião	Artigo
Alcoforado	1986	Temperatura	Lisboa	Contribution to the study of Lisbon's heat island	Artigo
Alcoforado	1987	Brisas	Lisboa	As brisas estivais do Tejo e do oceano na região de Lisboa	Artigo
Alcoforado	1988	Clima urbano	Lisboa	O clima da região de Lisboa	Tese de Doutoramento
Monteiro	1988	Impacte ambiental	Minho	Contribuição para o estudo das implicações no clima local geradas pela construção de uma barragem	Artigo
Monteiro	1989	Poluição	Porto	Contribuição para o estudo da degradação da qualidade do ar na cidade do Porto	Artigo
Alcoforado	1989	Temperatura	Lisboa	Representativité temporelle des mesures itinérantes	Artigo
Alcoforado	1991	Temperatura	Lisboa	Influence de l'advection sur les champs thermiques à Lisbonne	Artigo
Alcoforado	1992	Temperatura	Lisboa	Lisbon thermal patterns	Artigo
Ganho	1992	Clima urbano	Coimbra	O clima urbano de Coimbra	Tese de Mestrado
Ganho	1992	Ilha de calor	Coimbra	A ilha de calor de Coimbra	Artigo
Alcoforado et al	1993	Clima local	Arrábida	Climas locais da Arrábida no Inverno	Artigo
Monteiro	1993	Clima urbano	Porto	O clima urbano do Porto	Tese de Doutoramento
Monteiro	1993	Humidade	Porto	Est-ce qu'il y a des raisons suffisantes pour parler d'un îlot d'humidité urbain dans la ville de Porto?	Artigo
Andrade	1994	Poluição	Lisboa	Poluição atmosférica e clima em Lisboa	Tese de Mestrado
Lopes	1994	Temperatura	Oeiras	Padrões térmicos do clima local da região de Oeiras	Tese de Mestrado
Lopes	1994	Temperatura	Oeiras	Interpolação de temperaturas à escala do clima local	Artigo
Lopes	1994	Temperatura	Oeiras	Drenagem e acumulação de ar frio em noites de arrefecimento radiativo	Artigo
Alcoforado	1994	Rumo vento	Arrábida e Sintra	A vegetação como indicador dos ventos dominantes	Artigo
Alcoforado	1994	Clima local	Lisboa	L'extrapolation spatiale des données thermiques en milieu urbain	Artigo
Vieira	1995	Temperatura	Gerês	Processos morfogenéticos recentes e actuais na Serra do Gerês	Tese de Mestrado
Alcoforado et al	1997	Temperatura	Lisboa	Detailed thermal maps concerning urban areas	Artigo

Quadro I- Trabalhos publicados em Portugal no âmbito da topoclimatologia.

Apesar do número de estudos em topoclimatologia ter vindo a aumentar, há ainda muito trabalho a desenvolver. “A multiplicação de estudos deste tipo, aplicados a lugares cuidadosamente escolhidos, afigura-se uma das prioridades mais prementes para chegar a um conhecimento concreto e aplicável do clima de Portugal” (DAVEAU *et al*, 1994, p.462).

3. ENQUADRAMENTO DA ARRÁBIDA

No presente capítulo apresento as principais características geomorfológicas e climáticas da Arrábida. Os primeiros, apesar de apresentados de forma sucinta, são importantes, pois permitem apresentar um quadro mais completo do espaço onde se desenrolou o trabalho. O enquadramento climático da Arrábida será, naturalmente mais aprofundado.

3.1. Enquadramento Geomorfológico

A área estudada situa-se no Sul da Península de Setúbal. Corresponde, estruturalmente à “Serra da Arrábida”, designação atribuída por CHOFFAT (1908) à cadeia de enrugamento situada no sul da Península. Esta denominação, foi também seguida por RIBEIRO (1935). A área em análise estende-se desde o ponto mais ocidental, o Cabo Espichel, até à Serra de São Luís. Foi estudado o clima local em três áreas de pormenor: Plataforma do Cabo Espichel, Bacia de Sesimbra e Serra da Arrábida.

A Arrábida foi originada por uma tectónica compressiva com início no Secundário, após o Lusitaniano, e que se acentuou no Terciário, tendo-se prolongado pelo Quaternário (RAMOS PEREIRA e REGNAULD, 1994). No final do Miocénico deram-se os movimentos tectónicos responsáveis pelo arranjo estrutural actual. Após este período foram criadas superfícies de abrasão, como a plataforma do cabo Espichel e os patamares e rechãs nela embutidos (RIBEIRO, 1968).

Da evolução da Arrábida, sobressai o contraste entre o sector ocidental e oriental, que se encontra bem patente na morfologia, pelo domínio de áreas planas a oeste, sendo a Plataforma do Cabo o principal exemplo. No sector central e oriental surge uma morfologia mais movimentada, com a sucessão de montes anticlinais cujos eixos se dispõem, aproximadamente, segundo uma direcção ENE-WSW, costeiras e depressões ortoclinais (RIBEIRO, 1968) (fig. 4).

A complexa estrutura é constituída por formações mesocenozoicas. Trata-se de uma estrutura cortada por falhas. A oriente distingue-se uma sucessão de anticlinais e sinclinais, cavalgamentos em algumas áreas falhadas e fenómenos diapíricos. No sector ocidental, na Plataforma do Cabo, a estrutura é monoclinal com as bancadas a inclinar fortemente para norte. Em todo o rebordo norte da cadeia montanhosa há um alinhamento de relevos em estrutura monoclinal, também com uma disposição WSW-ENE. O contacto entre materiais de diferente resistência à erosão é responsável pela existência de relevos de costeira (RIBEIRO 1968 e ALCOFORADO, 1981).

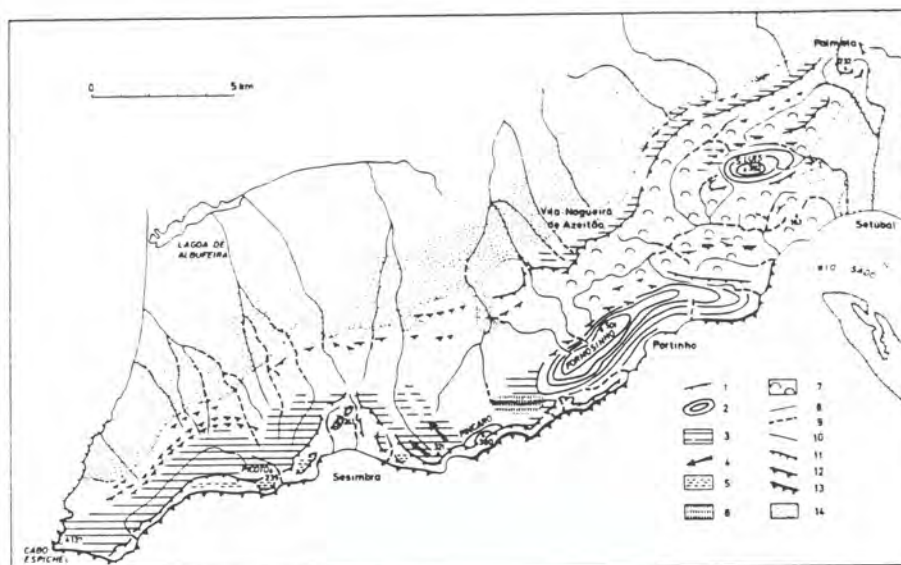


Figura 4 – Esboço morfológico da Arrábida (DAVEAU e RIBEIRO, 1968).

1) Rebordo monoclinial em rocha dura; 2) monte anticlinal; 3) aplanção principal a cerca de 200m; 4) arrebite da aplanção; 5) rechãs litorais embutidas; 6) depressão cársica; 7) colinas arredondadas; 8) vale de formas largas; 9) encaixado; 10) costa arenosa; 11) arriba com menos de 100m; 12) de 100 a 200m; 13) de mais de 200m; área baixa periférica.

No que diz respeito à geologia, afloram materiais de idade jurássica, cretácica, paleogénica, miocénica e pliocénica. A norte, dominam os de idade cretácica e a sul os de idade jurássica. Os materiais do Jurássico são essencialmente carbonatados, embora se verifique uma tendência para que, no sector oriental e especialmente no Jurássico superior, o fácies se apresente progressivamente mais detritico. Esta variação lateral de fácies marca também o Cretácico. O Cretácico e Miocénico apresentam um claro domínio dos arenitos. O Pliocénico, discordante, é constituído essencialmente por areias e grés.

3.2. Caracterização geral do clima da Arrábida

LAUTENSACH estudou em 1932 a diversidade climática regional em Portugal, nomeadamente os contrastes litoral/interior. O estudo da continentalidade permitiu uma primeira divisão provisória do território em 11 províncias climáticas. Partiu de uma primeira divisão norte/sul e foram consideradas as regiões marítimas, montanhosas e continentais. Foram então identificadas as várias províncias climáticas. A Península de Setúbal foi classificada como uma região marítima - província Atlântica do sudoeste - pelo pequeno grau de continentalidade térmica e por ter precipitações anuais que variam entre 500 e 800 mm (RIBEIRO *et al.*, 1994).

Segundo RIBEIRO (1935) as características climáticas da Arrábida são variadas devido aos contrastes que resultam de diferentes exposições, da orientação do relevo e da proximidade do

mar. Estes factores são responsáveis por uma atmosfera mais húmida no sector ocidental da Arrábida, diminuindo a humidade para Este. Devido à posição das Serras mais elevadas, transversal aos ventos húmidos vindos do quadrante norte, é nas encostas setentrionais que as precipitações são mais elevadas; sendo as expostas a sul mais quentes e secas. O autor remata a abordagem climática referindo que o clima da Arrábida tem características mais meridionais do que a sua posição latitudinal faria esperar.

GIRÃO (1941) no Atlas de Portugal propôs um esboço fitoclimático, que constituiu uma tentativa de zonagem climática para Portugal. A Serra da Arrábida no seu sector mais ocidental, o Cabo Espichel, situa-se na zona Mediterrâneo-Atlântica, onde se misturam as influências destes dois tipos climáticos. A leste da baía de Sesimbra, na área que se encontra abrigada do vento dominante do quadrante norte, o clima é mediterrâneo, em que os Verões são extremamente secos e os Invernos tépidos.

ALBUQUERQUE em 1964 com base nos índices de Emberger e de Giacobbe propôs um esquema climático para a Península de Setúbal. O primeiro índice traduz o grau de continentalidade e o segundo o grau de aridez. Para a construção do mapa, utilizou valores térmicos e pluviométricos reduzidos ao nível do mar. Como a área não tem uma rede climatológica suficiente, recorreu ao método da zonagem climática, com base em quatro estações meteorológicas (Lisboa/Belém, Lisboa/OCM, Estoril e Setúbal), de forma a calcular os valores reais, aproximados, da temperatura e da precipitação para qualquer local. Na elaboração da zonagem pluviométrica o autor partiu do pressuposto de que os valores da precipitação diminuem à medida que caminhamos para o interior. Como resultado surge um mapa em que a precipitação reduzida ao nível do mar tem uma disposição meridiana, diminuindo os valores da precipitação para o interior da Península de Setúbal. Construiu também um outro mapa das chuvas em que a precipitação varia em função da altitude; como resultado temos os valores mais elevados de precipitação no Formosinho, seguindo-se o São Luís, Picoto e o Castelo de Sesimbra. Esta solução parece demasiado simplista. Mapas posteriores mostram um quadro mais complexo nas distribuições da precipitação.

Na construção do mapa de zonagem térmica, ALBUQUERQUE, partiu do pressuposto que a temperatura é aproximadamente constante à mesma altitude. Foi então, feita uma classificação climática, em que se distinguem os climas marítimos e litorais. O marítimo encontra-se no Cabo Espichel, e caracteriza-se por estar exposto ao longo de todo o ano à Nortada, que vai ter um efeito moderador no clima. No resto do território da Arrábida surge o clima litoral mediterrâneo, apresentando diferentes subdivisões consoante o grau de humidade. O clima

mediterrâneo mais húmido surge nos sectores mais elevados da Arrábida, seguindo-se a vertente sul da Arrábida, onde o clima é menos húmido. O clima mediterrâneo mais seco encontra-se no resto da área. Trata-se de uma hipótese de classificação climática, sendo de lamentar a não referência ao período de dados utilizados.

Numa aplicação dos índices de Gaussen e Emberger a Portugal Continental, ALCOFORADO *et al.* (1993a), propuseram uma classificação de domínios bioclimáticos para Portugal. O índice xerotérmico de Gaussen contabiliza, na sua essência, a *secura*, calculada através da extensão do período seco, sempre que a precipitação em mm é inferior a duas vezes o valor da temperatura em °C. O índice de Emberger tem em conta o total de precipitação e, como expressão do regime térmico, as temperaturas mínimas e máximas médias, o que indirectamente traduz o grau de continentalidade (ALCOFORADO *et al.*, 1993a, p.29). De uma forma geral, o índice de Gaussen caracteriza o comportamento dos meses secos do ano e o de Emberger traduz o grau de continentalidade. Os autores observaram que as regiões montanhosas do norte são postas em evidência pelo índice de Emberger, enquanto o índice de Gaussen exprime melhor as condições mediterrâneas do sul de Portugal. Com base nos resultados obtidos, fazendo a árvores de ligações da correlação entre os dois índices, foi construído um mapa que evidencia as principais características bioclimáticas regionais de Portugal. Naquele mapa, a Península de Setúbal surge dentro do domínio pré-mediterrâneo litoral.

No esboço provisório das regiões climáticas de Portugal (DAVEAU *et al.*, 1985, p.25) observa-se que a Arrábida se situa num tipo climático marítimo, sendo o sector ocidental, a área do Cabo Espichel, do tipo “litoral oeste”, seguindo-se, para leste, o clima “de fachada atlântica”. Na plataforma do Cabo e em todo o sector central e oriental da Arrábida surge o tipo climático “Arrábida”. O clima de “tipo litoral oeste” é francamente atlântico. Por se tratar de um cabo, a amplitude térmica é atenuada e são frequentes o nevoeiros de advecção durante as manhãs de Verão. No tipo climático “de fachada atlântica”, a exposição às massas de ar não é tão extrema, como no anterior e notam-se amplitudes térmicas superiores. O tipo “Arrábida” encontra-se ao abrigo dos ventos frescos e húmidos do Atlântico e caracteriza-se por ter uma vegetação mediterrânea (DAVEAU *et al.*, 1985, p.26) (fig. 5).

Na Serra da Arrábida o Verão é moderado, com temperatura média do mês mais quente entre 23 e 29°C, e 20 a 100 dias com temperatura superior a 25°C (DAVEAU *et al.*, 1985).

A temperatura máxima média do mês mais quente mais baixa na Arrábida, no período de 1961/71 foi de 23°C e ocorreu no Cabo Espichel, pois ali a franca exposição ao oceano tem

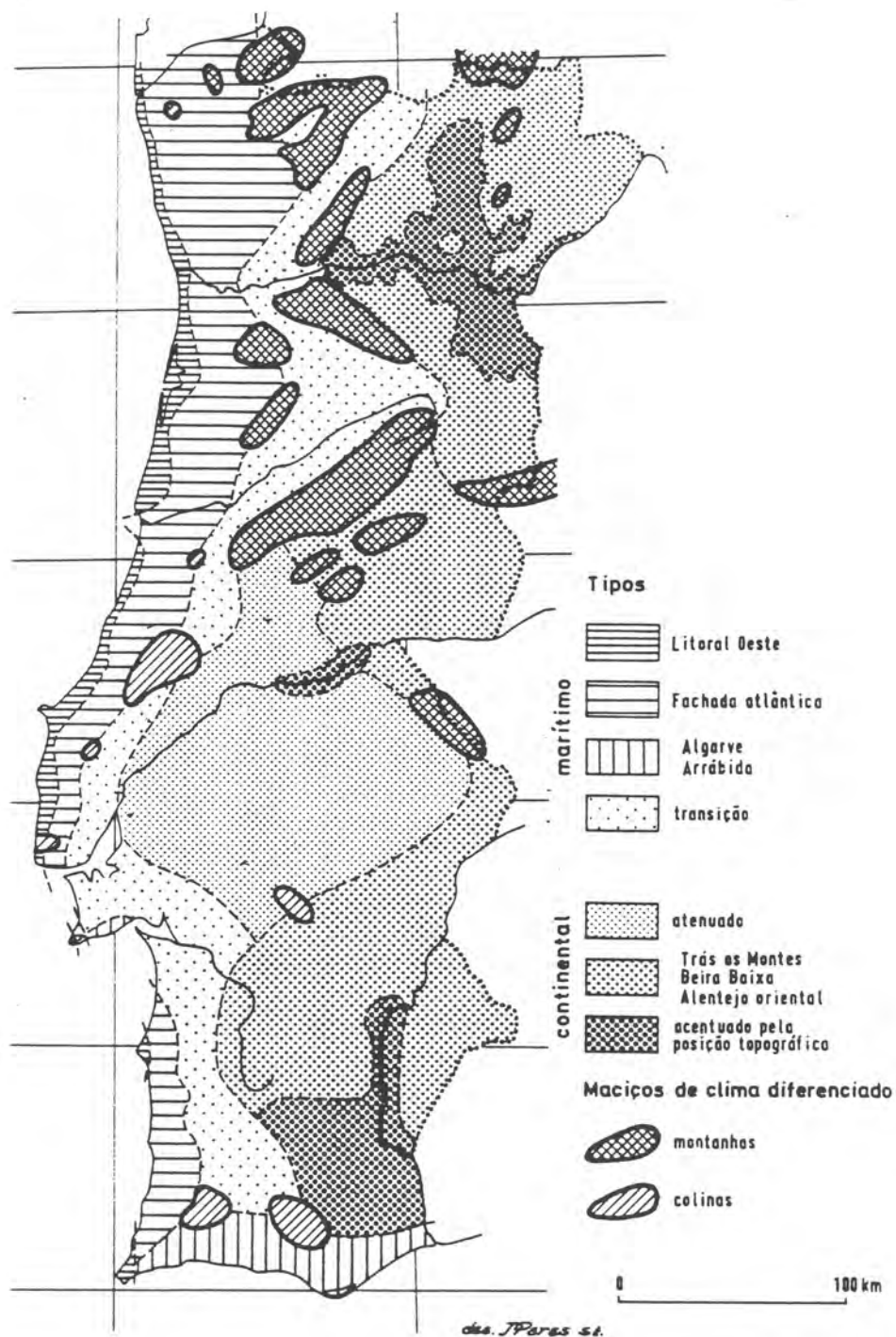


Figura 5 – Esboço provisório das regiões climáticas de Portugal (DAVEAU *et al.*, 1985)

um papel amenizador (VENTURA, 1988). À medida que se caminha para leste, a temperatura máxima média aumenta, atingindo-se o máximo de 28°C junto à povoação de Sesimbra. Este valor prolonga-se pela Serra do Risco e para norte, circundando toda a Serra da Arrábida até uma altitude de cerca de 100m. Acima, verifica-se uma descida gradual da temperatura atingindo-se um mínimo de 26°C, no sector mais elevado da Serra. A altitude e a exposição ao vento poderão explicar esta diminuição (VENTURA, 1988) (fig. 6).

Relativamente ao 1º decil da temperatura máxima diária em Julho, durante o mesmo período, observa-se um aumento da temperatura para o interior, sendo o valor mínimo de 24°C no Cabo Espichel e o máximo de 26°C na Serra da Arrábida. Regista-se um aumento mais rápido na vertente meridional da serra, por se encontrar exposto a sul. A mediana e o 9º decil têm o mesmo comportamento, sendo as temperaturas 2°C superiores ao decil 9. No que diz respeito à temperatura mínima diária em Julho, no primeiro decil, o valor é mais elevado no Cabo (cerca de 14°C) e na vertente sul da Arrábida, a leste de Sesimbra. A mediana e o decil 9 têm o mesmo comportamento, mas com temperaturas inferiores, em 1°C relativamente ao primeiro decil (ALCOFORADO e DIAS, 1998, mapas inéditos).

No que diz respeito ao Inverno, este é ténido nas áreas de menor altitude e, nas mais elevadas e afastadas do litoral, ao abrigo dos relevos mais elevados, é moderado. Na área costeira, abrangida por um Inverno ténido, a temperatura mínima média do mês mais frio varia entre 6 e 8°C, e o número de dias com temperatura inferior a 0°C é inferior a 2. Onde o Inverno é moderado, a temperatura mínima média do mês mais frio é inferior à anterior, entre 6 e 4°C. O número de dias com temperatura inferior a 0°C é também superior e pode situar-se entre 2 a 10 (DAVEAU *et al.*, 1985). O Inverno é portanto mais rigoroso nas áreas com maior altitude e nos vales interiores. Quanto à temperatura mínima média, esta apresenta o seu valor mais elevado, 9°C, no Cabo Espichel devido ao efeito atenuador do oceano na temperatura, diminuindo para o interior. Atinge o mínimo de 3°C no sector mais elevado da Serra, no Formosinho (VENTURA, 1988) (fig. 7).

A temperatura mínima diária do mês de Janeiro no período de 1956/86, para o primeiro decil é mais baixa na área da Maçã (0,8°C- valor registado pela estação de Sesimbra/Maçã) e não no ponto mais elevado da serra (ALCOFORADO e DIAS, 1998, mapas inéditos). Trata-se de uma área aplanada a cerca de 120 metros de altitude, deprimida em relação à aplanagem principal a 200 m de altitude. Este facto deverá originar uma acumulação de ar frio. No que diz respeito ao resto da Arrábida, a temperatura diminui para leste do Cabo Espichel; para as

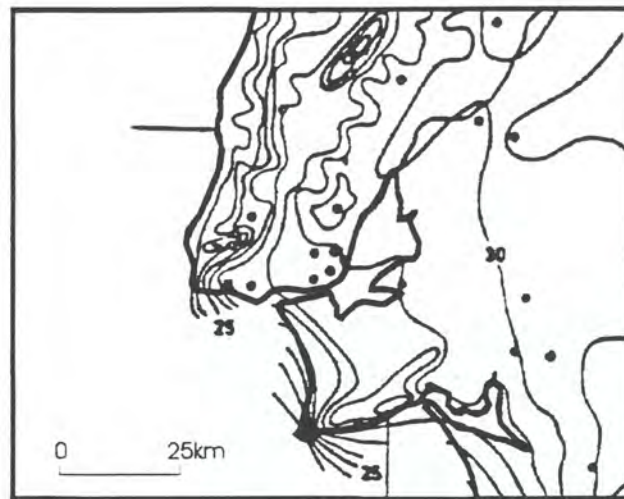


Figura 6 – Distribuição das temperaturas máximas médias do mês mais quente na Península de Setúbal (1961-71) (adaptado de VENTURA, 1988)

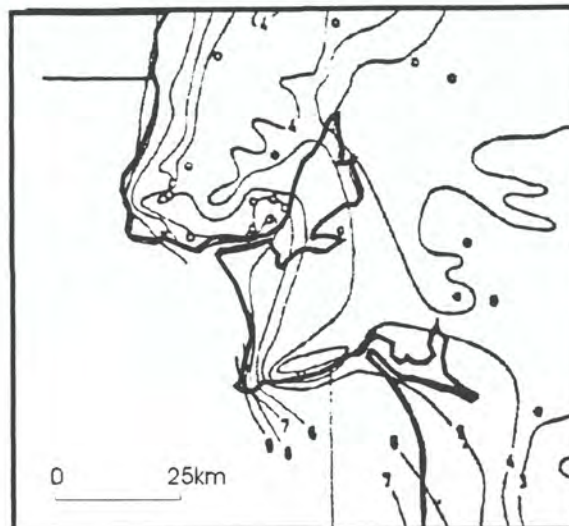


Figura 7 – Distribuição das temperaturas mínimas médias do mês mais frio na Península de Setúbal (1961-71) (adaptado de VENTURA, 1988).

medianas, as áreas com temperaturas mínimas mais elevadas situam-se no Cabo e em todo o litoral sul a ocidente da bacia de Sesimbra. Também neste caso se verifica a influência dos valores baixos observados na estação de Sesimbra/Maçã. Para o nono decil, observa-se que a área do Cabo é a mais quente (cerca de 8°C), diminuindo esta, apenas 1°C, para oriente e norte.

O regime térmico anual na Arrábida pode ser observado com base num período de registos da estação de Setúbal (1941-70) e da estação de Sesimbra/Maçã (1953-70). Verifica-se que se trata de um regime térmico simples com o máximo em Agosto e o mínimo em Janeiro (fig. 8 e

9). Na estação de Setúbal a temperatura média mensal varia entre 26,2°C e 10,5°C e em Sesimbra/Maçã, as temperaturas médias são mais baixas, sendo a mais alta 20°C e a mais baixa 9,3°C. De uma forma geral, as temperaturas naquela estação são sempre mais baixas do que em Setúbal.

Apesar de os períodos com dados não serem coincidentes, facto que torna necessário cuidados especiais na interpretação, a precipitação média anual parece ser ligeiramente mais elevada em Sesimbra/Maçã (712,9 mm) do que em Setúbal (670,7 mm). A distribuição da

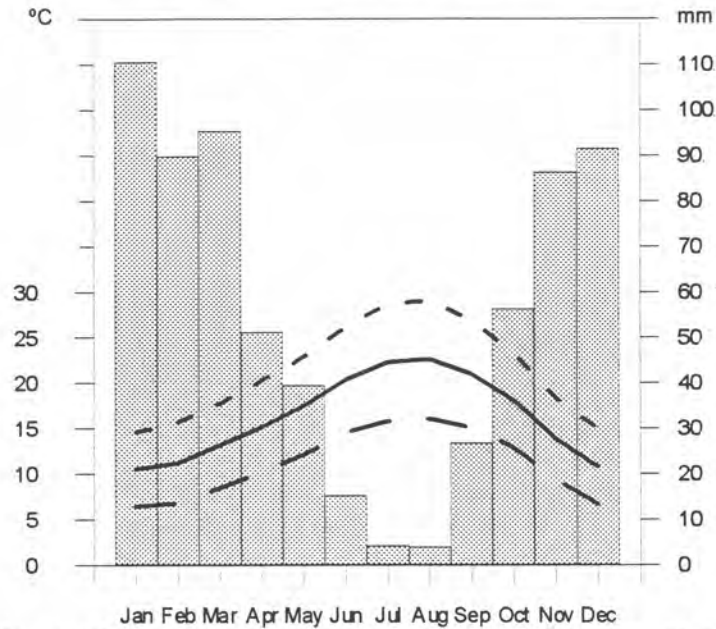


Figura 8 – Repartição mensal da precipitação e das temperaturas médias, máximas médias e mínimas médias na estação meteorológica de Setúbal (1941/70).

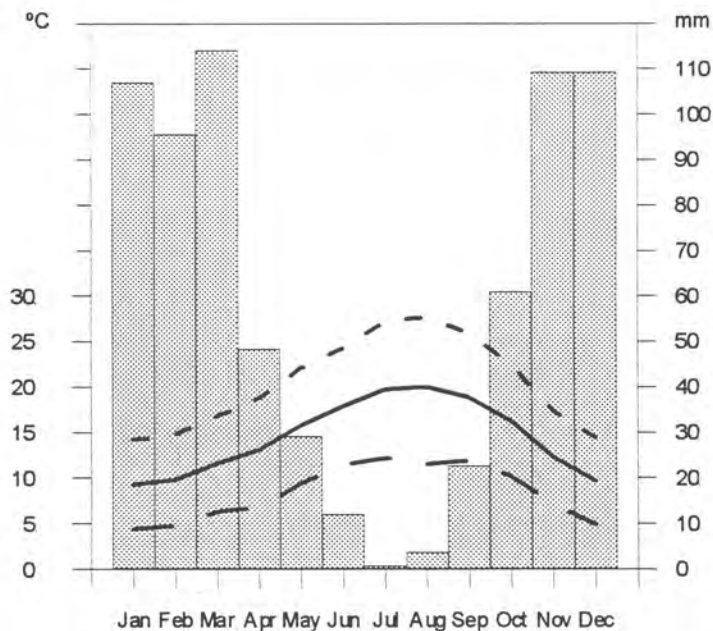


Figura 9 – Repartição mensal da precipitação e das temperaturas médias, máximas médias e mínimas médias na estação meteorológica de Sesimbra/Maçã (1953/70).

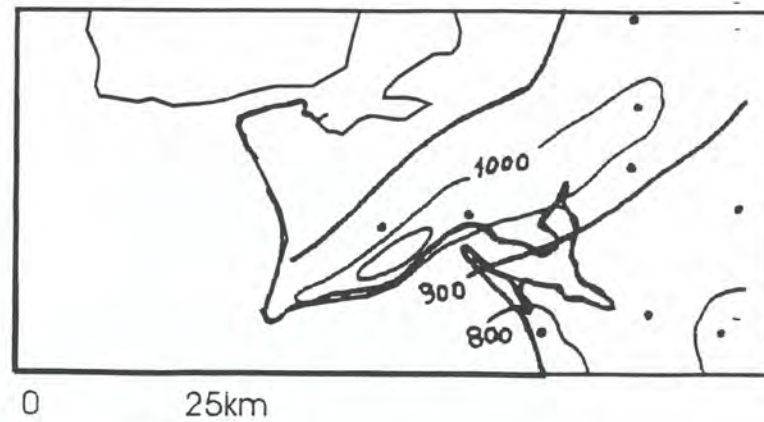


Figura 10 – Distribuição da precipitação anual correspondente ao nono decil na Península de Setúbal (1949/78) (adaptado de VENTURA, 1996).

precipitação ao longo do ano nas duas estações apresenta valores inferiores a 5 mm nos meses de Julho e Agosto, enquanto os meses mais chuvosos são Janeiro, Março, Novembro e Dezembro, com valores superiores a 80 mm. É de referir que os meses de Inverno e Outono tem maiores quantitativos de precipitação na estação de Sesimbra/Maçã e que na Primavera e Verão se passa o contrário.

No mapa de precipitação, DAVEAU *et al.* (1977) que representa o período de 1931/60, observa-se que no sector sudoeste da Península de Setúbal, a precipitação media anual é de cerca de 500 mm. Para oriente a precipitação aumenta, atingindo 700 mm no Formosinho. O número de dias de precipitação aumenta também para leste, sendo a ocidente de 60 dias e de 90 dias no topo e vertente exposta a norte da Serra da Arrábida (DAVEAU *et al.*, 1977).

Para se ter uma ideia da quantidade de precipitação que se registam nos anos de escassez e de abundância, bem como da probabilidade de não se atingirem determinados valores, ou de estes serem superados, observa-se a distribuição espacial dos quantitativos pluviométricos do 1º decil e do 9º decil. O valor máximo do decil 1 é de 550 mm nas Serras da Arrábida e de São Luís e o valor mínimo é de 450 mm no Cabo Espichel. O decil 9 tem um valor máximo de 1100 mm na Serra da Arrábida e o mínimo de 900 mm no Cabo Espichel (fig. 10). As áreas mais elevadas têm valores de precipitação mais altos, com excepção do decil 9 no São Luís.

No Verão, a escassez de precipitação no litoral ocidental pode ser atenuada para a vegetação pela ocorrência de nevoeiro litoral de advecção. Segundo DAVEAU *et al.* (1977), este tem uma presença significativa no litoral ocidental da península de Arrábida, facto que se confirma através da observação da vegetação. Na vertente norte da Plataforma do Cabo, verifica-se que as espécies litorais surgem até cerca de 80 metros de altitude (por exemplo o

Plantago maritimum, a *Lobularia maritima*, *Jucus maritimus* e a *Ammophila arenaria*) e na vertente sul até 40 m (*Chrithmum maritimum*, *Spergularia salina*, *Lobularia maritima*). No Cabo Espichel estas estão presentes até 100m de altitude, o que se explica pela acção directa dos ventos húmidos vindos do oceano. A inexistência de espécies de domínio litoral no sector somital da Plataforma do Cabo, permite inferir que o limite atingido pelos nevoeiros salinos será inferior à Plataforma do Cabo (que se encontra a cerca de 120 metros) e que o seu limite é superior na vertente exposta a norte do que na vertente meridional da Plataforma.

DAVEAU *et al.* (1985) consideram a vertente sul da Arrábida uma área com nebulosidade frequente. Os dados da insolação, obtidos por uma rede pouco densa de estações, traduzem um aumento do número de horas de sol, de oeste (2600 h) para leste (2700 h) (ALCOFORADO e DIAS, 1998, inédito).

Outro elemento meteorológico importante na caracterização do clima regional e local é o vento. Com base nos valores da sua frequência e velocidade nas estações Sesimbra/Maçã e Setúbal, para o período de 1957/86, ALCOFORADO e DIAS (1998) mostram que no que diz respeito à frequência anual, domina o rumo NW, sendo mais elevada a sua frequência na estação de Setúbal (30%). Para a mesma estação, o segundo rumo do vento melhor representado é o de N (20%). Aqueles rumos do vento são os mais importantes em todas as estações do ano. Na estação de Sesimbra/Maçã domina o vento de NW (25%), seguindo-se o de NE (20%), em todas as estações do ano, sendo de salientar que, no Inverno, também é importante a ocorrência do vento de N. A percentagem de calmas é superior na estação de Setúbal (cerca de 5 a 10%) do que na estação de Sesimbra/Maçã (0 a 5%). Facto que poderá ser justificado pela posição topográfica deprimida da estação de Setúbal, ao abrigo da Serra da Arrábida. Observa-se ainda que na estação de Sesimbra/Maçã as frequências do vento de SW e NE são mais significativas do que em Setúbal, o que reflecte diferentes situações topográficas e de exposição ao vento daquele quadrante.

A velocidade média anual do vento em Sesimbra/Maçã é mais elevada para o rumo S (10km/h), enquanto em Setúbal é, para o rumo NW (10km/h). A velocidade média do vento é semelhante no Verão e no Inverno, sendo pouco mais elevada no Inverno em Sesimbra/Maçã nos ventos de N, E e S, e mais fraca para os de NW, NE e W. Para Setúbal, os valores da velocidade do vento no Inverno são inferiores aos de Verão para os ventos de quadrante S, SE e E, sendo superiores, para a mesma estação, os de NW e N.

3.2.1. Remate

Os principais factores que influenciam o clima na Arrábida, já apontados por RIBEIRO (1935), são a proximidade ao mar, a altitude e a orientação do relevo. Em conjunto são responsáveis por uma atmosfera mais húmida no sector ocidental da Arrábida, onde é pouco nítida a distinção entre o domínio climático Atlântico e Mediterrâneo. À medida que caminhamos para leste as características climáticas mediterrâneas tendem a acentuar-se principalmente nas vertentes expostas a sul.

As temperaturas máximas são mais baixas no Cabo Espichel, aumentando para este, atingindo o máximo na baía de Sesimbra e no sector oriental contíguo, entre os 150 e os 200 metros de altitude. Com o aumento da altitude, as temperaturas máximas diminuem, atingindo valores mais baixos no Formosinho. No que diz respeito às temperaturas mínimas, é na área mais exposta aos ventos de oeste, vindos do Atlântico, que as temperaturas são mais elevadas, devido ao efeito do oceano. À medida que caminhamos para oriente na Plataforma do Cabo, as temperaturas diminuem, atingindo valores mais baixos em áreas topograficamente deprimidas como aquela onde está instalada a estação de Sesimbra/Maçã e no Formosinho. No primeiro caso há acumulação de ar frio; no segundo caso a diminuição da temperatura justifica-se com o aumento da altitude.

A precipitação aumenta de oeste para este, e com o aumento da altitude, sendo as vertentes mais húmidas as que estão expostas aos ventos húmidos dominantes de NW.

A caracterização geral do clima da Arrábida foi feita com base nos trabalhos já realizados na área, elaborados a partir dos dados das poucas estações meteorológicas existentes, nomeadamente da estação de Sesimbra/Maçã, que já foi extinta, e de Setúbal. Os dados destas estações são manifestamente insuficientes para conhecer o clima desta área, que apresenta uma grande diversidade topográfica. Propomo-nos realizar um estudo mais detalhado, baseado em dados de estações automáticas colocadas no Portinho da Arrábida e no topo da Serra, bem como em medições itinerantes levadas a cabo em três áreas distintas. O objectivo é conhecer a diversidade climática do sul da Península de Setúbal, bem como a influência da topografia no clima local.

4. ASPECTOS DO CLIMA LOCAL DA SERRA DA ARRÁBIDA

Para conhecer os aspectos topoclimáticos da Serra da Arrábida, são utilizados os dados das estações meteorológicas automáticas e da estação de Setúbal, bem como os obtidos através das medições itinerantes efectuadas para estudar a diversidade do clima local da Serra.

4.1. Localização das estações automáticas

Os primeiros passos no conhecimento do clima local da Arrábida foram dados por ALCOFORADO *et al.* (1992). A investigadora iniciou, em 1990, diversas campanhas de medições itinerantes, na tentativa de melhor compreender os padrões térmicos, de humidade e de vento nesta área, uma vez que a estação de Setúbal, situada numa área topograficamente deprimida e já um pouco afastada da Arrábida, não é a ideal para a compreensão dos padrões térmicos da serra. Para mitigar a descontinuidade espacial dos dados, Alcoforado instalou, então, termo-higrógrafos mecânicos no vale da Rasca, Portinho da Arrábida e no topo da serra (antenas da Portugal Telecom). Mais tarde, foi possível instalar duas estações automáticas que substituíram os termo-higrógrafos das Antenas e Portinho (fig. 11).

Cada uma das novas estações possui sensores para a temperatura, humidade relativa, direcção e rumo do vento, radiação solar e precipitação, programados para registarem numa frequência horária. No Portinho, o termo-higrógrafo colocado em 1994 estava localizado no telhado de um restaurante no interior da baía, local que consideramos ilustrativo do sítio do Portinho. Mais tarde, por razões de segurança, a estação automática foi colocada no Forte do Portinho, onde actualmente se situa o Museu Oceanográfico, local que não é tão propício como o primeiro, pois topograficamente situa-se já em posição de vertente, num pequeno promontório a cerca de 19 m de altitude.

A outra estação foi instalada num ponto elevado da Serra, a 360 m de altitude, numa área vedada, pertencente à Portugal Telecom, que gentilmente cedeu o espaço. No entanto, a indispensável vedação do local dificultou a manutenção da estação, uma vez que só esporadicamente a ele se podia aceder. Estes problemas logísticos, aliados a dificuldades de ordem técnica, explicam a irregularidade de funcionamento da estação e as lacunas prolongadas.

Os dados utilizados neste trabalho são relativos ao período em que as estações automáticas estiveram a funcionar. Não se usaram os dados dos termo-higrógrafos por estes serem referentes a dias fora desse período.

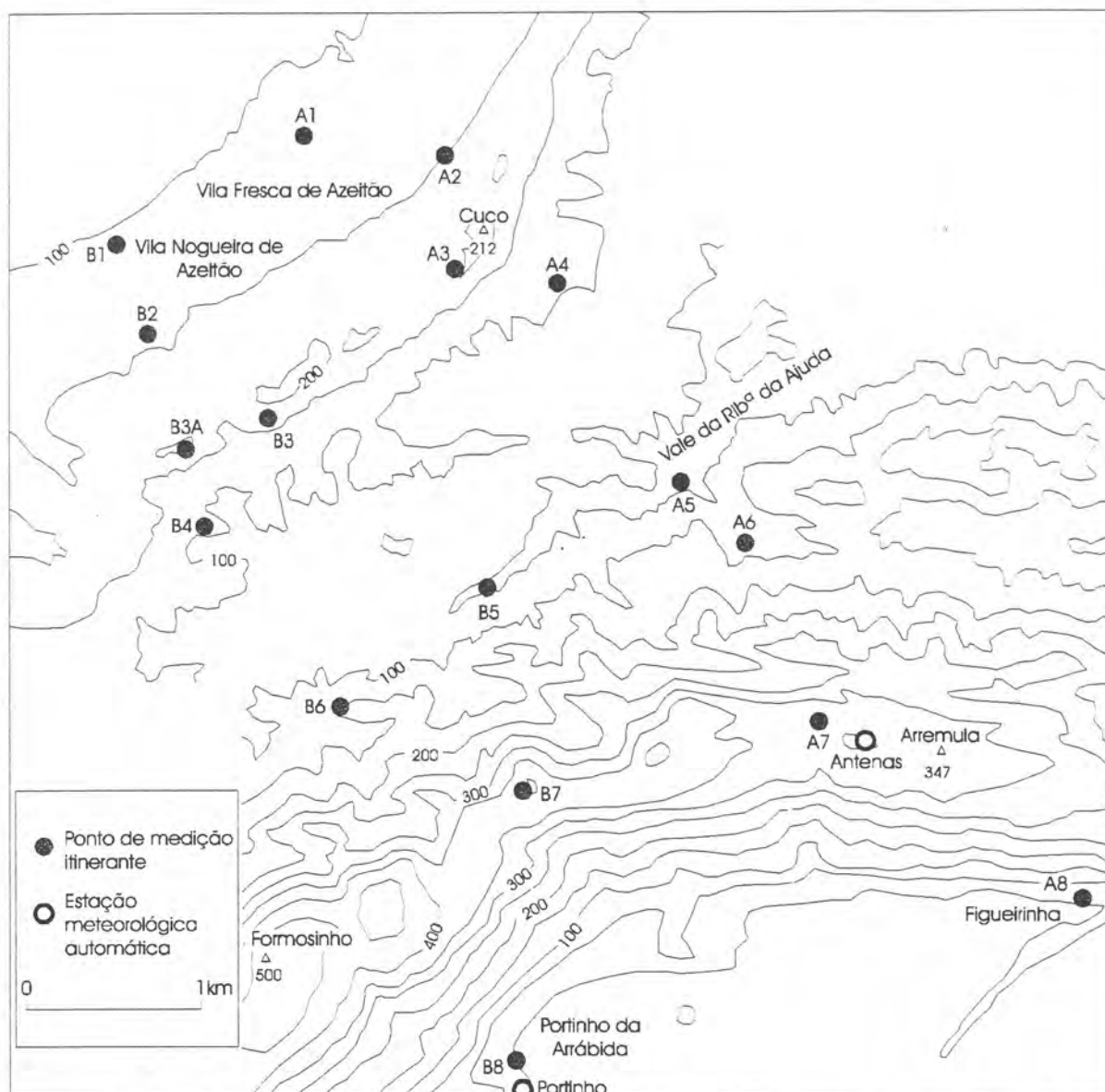


Figura 11 – Localização dos pontos de medição itinerante e das estações meteorológicas automáticas do Portinho e das Antenas (adaptado de ALCOFORADO *et al.*, 1993).

4.2. Metodologia

Os dados térmicos diários da estação meteorológica de Setúbal, de Janeiro de 1996 a Março de 1997, são usados com o objectivo de caracterizar o período e de o comparar com os registos em períodos comuns para as estações automáticas do Portinho e das Antenas.

Os períodos de funcionamento comuns são reduzidos, dividindo-se em 6 grupos, num total de 124 dias (quadro II). Como acima referi, as razões para tal, resultaram de problemas logísticos e de funcionamento das estações. Surgiram dificuldades na manutenção e calibragem dos sensores; na mudança das baterias, cuja duração nem sempre era igual nas duas estações, nem nas próprias baterias; e nas baterias dos cartões de memória, que rapidamente se gastavam.

Periodos com dados comuns
7/4/1996 a 14/6/1996
14/8/1996 a 3/9/1996
19 e 20/9/1996
3/2/1997 a 7/2/1997
23/2/1997 a 4/3/1997
17/3/1997 a 4/4/1997

Quadro II - Períodos com dados comuns às estações automáticas do Portinho da Arrábida e das Antenas.

Apesar das estações terem começado a funcionar em 1994, os dados relativos a esse ano não foram utilizados, pois houve problemas de calibragem em alguns sensores. Embora no total, o número de dias não seja elevado, portanto pouco representativo do ponto de vista estatístico, o facto de serem dados horários e inéditos para a área de estudo, torna-os extremamente valiosos, pois possibilita a comparação de dois locais de características geográficas distintas.

Os dados comuns às duas estações foram sujeitos a uma análise em componentes principais (ACP) e à classificação ascendente hierárquica (CAH). Esta última agrupa os indivíduos, neste caso os dias, em função do comportamento das variáveis. No caso da ACP, são determinados os eixos (factores) que “explicam” a variação encontrada, e calculados os *scores* de cada indivíduo em relação a eles. A projecção dos indivíduos nos diferentes planos factoriais permite interpretar o significado dos eixos factoriais mais importantes, e mesmo, eventualmente, encontrar conjuntos de indivíduos de características próximas. Foram feitas várias ACP's e CAH's utilizando diferentes variáveis, sendo os resultados, na maior parte, pouco significativos. Analisaram-se assim, apenas as que produziram os melhores resultados.

4.3. Comparação dos dados diários para as estações de Setúbal, Portinho e Antenas

A estação de Setúbal situa-se numa área deprimida, a norte da cidade de Setúbal, sendo de esperar que nas noites frias de Inverno se dê a acumulação de ar frio, sendo por isso as temperaturas mínimas especialmente baixas. A média das temperaturas diárias em períodos de três meses, ilustra que o período mais frio, foi o Inverno de 1996 com 10°C (neste caso, a média de Janeiro e Fevereiro, pois não disponho dos dados de Dezembro de 1995). Para o mesmo período, em 1997, a temperatura foi de 11,2°C. Na Primavera de 1996 (Março, Abril e Maio), a temperatura média foi de 15,1°C, subindo para 22,7°C no Verão (Junho, Julho e

Agosto). Nos meses de Outono (Setembro, Outubro e Novembro) foi de 17,4°C e no Inverno seguinte, de 11,5°C. No que se refere às temperaturas extremas, o mês mais quente foi Julho de 1996, com uma temperatura máxima média de 30°C, e o mês mais frio, Fevereiro de 1996, com uma temperatura mínima média de 5,2°C.

Comparando aqueles valores com os das normais de Setúbal para o período de 1941/70, verifica-se que as temperaturas médias no mês de Janeiro e Fevereiro têm um valor intermédio (10,8°C) ao observado em 1996 e 1997. O que mostra que o Inverno de 1996 foi ligeiramente mais frio e que o de 1997 mais quente do que os valores das normais. A Primavera de 1996 teve uma temperatura mais baixa do que das normais (15,3°C). Quanto ao Verão de 1996, este teve uma temperatura superior em 1°C à das normais. Pelo contrário, o Outono tem uma temperatura inferior em 0,2°C. No que diz respeito aos valores de temperatura máxima e mínima, também são diferentes dos verificados no ano de 1996. O mês mais quente é o de Agosto (29,1°C) e o mais frio o de Janeiro (6,4°C), sendo em ambos os casos valores inferiores aos das médias das normais. Os meses extremos tiveram temperaturas inferiores às das normais.

No que diz respeito à variação das temperaturas médias diárias em Setúbal, é notório o máximo térmico estival e o mínimo invernal típico a esta latitude. Ao longo do mês de Janeiro houve uma tendência geral para a descida de temperatura, que se manteve até ao final de Fevereiro (fig. 12). A temperatura máxima foi de 19°C e a mínima de 3,5°C, tendo a mínima absoluta mais baixa ocorrido em Fevereiro (-1,5°C). A partir do início de Março, nota-se uma tendência para a subida de temperatura, que se mantém até ao início de Abril. Então, as temperaturas médias diárias quase estabilizam em torno de 15,0°C até ao início da última década de Maio, situação marcada por um incremento mais rápido, que marca o início do Verão (fig. 12). A temperatura média mantém-se então, durante o Verão, em torno de 23°C, começando a diminuir em Setembro, mas de forma irregular. Deste modo, em Setembro a temperatura média diária oscila em torno dos 19°C, diminuindo mais bruscamente a partir de Outubro, atingindo o mínimo no início de Janeiro de 1997, com cerca de 7°C. A partir de então, volta a aumentar gradualmente até Março (fig. 12).

Em síntese, o período entre Janeiro de 1996 e Março de 1997 é marcado por uma variação geral regular das temperaturas, com os mínimos mais baixos a serem atingidos em Fevereiro e Dezembro de 1996 e os máximos em Junho do mesmo ano (fig. 12). No pormenor, é notória a irregularidade das temperaturas, traduzida pelas oscilações nos gráficos. Parece existir uma

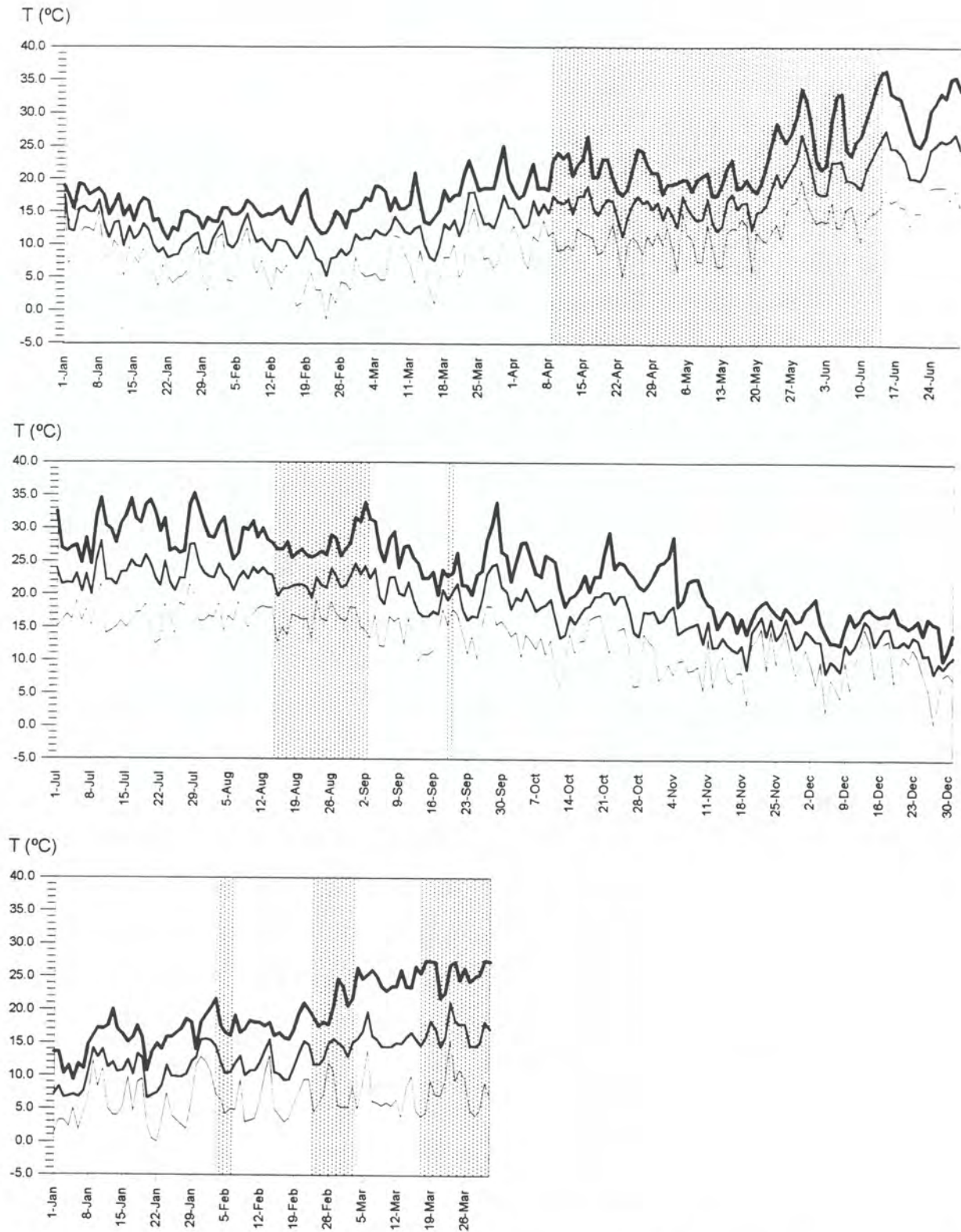


Figura 12 – Variação das temperaturas médias diárias, máximas diárias e mínimas diárias na estação de Setúbal de 1/1/1996 a 26/3/96 (o sombreado corresponde ao período com dados para as três estações em estudo).

tendência, já verificada por ALCOFORADO em Lisboa, para que no Inverno, sejam as temperaturas mínimas absolutas, as mais irregulares, enquanto, no Verão, o mesmo ocorre com as máximas absolutas (1992, p.94). É também interessante verificar que as amplitudes térmicas diárias são quase sempre muito maiores no semestre quente, do que no frio.

No sentido de perceber se a estação de Setúbal é ou não elucidativa do comportamento térmico da Arrábida, procedi à comparação da variação da temperatura da estação de Setúbal com a das Antenas e do Portinho nos seis períodos comuns.

Se analisarmos as médias para o primeiro período comum, que engloba parte do mês de Abril, o mês de Março e metade de Junho, a temperatura média é mais elevada na estação do Portinho (18,1°C), seguindo-se a de Setúbal (17°C) e a das Antenas (15,4°C – fig. 13). No que diz respeito às temperaturas máximas, foi Setúbal que registou o maior valor (23,2°C), seguindo-se o Portinho (22,2°C). As Antenas, situadas num ponto mais elevado, têm o valor mais baixo (20,2°C – fig. 14). As temperaturas mínimas foram também mais baixas em Setúbal (11,7°C), facto que se deverá à sua posição topográfica deprimida e propícia à acumulação de ar frio (fig. 15). Segue-se as Antenas com 15,4°C, resultado da sua altitude e posição topográfica. É o Portinho que tem a temperatura mínima mais elevada, o que se explica por ser a estação mais baixa e mais próxima do oceano (18,1°C).

No segundo período comum, de 14 de Agosto a 3 de Setembro, é em Setúbal que a temperatura média é mais elevada (21,9°C), ao que se segue a estação do Portinho (21,5°C) e por fim a das Antenas (19,4°C) (fig. 13). Em relação às temperaturas máximas o comportamento é igual ao do outro período, o valor mais elevado é o de Setúbal (27,8°C), seguindo-se o Portinho (26,1°C) e por último, as Antenas (24,8°C) (fig. 14). No que diz respeito às temperaturas mínimas, o valor mais baixo ocorre nas Antenas (15,7°C). Ao contrário do que se passou no período anterior, a influência da altitude nas mínimas foi mais importante do que a possível acumulação de ar frio na estação de Setúbal, com 16,1°C (fig. 15). Foi a estação do Portinho, tal como no caso anterior, que a temperatura mínima foi mais elevada (18,4°C). Neste período foi a estação de Setúbal que teve temperatura média mais elevada, em virtude de as temperaturas mínimas não terem sido as mais baixas.

O terceiro período, que corresponde a dois dias, 19 e 20 de Setembro, apresenta o mesmo comportamento das temperaturas médias do primeiro período (fig. 13). A temperatura média mais elevada ocorre no Portinho (19,3°C), seguindo-se Setúbal (19,1°C) e as Antenas (16,8°C). As temperaturas máximas tem um comportamento diferente, o valor mais elevado

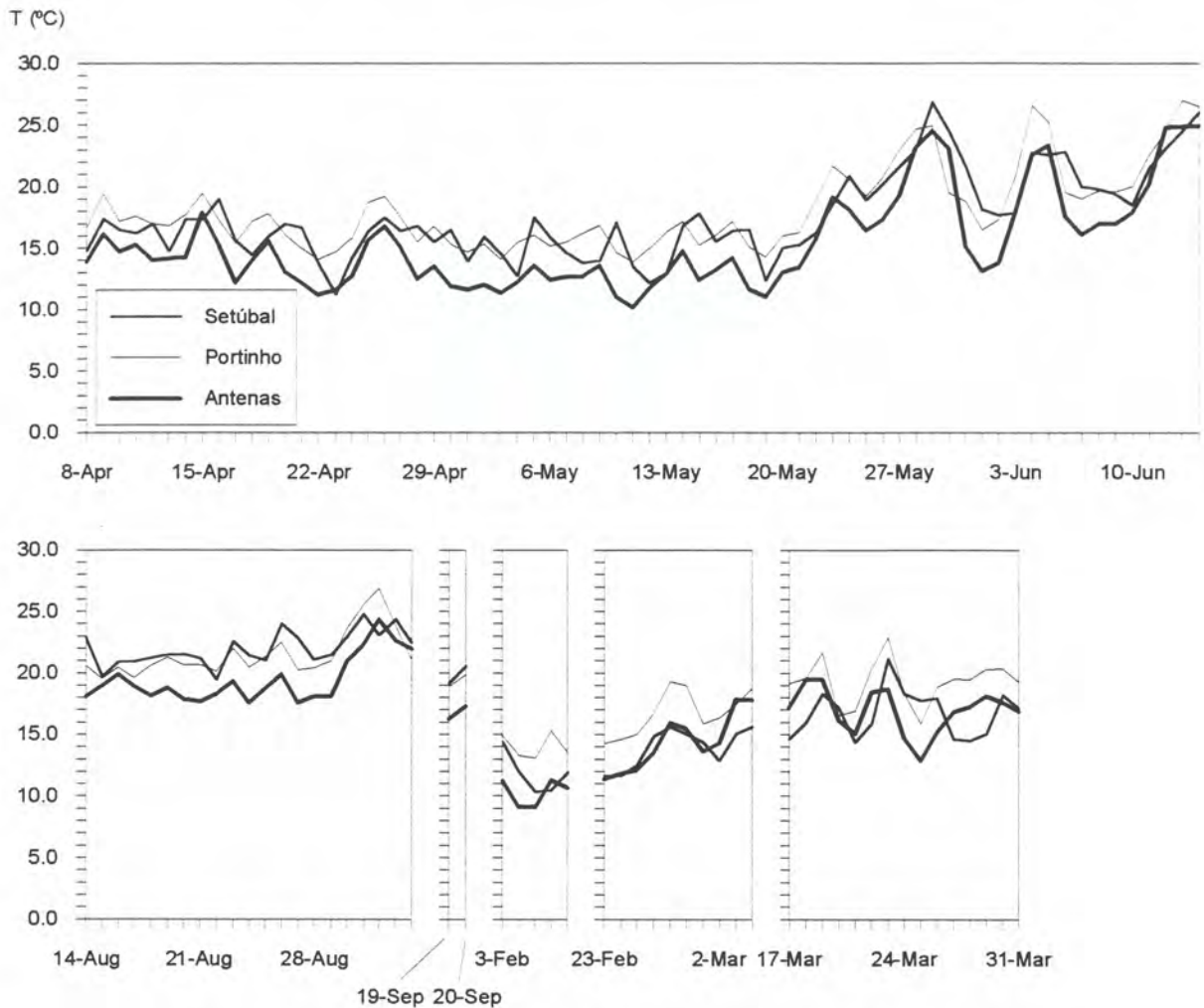


Figura 13 – Variação das temperaturas médias diárias nas estações de Setúbal, Portinho e Antenas nos seis períodos comuns.

ocorre nas Antenas (23,3°C), seguindo-se Setúbal (23°C) e depois o Portinho (22,4°C) (fig. 14). No que diz respeito às temperaturas mínimas, tal como no período anterior o valor mais baixo ocorreu nas Antenas (15,1°C), seguindo-se Setúbal (16,6°C) e depois o Portinho (17,7°C) (fig. 15). Nestes dois dias a estação das Antenas teve os extremos mais acentuados, talvez pela existência de uma massa de ar frio em altitude.

No quarto período, de 3 a 7 de Fevereiro de 1996, observa-se um comportamento das temperaturas idêntico ao do primeiro período. A temperatura média é mais elevada no Portinho, porque é também nesta estação que as temperaturas mínimas e máximas são menos extremas (fig. 13, 14 e 15). A temperatura máxima é mais elevada em Setúbal e é, também, nesta estação que a temperatura mínima é mais baixa.

O quinto período que vai de 23 de Fevereiro a 2 de Março também apresenta um comportamento idêntico ao anterior, somente no caso das temperaturas máximas é que o valor

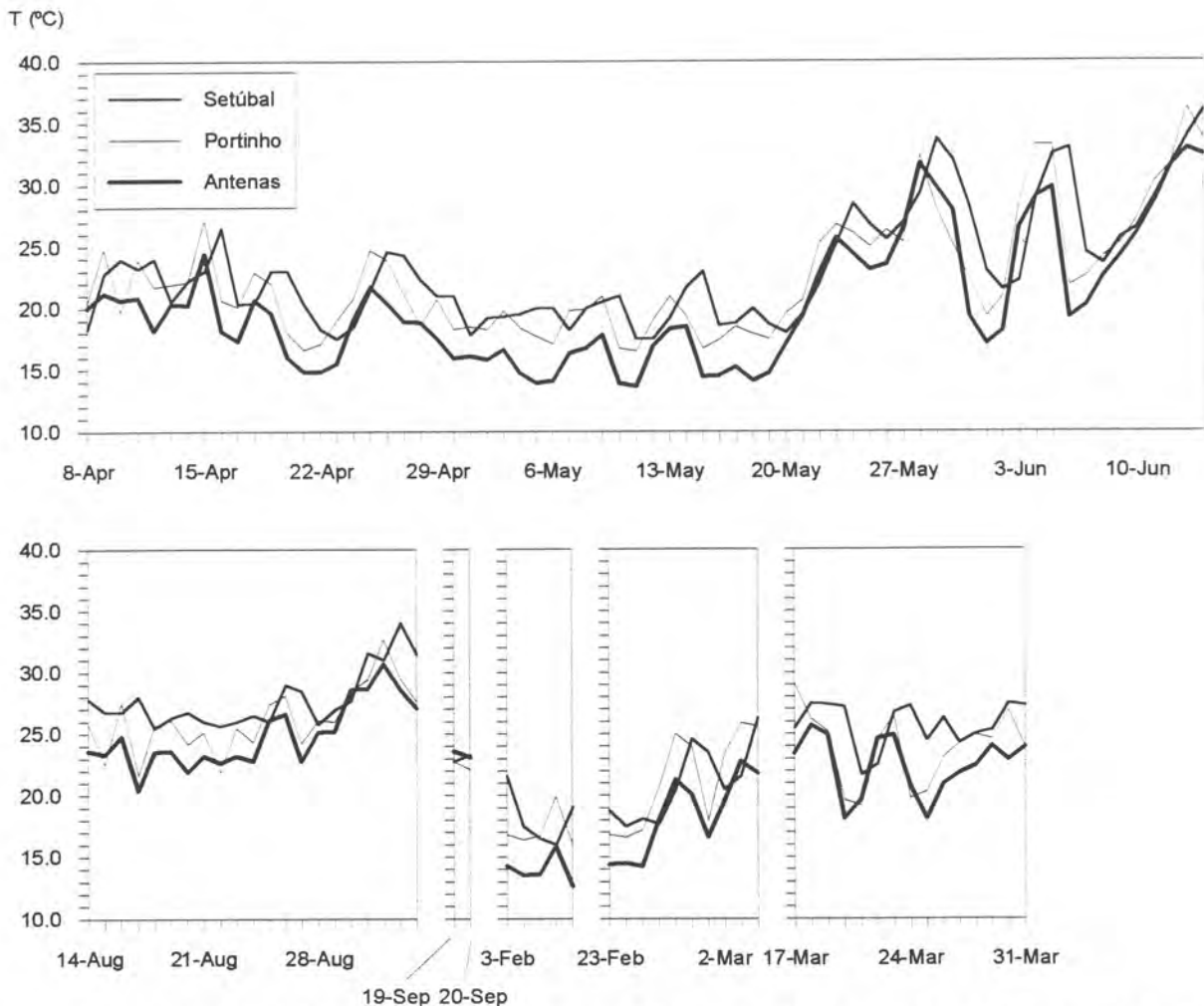


Figura 14 – Variação das temperaturas máximas diárias nas estações de Setúbal, Portinho e Antenas nos seis períodos comuns.

mais elevado ocorreu no Portinho (fig. 13, 14 e 15).

Por último, o período de 17 a 31 de Março, ilustra um comportamento nas temperaturas idêntico ao já descrito noutros períodos, a temperatura média é mais elevada no Portinho (19,3°C), porque os extremos nesta estação não são tão acentuados, como nas outras (fig. 13). A temperatura máxima é mais elevada em Setúbal (25,7°C) e mais baixa nas Antenas (22,4°C); a temperatura mínima é mais baixa em Setúbal (7,7°C) e mais elevada no Portinho (15,4°C) (fig. 14 e 15).

A posição geográfica das estações está também reflectida no comportamento diário revelado pelas temperaturas. Para as temperaturas mínimas diárias, o Portinho evidencia-se quase na totalidade dos dias como o local mais quente, enquanto que as Antenas e Setúbal manifestam uma forte irregularidade no seu comportamento, variando a sua posição como estação mais fria. Tal facto dever-se-á, por um lado, ao Portinho ser influenciado pelo efeito

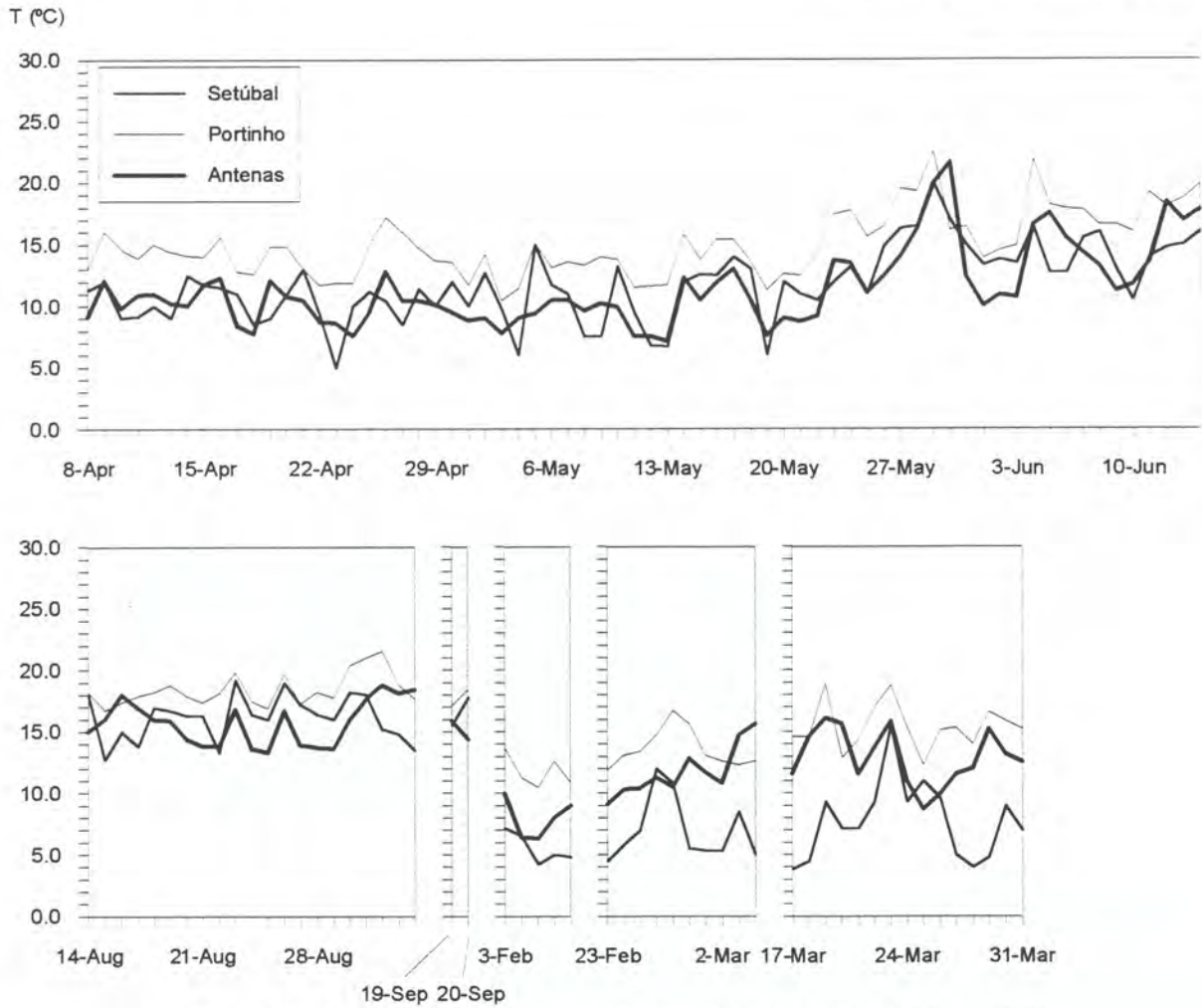


Figura 15 – Variação das temperaturas mínimas diárias nas estações de Setúbal, Portinho e Antenas nos seis períodos comuns.

moderador do oceano nas temperaturas, impedindo que as mínimas sejam muito baixas; por outro lado, as outras duas estações, localizam-se em posições topográficas contrastadas, as Antenas dependendo da variação da temperatura com a altitude, e as temperaturas baixas de Setúbal, relacionando-se com situações de estabilidade atmosférica, perdas por irradiação e drenagem de ar frio. As situações em que se verificam os contrastes mais fortes entre as três estações ocorrem no Inverno, no 5º (23/2/97 a 4/3/97) e 6º (17/3/97 a 4/4/97) período, em que Setúbal é a estação mais fria, seguida das Antenas e Portinho. Naqueles dois períodos nota-se o domínio das situações sinópticas anticiclónicas. No quinto período todos os dias são anticiclónicos e no segundo, são em 60% dos dias, seguindo-se as situações depressionárias (26%) e os pântanos barométricos (13%). O domínio de dias anticiclónicos com céu limpo favorece o arrefecimento por irradiação e a acumulação de ar frio nas áreas mais baixas e deprimidas, como acontece na estação de Setúbal.

Os dias, em que a estação das Antenas têm temperaturas mínimas mais baixas do que a de Setúbal, ocorrem no Verão e situam-se no 2º (14/8/96 a 3/9/96) e 3º período (19 e 20 de

Setembro). No 2º período dominam situações anticiclónicas, e é precisamente quando estas começam a surgir, no dia 22 de Agosto, que as temperaturas médias ficam mais baixas nas Antenas. Neste período, o arrefecimento com o aumento de altitude é mais importante do que a perda de calor por irradiação e acumulação de ar frio nas áreas mais baixas. Outra possível justificação pode estar relacionada com o facto de haver nebulosidade ou neblina matinal nas áreas mais baixas da Arrábida.

No 3º período existe um domínio de situações depressionárias. O céu encoberto reduz a perda de calor da terra por irradiação, sendo mais importante a diminuição da temperatura com a altitude e a posição topográfica.

O comportamento das temperaturas máximas diárias é diferente e mais complexo. Nos casos estudados, as Antenas surgem quase sempre como a estação mais fria, facto que tem origem na sua maior altitude, no arrefecimento adiabático e na posição de interflúvio que aumenta as perdas por irradiação. As temperaturas nas estações do Portinho e Setúbal têm um comportamento mais irregular, embora Setúbal seja frequentemente a estação mais quente. A proximidade ao mar deverá ter, aqui, o papel determinante nos comportamentos encontrados, sendo responsável por tornar as temperaturas mais amenas.

Finalmente, as temperaturas médias diárias acabam por ponderar as situações apontadas, regularizando um pouco o comportamento das curvas. O Portinho é a estação mais quente na quase totalidade dos dias, seguindo-se Setúbal e as Antenas.

Alguns factos ressaltam desta breve análise, sendo talvez o mais significativo, tratarem-se de três exemplos de estações com comportamento térmico diferente, que é regido por factores locais, mas que reflectem um mesmo enquadramento regional geral, que se manifesta na similitude geral das grandes oscilações térmicas verificadas. Por isso, apesar da estação de Setúbal não poder ser usada como estação exemplificativa do comportamento térmico da Arrábida, vai reflectir a tendência térmica regional, e ilustra a forma como as temperaturas se comportam em locais numa posição mais interior e deprimida.

4.4. Análise dos períodos comuns às duas estações automáticas

Além das temperaturas médias, máximas e mínimas diárias, acima apresentadas, as estações instaladas no Portinho e nas Antenas forneceram, durante alguns períodos, dados horários da precipitação, radiação solar, vento e humidade relativa. Apesar de serem períodos relativamente curtos, se multiplicarmos esses dias pelo número diário de registos (24), verificamos tratar-se de um grande volume de dados para analisar. Técnicas como a análise em

componentes principais (ACP) e a classificação ascendente hierárquica (CAH), muito usadas em climatologia, permitem a interpretação de grande quantidade de dados. Estas, foram usadas recentemente em topoclimatologia, em Portugal, por ALCOFORADO (1992), GANHO (1992), ANDRADE (1994), LOPES (1994a) e PINTO (1995).

O objectivo principal desta análise é, partindo dos dados horários das duas estações meteorológicas, tentar agrupar os dias segundo as suas características, relacionando-as com a situação à escala sinóptica. Por ser um trabalho de topoclimatologia, é dada especial ênfase ao comportamento relativo das duas estações, pois a sua posição geográfica contrastada permite inferir acerca das características do clima local da serra da Arrábida.

Para a selecção dos parâmetros a analisar, diversas ACP foram aplicadas aos dados. Após tentativas várias, a escolha recaiu sobre a utilização das diferenças térmicas horárias entre as duas estações, pois além de ser elevada a variância explicada pelos primeiros factores para estas variáveis, o seu interesse é óbvio, pois permite melhor conhecer a variabilidade térmica diurna e o seu gradiente ao longo da vertente meridional da serra da Arrábida.

Utilizou-se uma matriz em que os indivíduos são os dias comuns às duas estações (124 linhas) e as variáveis são as diferenças horárias entre as temperaturas das duas estações (Portinho-Antenas), com um total de 24 colunas. O objectivo foi a interpretação dos factores que explicam as diferenças de temperatura entre as duas estações ao longo do dia, agrupando os dias com comportamento semelhante. Na ACP assim efectuada, obteve-se uma explicação da variância de 74% para os três primeiros factores (Quadro III).

Factores	Variância explicada (%)	Variância explicada (acumulada - %)
1	39,4	39,4
2	24,3	63,7
3	10,7	74,4

Quadro III - Variância explicada pela Análise em Componentes Principais.

Embora interessantes, os resultados da projecção dos indivíduos nos planos factoriais 1-2 e 1-3, como se verá adiante, não permitem a identificação de agrupamentos claros, além de que os indivíduos se distribuem de modo dificilmente interpretável. Os mesmos dados foram também sujeitos a uma classificação ascendente hierárquica, tendo sido possível obter agrupamentos de dias com comportamentos térmicos semelhantes, com os quais foi tentada uma interpretação com base nas situações sinópticas observadas.

4.4.1. Análise em Componentes Principais dos dias, considerando as diferenças térmicas horárias

O primeiro factor (F1) explica 39% da variância, apresentando uma correlação sempre positiva com as variáveis (diferenças de temperatura), o que parece demonstrar o chamado efeito de dimensão (fig. 16). A variância explicada pelas variáveis oscila entre o mínimo de 0,3 e o máximo de 0,87 (Quadro IV), sendo que os valores mais significativos correspondem às diferenças de temperatura verificadas entre as 3 e as 10 horas, abarcando, o fim da noite e início da manhã. Este é, portanto o período mais bem explicado por F1. No lado positivo de F1 encontram-se projectados os dias em que, nas madrugadas, o Portinho foi mais quente do que as Antenas, e o sector negativo, a situação inversa.

O factor 2 (F2) explica 24% da variância, tendo uma correlação negativa com as noites e madrugadas, entre as 21 e as 8 horas. No entanto, a variância explicada é mais significativa entre as 13 e as 16 horas. O factor 2 representa, portanto, essencialmente as diferenças térmicas entre as duas estações meteorológicas durante o início da tarde. No seu sector positivo, vão-se projectar os dias em que o Portinho foi mais quente, pelo menos durante a tarde, e no sector negativo, aqueles, em que se verifica o contrário.

Finalmente, o factor 3 (F3) explica apenas 10,7% da variância, sendo as diferenças de temperatura às 21 e às 22 horas as variáveis que exercem nele influência mais significativa. F3 traduz assim o comportamento térmico do início da noite, nele se projectando, do lado positivo, as noites em que o Portinho esteve mais frio que as Antenas, e o oposto no lado negativo (fig. 16).

A projecção das variáveis no plano factorial 1-2 traduz-se numa forma curiosa, em que há a passagem gradual de uma hora em relação à hora seguinte, formando dois pequenos arcos embutidos um no outro, sempre com uma correlação positiva com o eixo 1 (fig. 16). A descontinuidade verificada entre a observação das 23h e das 0h deve-se às interrupções na série temporal que não é contínua. Basta existirem períodos de observação distintos e descontínuos, para que se notem diferenças mais significativas entre estas duas variáveis, que caracterizam o comportamento do início e do fim do dia. É também muito clara a influência exercida pelas observações entre as 3h e 10h na criação deste eixo. No que se refere ao eixo 2, este sim, opõe claramente entre o sector positivo e negativo do eixo, as variáveis. São, no entanto, mais importantes para a sua definição as observações do início da tarde, com uma correlação mais forte (com o valor mais elevado de 0,79). Opõem-se-lhes as observações das

Variáveis	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
DT00	0.52	-0.55	0.15	-0.41	0.27
DT01	0.61	-0.58	0.11	-0.34	0.19
DT02	0.70	-0.59	0.12	-0.26	-0.01
DT03	0.76	-0.51	0.13	-0.11	-0.10
DT04	0.81	-0.48	0.08	-0.01	-0.10
DT05	0.84	-0.41	0.11	0.02	-0.17
DT06	0.87	-0.37	0.09	0.13	-0.10
DT07	0.87	-0.28	0.08	0.19	-0.06
DT08	0.88	-0.16	0.15	0.22	-0.03
DT09	0.83	0.03	0.17	0.35	-0.07
DT10	0.75	0.29	0.22	0.30	-0.01
DT11	0.67	0.50	0.21	0.25	0.19
DT12	0.48	0.67	0.20	0.04	0.39
DT13	0.36	0.71	0.33	-0.11	0.35
DT14	0.39	0.79	0.20	-0.14	0.18
DT15	0.42	0.79	0.14	-0.07	-0.08
DT16	0.38	0.77	0.08	-0.04	-0.27
DT17	0.41	0.63	-0.11	-0.23	-0.49
DT18	0.46	0.47	-0.32	-0.32	-0.38
DT19	0.60	0.40	-0.37	-0.35	0.03
DT20	0.56	0.13	-0.55	-0.30	0.21
DT21	0.47	-0.02	-0.79	-0.07	0.15
DT22	0.39	-0.04	-0.77	0.25	0.17
DT23	0.36	0.04	-0.58	0.54	0.03
Total	9.46	5.82	2.57	1.55	1.12



Quadro IV - Scores das variáveis da ACP com base nas diferenças térmicas entre as duas estações automáticas.
Nota: DT refere-se à diferença horária de temperatura entre o Portinho e as Antenas .

horas que se seguem à meia-noite, com uma correlação negativa, embora menos significativa (mas que terá também contribuído para a formação de F2).

A projecção dos indivíduos no plano factorial 1-2 mostra a correlação destes com ambos os planos factoriais. Da sua observação podemos encontrar algumas tendências no comportamento das diferenças de temperatura entre as duas estações (fig. 18). Como facilmente se depreende, é difícil individualizar claramente grupos distintos de dias com características comuns a partir destes dois eixos. Observa-se, na realidade, uma grande nuvem de indivíduos, localizados essencialmente, no sector positivo de F1, e outros dispersos ao longo do plano factorial.

Para verificar a existência, ou não, de relação entre as situações sinópticas e a projecção dos

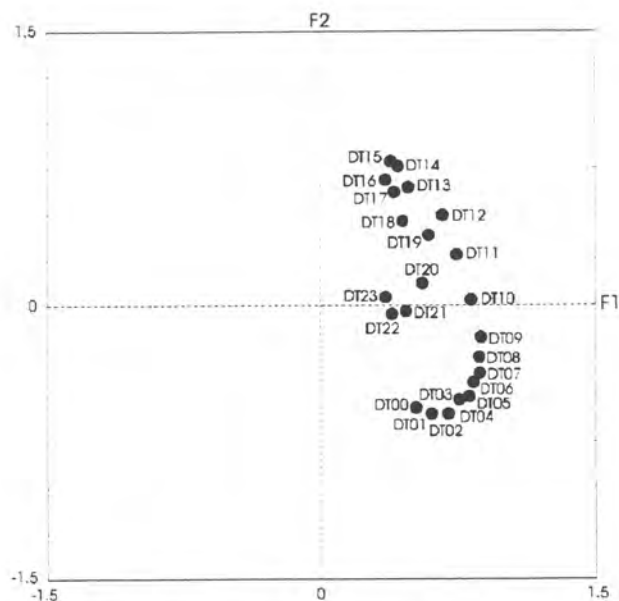


Figura 16 – Projecção das variáveis da ACP no plano factorial 1-2.

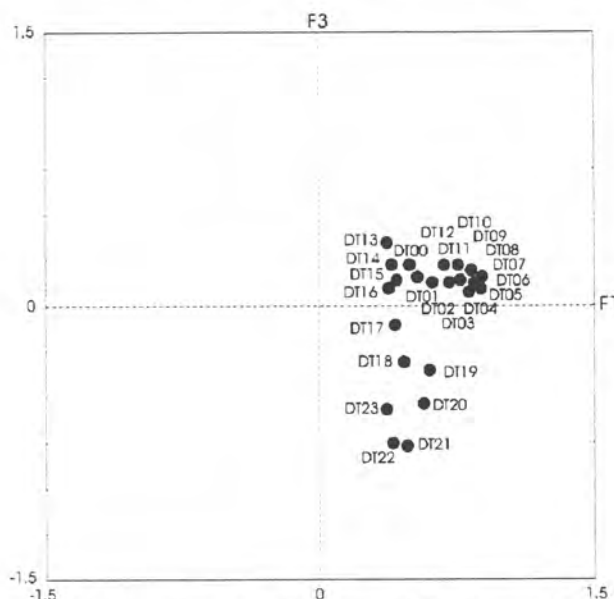


Figura 17 – Projecção das variáveis da ACP no plano factorial 1-3.

indivíduos nos planos factoriais, classifiquei os dias estudados segundo a situação observada. A tipologia utilizada no agrupamento das situações sinópticas resultou do confronto de diversas metodologias, tendo sido escolhida na perspectiva de ser simples e rápida de aplicar. Foi tida em consideração a situação à superfície e em altitude, seguindo no geral a metodologia aplicada por MOUNIER (1979), FERREIRA (1980), RAMOS (1986), VENTURA (1986) e ALCOFORADO (1988). No sentido de tornar a classificação mais simples, foi utilizado o esquema simplificado apresentado por FRAGOSO (1994). Trata-se de uma classificação subjectiva, uma vez que deriva apenas da observação dos padrões de circulação à superfície e

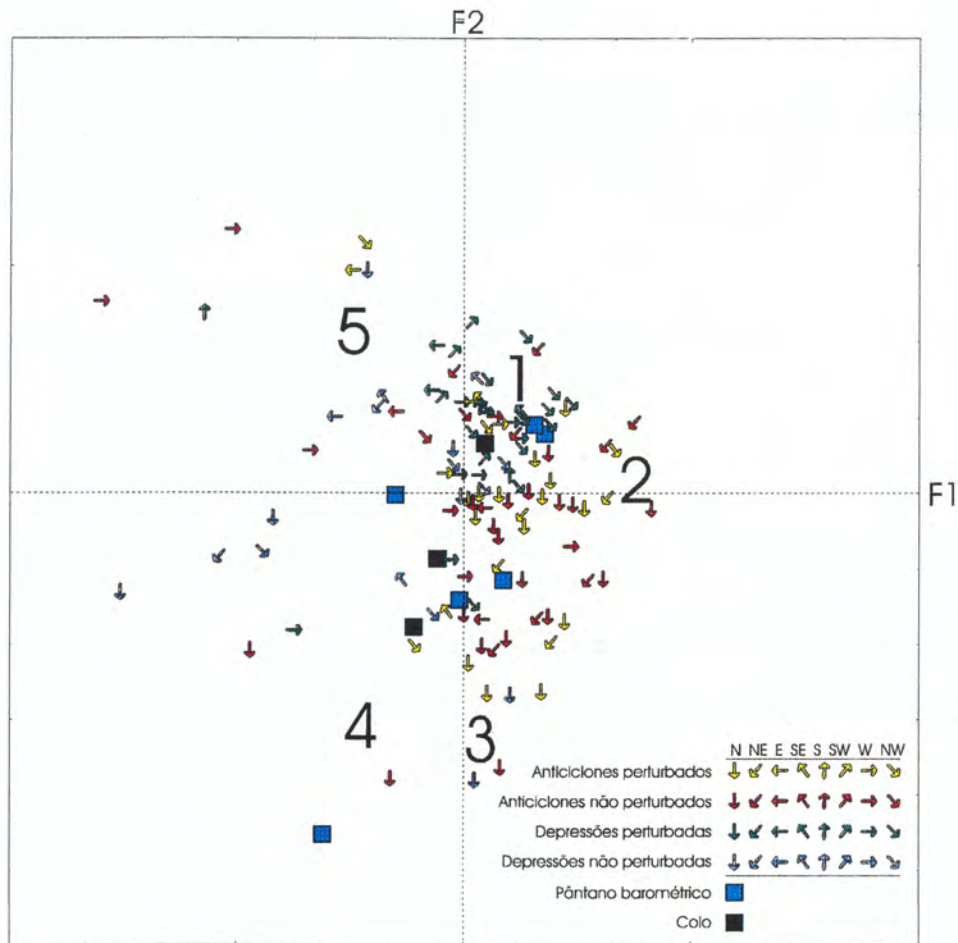


Figura 18 – Projecção dos indivíduos da ACP no plano factorial 1-2 e os cinco tipos de dias encontrados.

em altitude (500 hpa). Baseia-se, assim, na presença de organismos anticiclónicos ou depressionários, de superfícies frontais e na proveniência do fluxo do ar.

Projectei os indivíduos nos planos factoriais 1-2 e 1-3, identificados com a situação sinóptica correspondente, de modo, tentar aquilatar acerca da influência daquelas no comportamento térmico das estações. Como se verifica, não são claros grupos distintos, embora algumas tendências que referirei à frente sejam evidentes. Optei por apresentar as características meteorológicas das estações, em dias escolhidos de cinco áreas do plano 1-2, que apresentam comportamentos distintos. É fundamental notar que os dias que apresento, deverão ser tidos apenas como exemplos, pois efectivamente, a ACP apenas considera as diferenças de temperatura, não entrando na classificação os outros parâmetros que uso na caracterização dos dias. Penso ser no entanto útil, esta caracterização, pois em certos casos, é assim possível perceber os factores explicativos da classificação apresentada.

No conjunto de dias que tem uma correlação positiva com o factor 1 e com o 2, as temperaturas ao longo do dia são sempre mais elevadas no Portinho do que nas Antenas.

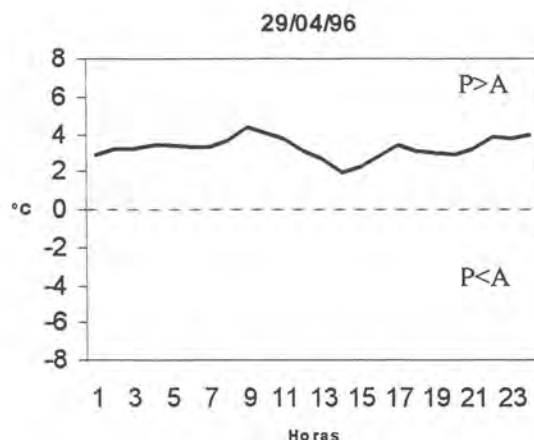


Figura 19 – Diferenças de temperatura entre a estação do Portinho e das Antenas.

Analisando as situações sinópticas desses dias, podemos encontrar dois tipos principais no primeiro quadrante factorial (tipo 1 e 2 - fig. 18).

Com valores baixos em relação a F1 e mais elevados com F2, surgem essencialmente os dias em que, à superfície, se verificam depressões perturbadas com fluxo dominante de NW (tipo 1). Este grupo pode ter mesmo valores ligeiramente negativos em relação a F1. Como exemplo desta situação, apresento o dia 29/4/96. O território continental encontrava-se parcialmente coberto por nuvens, no entanto na Península de Setúbal o céu estava limpo. Em altitude, verifica-se uma situação de bloqueio difluente, estando, o seu ramo depressionário sobre Portugal Continental. Com base nos dados das estações automáticas, nas Antenas a temperatura mínima foi de 10,1°C às 7h e a máxima foi de 17,5°C às 17h. No Portinho, a temperatura mínima foi de 13,8°C às 6h e a máxima 20,7°C à mesma hora das Antenas. Ao longo do dia as temperaturas foram sempre mais elevadas no Portinho, variando a diferença entre 2 e 4°C (fig. 19). No Portinho, nas primeiras horas da manhã, o vento era de N e tinha uma velocidade de cerca de 2 m/s. A partir das 8h rodou para SW, mantendo-se assim até às 18h. Com a modificação do rumo do vento houve um aumento da velocidade para 4,5 m/s. Aquela mudança coincidiu de manhã com um aumento rápido da temperatura (cerca de 1,2°C em 1 h), tendo sido o período em que subiu mais rapidamente. À tarde, quando o vento voltou a ser de N, houve uma diminuição de 2°C, também em 1 hora, tendo sido a descida mais rápida do dia. A humidade relativa registou uma variação inversa (valores médios de 90% até às 8h e a partir daí uma média de 66). Nas Antenas dominou o vento de W até às 20h, tendo depois rodado para NW. Inicialmente a sua velocidade média era de 3m/s, registando-se um aumento para 4m/s depois das 20h. O fluxo regional do vento não se registou no Portinho, talvez por se situar num ponto abrigado do vento de N e numa posição em que a escala

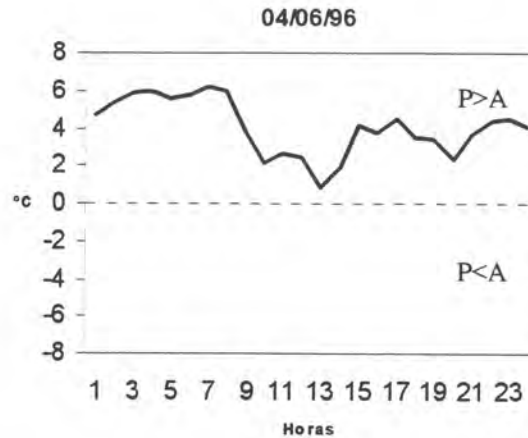


Figura 20 – Diferenças de temperatura entre a estação do Portinho e das Antenas.

sinóptica não permite entender a influencia da escala local. Tal como ilustra este dia, as depressões perturbadas, em que o fluxo dominante é de NW, estão associadas, a dias em que o Portinho é mais quente do que as Antenas. Isto poderá ser explicado, sobretudo pelo facto de as Antenas se encontrarem a maior altitude, mas também por estarem expostas ao fluxo do vento de gradiente.

Com valores positivos elevados em F1 e baixos com F2, encontramos os dias em que a temperatura foi sempre mais elevada no Portinho, geralmente associados a situações sinópticas anticiclónicas, perturbadas ou não, com fluxo de norte (tipo 2). Como exemplo, escolhi o dia 4/6/96, quando Portugal Continental estava sobre a influência de um anticiclone perturbado com fluxo de NE, e em altitude, sob a acção de uma crista anticiclónica. As temperaturas foram sempre mais elevadas no Portinho da Arrábida, variando a diferença entre 1 e 7°C, sendo estas diferenças menos estáveis do que no dia referido acima (fig. 20). A temperatura mínima foi de 21,5°C à 1h no Portinho e a máxima de 33,2°C às 16h. O vento N foi dominante, tendo sido de NE entre as 7 e as 12h. Com a modificação do rumo do vento de N para NE, houve um aumento da temperatura de cerca de 3°C. Este aumento pode dever-se ao facto de as massas de ar terem uma trajectória mais continental. O vento tinha inicialmente uma velocidade média de 2 m/s, diminuindo, quando mudou para NE, para 1,5m/s. Nas Antenas, a temperatura mínima foi de 16,6°C também à 1h e a máxima foi de 29°C às 17h, registando uma hora de atraso em relação ao Portinho. Nas primeiras horas do dia, o vento foi de N, passando a ser de NE depois da 9h. Com esta mudança, houve uma diminuição da velocidade de 1m/s para 0,5m/s. Neste caso, o fluxo regional manifestou-se em ambas as estações, sendo a temperatura mais baixa nas Antenas devido ao efeito da altitude.

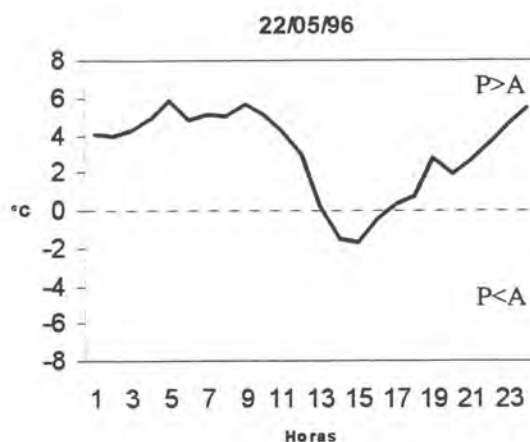


Figura 21 – Diferenças de temperatura entre a estação do Portinho e das Antenas.

Nos dias anticiclónicos deste grupo (tipo 2) o comportamento da temperatura é idêntico em ambas as estações, sendo mais elevada no Portinho por se encontrar ao nível do mar.

Os dias com valores negativos em F2 e positivos com F1, são os dias em que, no início da tarde as temperaturas são mais baixas no Portinho do que nas Antenas. Neste grupo de dias encontramos situações anticiclónicas perturbadas ou não, dominando as não perturbadas, com fluxo dominante do quadrante N. Como exemplo, apresento o dia 22/5/96 em que as temperaturas foram mais elevadas no Portinho até às 14h, registando-se uma diferença máxima de 7°C (fig. 21). De então, até às 16h houve uma inversão de 1°C, tendo depois voltado a ser mais elevada no Portinho, atingindo novamente uma diferença máxima de 7°C. Se observarmos a curva da humidade relativa o comportamento é inverso. Em termos regionais, sobre a Península Ibérica situava-se um anticiclone perturbado com vento fraco de gradiente de Norte. Portugal encontra-se sob a margem ocidental de uma crista anticiclónica de altitude. A temperatura mínima foi 14,4°C à 1h no Portinho e a máxima foi de 25,3°C às 18h, registando-se uma hora de atraso em relação às situações anteriores. Nas Antenas, a temperatura mínima foi de 9,2°C às 4h e a máxima foi de 22,8 °C às 17h. Portanto, ao contrário do que se passou nos outros casos, surge uma hora antes do que no Portinho. O rumo do vento nas Antenas foi sempre de NW, tendo uma velocidade média de 0,5 m/s. No Portinho foi de NW até as 8h, tendo depois diminuído a velocidade de 1,6 m/s para 1 m/s, quando rodou para SW, rumo que se manteve até às 17h. Durante este período (8-17 horas), fez-se sentir no Portinho a brisa de mar que não permitiu que as temperaturas subissem rapidamente, tendo um ritmo de 1°C por hora. A temperatura máxima foi atingida depois do vento rodar para NW, registando-se uma subida de 2,3°C entre as 17 e as 18h. Apesar de o Portinho estar à tarde mais fresco do que as

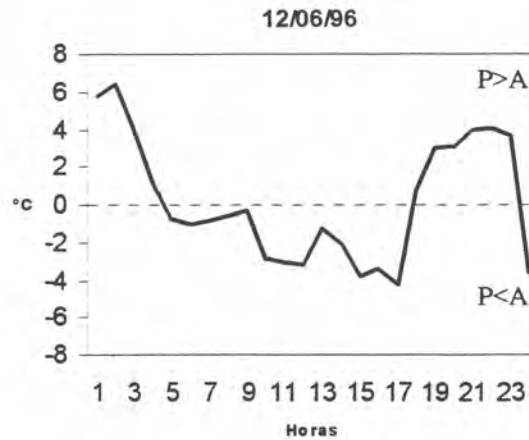


Figura 22 – Diferenças de temperatura entre a estação do Portinho e das Antenas.

Antenas, a temperatura máxima foi mais elevada no Portinho. Trata-se de um dia em que a situação anticiclónica permitiu a ocorrência do fenómeno de brisa, uma vez que a velocidade do vento de gradiente era muito fraca, deixando que as diferenças térmicas locais entre o oceano e o continente originassem uma deslocação do ar do mar para terra. Esta brisa não teve força suficiente para se manifestar nas Antenas.

Os indivíduos com valores negativos nos factor 1 e 2 são pouco frequentes (tipo 4, fig. 18). Tratam-se de dias em que as temperaturas na madrugada, início da manhã e principio da tarde, são mais elevadas nas Antenas do que no Portinho. Podem ser várias as situações sinópticas que lhes dão origem, existindo um número aproximadamente igual de dias anticiclónicos, depressionários ou de pântanos barométricos e colos. Não se observa, por isso, uma relação directa com o tipo de situação sinóptica, nem com o fluxo do vento de gradiente. A título de exemplo, no dia 12/6/96, a afectar o estado do tempo em Portugal, está um anticiclone perturbado com fluxo de N, e em altitude, um anticiclone com bloqueio difluente. A temperatura foi mais elevada no Portinho até às 4h, em cerca de 4°C. Daí até às 16h, tornou-se inferior à das Antenas, em média 2°C (fig. 22). Depois das 16h, voltou a registar-se uma diferença positiva entre o Portinho as Antenas, com um valor máximo de 4°C. A temperatura máxima no Portinho foi de 31,7°C às 18h e a mínima de 18,1°C à 6h; nas Antenas a máxima foi de 31,5°C às 16h e a mínima de 18,4°C à 1h. Observa-se um atraso, tal como no caso anterior, nas máximas do Portinho. No Portinho houve vento de SW até às 4h com uma velocidade de 0,5m/s. A partir de então e até às 16h, o vento foi de N, com a velocidade média muito fraca (0,2 m/s). Depois das 16h continuou a ser de N mas com uma velocidade superior (0,5 m/s). Nas Antenas, o vento foi de N, à excepção do período entre as 13h e as 18h,

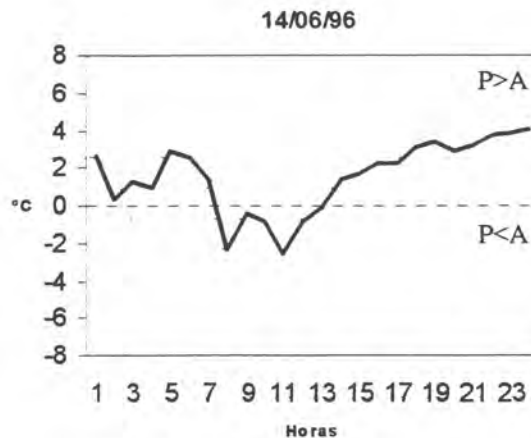


Figura 23 – Diferenças de temperatura entre a estação do Portinho e das Antenas.

em que foi de W. A velocidade foi de um modo geral fraca (1 m/s), sendo mais elevada antes das 6h (3 m/s) e depois das 19h (4 m/s). Neste dia as temperaturas no Portinho tornaram-se superiores às das Antenas depois do vento ter rodado para W nas Antenas e ter continuado a ser de N no Portinho. A chegada de ar marítimo no topo da Serra pode justificar o abrandamento na subida da temperatura nas Antenas.

Com uma projecção positiva em relação a F2 e negativa em relação a F1, há poucos dias, sendo maior a concentração de dias próximos do valor da correlação nula para o factor 1 (tipo 5, fig. 18). Tratam-se de dias em que a madrugada e manhã foram mais quentes nas Antenas, mas em que, a partir do início da tarde, se dá a inversão da situação. Como exemplo, o dia 14/6/96, corresponde a uma situação de depressão não perturbada de Leste, em que em altitude surge uma célula anticiclónica com bloqueio difluente. Nesse dia há uma diferença negativa das temperaturas entre as 8h e as 13h, começa por ser de $-2,3^{\circ}\text{C}$ às 8h, atenuando-se ao longo da manhã até $-0,1^{\circ}\text{C}$ às 13h (fig. 23). A partir de então, a temperatura no Portinho torna-se progressivamente mais elevada que a das Antenas. A mínima no Portinho foi de $19,8^{\circ}\text{C}$ às 7h e a máxima foi de $34,6^{\circ}\text{C}$ às 16h. Nas Antenas a mínima foi de $17,8^{\circ}\text{C}$ às 4h e a máxima foi de $32,4^{\circ}\text{C}$, também às 16h. O vento variou ao longo do dia e as temperaturas máximas ocorreram no Portinho quando este rodou para norte. A situação de temperatura mais baixa no Portinho ocorreu com vento de NE naquela estação e de SW nas Antenas. Trata-se de um dia em que a escala sinóptica não permite explicar as diferenças térmicas observadas. O facto de as temperaturas serem mais elevadas nas Antenas de manhã poderá ser explicado pela existência de uma massa de ar mais fria à superfície que iria afectar o estado do tempo no Portinho, ou pela existência de nevoeiro de advecção litoral que só se dissiparia às

13h. A partir de então, o ritmo de subida da temperatura iria ser maior no Portinho, bem como a temperatura máxima, uma vez que se encontra a menor altitude do que as Antenas.

Em síntese, é de notar a elevada concentração de indivíduos no sector positivo de ambos os eixos, pois o comportamento mais frequente das temperaturas é serem mais elevadas no Portinho. Tratam-se essencialmente de situações em que Portugal se encontra sob a influência de depressões perturbadas com fluxos diversos, portanto, normalmente episódios de instabilidade atmosférica. O eixo 2 possibilita também a identificação de um aspecto bastante interessante, pois opõe as diferenças de temperatura à tarde. Sobressai dele, de modo claro, a influência que as situações sinópticas têm no tipo de tardes, pois as situações depressionárias opõem-se nitidamente às anticiclónicas. Estas últimas traduzem-se em tardes mais frescas no Portinho e ocorrem predominantemente em episódios com brisa de mar, ou quando o vento é instável. Quando o vento local roda para sul durante o dia, a afluência de ar marítimo ao Portinho pode ser responsável por a temperatura ser mais baixa nesta estação do que nas Antenas. O pequeno número de dias no sector negativo de F1 mostra que as madrugadas e manhãs são poucas vezes mais frias no Portinho do que nas Antenas, não sendo clara qualquer relação com o tipo de situação sinóptica.

É de referir que a escala a que as situações sinópticas são definidas, muitas vezes, não permite entender os fenómenos climáticos que ocorrem à escala local. Esta dificuldade pode, também, resultar da classificação sinóptica escolhida não ser a mais apropriada para a compreensão dos fenómenos locais.

A fraca percentagem da variância explicada por F3 (10,7%) aliada à difícil interpretação dos resultados que traduz, dificulta a sua utilização.

A projecção das variáveis no plano factorial 1-3 apresenta uma forma em s, centrada, sempre no sector positivo de F1 (fig. 17). Tal como em F1-F2, as variáveis dispõem-se de modo regular, seguindo-se as horas de observação umas às outras. Verifica-se também uma descontinuidade entre as 23h e as 0h, que se deve, como apontado anteriormente, à descontinuidade temporal nas séries de dados usados. O comportamento das variáveis em relação a F1 é idêntico ao descrito no ponto anterior, evidenciando-se neste caso, a influência exercida por F3. Salienta-se a importância que apresentam as observações do início da noite (entre as 18h e as 23h) na individualização deste eixo, ilustrando sempre uma correlação negativa. As outras observações apresentam uma fraca importância para a formação do eixo,

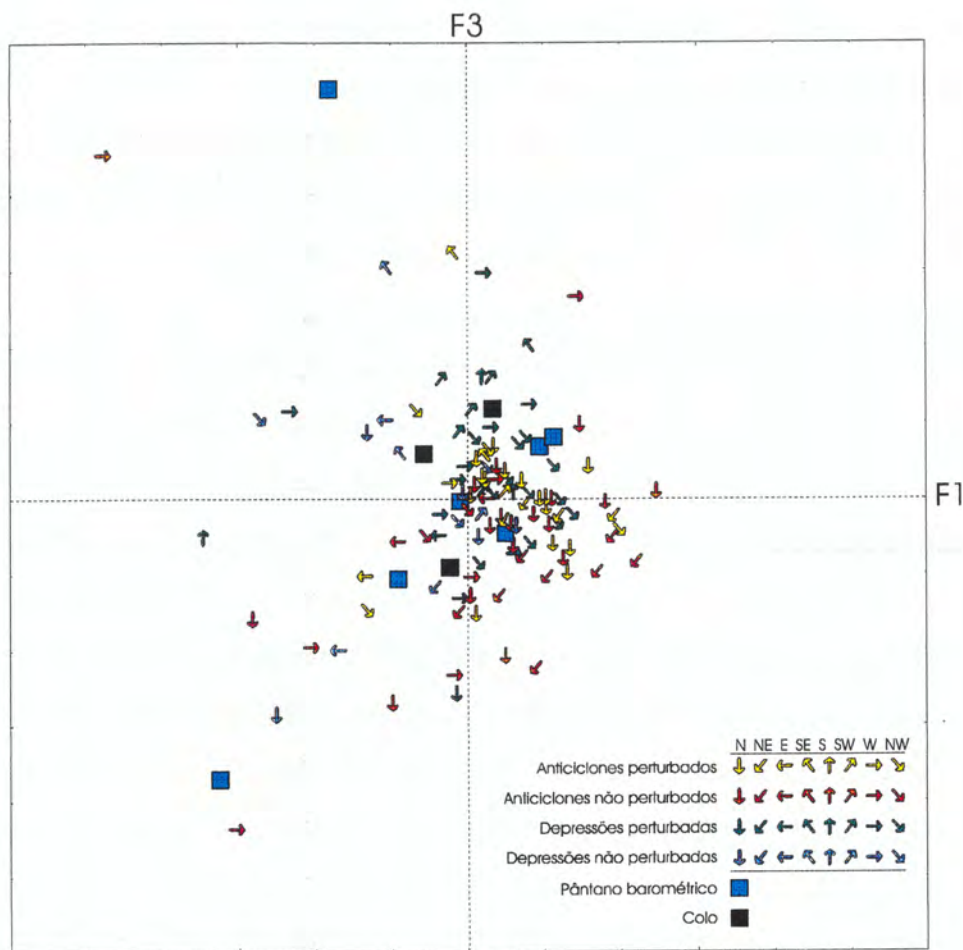


Figura 24 – Projecção dos indivíduos da ACP no plano factorial 1-3.

facto notório, pela concentração linear ao longo de F1, com uma fraca correlação positiva com F3.

A inclusão do plano factorial 1-3 vai assim tentar separar os dias considerando, por um lado o tipo de madrugada e manhã (F1), e por outro, o tipo de noite (fig. 24). Como vimos, no sector positivo de F1 vão surgir as madrugadas e manhãs em que o Portinho apresenta as temperaturas mais elevadas no sector negativo, vão surgir os episódios opostos; por seu lado, no sector positivo do eixo 3 surgem os dias em que o início da noite se caracteriza por uma quase similitude entre a temperatura das duas estações, ou em que as Antenas foram mais quentes, enquanto que no sector negativo, surgem os dias caracterizados por princípios da noite mais quentes no Portinho.

Não sendo este plano factorial tão interessante como o anterior, optei por não caracterizar dias de cada quadrante, mas antes, por fazer uma interpretação geral do plano. Deste modo, é notória a concentração de indivíduos no sector positivo de F1 e o fraco número no seu sector negativo, facto aliás já salientado e explicado anteriormente. É aqui que o eixo 3 traz nova informação. É significativo notar a oposição verificada entre as situações anticiclónicas e as

depressionárias, as últimas no sector positivo do eixo, representando, por isso os dias em que o Portinho no início da noite apresentava temperaturas próximas, ou mesmo inferiores às Antenas. O que poderá ajudar a entender que as situações depressionárias, relativamente às anticiclónicas, facilitam a ocorrência de temperaturas mais baixas no Portinho no início da noite é o facto de estarem associadas a uma maior instabilidade atmosférica, o que poderá traduzir-se numa instabilidade na proveniência do fluxo do vento.

É interessante apontar, que quando comparamos F1-F2 com F1-F3, (e embora se continue a verificar que a oposição entre situações depressionárias e anticiclónicas se mantém idêntica, facto estranho e só explicável pela fraca variância explicada por F3), ocorre uma diminuição dos *scores* das situações anticiclónicas perturbadas com F3, em oposição ao que se verificava com F2, caso em que diversos dias se evidenciavam correlacionando-se negativamente com o eixo. Assim, parece ser nos dias de maior estabilidade atmosférica e de fluxo de norte que as temperaturas no início da noite no Portinho apresentam uma maior diferença positiva em relação às Antenas. Isto, depois de também ser em dias desse tipo que as temperaturas máximas são mais altas nas Antenas do que no Portinho (correlação negativa com F2). Este comportamento desigual pode estar relacionado com o facto de, após o final da brisa no Portinho, se verificar uma subida brusca nas temperaturas (como veremos adiante), e as máximas ocorrerem ao final da tarde. Só então a temperatura começa a baixar, e geralmente a um ritmo inferior.

Em resumo é importante notar que ao analisar as diferenças horárias de temperatura entre as estações do Portinho e das Antenas, a maior parte da variância (39,4% - F1) é explicada pela madrugada e manhã, portanto pelo comportamento das temperaturas mínimas. Este eixo resulta da oposição entre os dias em que as mínimas são superiores no Portinho, conjunto que constitui a grande maioria dos casos, e os dias em que as mínimas são inferiores no Portinho, em número muito escasso. E embora não seja clara a influência das situações sinópticas neste facto, verifica-se uma tendência para que os dias com depressões não perturbadas se situem no sector negativo de F1. O factor 2 explica 24,3% da variância e traduz as temperaturas máximas, opondo assim o comportamento das tardes, facto ligado essencialmente à ocorrência de fenómenos de brisa de mar, que podem provocar um arrefecimento no Portinho a meio da tarde. Finalmente, F3, com apenas 10% da variância, traduz o comportamento do início da noite entre as duas estações, situação que resultará da redução de temperatura desde as máximas.

A projecção dos resultados da ACP nos planos factoriais 1-2 e 1-3 opõe, portanto, dias com características térmicas diferentes e ilustra de forma pouco clara a distinção entre tipos de dias. Os indivíduos aparecem segundo nuvens de pontos relativamente homogéneas, encontrando-se alguns deles mais afastados da nuvem principal. Apesar disso, analisando as características dos dias escolhidos, e comparando-as com as outras variáveis climáticas disponíveis, foi possível identificar tendências nos indivíduos projectados.

4.4.2. Classificação Ascendente Hierárquica dos dias considerando as diferenças térmicas horárias

Foi também aplicada uma classificação ascendente hierárquica (CAH) às diferenças horárias de temperatura entre as estações do Portinho e Antenas (fig. 25). Enquanto a ACP evidenciou os factores mais importantes na explicação da variância encontrada, os resultados da CAH resumem-se num dendrograma que ilustra as distâncias euclidianas entre os dias, em função dos valores das variáveis (temperatura a várias horas do dia). Obtêm-se assim grupos de dias, em que o ritmo térmico diário das duas estações foi semelhante. Posteriormente, foram relacionados os vários grupos de dias assim encontrados, com as situações sinópticas, de modo a tentar compreender a forma como estas poderão, ou não, condicionar a características térmicas locais.

Um dendrograma é normalmente analisado efectuando um corte a uma distância euclidiana determinada. Esse corte permite isolar diferentes ramos no dendrograma, que constituem os grupos a analisar. Na análise que aqui efectuamos, partiu-se do topo do dendrograma, e foram caracterizadas progressivamente as diferentes ligações que vão surgindo. Optei por esta abordagem, porque o comportamento dos indivíduos é relativamente distinto, isolando-se um grande grupo com indivíduos bastante semelhantes entre si, e um outro, mais heterogéneo, onde as ramificações se produzem a maiores distâncias euclidianas. Seria assim difícil, com um único corte, interpretar os diversos agrupamentos encontrados.

O dendrograma foi obtido através do método de Ward e, de modo a relacionar os agrupamentos com as situações sinópticas de cada dia, estas foram representadas graficamente, e tratadas as suas frequências relativas para cada uma das principais ramificações existentes (fig. 25). Cada subdivisão apresenta assim a frequência das várias situações sinópticas, bem como do rumo do vento de gradiente. Uma vez que a CAH se baseia nas diferenças horárias de temperatura entre as duas estações de referência, estas foram também representadas em dias característicos de cada um dos grupos encontrados.

Como referi anteriormente, os dias com dados comuns às duas estações distribuem-se de modo descontínuo ao longo de 1996 e início de 1997, facto que se deve aos períodos de funcionamento das estações. Neste conjunto de dias, dominaram as situações com anticiclones não perturbados (31%), seguindo-se as depressões perturbadas (25%), anticiclones perturbados (23%) e depressões não perturbadas (14%), sendo a frequência de situações de pântano barométrico e colo pouco frequentes. As situações anticiclónicas são portanto dominantes, com 54% dos dias, seguindo-se as depressionárias, com 39%. No que se refere ao rumo do vento de gradiente, verifica-se um claro predomínio do quadrante norte, facto aliás, comum na costa ocidental portuguesa. Assim, em 34% dos dias, o vento de gradiente foi de norte, de noroeste em 19%, de oeste em 17% e de NE em 13% dos casos. Os restantes quadrantes apresentam frequências muito baixas, não ultrapassando 7%. É notória também uma maior frequência de ocorrência dos ventos do quadrante norte.

A CAH subdivide os dias estudados em dois grandes grupos a uma distância euclidiana de aproximadamente 160, dividindo-os em duas partes quase iguais (fig. 25). O grupo 1 constitui um conjunto de dias muito mais homogéneo que o 2, aspecto facilmente identificável, pois as ramificações surgem a distância inferior no dendrograma. Esta clara separação é devido à existência de dois grandes tipos de comportamento das diferenças horárias de temperatura entre as duas estações. O grupo 1 isola os dias em que o Portinho se apresentou sempre mais quente que as Antenas, enquanto o grupo 2 isola os dias em que em uma ou várias horas, as Antenas apresentam uma temperatura superior à do Portinho (é no entanto possível que as temperaturas sejam apenas muito próximas entre as duas estações).

Se os dias do grupo 1 se aproximam da situação característica ao nível das temperaturas médias diárias, em que as Antenas estão mais frias que o Portinho, portanto, reflectindo o arrefecimento adiabático, entre outros factores, os dias do grupo 2 apresentam um comportamento térmico particular, que resultará, em maior parte de condições locais (por ex. topografia, exposição, altitude, proximidade do mar, etc.). Se atentarmos na frequência das situações sinópticas, verificamos que não se encontra nesta divisão uma oposição entre os dias anticiclónicos e os depressionários, sendo antes, a distribuição destes equilibrada em ambos os grupos. A escala sinóptica não permite entender os fenómenos que ocorrem à escala local. Observa-se, contudo, uma clara oposição entre os dois grupos, no que se refere às situações perturbadas, dominantes no grupo 1, e às situações não perturbadas, que dominam no grupo 2 (fig. 25). Mas a principal oposição dá-se nas situações depressionárias, ficando isoladas no grupo 1 as perturbadas e no 2, as não perturbadas. Esta oposição é muito interessante e poderá

resultar do facto de as situações depressionárias perturbadas, aqui predominantemente com um fluxo de oeste (fig. 25), induzirem uma maior instabilidade na atmosfera, mitigando a actuação dos factores locais. Quanto ao rumo do vento, verifica-se que o de norte domina em ambos os grupos, embora no primeiro, haja também uma frequência significativa de ventos de NW e W.

Como salientamos acima, o grupo 1 é relativamente homogéneo e a primeira ramificação apenas surge à distância de 40, separando os grupos 1A e 1B, o segundo com um número de dias significativamente superior ao primeiro.

O grupo 1A engloba dias em que apesar de as temperaturas serem sempre superiores no Portinho, se verifica que, nas máximas, as duas estações se podem apresentar muito próximas. Dominam claramente neste grupo as situações anticiclónicas, o que corresponde, frequentemente a uma certa estabilidade atmosférica. Em dois dias foi identificada a ocorrência de fenómenos de brisa de mar, a qual terá contribuído para a menor elevação da temperatura no Portinho, durante a tarde.

Quanto ao grupo 1B, este é claramente dominado pelas situações perturbadas, mormente pelas depressionárias. São dias instáveis, que se vão caracterizar por temperaturas sempre mais altas no Portinho, embora a diferença oscile ao longo do dia. Nestes dias, a temperatura mais alta no Portinho poderá dever-se sobretudo ao arrefecimento adiabático com a altitude. O que também pode contribuir para que o Portinho seja mais quente são os valores da velocidade do vento que são sempre inferiores nesta estação, estando o Portinho em situação de abrigo. No entanto, a velocidade do vento pode, também, ser mais baixa em dias que a temperatura é mais baixa do que nas Antenas. Dominam os ventos do quadrante oeste, sendo muito interessante notar que é neste grupo que se encontram a quase totalidade dos dias em que se registou precipitação na área de estudo. Serão estas as características mais comuns nos dias instáveis e com chuva. Este conjunto de dias apresenta nova ramificação antes da distância 30, reflectindo alguma heterogeneidade entre os dias que engloba. Não foi possível identificar diferenças nos comportamentos térmicos das duas estações que estarão na origem desta distinção, pois ambos os grupos parecem ilustrar características muito semelhantes. É importante notar que esta subdivisão se reflecte de modo mais claro, quando analisadas as frequências das situações sinópticas e do rumo do vento de gradiente de cada grupo, pois no 1BA dominam claramente as situações depressionárias perturbadas (70% dos dias) e o vento do quadrante oeste, enquanto no grupo 1BB, aumenta a frequência das situações anticiclónicas, e o vento torna-se bimodal, com um máximo de NW e com um pico secundário de NE.

Mas é o grupo 2 que reúne os dias com características mais influenciadas pelos factores locais no clima. Infelizmente os dados disponíveis não são suficientes para explicar parte dos comportamentos encontrados, pelo que seria fundamental um estudo mais aprofundado e que abarcasse um maior número de parâmetros que influenciam as temperaturas locais (por ex. a temperatura da água do mar, ou mesmo perfis térmicos). A heterogeneidade deste grupo está expressa numa primeira divisão a uma distância de 140, e na proliferação de ramificações a níveis inferiores, em número muito superior ao que se verifica no grupo 1. A primeira ramificação parece isolar no grupo 2A os dias em que a diferença de temperatura entre o Portinho e as Antenas é maioritariamente positiva, mas em que esta diferença não é muito grande e, em que pelo menos num período do dia, as Antenas são mais quentes. É um grupo difícil de caracterizar pois é bastante heterogéneo, sendo dispares os comportamentos encontrados (fig. 25). Dominam as situações depressionárias e o rumo predominante do vento é do quadrante W e N. Parece assim tratar-se do comportamento térmico verificado em dias instáveis e sem precipitação significativa (nos dois dias com precipitação identificados, esta foi de 0,1 mm).

O grupo 2B engloba maioritariamente os dias tipicamente anticiclónicos com vento de norte e caracteriza-se por as temperaturas serem normalmente muito superiores ($>4^{\circ}\text{C}$) no Portinho de noite. Isto apesar de, nas máximas, se verificar uma aproximação entre as duas estações, podendo as Antenas tornar-se mais quente que o Portinho. A subdivisão observada à distância 40, e que separa o grupo 2BA do 2BB é bastante interessante. Embora ao observarmos a frequência de situações sinópticas, a distinção entre os dois grupos seja óbvia, com uma quase exclusividade de situações anticiclónicas no segundo, e com um número significativo de pântanos (14%) e de colos (14%) no primeiro, é difícil explicá-la com base nos comportamentos das duas estações, pois são no geral bastante similares. Por outro lado, é no grupo 2BB que se concentra a grande maioria dos episódios com brisa de mar, que serão os principais responsáveis pela inversão de temperatura entre Portinho e Antenas. No entanto, a não exclusividade de dias com brisa, neste grupo da CAH, aponta para que as situações de brisa não sejam as únicas responsáveis por aqueles padrões térmicos. Este facto é, aliás, apoiado pelo grupo 1A, onde também se verifica uma aproximação das temperaturas nas máximas. Hipoteticamente, tal dever-se-á à baixa altitude (19 m) e posição sobranceira ao mar da estação do Portinho, que assim sofre a influência deste na manutenção de temperaturas máximas diárias mais baixas do que sucederia se estivesse numa posição interior. As medições itinerantes efectuadas neste sector da Serra da Arrábida confirmam esta hipótese e permitem

avaliar o efeito moderador, que nem sempre se faz sentir, das temperaturas por parte do Oceano, como equivalente a uma subida de cerca de 300 metros de altitude. Esta afirmação fundamenta-se na comparação entre as temperaturas que ocorrem junto à costa e as que se verificam no interior a uma altitude semelhante.

4.4.3. Remate

Os três primeiros factores obtidos através da ACP, com base nas diferenças térmicas entre as duas estações em 124 dias, explicam 74,4% da variância. O primeiro factor resume 39% e isola o comportamento térmico nas madrugadas. Aparecem no sector positivo de F1 as madrugadas mais quentes no Portinho do que nas Antenas e no sector negativo, o comportamento inverso. O segundo factor, que “explica” 24% da variância, representa as diferenças térmicas entre as duas estações no início da tarde. O terceiro factor “explica” 10,7% da variância e traduz o comportamento térmico no início da noite. Da projecção dos indivíduos no plano factorial 1-2 observa-se que a maior parte se localiza no sector positivo de F1, uma vez que dominam os dias em que as temperaturas são sempre mais elevadas no Portinho do que nas Antenas, facto que resulta do arrefecimento adiabático. No sentido de perceber a relação entre as diferenças térmicas e as situações sinópticas, estas foram classificadas e projectadas no plano factorial. Nos dias, que se situam nos sectores positivos de F1 e F2, dominaram situações depressionárias com diversos fluxos. Relativamente ao F2, que opõe as temperaturas à tarde, observou-se que as situações sinópticas influenciam claramente os tipos de tardes. As situações anticiclónicas marcaram as tardes mais frescas no Portinho, sendo neste sector, positivo de F2, que surgem os dias com fenómenos de brisa. O sector negativo de F1 agrupa poucos dias, sendo raros os dias em que as madrugadas são mais frias no Portinho do que nas Antenas.

O plano factorial 1-3 separou os dias tendo em consideração as diferenças térmicas entre as duas estações nas madrugadas e manhãs, ilustradas pelo F1, e os tipos de noites pelo F3. Também, neste plano a maior parte dos indivíduos concentram-se no lado positivo de F1. O F3 trás nova informação pois opõe as situações anticiclónicas, que estão no lado negativo de F3 e as depressionárias no lado positivo. Nos dias de maior estabilidade atmosférica, parece que as temperaturas no início da noite são mais elevadas no Portinho e nos dias depressionários, com correlação negativa com F3, sucede o contrário.

A aplicação da CAH aos mesmos indivíduos e variáveis permitiu identificar alguns grupos de dias com características térmicas idênticas. Um primeiro corte, a uma distância de

160, isolou dois grupos. No primeiro o Portinho é sempre a estação mais quente, o que reflecte o arrefecimento adiabático, e no segundo surgiram dias em que em algumas horas as Antenas foram mais quentes, facto que se deverá a fenómenos climáticos locais. Observou-se, também, que estes dois grupos distinguem situações perturbadas e não perturbadas, sendo estas últimas dominantes no grupo 1. As situações de estabilidade atmosférica dominam no segundo grupo o que poderá por em evidência os factores locais..

Foram também feitos cortes a distâncias inferiores e encontrados vários subgrupos. O grupo 1 subdivide-se em dois, dominando no grupo 1A as situações anticiclónicas. Neste grupo manifestaram-se dois dias com brisa, no entanto, este fenómeno não foi suficiente para que a temperatura no Portinho fosse inferior à das Antenas. Nos restantes dias, a aproximação das temperaturas nas máximas poderá dever-se ao efeito moderador do oceano. No subgrupo grupo 1B dominaram as situações perturbadas, em particular as depressionárias, sendo sempre as temperaturas mais elevadas no Portinho.

No grupo 2, também foram identificados diversos subgrupos. O grupo 2A engloba os dias mais instáveis, onde por razões provavelmente relacionadas com variações nas condições meteorológicas regionais, a temperatura nas Antenas foi mais elevada que no Portinho durante parte do dia. No subgrupo 2B dominam os dias anticiclónicos, verificando-se uma aproximação das temperaturas nas duas estações nas máximas, podendo mesmo haver inversão. Dos outros sub-grupos identificados, o mais interessante é o grupo 2BB, onde foi possível observar a concentração da maioria dos episódios de brisa de mar. A brisa de mar será a provável responsável pela inversão da temperatura nas tardes, embora a não exclusividade de dias com brisa leve a pensar que estas não são as únicas responsáveis pela inversão.

O tratamento estatístico dos dados das estações automáticas do Portinho e das Antenas permitiu a identificação de fenómenos de brisa de mar, que são, responsáveis por a temperatura à tarde ser mais baixa no Portinho do que nas Antenas. Dado o interesse que nos despertaram, vão ser alvo de uma investigação mais aprofundada no seguinte ponto.

4.5. Os dias com brisa de mar

A riqueza dos dados horários das estações automáticas e em especial os relativos ao vento, possibilitou o estudo das brisas na vertente meridional na Serra da Arrábida. Foram identificados os dias de brisa, a sua frequência, o seu efeito em altitude, bem como a sua relação com as situações sinópticas.

Apresentámos uma breve abordagem teórica às brisas e, em seguida, os resultados da análise dos dados.

4.5.1. A brisa de mar. Algumas considerações teóricas

"Quando o limite inferior da atmosfera contacta com uma superfície de água o seu comportamento vai ser determinado pelas características do meio subjacente" (GEIGER, 1961, p. 189).

Os corpos de água são grandes absorventes de radiação, mas apresentam uma resposta térmica lenta. Segundo OKE (1995, p.106), este facto pode ser explicado fundamentalmente pela penetração, mistura, evaporação e capacidade térmica. A capacidade de penetração da radiação solar faz com que a energia seja transmitida em profundidade; a mistura de água com diferentes temperaturas, por convecção e advecção, é tanto maior quanto maior o volume de água; a evaporação é responsável pela libertação de calor latente, sendo que, quanto maior for o reservatório, maior é a água disponível para evaporação; por último, a capacidade térmica da água é muito elevada, sendo necessário, em média, três vezes mais energia para aumentar 1°C na água do que na terra.

Relativamente à radiação, a água apresenta um comportamento distinto da terra em relação à radiação de curto comprimento de onda, mas o seu comportamento é semelhante, no que diz respeito à radiação em onda longa.

A radiação de curto comprimento de onda é transmitida em profundidade na água e a sua extinção é representada pela lei de Beer's. De um modo geral, a profundidade a que penetra a radiação de onda curta depende da natureza da água e do tipo de onda. As características da água referem-se: à sua natureza química, à existência de plâncton e à percentagem de material em suspensão (turbidez). Quanto mais absorventes forem as substâncias que existem na água (partículas em suspensão e plâncton) maior é o coeficiente de extinção, isto é, menor é a penetração de radiação de onda curta em profundidade. A energia solar é absorvida e depois a água vai dispersá-la.

O calor absorvido pela água à superfície é transportado para uma maior profundidade, misturado e armazenado, por condução, radiação, convecção e advecção. A água é considerada uma má condutora de energia, devido à sua elevada inércia às modificações de temperatura.

A convecção é responsável por misturar a água a temperaturas diferentes essencialmente através do vento, que aí origina ondulação. A mistura por convecção pode também ocorrer em

águas com diferentes densidades: a água mais quente sobe e a mais fria, por ser mais densa, submerge.

Quanto à advecção, esta existe sempre que há deslocação de massas de água com diferentes temperaturas.

Um aspecto que determina a quantidade de radiação solar recebida é o albedo. Como a superfície da água não é estável, principalmente se houver ondulação, a percentagem de radiação solar reflectida, também não é constante. A radiação solar reflectida é muito elevada ao nascer e pôr-do-sol, quando este está próximo do horizonte. No entanto, de uma forma geral, em média, o albedo da superfície da água é de 6,6% (OKE, 1995).

Relativamente à radiação de onda longa, esta é quase na totalidade absorvida pela água, sendo a reflexão pouco significativa.

A radiação emitida pela superfície da água é relativamente constante ao longo do dia, tal como indica a Lei de Stefan Boltzmann, uma vez que não há variações significativas da temperatura da água, principalmente à superfície dos oceanos.

O balanço energético de uma superfície de água depende do fluxo de calor sensível e latente libertado. O calor sensível consiste na energia de radiação utilizada para modificar a temperatura de um corpo, excluindo para isso a energia utilizada nas mudanças de estado (BELTRANDO e CHÉMERY, 1995), designada por calor latente.

O balanço energético de um corpo de água é dado pela seguinte equação:

$$Q^* = Q_h + Q_e + Q_s + Q_a$$

Q^* - balanço energético; Q_h - calor sensível;

Q_e - calor latente; Q_s - calor armazenado; Q_a - calor transferido

Q_s representa o calor armazenado nas várias camadas da superfície da água e Q_a corresponde ao calor transferido horizontalmente devido às correntes. A uma escala anual, nos oceanos, Q_s é negligenciável, tendo a evaporação o papel determinante no balanço energético (OKE, 1995).

A característica térmica principal do litoral é que a temperatura máxima diurna é normalmente mais baixa e a temperatura mínima nocturna é mais elevada, do que nas áreas mais afastadas do mar (YOSHINO, 1975). Essa característica explica-se pelo facto de a insolação diurna provocar uma subida da temperatura menor sobre a água do que sobre a terra. Assim, as áreas terrestres vão apresentar temperaturas diurnas mais altas do que o mar, facto

responsável pela ocorrência de brisas de mar. Essas brisas ao soprarem para terra trazem ar mais húmido e fresco, causando o abaixamento das temperaturas. Durante a noite, a temperatura mínima sobre o mar não é tão baixa, porque o arrefecimento sobre a água é mais lento. Por a temperatura ser mais baixa na terra do que no oceano, pode-se originar uma brisa de terra, com a deslocação do ar de terra para o mar. No entanto, no litoral português, em particular na Arrábida, as temperaturas da água do mar durante a noite, muitas vezes são mais baixas do que as do continente o que pode contrariar a tendência referida, facto que deverá ser especialmente frequente nos meses de Verão.

Como já foi referido as diferenças de temperatura entre terra e oceano são responsáveis por o vento soprar de terra para o mar durante a noite. Nesta situação, segundo YOSHINO (1975), a topografia circundante é muito importante. O autor dá o exemplo de um litoral com vertentes declivosas viradas para o mar. Neste caso, há mais facilidade de o vento circular de terra para o mar e a brisa de terra pode apresentar uma maior velocidade. No caso de haver um vale, o escoamento pode ainda ser mais facilitado. Em Hiroshima durante a noite o ar escoava ao longo do vale do rio Ota. Esse escoamento é responsável pelo facto de a temperatura mínima média em Abril ser 1,7°C mais baixa do que numa estação que se encontra cerca de 20km para o interior, numa área com um relevo mais acidentado (YOSHINO, 1975, citando SHITARA, 1955).

Outros trabalhos referem a influência do mar na diminuição do período com gelo junto ao litoral. NEUBER citado por YOSHINO (1975), registou a influência do mar Báltico na temperatura e na diminuição do período com gelo.

Tal como já foi apontado, a diferença de temperatura entre o mar e a terra vai dar origem a ventos locais, como a brisa de mar e de terra. No entanto, mesmo que as diferenças de temperatura sejam elevadas, podem não se formar brisas se houver um vento de gradiente forte (DORAN e GRYNING, 1987).

O contraste térmico entre dois ambientes com características diferentes desenvolve um gradiente de pressão horizontal. A água e a terra têm comportamentos térmicos diferentes que vão originar a deslocação de ar. De manhã, o fluxo de calor sensível é maior sobre a terra e a camada de ar mais próxima da superfície aquece rapidamente. Por isso, o ar expande-se e ascende. O desnível resultante na coluna de ar leva à sua deslocação de terra para o mar em altitude (anti-brisa de mar) e à superfície, do mar para a terra (brisa de mar). Ao fim da tarde, a terra arrefece mais rapidamente do que o mar o que vai levar à contracção da coluna de ar, em terra, apresentando a coluna de ar uma menor espessura em terra. Dá-se então, uma inversão no sentido de deslocação do ar. O ar em altitude passa a deslocar-se do mar para a terra (anti-

brisa de terra) e à superfície, de terra para o mar originando a brisa de terra. No conjunto, a brisa e a anti-brisa funcionam como uma célula fechada.

De uma forma geral, a brisa de mar é mais forte do que a de terra, variando a sua velocidade entre 2 e 5 m/s (enquanto a brisa de terra varia entre 1 a 2 m/s). É também mais extensa horizontalmente (podendo penetrar até 30 km no interior do continente) e verticalmente (podendo ir até 1 a 2 km de altitude) (OKE, 1995).

O contacto da brisa de mar, com as massas de ar "continentalizadas", faz-se por uma frente, que produz um movimento ascendente que pode dar origem a nuvens.

As brisas só se desenvolvem em condições atmosféricas estáveis, de preferência no Verão, podendo também surgir na Primavera e no Outono. O seu grau de desenvolvimento depende da topografia, das características da costa, do tipo de vegetação e das situações sinópticas (YOSHINO, 1975).

Dos trabalhos realizados sobre brisas, YOSHINO (1975) pôde concluir que as brisas de mar são mais espessas e têm uma maior velocidade nas baixas latitudes. Aí as brisas de terra, propagam-se ao longo de uma camada menos espessa e atingem menores velocidades. Nas altas latitudes, a espessura e velocidade das brisas de terra é maior, talvez porque o continente arrefece mais e a diferença entre a temperatura do mar e da terra é maior, originando um maior gradiente de pressão. Se a temperatura do mar for mais elevada do que a da terra, a brisa de terra, ao encontrar a água mais quente vai adquirir uma maior velocidade, sofrendo um pequeno desvio no seu rumo, graças à mudança de rugosidade.

A hora de início da brisa de mar e de terra varia, de local para local, de estação do ano para estação e de acordo com o estado do tempo. No Japão a brisa de mar inicia-se geralmente entre as 9 e as 11 horas da manhã e acaba entre as 19 e as 23 horas. A velocidade máxima ocorre entre as 13 e as 16 horas. A brisa de terra começa suavemente, não sendo possível definir uma hora aproximada, pois varia muito de local para local e no próprio local ao longo do ano. De qualquer forma, entre as duas brisas há um período de calma que varia entre 1 a 2 horas. (YOSHINO, 1975).

No que diz respeito à estação do ano em que se desenvolvem as brisas, estas desenvolvem-se no Japão, no Verão, no Outono e na Primavera, sob situações anticiclónicas.

A brisa de mar penetra mais para o interior do continente se for ajudada pela topografia, e especialmente se coincidir com um vento de vale que sobe a vertente. As planícies de Toyara no Japão contactam com o mar e estão rodeadas por montanhas que atingem 1500 a 2000 metros de altitude. A brisa de mar quando começa tem uma velocidade de 15 km/h, mas à

medida que a tarde se aproxima, com a coincidência com os ventos anabáticos adquire uma velocidade que vai até 30 km/h.

Em Portugal, as brisas na região de Lisboa foram estudadas por ALCOFORADO (1987), tendo a autora verificado que estas ocorrem em 30% dos dias de Verão, surgindo principalmente no mês de Julho e no princípio de Setembro. É de referir, que a sua frequência é menor no mês de Agosto, porque neste mês dominam os ventos fortes de norte (Nortada). O fenómeno de brisa tem origem nas diferenças de temperatura entre as massas de ar marítimas e do estuário, e as de origem continental. Durante a tarde, essas diferenças são maiores, e dão origem a modificações no rumo do vento, passando este a circular do mar, ou do estuário, para terra, dando origem a uma descida da temperatura e a um aumento da humidade relativa (ALCOFORADO, 1987).

4.5.2. As brisas na Arrábida

A brisa de mar é um fenómeno que se manifesta nas áreas litorais, mas na realidade é difícil obter dados que registem a sua ocorrência. Os registos das estações automáticas da Arrábida, apesar de escassos, permitiram comprovar a sua existência na área. No estudo dos dias com brisa, serão individualizados aqueles em que a brisa também ocorre nas Antenas, facto que aponta para que o fenómeno afecte toda a vertente sul da serra da Arrábida.

Iniciamos este ponto com o cálculo da frequência de ocorrência das brisas na Arrábida nos períodos com dados disponíveis, para seguidamente, fazer a sua relação com as situações sinópticas. São depois identificados e caracterizados os tipos de brisa no que diz respeito à sua duração, velocidade, e horas de início e de fim, ao que se segue a observação e análise dos dias em que só foi registada brisa no Portinho, e dos dias em que a brisa também se manifestou na estação das Antenas.

A partir dos dados horários comuns às duas estações, foram analisados o rumo e velocidade do vento, a temperatura e a humidade relativa, de forma a tentar identificar os episódios com brisa de mar. Começámos por observar as variações na direcção e velocidade do vento e, só depois, na temperatura e humidade relativa.

Assim, para identificar a brisa de mar, se considerarmos o vento nas Antenas um reflexo do vento regional, a observação das mudanças de rumo no Portinho (especialmente quando este roda para o quadrante sul), permite, quando sincronicamente o vento se mantém estável nas Antenas, inferir acerca da ocorrência de uma eventual brisa de mar. Paralelamente, no início da

brisa, com a chegada de ar marítimo mais fresco e húmido, há uma tendência para a descida da temperatura e subida na humidade relativa. Finalmente, quando deixa de se fazer sentir a influência do ar mais fresco marítimo, verifica-se uma tendência para subida da temperatura e consequente descida da humidade relativa (ALCOFORADO, 1987).

A brisa de terra é mais difícil de observar na área em estudo, principalmente pelo facto de coincidir com a direcção predominante do vento regional, que se sobrepõe a esta, tal como verificado por DORAN e GRYNING (1987) na costa oriental da Dinamarca.

No conjunto dos 124 dias estudados a brisa de mar ocorreu em 22 dias (17% dos casos). O período com um maior número de dias com brisa foi de 7/4/96 a 16/6/96, tendo-se manifestado em 72% dos dias. De 14/8/96 a 4/9/96 ocorreram 5 dias com brisa (22%). Na amostra disponível, as brisas surgem nos meses de Abril, Maio, Junho e Agosto, sendo nos dois primeiros meses que se registou maior número de dias de brisa (8 dias em cada um dos meses).

Como já foi referido, para que a brisa ocorra é necessário que haja condições de estabilidade na atmosfera, as quais se verificam normalmente em situações anticiclónicas, com céu limpo. No entanto, foi também possível encontrar brisas em condições depressionárias, quando o fluxo de norte era controlado por um gradiente de pressão fraco, encontrando-se o céu geralmente limpo.

Tentando fazer uma relação entre os dias de brisa e a respectiva situação sinóptica, verificamos que em 63% dos dias, a brisa se desenvolve em situações sinópticas em que, à superfície, surgem anticiclones com fluxo dominante de N ou NE. Estas situações dominaram nos meses de Maio e Abril de 1996. Com uma menor frequência, 22% dos dias de brisa foram marcados por pântanos barométricos e 14% por depressões.

Nos dias com pântano barométrico o vento fraco e o céu limpo, surgem como factores fundamentais para que a brisa se desenvolva. No que diz respeito às situações depressionárias encontradas, no dia 14/8/96 o céu estava limpo e o gradiente de pressão era fraco e à superfície observava-se uma depressão térmica. Em 11/4/96 e 9/5/96, Portugal encontrava-se sob situações depressionárias, embora com gradiente muito fraco, com um fluxo de NW. O céu esteve limpo durante a maior parte do dia, facto que terá sido suficiente para que se desse um sobreaquecimento da terra em relação à superfície do oceano.

No Portinho foram observados 22 dias com brisa de mar, tendo esta, força suficiente para se manifestar nas Antenas em apenas 8 dias. Foram identificados quatro rumos diferentes de

brisas. No Portinho ocorreram brisas de SW, SW-S¹, SE e S. A brisa de SW verificou-se em 14 dias (63% do total); a brisa de SW-S em 4 dias (18%); a de SE, foi observada em 3 dias (13%), e por ultimo a de S que só foi registada uma vez (quadro V). Nas Antenas observaram-se dois tipos de brisa: a de SE, que ocorreu em 7 dias (87,5%) e a de SW que se manifestou num dia (quadro VI).

4.5.3. Os dias com brisa no Portinho

a) As brisas de SW

A brisa de SW é a mais frequente no Portinho. Foi possível identificá-la porque ocorre em situações em que o vento dominante de NW ou N muda de rumo para SW naquela estação, mudança que ocorre em 58% dos casos entre as 9h e as 10h da manhã (quadros V-I e V-II). Pode no entanto, o início variar entre as 8h e as 15 horas. Na realidade, o dia em que a brisa começou mais tarde, Portugal estava sob influência de um Anticiclone perturbado de N (8/4/96), o céu esteve coberto durante a manhã (valores horários inferiores a 200 W/m²) e só na hora anterior ao início da brisa é que se registou uma subida para 797 W/m², o que permitiu o aquecimento do continente (fig. 26 e 27). Este dia reflecte claramente a importância das características topográficas desta vertente da serra da Arrábida, com uma exposição a sul e declive acentuado, que geram um aquecimento muito rápido, permitindo o desenvolvimento da brisa de mar num espaço de tempo de cerca de 1 hora.

Em 69% dos casos o início da brisa de SW é marcado por uma descida da temperatura (em média de 0,9°C), à qual corresponde um aumento de 9 % da humidade relativa. Os casos em que não se regista uma diminuição da temperatura no começo da brisa devem-se a este se ter verificado muito cedo (fig. 26 e 27). Nesses dias regista-se então, com o início da brisa um abrandamento no aquecimento (o mesmo foi observado por ALCOFORADO, 1987). Já durante o episódio de brisa, verifica-se frequentemente a ocorrência de descidas na temperatura, as quais

vão coincidir com os períodos em que a velocidade do vento é mais acentuada (fig. 26 e 27). Sempre que a velocidade aumenta, por haver maior afluxo de ar húmido e fresco, a temperatura diminui (7/4/96, 22/5/96, 25/5/96 e 27/5/96); por outro lado, quando há uma diminuição da velocidade a temperatura aumenta rapidamente (7/4/96 e 28/5/96 - fig. 26).

¹ Quando na classificação das brisas surge mais do que um quadrante, tal facto ilustra a variação ocorrida no rumo da brisa durante o período em que aquela ocorreu.

Ventos antes da brisa de SW (5 horas)	Rumo: NW em 46% dos casos N em 45% dos casos W em 7% dos casos Velocidade: média = 0.5m/s $\sigma = 0.4\text{m/s}$
Brisa de SW (14 dias)	Hora de início: às 9h em 30% dos casos às 10h em 28% dos casos às 13h em 14 % dos casos às 8h, 13h, 14h ou 15h em 7% dos casos Hora de fim: às 16h em 41% dos casos às 17h em 37% dos casos às 18h em 15% dos casos às 19h em 7% dos casos Duração: 8h em 33% dos casos 7h em 25% dos casos 13h em 14% dos casos 9h, 6h, 5h e 3h em 7% dos casos Velocidade: média = 1.2m/s $\sigma = 0.5\text{m/s}$
Ventos depois da brisa de SW (5 h)	Rumo: N em 85% dos casos NW em 15% dos casos Velocidade: média = 0.8m/s $\sigma = 0.4\text{m/s}$
Ventos antes da brisa de SW-S (5 h)	Rumo: N em 50% dos casos NW em 25% dos casos variável em 25% dos casos Velocidade: média = 1.2m/s $\sigma = 0.5\text{m/s}$
Brisa de SW - S (4 dias)	Hora de início: às 8h em 50% dos casos às 11h ou 12 h em 25% dos casos Hora de fim: às 15h ou 16h em 25% às 10h em 50% dos casos Duração: 10h em 59% dos casos 5h e 6h em 25% dos casos Velocidade: média = 0.9m/s $\sigma = 0.6\text{m/s}$
Ventos depois da brisa de SW -S (5 h)	Rumo: N em 75% dos casos NW em 20% dos casos W em 5% dos casos Velocidade: média = 0.3m/s $\sigma = 0.2\text{m/s}$

Quadro V-I - Características do vento em 22 dias de brisa no Portinho da Arrábida.

características topográficas desta vertente da serra da Arrábida, com uma exposição a sul e declive acentuado, que geram um aquecimento muito rápido, permitindo o desenvolvimento da brisa de mar num espaço de tempo de cerca de 1 hora.

Em 69% dos casos o início da brisa de SW é marcado por uma descida da temperatura (em média de 0,9°C), à qual corresponde um aumento de 9 % da humidade relativa. Os casos em que não se regista uma diminuição da temperatura no começo da brisa devem-se a este se ter verificado muito cedo (fig. 26 e 27). Nesses dias regista-se então, com o início da brisa um abrandamento no aquecimento (o mesmo foi observado por ALCOFORADO, 1987). Já durante o episódio de brisa, verifica-se frequentemente a ocorrência de descidas na temperatura, as quais vão coincidir com os períodos em que a velocidade do vento é mais acentuada (fig. 26 e 27). Sempre que a velocidade aumenta, por haver maior afluxo de ar húmido e fresco, a temperatura diminui (7/4/96, 22/5/96, 25/5/96 e 27/5/96); por outro lado, quando há uma diminuição da velocidade a temperatura aumenta rapidamente (7/4/96 e 28/5/96 - fig. 26).

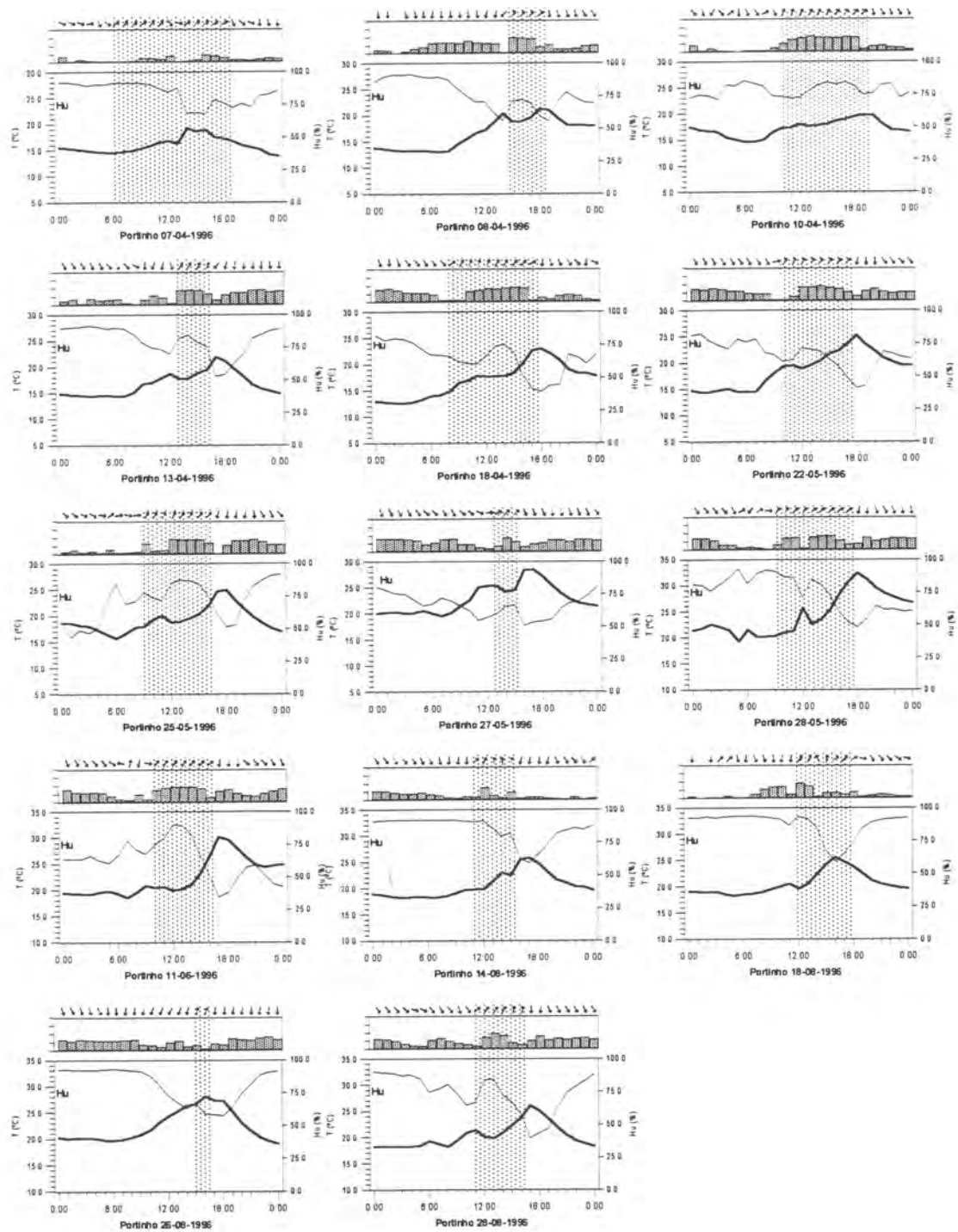
Ventos antes da brisa de SE (5 h)	Rumo: N em 70% dos casos Variável em 30% dos casos Velocidade: média = 0.2m/s $\sigma = 0.3m/s$
Brisa de SE (3 dias)	Hora de início: às 11h em 67% dos casos às 10h em 33% dos casos Hora de fim: às 15h em 67% dos casos às 17h em 33% dos casos Duração: 7h em 67% dos casos 5h em 33% dos casos Velocidade: média = 0.8m/s $\sigma = 0.6m/s$
Ventos depois da brisa de SE (5 h)	Rumo: N em 80% dos casos NW em 20% dos casos Velocidade: média = 0.3m/s $\sigma = 0.4m/s$
Ventos antes da brisa de S (5 h)	Rumo: N em 100% dos casos Velocidade: média = 0.6m/s $\sigma = 0.3m/s$
Brisa de S (1 dia)	Hora de início: às 15h Hora de fim: às 16h Duração: 1h Velocidade: média = 0.3m/s $\sigma = 0.28m/s$
Ventos depois da brisa de S (5 h)	Rumo: N em 100% dos casos Velocidade: média = 1m/s $\sigma = 0.9m/s$

Quadro V-II - Características do vento em 22 dias de brisa no Portinho da Arrábida.

Ventos antes da brisa de SE (5 horas)	Rumo: N em 60% dos casos NE em 20% dos casos NW em 7.5% dos casos Variável em 12.5% dos casos Velocidade: média = 0.3m/s $\sigma = 1.2m/s$
Brisa de SE (7 dias)	Hora de início: às 11h, 12h ou 14h em 30% dos casos às 15h em 10% dos casos Hora de fim: às 17h em 42% dos casos às 16, 18h, 19h, ou 20h em 14% dos casos Duração: 5h ou 4h em 30% dos casos 6h, 3h ou 2h em 14% dos casos Velocidade: média = 1.1m/s $\sigma = 0.5m/s$
Ventos depois da brisa de SE (5 h)	Rumo: NW em 46% dos casos W em 34% dos casos N em 20% dos casos Velocidade: média = 2.3m/s $\sigma = 1.3m/s$
Ventos antes da brisa de SW (5 h)	Rumo: NW Velocidade: média = 1.3m/s $\sigma = 1m/s$
Brisa de SW (1 dia)	Hora de início: às 12h Hora de fim: às 15h Duração: 3h Velocidade: média = 0.8m/s $\sigma = 0.7m/s$
Ventos depois da brisa de SW (5 h)	Rumo: W em 60% dos casos NW em 40% dos casos Velocidade: média = 4m/s $\sigma = 0.7m/s$

Quadro VI- Características do vento em 8 dias de brisa nas Antenas.

Em 41% dos dias a brisa de SW acaba às 16 horas, podendo no entanto estender-se até às 19 horas, mas com uma frequência cada vez menor à medida que a tarde avança (quadro V-I e V-II). No final da brisa, em 82% dos dias, a temperatura aumenta em média 1,5°C e em 75%



Nota: as barras indicam a velocidade média horária do vento, correspondendo cada intervalo na escala vertical a 1 m/s.

Figura 26 – Variação da temperatura, humidade relativa, direcção e velocidade do vento na estação do Portinho nos dias de brisa de mar. As colunas a sombreado marcam o período com brisa de mar.

dos casos a humidade relativa diminui em média 8,7%. Os dias em que não se regista aquela variação, são aqueles em que a brisa termina mais tarde às 18 ou 19h, sendo já tarde para que depois de que o vento de origem continental se restabeleça haja aumento das temperaturas, tal como também apontado por ALCOFORADO (1987) para Lisboa. A duração da brisa varia muito (3 a 13h). Nos dias em que as diferenças térmicas entre o continente e o mar são maiores, a duração das brisas é também maior. A duração mais frequente da brisa é 8h (33%), seguindo-se os episódios com 7h (25%) e 13h (14%). Os episódios com 3h, 5h, 6h e 9 horas de duração representam cada um 7% dos casos.

É necessário que o vento regional seja fraco para que a brisa se desenvolva. Se observarmos a velocidade média e desvio-padrão do vento nas 5 h anteriores e posteriores ao episódio de brisa, verificamos que ambos são inferiores ao que se verifica durante a brisa.

No fim da brisa restabelece-se o vento regional que, em 85% dos casos, é de N (quadro V-I e V-II). As brisas de SW tiveram uma maior duração nos dias com anticiclones não perturbados, em que o fluxo era de norte e o gradiente de pressão era fraco.

b) As brisas de SW-S

A segunda direcção com maior frequência no Portinho foi a de SW-S tendo-se desenvolvido em 4 dias (quadro V-I e V-II). Nos casos estudados, a circulação regional era de N ou NW, tendo-se as brisas iniciado dois dias às 11h (14/8/96 e 28/8/96), num dia às 8h (18/4/96) e noutra às 12h (18/8/96 – fig. 26). No dia 28/8/96 sobre Portugal encontrava-se um anticiclone não perturbado de N à superfície. Apesar do céu estar limpo a brisa não se desenvolveu mais cedo devido a velocidade do vento regional (fig. 26). Só quando as temperaturas começaram a aumentar em terra, no final da manhã, é que a brisa teve velocidade para se sobrepôr ao vento regional. Ao contrário do que se passou naquele dia, em 18/4/96 a brisa começou muito cedo, pois as condições eram ideais para a sua ocorrência (fig. 26). A influenciar o estado do tempo em Portugal estava um anticiclone perturbado com fluxo de norte. Apesar de perturbado, o céu manteve-se limpo na Arrábida e o vento regional era fraco. O terceiro dia com brisa foi 18/8/96, marcado à superfície por um pântano barométrico. As temperaturas mantiveram-se estáveis ao longo da manhã, e só quando começaram a subir, com o aquecimento do continente é que se desenvolveu a brisa de mar (fig. 26). A brisa influenciou a temperatura nas primeiras horas, mas depois, a sua velocidade começou a diminuir, o que levou a que a temperatura subisse no Portinho. No dia 14/8/96 uma situação depressionária só permitiu, devido à nebulosidade, que a brisa se desenvolvesse ao longo de 4h (fig. 26).

No início da brisa, em 69% dos dias a temperatura baixou 1°C, não sendo normalmente significativo o aumento na humidade relativa (fig. 26). É nos dias anticiclónicos que a brisa ocorre durante mais tempo (10h no máximo). Posteriormente, estabelece-se, tal como na brisa de SW, um vento regional de N ou NW. A brisa tem maior velocidade do que o vento de gradiente.

Este tipo de brisa tem inicialmente um rumo de SW, resultando do confronto dos rumos NW e S. Quando a velocidade da brisa aumenta, roda para S, e por vezes, já no final da brisa, devido à diminuição da sua velocidade, volta a rodar para SW.

c) As brisas de SE

A brisa de SE foi observada em 3 dias com distintas situações sinópticas à superfície (dois pântanos barométricos e uma depressão perturbada com fluxo de NW), sendo que em todos os casos o vento regional era fraco (quadro VI). Em todos os casos estudados, a brisa desenvolveu-se ao longo da encosta meridional da Serra até às Antenas. O vento antes da brisa era muito fraco (0,2m/s em média) e, em 2 dias, de N. A brisa iniciou-se às 11 horas em 2 dias e com ela a velocidade aumentou ligeiramente, para 0,8m/s. O final da brisa foi às 15h em dois dias e no terceiro às 17h.

Trata-se assim, de uma brisa ligeira que se iniciou mais tarde do que na maior parte dos casos anteriores, porque as condições sinópticas não eram as ideais, uma vez que o céu nunca esteve limpo. As diferenças de temperatura entre o oceano e o continente não foram suficientes para se estabelecer um brisa forte, não se notando a sua influência na diminuição da temperatura inicial, nem na variação da humidade relativa. Quando a brisa cessou, num dos dias houve aumento da temperatura e diminuição da humidade relativa. No que diz respeito à duração, em dois dias foi de 7 horas e num 5 horas. Em dois dias verifica-se uma rotação de SE para SW, facto que se deverá a factores locais difíceis de interpretar.

d) As brisas de Sul

Num único dia ocorreu brisa de S com a duração de apenas uma hora (quadro V-I e V-II). Iniciou-se às 15h, quando a direcção do vento mudou de N para S, coincidindo com a diminuição da velocidade do vento (26/8/96 – fig. 26). Depois do final da brisa, o vento voltou a soprar de norte e a sua velocidade a aumentar, ao contrário do que se verificou nos casos anteriormente descritos. Com a instalação da brisa não se observou modificação significativa na temperatura nem na humidade relativa. Trata-se de uma brisa muito suave, que se

desenvolveu numa situação sinóptica em, que, à superfície, se encontrava um anticiclone perturbado com fluxo regional de norte. Com base na radiação solar verifica-se que o céu esteve encoberto de manhã tendo-se registado valores horários inferiores a 200 W/m^2 . Só na hora anterior ao início da brisa é que se registou uma subida para 812 W/m^2 , facto que a terá desencadeado.



4.5.4. Os dias em que a brisa atinge as Antenas

Nas Antenas foram observadas brisas com duas direcções, a de SE e a de SW (quadro VI). A direcção da brisa nas Antenas nem sempre coincide com a verificada no Portinho, facto que se deverá à distinta posição topográfica ou à própria hora de início da brisa, normalmente mais tardia nas Antenas.

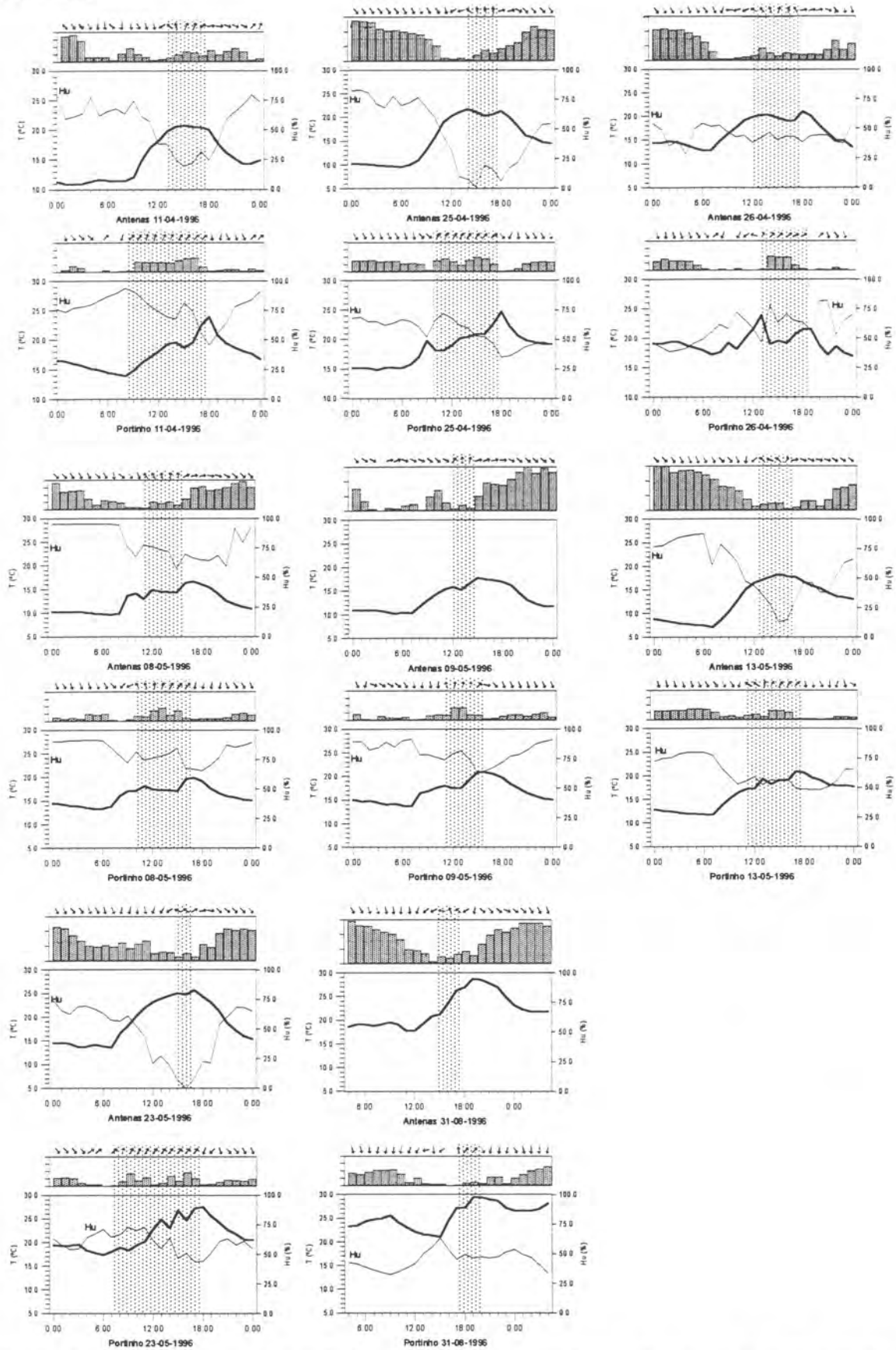
A brisa com maior representatividade foi a de SE (7 dias - quadro VI). O vento dominante antes da brisa se fazer sentir era de N ou NE, tendo depois rodado para E. Depois das primeiras horas de brisa, em alguns dias esta, por acção da força de Coriolis, roda para S e em dois casos, para SW (fig. 27). Quando cessa, instala-se o vento regional de NW. Ao contrário das brisas no Portinho, nas Antenas a velocidade do vento durante a brisa é menor (quadro V-I, V-II e VI). Este facto poder-se-á dever à maior velocidade do vento regional nas Antenas, resultado da posição de interflúvio, exposta ao vento de norte e da consequente diminuição do atrito. Para que uma manifestação de brisa ocorra, a sua velocidade tem que ser superior à do vento que se lhe opõe (neste caso o vento regional). Ora, sendo o vento regional mais forte, o vector resultante da acção contrária da brisa, será necessariamente, mais fraco.

a) As brisas de SE

A brisa de SE ocorreu em dias com pântano barométrico (3 casos), anticiclone não perturbado (2 casos), anticiclone perturbado (1 caso), e depressão perturbada (1 caso). Tem início mais tarde nas Antenas do que no Portinho, variando este entre as 11h e as 15h (quadro VI). Por outro lado, termina entre as 17h e as 20h, portanto também mais tarde. A sua duração é significativamente inferior à da brisa no Portinho, variando entre 2h e 5h.

b) A brisa de SW

A brisa de SW só ocorreu uma vez (quadro VI). Tratou-se do dia 9/5/96, marcado à superfície por uma depressão perturbada com fluxo de NW. Antes da brisa se instalar, o vento dominante era de NW, tendo a sua velocidade diminuído progressivamente a partir das 11h



Nota: as barras indicam a velocidade média horária do vento, correspondendo cada intervalo na escala vertical a 1 m/s, excepto nos dias 25 e 26/4, 9, 13 e 25/5 e 31/8, em que corresponde a 2 m/s..

Figura 27 – Variação da temperatura (T), humidade relativa (HU), direcção e velocidade do vento nas estações das Antenas e do Portinho nos dias em que a brisa se manifesta em ambas as estações. As colunas a sombreado marcam o período com brisa de mar.

(fig. 30). A brisa teve uma duração de 3h e traduziu-se numa quebra na curva ascendente da temperatura. O final da brisa foi marcado por uma rotação do vento para W e por um aumento da sua velocidade².

4.5.5. Os dias com brisa no Portinho e nas Antenas

A comparação entre o comportamento das brisas que ocorrem simultaneamente no Portinho e Antenas permite apontar algumas conclusões interessantes. Um facto difícil de explicar é a diferença encontrada no rumo do vento nas duas estações. Assim, junto ao mar, domina a brisa de SW, enquanto no topo da serra, a brisa sofre uma rotação para SE, sendo esta a direcção dominante (fig. 27). A rotação da Brisa para SE no topo da Serra poderá dever-se ao aumento do atrito que é responsável por desviar o vento para direita (OKE, 1995). A hora de início da brisa, é sempre mais tardia nas Antenas, o que comprova o carácter marítimo daquele vento que, se as condições forem propícias, sobe a vertente, até atingir o interflúvio da serra da Arrábida. Apesar de, por vezes, a brisa se prolongar até mais tarde nas Antenas, é sempre ali de menor duração. Um outro aspecto refere-se à influência da brisa na variação da velocidade do vento. De facto o comportamento é oposto entre as duas estações estudadas. Se no Portinho, as brisas se reflectem num aumento da velocidade do vento, nas Antenas passa-se o contrário. Tal deve-se ao vento de gradiente ser mais forte nas Antenas do que no Portinho, porque as Antenas estão expostas ao vento enquanto o Portinho se encontra abrigado do vento de gradiente dominante de N e NW. A Serra funciona como uma barreira, à progressão da brisa de mar (fig. 28).

Os aspectos acima apresentados têm consequências directas no ritmo térmico nas Antenas, sendo a influência da brisa na temperatura aí menor do que no Portinho. Assim, por haver uma diminuição na velocidade do vento, a temperatura não vai baixar tanto. Por outro lado, no final da brisa, o aumento da velocidade do vento e a influência do vento de gradiente, faz com que as temperaturas (ao contrário do Portinho) não aumentem.

4.5.6. Remate

Os trabalhos realizados em Portugal por ALCOFORADO (1987) sobre as brisas, apontam para que, em Cabo Ruivo, estas se manifestam principalmente no início do Verão, principalmente em Julho, ocorrendo também em Agosto, mas em menor escala, devido à existência da nortada. Neste trabalho foi possível observá-las na Primavera e em alguns dias no

² Devido a problemas na calibragem do higrómetro, não apresento os dados da humidade relativa.

Verão. No conjunto de dias observados as brisas surgem nos meses de Abril, Maio, Junho e Agosto, dominando nos dois primeiros. Teria sido também interessante analisar dados referentes a dias de Outono. Relativamente aos dias de Inverno não foi observada brisa em nenhum.

Os dias com estabilidade atmosférica foram apontados por autores como YOSHINO (1975), ALCOFORADO (1987) e OKE (1995) como os ideais para que a brisa de mar ocorra. Estes dias estão normalmente associados a situações sinópticas anticiclónicas com céu limpo e vento fraco. No local estudado a brisa ocorreu não só em condições anticiclónicas mas também sob condições depressionárias e pântanos barométricos, desde que o fluxo de vento regional fosse do quadrante norte, o gradiente de pressão fraco e o céu se encontrasse limpo.

Foram observadas quatro direcções na brisa de mar no Portinho e duas nas Antenas. A brisa com maior frequência no Portinho é a de SW e nas Antenas a de SE. É de referir que as brisas foram classificadas de acordo com a direcção, verificando-se, posteriormente, que o rumo diferente não significa que sejam brisas diferentes, uma vez que têm a mesma proveniência, o oceano, sofrendo modificações ligeiras na sua direcção, fruto de factores locais difíceis de entender. Observou-se ainda o efeito da força de Coriolis na brisa, sendo responsável por uma rotação ao longo do dia das brisas para oeste, tal como já tinha sido observado por ALCOFORADO em Cabo Ruivo(1987).

A brisa de mar, ocorre normalmente entre as 8h e as 18h, podendo no entanto terminar às 20h. A hora em que cessa a brisa é geralmente mais homogénea (cerca das 18 horas e em raros dias às 19h ou às 20h) do que a hora de início, que pode variar entre as 8 e as 15h. Quanto à velocidade média, no Portinho esta varia entre 0,6m/s e 1,6m/s, atingindo em média o valor máximo às 16h. Nas Antenas a velocidade média é menor, variando entre 0,8 m/s e 1,1m/s. A velocidade observada é portanto menor do que os 2 a 5m/s apontada como valores médios por OKE (1995). YOSHINO (1975) apresenta para o Japão uma velocidade média mais elevada (cerca de 4,5 m/s). ALCOFORADO (1987) estudou as brisas em Cabo Ruivo, verificando que a brisa do oceano apresenta também uma velocidade média mais elevada (2,4 m/s). O facto de a velocidade da brisa ser menor deverá estar relacionado com as particularidades do sítio do Portinho.

Outro aspecto interessante é que a velocidade da brisa no Portinho é superior à velocidade do vento nas horas que a antecedem e que a sucedem, facto que se deverá à sua situação em

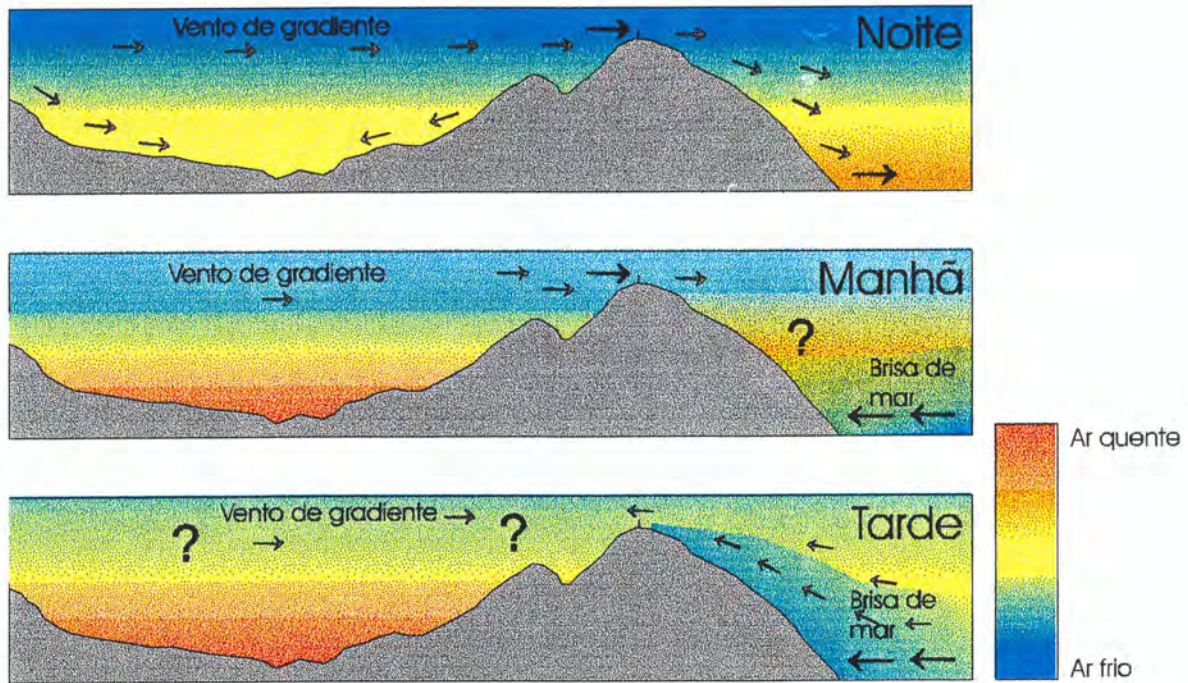


Figura 28 – Modelo hipotético do comportamento do vento na serra da Arrábida nos dias em que a brisa de mar atinge as Antenas.

abrigo em relação ao vento de gradiente dominante, de NW e N. Pelo contrário, nas Antenas a velocidade da brisa de mar é sempre inferior à do vento dominante, tal como, também, acontece em Cabo Ruivo (ALCOFORADO, 1987). Este facto deve-se à sua exposição e posição topográfica. A brisa vai surgir ali mais dificilmente, pois necessita de contrariar um vento mais forte, resultando numa velocidade mais baixa (fig. 28).

No início da brisa, nas duas primeiras horas, o vento é normalmente muito fraco, correspondendo à mudança de rumo. Com o progressivo aquecimento do continente as diferenças térmicas terra-mar aumentam, o que se vai manifestar no aumento da velocidade da brisa de mar. Também à tarde, no final da brisa, há uma diminuição da velocidade do vento, correspondendo ao período em que o continente começa a arrefecer (fig. 28). Nos dias de brisa, o máximo de temperatura no Portinho, ocorre sempre na última hora em que esta se faz sentir, precisamente quando a sua velocidade começa a diminuir, diminuindo também o afluxo de ar marítimo.

A brisa de mar vai influenciar as temperaturas máximas diárias, tornando-as inferiores ao que seriam se esta não existisse. É também responsável, quando só afecta o Portinho, por as temperaturas máximas serem superiores nas Antenas. O mesmo pode acontecer quando a brisa se desenvolve até às Antenas, porque tem menor velocidade e o ar já perdeu alguma humidade.

No que diz respeito ao desenvolvimento vertical, a brisa de mar não atinge as Antenas em 63% dos casos estudados. Para a determinação da espessura das brisas e a altitude do gradiente regional do vento seria fundamental usar balões que permitissem recolher dados da estrutura vertical da atmosfera.

Seria ainda interessante conhecer a temperatura da superfície terrestre e da água do mar, no sentido de tentar perceber a influência de ambas no desenvolvimento das brisas. O facto de a água do mar, na costa da Arrábida, ser muito fria (em parte devido ao escoamento subterrâneo de água fria, proveniente do interior da serra - H. Regnaud informação oral) pode ter alguma importância, não só no desenvolvimento de nevoeiros, mas também no próprio desenvolvimento das brisas.

É de referir ainda que, durante a noite, seria possível, teoricamente, o desenvolvimento de uma brisa de terra. No entanto, a sua presença não foi identificada devido à sobreposição do vento regional, do mesmo quadrante com uma velocidade elevada (fig. 28). Outro aspecto que pode levar à inibição no desenvolvimento da brisa de terra é o facto de a temperatura do mar ser baixa na vertente sul da Arrábida, podendo o continente em algumas noites não se encontrar mais frio do que o mar.

Por ultimo, podemos referir que a Classificação Ascendente Hierárquica, realizada no capítulo 4.4.2., aplicada às diferenças de temperatura entre o Portinho e as Antenas isola a maior parte dos dias com brisa no grupo 2 (17 dias) e em particular no sub-grupo 2BB (12 dias). Sendo também nestes grupos que há um maior número de situações sinópticas anticiclónicas com fluxo dominante de norte. Assim, esta técnica, utilizada com base só nas diferenças térmicas, parece permitir o isolamento de dias de brisa. No entanto, neste grupo também foram identificados dias, com padrões térmicos idênticos, onde não se manifestou a brisa de mar, mostrando não ser esta a única responsável por o Portinho, em alguns dias, estar, à tarde, mais fresco do que as Antenas. Observou-se, também, noutro grupo da CAH (1A) a aproximação das temperaturas máximas nas duas estações, em dias predominantemente anticiclónicos (23 dias) onde só se registaram dois dias com brisa. As temperaturas máximas mais baixas no Portinho poderão dever-se ao efeito moderador do oceano, que em algumas situações seria responsável por temperaturas equivalentes a uma subida em 300 m de altitude. A realização de medições itinerantes, que irá ser exposta no seguinte capítulo permite estudar esta hipótese.

4.6. Medições itinerantes na serra da Arrábida

Para o estudo dos padrões térmicos na Serra Arrábida foi necessário proceder à recolha de dados no campo. A instalação de uma rede fixa de instrumentos de medição estava fora de causa devido ao elevado custo tendo-se, por isso, optado por efectuar medições itinerantes. Estas são feitas em dias escolhidos ao longo de percursos pré-determinados (GEIGER, 1961; ALCOFORADO, 1992; LOPES, 1994).

Na Serra da Arrábida foram efectuadas 4 campanhas de medições (2 para as temperaturas máximas e 2 para as temperaturas mínimas). Foi medida a temperatura, a humidade relativa e a velocidade e a direcção do vento em pontos seleccionados.

Com os percursos e os pontos de observação tentámos representar a diversidade morfológica de cada uma das áreas. O trajecto é feito de automóvel para reduzir a disparidade temporal na recolha dos dados. No final de cada percurso, foi sempre repetida a medição efectuada no primeiro ponto, para verificar a tendência de variação de temperatura durante o período de recolha de dados. Tentou-se, assim, seguir os métodos normalmente usados para as medições itinerantes, apresentados por GEIGER (1961, p.471): “Essas realizam-se em percursos cuidadosamente escolhidos quanto às horas do dia, ao estado do tempo e às épocas do ano, realizando-se geralmente a pé ou de bicicleta ou ainda, como é costume no estudo do clima urbano, com o automóvel. Regressos repetidos a pontos fixos permitem tomar em linha de conta a variação no tempo”.

Foi utilizado um anemómetro digital, que regista a velocidade média do vento num período de 15 segundos, bem como a rajada máxima no mesmo intervalo de tempo. Foi também identificado o rumo do vento. Para as medições de temperatura e de humidade relativa, foi utilizado um termo-higrómetro, também digital. As observações desta área decorreram entre Janeiro e Março de 1997.

As horas para a realização das medições foram escolhidas de forma a serem ilustrativas dos valores máximos de temperatura (iniciando-se às 13h); e dos mínimos (a partir das 5h). Seleccionaram-se os dias de condições radiativas próximas das ideais, ou seja, os que correspondem a situações anticiclónicas estáveis, com céu limpo e ausência de vento (GEIGER, 1961; YOSHINO, 1975; ALCOFORADO, 1993; OKE, 1995). Devido à extensão dos percursos e à existência de vários pontos de medição, resulta um intervalo entre cerca de 1h e 2h, entre a primeira medição e o regresso ao local inicial. É assim possível efectuar correcções nas temperaturas obtidas, transpondo-as para uma determinada hora. Estas correcções foram

calculadas para todas as observações, excepto para aquelas em que a diferença entre a temperatura inicial e final fosse inferior $0,5^{\circ}\text{C}$, não se justificando, então, a sua correcção. Uma vez corrigimos as temperaturas em relação ao primeiro ponto, e outras em relação ao último ponto, considerando sempre aquele que apresenta a temperatura mais baixa (nas mínimas) ou mais alta (nas máximas).

A partir dos dados obtidos nas medições itinerantes, alguns autores como ALCOFORADO (1993) calcularam, ainda, os desvios de temperatura de cada ponto em relação ao valor observado numa estação de referência à mesma hora. Não utilizámos os desvios, por não ter sido possível obter uma curva com o registo da variação da temperatura de uma estação próxima do local.

4.6.1. Enquadramento da Serra da Arrábida

Os perfis topográficos (A e B) iniciam-se a NW numa área plana, a cerca de 100 m de altitude, ao que se segue um aumento progressivo da altitude, à medida que se sobe o interflúvio do Alto da Madalena, que culmina a cerca de 200 m (fig. 11). Trata-se de uma costeira cujo rebordo é talhado em rocha resistente, correspondendo a calcários do Cretácico. A partir daí, atravessam uma depressão ortoclinal talhada no Jurássico superior, cortando pequenas colinas que constituem relevos de dureza, passando pelo fundo do vale da ribeira da Ajuda, situado a cerca de 50m de altitude. Prelongam-se, ainda, o monte anticlinal do Formosinho até cerca de 350 a 400m de altitude, onde afloram calcários do Jurássico. Por fim, terminam junto à costa, em pequenas praias. Trata-se, portanto, de uma área muito acidentada com altitudes que variam entre 5 m e 380 m no perfil ocidental (perfil B), atingindo no oriental (perfil A) uma altitude máxima 40 m inferior (fig. 11 e quadro VII). Os dois perfis têm um total de 17 pontos, demorando em média cerca de duas horas a serem percorridos. É de referir ainda, que estes perfis foram escolhidos por ALCOFORADO em 1992.

Os solos na área são na maioria esqueléticos, predominando os vermelhos esqueléticos, podendo em alguns locais, pela posição topográfica, características climáticas e de vegetação, evoluir para solos pardos florestais (Carta de Solos de Portugal, folha 38B).

No que diz respeito à vegetação e segundo PEDRO (1991), a área é caracterizada pela convergência de três elementos florísticos: o de domínio atlântico, nas áreas mais húmidas expostas a norte; o mediterrâneo nas áreas mais secas e quentes expostas a sul; e nas áreas onde estas condições de secura se acentuam, por exemplo nas arribas, o elemento macaronésico.

Ponto	Declive médio(%)	Latitude N	Longitude W	Altitude (m)	Distância à costa S (m)	Posição topográfica	Exposição	Ocupação solo
A1	0	38°31'	8°59'	100	5000	meia vertente	N320	asfalto
A2	40	38°31'	8°59'	150	4900	meia vertente	N320	prado
A3	0	38°31'	8°59'	190	3750	topo	N140	prado
A4	0	38°31'	8°59'	100	4000	meia vertente	N120	terra batida
A5	0	38°30'	8°58'	40	2500	base	N120	prado
A6	15	38°30'	8°58'	80	2000	meia vertente	N320	prado
A7	30	38°29'	8°58'	340	1000	meia vertente	N20	terra batida
A8	0	38°28'	8°57'	35	10	base	N180	calçada
B1	0	38°31'	8°00''	100	5000	meia vertente	N320	asfalto
B2	40	38°31'	8°00'	140	4500	meia vertente	N320	asfalto
B3	0	38°30'	8°00'	190	3750	topo	plano	terra batida
B4	25	38°30'	8°00'	170	3500	meia vertente	N180	terra batida
B3A	0	38°30'	8°00'	120	3250	meia vertente	plano	terra batida
B5	30	38°30'	8°59'	50	2250	base	N320	prado
B6	15	38°29'	8°59'	123	2000	meia vertente	N320	prado
B7	0	38°29'	8°59'	370	1100	meia vertente	N120	asfalto
B8	0	38°28'	8°59'	5	1	base	N60	terra batida

Quadro VII - Características dos pontos de medição climática.

Grande parte da Serra da Arrábida está coberta por charnecas e matagais, onde domina a comunidade dos carrascais. Nas encostas expostas a sul surgem os carrascais de *Ceratonea siliqua* (Alfarrobeira), *Quercus coccifera* (Carrasco) e *Juniperus turbinata* (Sabina da Praia). Por sua vez, cobrindo a maior parte dos topos e as encostas mais pedregosas e declivosas, surge o carrascal de *Quercus coccifera* e o *Juniperus turbinata*. Como forma de degradação destes matagais mediterrâneos, em áreas de solos esqueléticos, surgem *Juniperus Turbinata*, *Pistacea lentiscus* (Aroeira), *Olea europaea var. sylvestus* (Zambujeiro) e os *Cistus sp.* Pelo contrário, nas encostas e vales expostos a norte surgem os carrascais arbóreos, como por exemplo os bosques de zambujeiros. É de salientar, por fim, a existência de uma floresta climática de carvalhais (*Quercus faginea* e *Quercus coccifera*), na Mata do Solitário, Mata da Coberta e Mata dos Vidais (CAPELO *et al*, 1993).

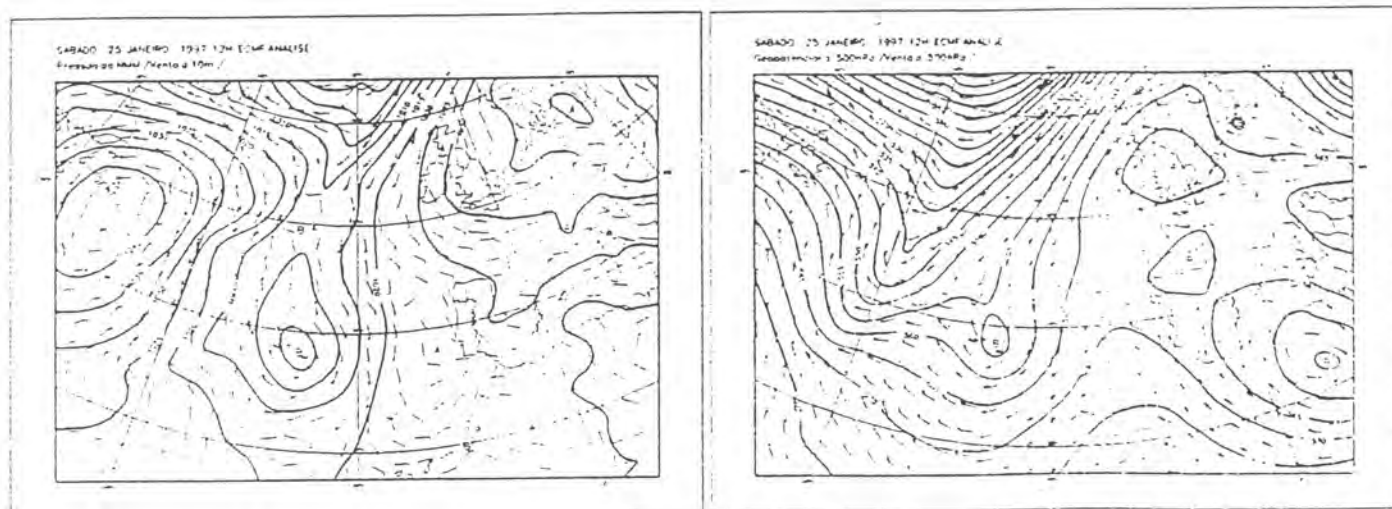


Figura 29 – Situação sinóptica à superfície e em altitude no dia 25/1/97 (Boletim Meteorológico Diário. IM. Lisboa).

A intervenção antrópica é um factor muito importante na caracterização desta área, porque a sua acção se fez sentir à longa data. Inicialmente, manifestou-se na ocupação do solo pela actividade agrícola, essencialmente nas áreas mais planas. Actualmente, esta actividade já não é tão importante e a acção do Homem faz-se sentir pela pressão turística e exploração de pedreiras, apesar da área se inserir num Parque Natural.

4.6.2. Resultados da medições itinerantes do dia 25/1/97

No dia 25/1/97, Portugal encontra-se sob a influência de uma crista de um bloqueio em Omega, estando os centros depressionários sobre o Atlântico e o Norte de África. Trata-se de um bloqueio em fase de dissipação. Segundo RAMOS (1986), entre 1974 e 1980, as situações de bloqueio ocorreram em média em 14 dias no mês de Janeiro. À superfície, a Península Ibérica apresenta uma situação de pântano barométrico, com vento fraco e de rumo variável (fig. 29). As situações de pântanos barométricos no período estudado por RAMOS (1986) têm uma frequência, muito baixa, de 2%. Na imagem Meteosat do Boletim Meteorológico Diário (IM) observa-se que o céu se apresentava muito nublado no Norte da Península Ibérica estando pouco nublado em Portugal continental.

Na sondagem aerológica feita em Lisboa às 12 UTC nota-se uma estrutura depressionária, com inversão térmica aos 1000 hPa (203 m – fig. 30). A camada de ar mais próxima da superfície está mais fria do que a imediatamente superior, situada entre 203 m e 389 m. Observando a sondagem do dia anterior verifica-se tratar-se de uma estrutura anticiclónica a perder a intensidade, facto notório pela diminuição da espessura da camada de subsidência (fig. 31), que a 24/1/97 se situava entre 850 e 625 m de altitude, tendo diminuindo no dia seguinte.

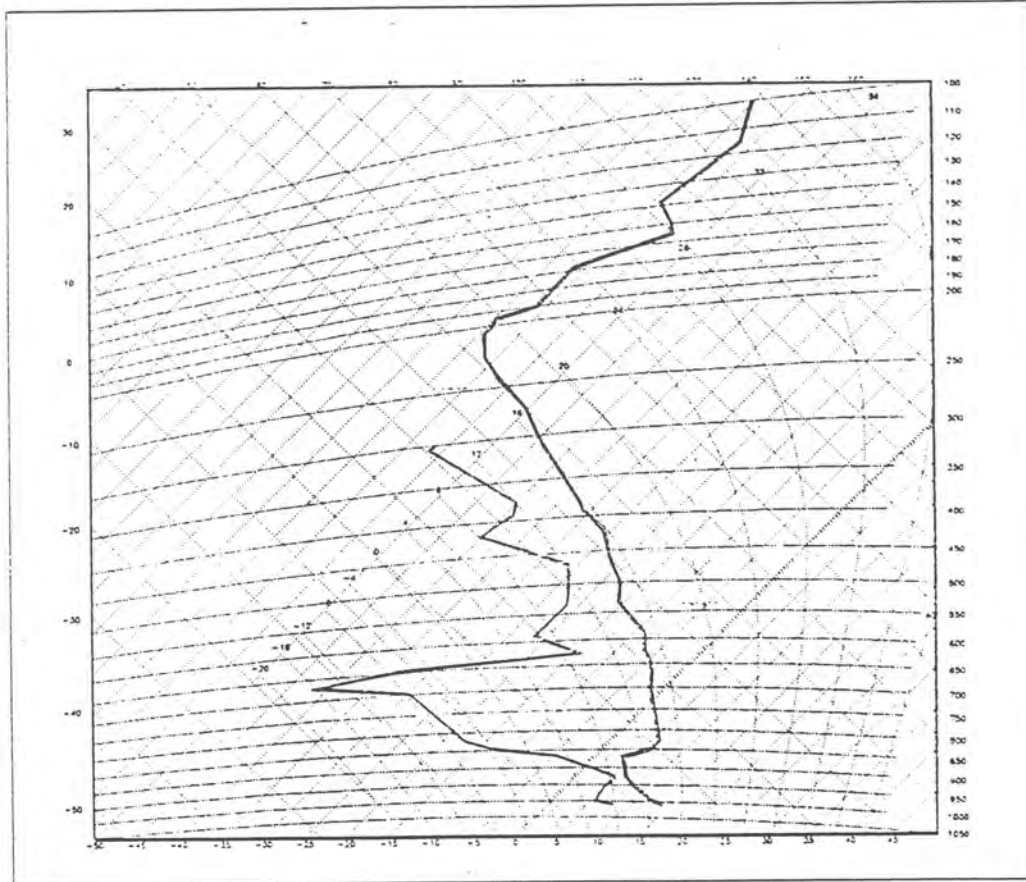


Figura 30 – Sondagem aerológica em Lisboa às 12 UTC no dia 24/1/97 (Boletim Meteorológico Diário. IM. Lisboa).

vando a sondagem do dia anterior verifica-se tratar-se de uma estrutura anticiclónica a perder a intensidade, facto notório pela diminuição da espessura da camada de subsidência (fig. 31), que a 24/1/97 se situava entre 850 e 625 m de altitude, tendo diminuindo no dia seguinte.

Com base na sondagem é possível inferir que houve um arrefecimento radiativo significativo em Lisboa na noite de 25/1/97, até aos 203 m, aspecto importante, pois alguns pontos de medição na Serra da Arrábida encontram-se acima dessa altitude, estando possivelmente dentro da camada de inversão.

Foram feitas neste dia, medições das temperaturas nocturnas e diurnas, tendo as primeiras início às 4.55h e as segundas às 13.30h, com o objectivo de que as horas a que foram feitas ilustrem as temperaturas mais baixas e as mais elevadas do dia. Ao longo do dia o céu esteve limpo e registou-se um progressivo aumento da velocidade do vento.

Na madrugada do dia 25/1/97 as temperaturas mínimas foram corrigidas em relação ao ultimo ponto de medição, pois registou-se uma tendência para a sua diminuição à medida que a madrugada avançava, variando, no espaço, as temperaturas obtidas entre 11°C e 2,7°C (fig. 32). Os valores mais baixos ocorreram no fundo do vale da Ribeira da Ajuda, devido à drenagem e acumulação de ar frio ao longo das vertentes. Este processo, descrito por autores

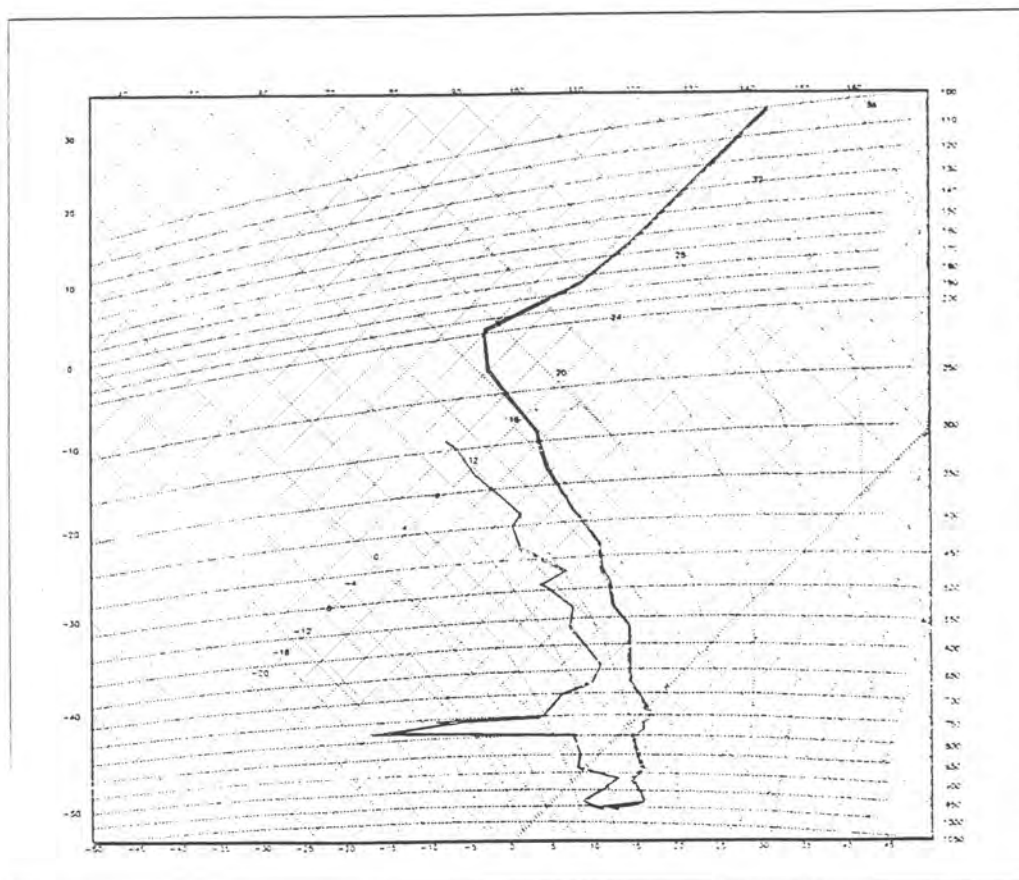


Figura 31 – Sondagem aerológica em Lisboa às 12 UTC no dia 25/1/97 (Boletim Meteorológico Diário. IM. Lisboa).

como GEIGER (1961), NAKAMURA (1989), ALCOFORADO (1992) e LOPES (1994), é típico de noites anticiclónicas frias e sem vento, em que há um elevado arrefecimento radiativo. O ar frio mais denso desce ao longo das vertentes da Ribeira da Ajuda, concentrando-se no fundo do vale. Para sul, à medida que a altitude aumenta, na vertente da Serra da Arrábida exposta a norte, as temperaturas vão aumentando até atingirem $9,8^{\circ}\text{C}$ no topo da Serra; o gradiente térmico é de $+2,3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$. ALCOFORADO *et al.* (1993) observaram um gradiente térmico inferior, $0,7^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, que resulta da existência da cintura térmica. É uma subida da temperatura no espaço, inicialmente rápida, mas progressivamente mais lenta, o que parece evidenciar que a concentração de ar frio se dá essencialmente nos 100m inferiores do vale. No fundo do vale a temperatura mínima é de 3°C , aumentando com a altitude, para 6 a 8°C no topo da costeira e para 9°C no interflúvio da Serra da Arrábida. Na vertente sul do Formosinho, as temperaturas continuam a aumentar, devido à proximidade do oceano e à descida em altitude. O gradiente térmico dessa vertente é muito inferior e inverso ao da vertente norte, cerca de $-0,3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$. Nesta vertente, o gradiente térmico é inferior ao observado por ALCOFORADO *et al.* 1993b ($-0,8^{\circ}\text{C}/100\text{m}$), talvez devido à existência da camada

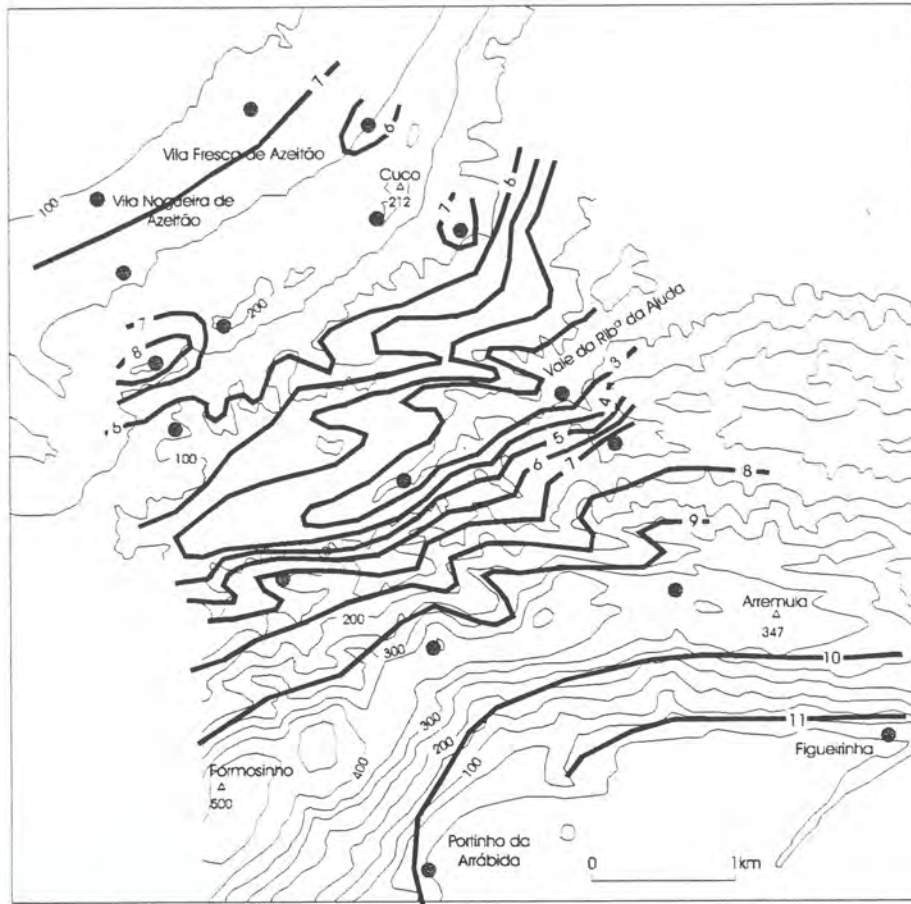


Figura 32 – Temperaturas noturnas na área da serra da Arrábida (situação de calma).

de ar menos frio em altitude. A oposição verificada entre os dois gradientes, denota, no primeiro características mais continentais, embora sem cintura térmica e, no segundo, um comportamento tipicamente litoral.

A norte da Ribeira da Ajuda há também uma subida das temperaturas com a altitude, com um gradiente térmico de cerca $+2.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$. Do topo da costeira para norte, há uma ligeira e irregular diminuição da temperatura com a diminuição da altitude, podendo relacionar-se com o escoamento do ar frio ao longo do anverso da costeira. Na base da costeira, entre a Vila Nogueira de Azeitão e a Vila Fresca de Azeitão, o aumento de 1°C poderá resultar da maior urbanização que constitui um obstáculo à descida de ar frio (e por constituírem uma reserva de calor).

Trata-se de uma noite em que houve uma situação de calma, não se tendo registado vento, dando-se por isso acumulação de ar frio nas áreas deprimidas. Não foi possível observar a cintura térmica nas vertentes do vale da Ribeira da Ajuda como foi identificado por

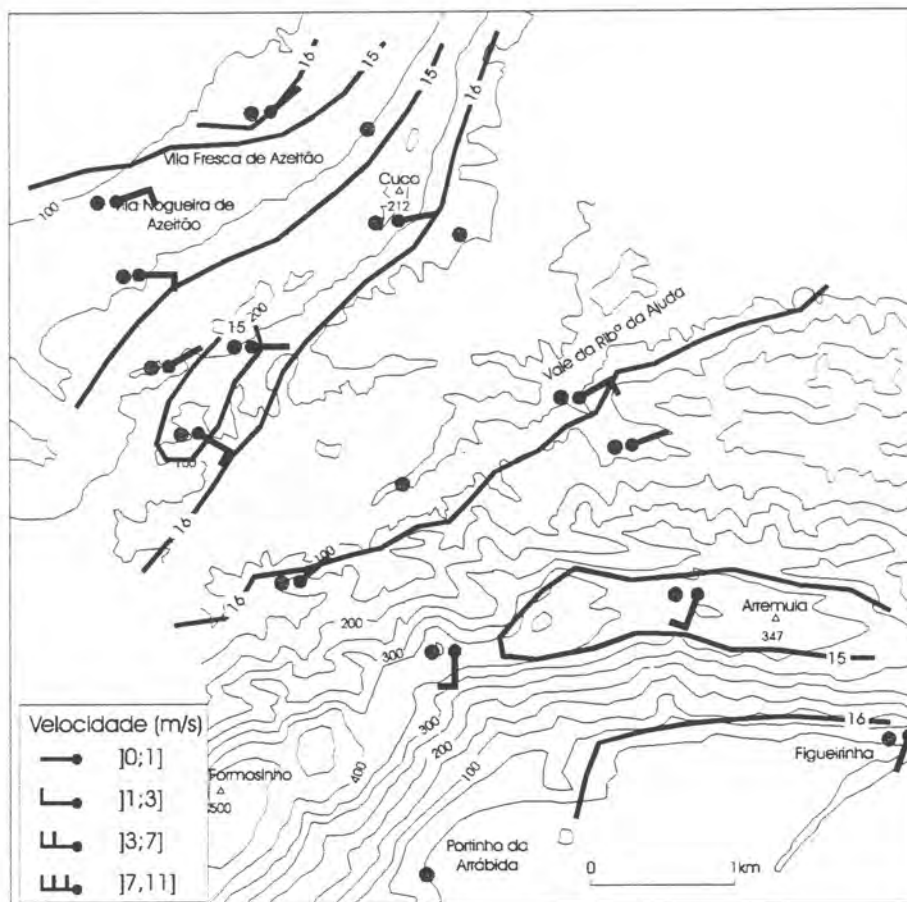


Figura 33 – Temperaturas diurnas e vento na área da serra da Arrábida no dia 25/1/97.

ALCOFORADO *et al.* (1993b). O facto de não ter sido identificada a cintura térmica, na vertente da Serra da Arrábida exposta a norte, poderá estar relacionado com a inversão térmica, entre os 320m e os 389 m, observada na sondagem aerológica de Lisboa, uma vez que as temperaturas são mais elevadas acima dos 320m.

As áreas de interflúvio são em geral mais quentes do que as deprimidas porque a sua forma convexa e a altitude permitem o escoamento do ar frio ao longo das vertentes, sendo este substituído por ar mais quente (GEIGER, 1961). É no litoral que as temperaturas são mais elevadas devido à proximidade do oceano. Na Figueirinha registou-se o valor mais elevado da temperatura, facto que se poderá dever à exposição da linha de costa. O Portinho fica à sombra mais depressa e perde, por isso, mais calor por irradiação do que a Figueirinha.

No mesmo dia, as temperaturas máximas diurnas variaram entre 14,2°C e 16,7°C. Os valores máximos registaram-se no fundo do vale da Ribeira da Ajuda, na Figueirinha e na área de Vila Fresca de Azeitão (fig. 33). No fundo do vale da Ribeira da Ajuda registaram-se temperaturas mais elevadas do que nas vertentes e interflúvios envolventes, por ser uma área interior a menor altitude, protegida do vento, e cujas perdas de calor são menores pela

irradiação e reflexão por parte das vertentes envolventes. Os interflúvios, a altitudes mais elevadas e mais expostos ao vento, estão mais frios. No topo da Serra da Arrábida, o vento tinha uma velocidade média de 7km/h de sul, afluindo um ar oceânico mais húmido. É nesses pontos que a humidade relativa tem valores superiores (62%) aos dos outros pontos. A única excepção é o Portinho, onde se registou o valor mais elevado (70%) sem haver vento.

Também nas máximas, no Portinho, a temperatura é mais baixa do que na Figuerinha, não havendo vento, enquanto na Figueirinha, esse é de 2 km/h de SW. Para as máximas, esta diferença de temperatura poder-se-á dever às condições microclimáticas dos pontos de medições. Na Figueirinha as medições são feitas num parque de estacionamento, cujo substrato é uma calçada calcária, com elevado albedo e a uma distância de 30 m do mar, enquanto no Portinho, o substrato é arenoso, com menor albedo, e as medições são feitas a cerca de 3 m do mar. A humidade relativa é 20% mais elevada no Portinho.

O comportamento das temperaturas na vertente setentrional do interflúvio do Alto da Madalena não é muito claro, facto que se poderá dever à maior exposição ao vento da área ou às características microclimáticas de cada ponto. O aumento de temperatura verificado em Vila Fresca de Azeitão poderá dever-se a menor altitude e ao facto de ser uma área urbanizada.

4.6.3. Resultados das medições itinerantes do dia 8/3/97

Na carta sinóptica deste dia observa-se em altitude uma gota fria a oeste de Portugal. Os dados apresentados por RAMOS (1986) apontam para uma média, entre 1974 e 1980, de 4 dias em Março com esta situação. À superfície, Portugal encontra-se sob a influência de um pântano barométrico, não sendo claro o fluxo dominante do vento (fig. 34), no entanto na estação de Lisboa/Portela a direcção era de NE. Tal como já foi referido no dia 25/1/97 estas situações de pântano barométrico têm uma frequência baixa em Portugal (RAMOS, 1986).

Na sondagem aerológica feita em Lisboa é possível observar uma estrutura anticiclónica, com subsidência até aos 950 m (fig. 35) prolongando-se a camada de inversão até aos 283 m. Neste dia foram feitas medições itinerantes nocturnas, com início às 04.36h, e diurnas com início às 13.05h. Ao longo do dia o céu manteve-se limpo, tendo-se registado vento fraco de NE nos pontos a norte da Serra da Arrábida, e de sul no sector meridional, durante a madrugada. Nas medições da tarde, nota-se uma diminuição clara da velocidade do vento.

Os valores da temperatura na madrugada de 8/3/97 variaram entre 7,5°C e 16,5°C (fig. 36). As temperaturas mais baixas registaram-se, tal como na situação acima analisada, no Vale da Ribeira da Ajuda. À medida que a altitude aumenta a temperatura também aumenta. Na

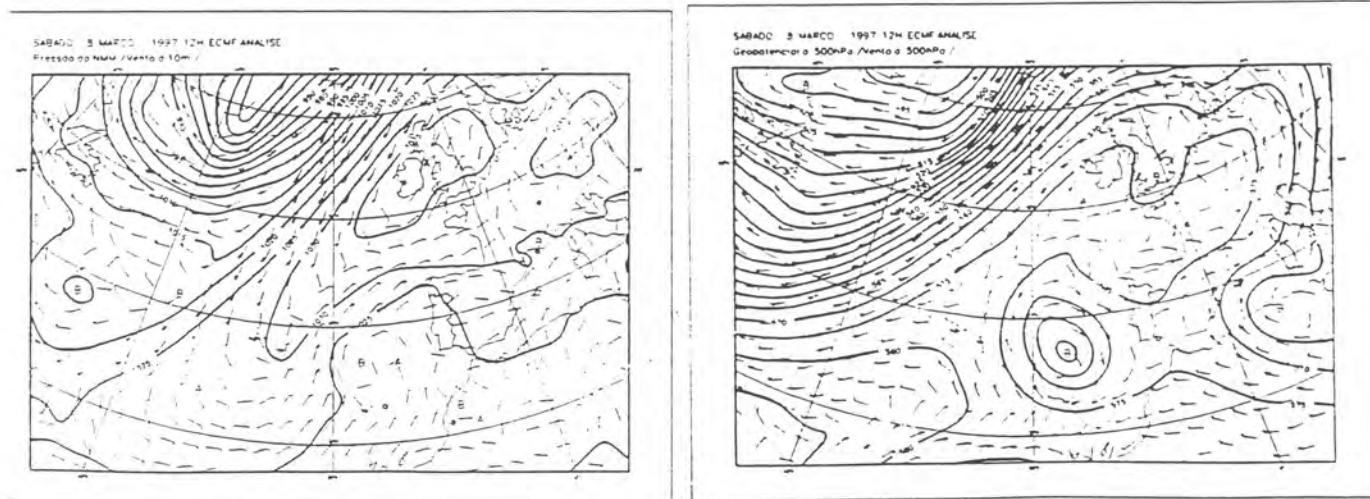


Figura 34 – Situação sinóptica à superfície e em altitude no dia 8/3/97 (Boletim Meteorológico Diário. IM, Lisboa).

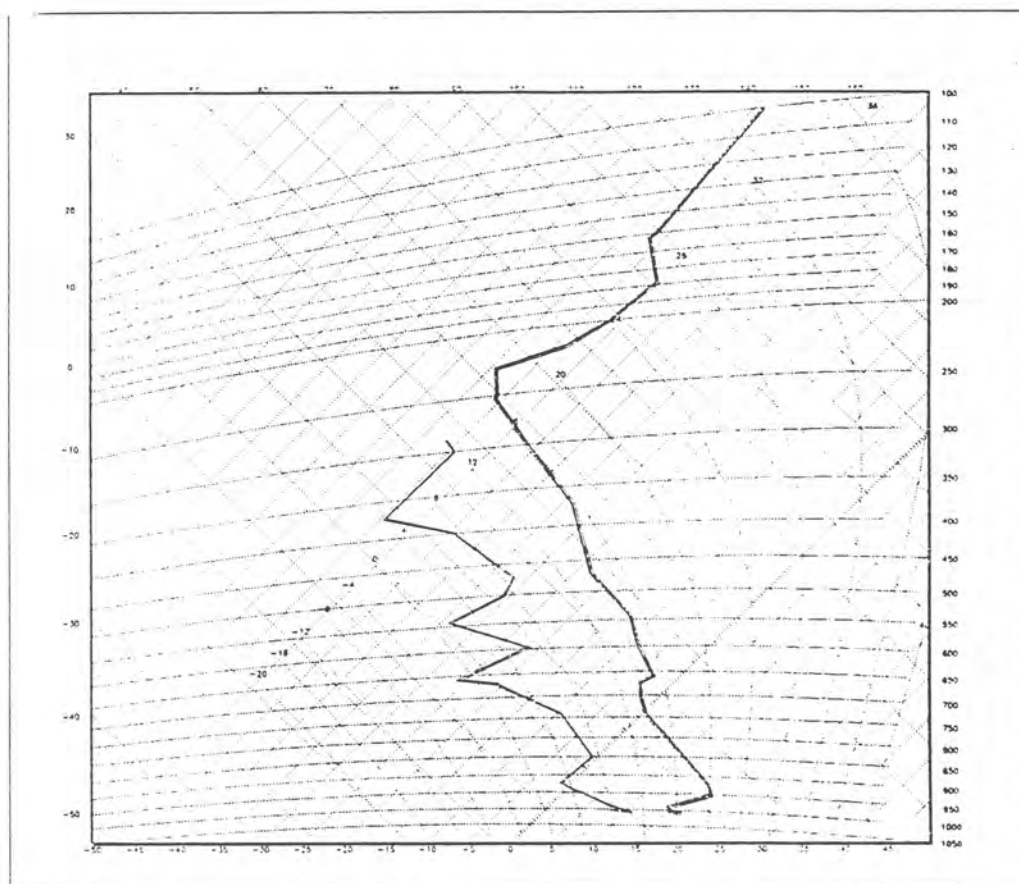


Figura 35 – Sondagem aerológica em Lisboa às 12 UTC no dia 8/3/97 (Boletim meteorológico diário, IM, Lisboa).

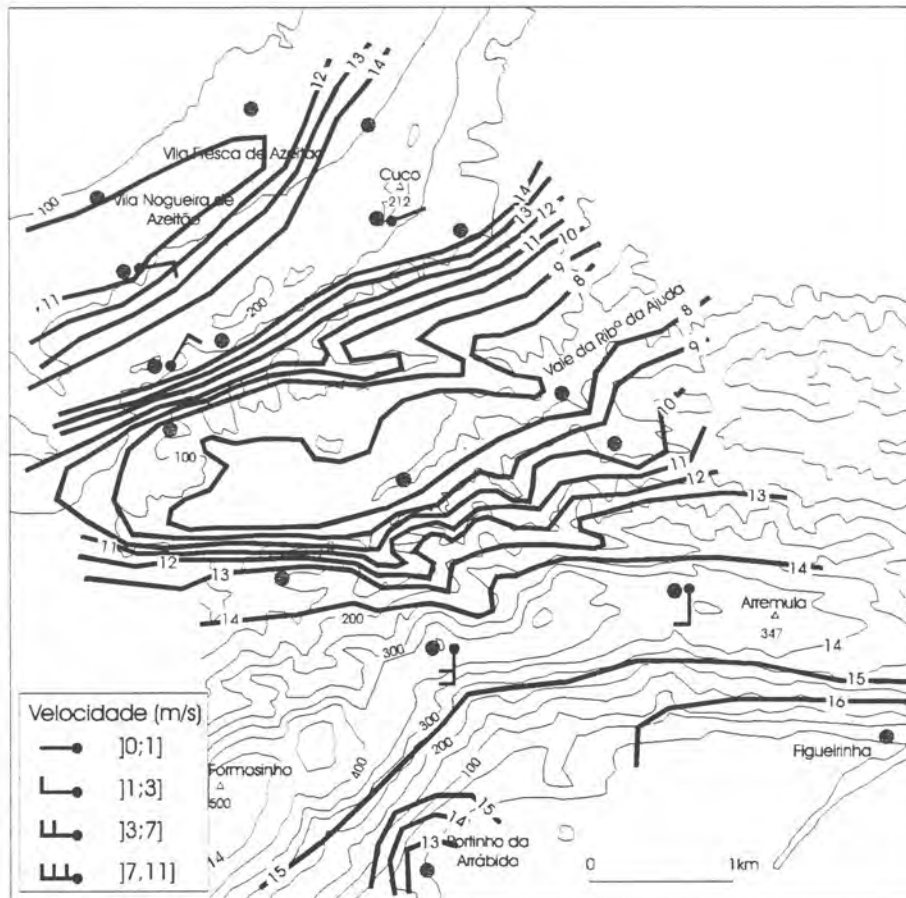


Figura 36 – Temperaturas nocturnas na área da serra da Arrábida.

vertente do Formosinho exposta a norte, o gradiente térmico foi de $+2,4^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ e na vertente da costeira exposta a sul foi de $+4,5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$. O gradiente mais elevado na ultima dever-se-á ao facto de a vertente costeira ter menor altitude. No topo da costeira e na serra da Arrábida, as temperaturas são superiores a 14°C , sendo ligeiramente mais elevadas na Arrábida, porque aí o vento, de sul, é mais forte, com cerca de 15 km/h , transportando ar oceânico, enquanto no topo da costeira o vento é muito fraco (2 km/h) de NE, estando o ar mais frio devido à trajectória continental. A norte da costeira, dá-se novamente uma diminuição das temperaturas com a diminuição da altitude, graças à descida de ar frio ao longo da costeira.

Na vertente sul da Arrábida verifica-se um comportamento distinto no sector ocidental e no oriental. A oriente, as temperaturas aumentam com a proximidade do oceano e com a diminuição da altitude, enquanto a ocidente se verificam temperaturas mais baixas ao nível do mar. Este é um problema interessante e para o qual ainda não obtive explicação. Face às outras

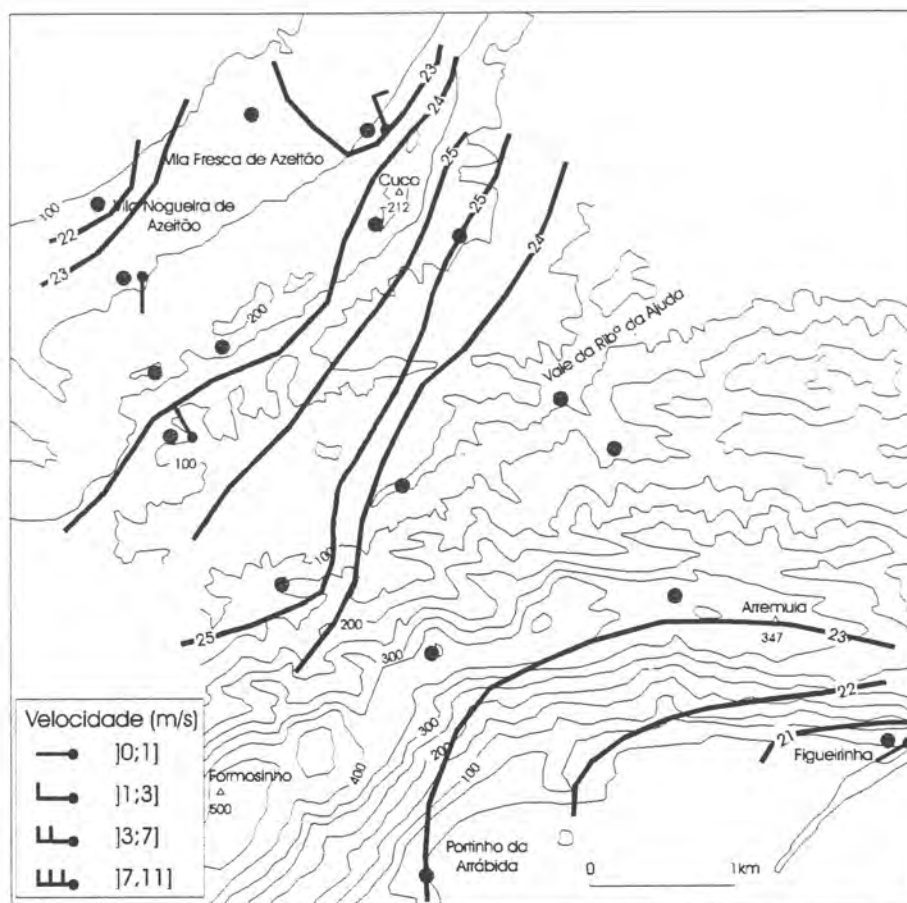


Figura 37 – Temperaturas diurnas na área da serra da Arrábida.

medições e trabalhos efectuados, é a situação do Portinho que parece anómala, pois a temperatura é baixa. A ausência de vento dificulta ainda mais a interpretação deste padrão. O facto parece dever-se a condições locais do Portinho, às quais, estarão possivelmente ligadas as temperaturas da água do mar e, a insuficiência de pontos de amostragem no litoral sul.

No mesmo dia, as temperaturas diurnas variaram entre 25,7°C e 21,6°C (fig. 37). O padrão térmico traduz uma influência clara da continentalidade, muito mais importante do que a da altitude. Assim, a temperatura aumenta progressivamente para o interior, apesar de se notar que a área mais quente é a vertente sul da costeira do Alto da Madalena, sendo a exposição e o abrigo do vento os factores responsáveis por esta mudança no padrão térmico. Alguns pontos apresentam temperaturas mais baixas, as quais se podem explicar pelo vento no ponto A2 e A8 (fig. 11). As temperaturas também mais frescas do ponto B1 são difíceis de interpretar a esta escala de análise.

4.6.4. Remate

As observações efectuadas na área da Serra da Arrábida são ainda insuficientes, pois verificam-se ainda alguns padrões térmicos que não conseguimos explicar. Apesar de se

confirmarem alguns dados já apresentados por ALCOFORADO *et al.* (1993b), verificaram-se também algumas diferenças que ilustram uma certa complexidade na área.

Nas temperaturas mínimas, em noites com estabilidade atmosférica e sem vento, destaca-se claramente a acumulação de ar frio no vale da ribeira da Ajuda, que pode apresentar diferenças térmicas significativas em relação às áreas envolventes. Nas observações efectuadas, esta acumulação de ar frio não é acompanhada por uma cintura térmica, tal como observado por ALCOFORADO *et al.* (1993b). A não existência de cintura térmica poderá estar relacionada com uma inversão térmica em altitude observada nas sondagens aerológicas de Lisboa. Uma camada mais quente em altitude será responsável por uma subida contínua da temperatura ao longo da vertente.

A influência do mar faz-se sentir de forma significativa, e as temperaturas diminuem progressivamente em direcção ao interior. O Formosinho parece funcionar como uma área de transição entre a influência marítima, de sul, e a mais continental, que se faz sentir a norte. O interflúvio do Alto da Madalena apresenta um comportamento distinto do Formosinho, pois não tem uma altitude tão elevada e encontra-se mais afastado do mar. Os padrões térmicos nocturnos da sua vertente norte são difíceis de explicar, uma vez que existe um aumento da temperatura à medida que se desce a costeira, facto que poderá estar relacionado com o efeito da urbanização.

No que respeita às temperaturas máximas, as duas observações efectuadas traduzem-se em resultados distintos. O dia 25/1/97 apresenta as características já mencionadas por ALCOFORADO *et al.* (1993b), denotando a influência da altitude e da posição topográfica no controle das temperaturas. Por outro lado, o dia 8/3/97, ilustra, também, a influência da continentalidade na distribuição das temperaturas (apesar da pequena distância ao litoral).

As temperaturas diurnas são mais elevadas nas áreas deprimidas interiores, como no vale da Ribeira da Ajuda, por estarem mais protegidas do vento, e nas áreas próximas do mar, como a Figueirinha. As temperaturas máximas mais baixas ocorrem nas áreas mais elevadas onde o vento é moderado a muito forte.

No que diz respeito ao vento, este foi variável e fraco, tal como seria de esperar numa situação de pântano barométrico. No entanto, quando há vento nos dias em que se realizaram medições, a direcção é de sul na vertente exposta a sul do Formosinho, e para o norte da serra é de NE a E. As razões podem estar relacionadas com o facto de os pontos de medição situados na base da Serra da Arrábida estarem protegidos do vento de gradiente, tal como já foi observado nos dados das estações automáticas do Portinho e das Antenas.

5. MEDIÇÕES ITINERANTES NA DEPRESSÃO DE SESIMBRA

A segunda área situa-se na bacia de Sesimbra e tem, aproximadamente 3 km de comprimento. As observações decorreram entre Abril de 1996 e Março de 1997, sendo o período de estudo limitado pelo início do curso de Mestrado sobre “Climas Urbanos” onde aprofundámos as técnicas a usar. A partir de então, tentámos, diversificar as campanhas pelas estações do ano, até à fase de redacção. Para a realização das medições itinerantes tentou-se escolher dias anticiclónicos, com céu limpo e vento fraco.

5.1. Enquadramento da depressão de Sesimbra

Em termos morfológicos esta é uma área deprimida embutida na Plataforma do Cabo que, neste sector, apresenta uma altitude de cerca de 200 m. A área está em contacto com o mar, apresentando a linha de costa a forma de uma baía dissimétrica, mais fechada a oeste. Ao longo da linha de costa desenvolve-se uma estreita faixa arenosa. Para o interior partem dois vales principais, de orientação N-S e abertos em direcção ao mar. O vale de Sesimbra, onde se encontra a povoação com o mesmo nome, é o principal e o mais aberto para o mar. O segundo, o vale da Assenta, é menos encaixado e encontra-se suspenso em relação ao mar. Entre os vales referidos, existe um interflúvio que atinge 250 m de altitude, onde se encontra o Castelo de Sesimbra (fig. 38).

Afloram materiais com idades compreendidas entre o Jurássico e o Cretácico, estando os segundos essencialmente representados no sector este da área. Existem também intrusões de doleritos e teschenitos. Na área estudada a estrutura é falhada, complexa, com existência de diversos cavalgamentos, tendo sido inicialmente interpretada como sendo originada por fenómenos de diapirismo (ZBYSZEWSKI, 1965). Actualmente pensa-se que estes fenómenos de diapirismo são controlados por uma tectónica profunda (RIBEIRO, 1979). O Jurássico é essencialmente carbonatado, dominando os calcários, não deixando de ser importantes os afloramentos margosos e gresosos. O Cretácico está representado pelos materiais do Berrisiano inferior ao Hauteriviano, que são constituídos por argilas, grés, margas e calcários.

Na bacia de Sesimbra, estão melhor representados os afloramentos rochosos de calcários nos interflúvios e nas áreas mais declivosas. Na vertente

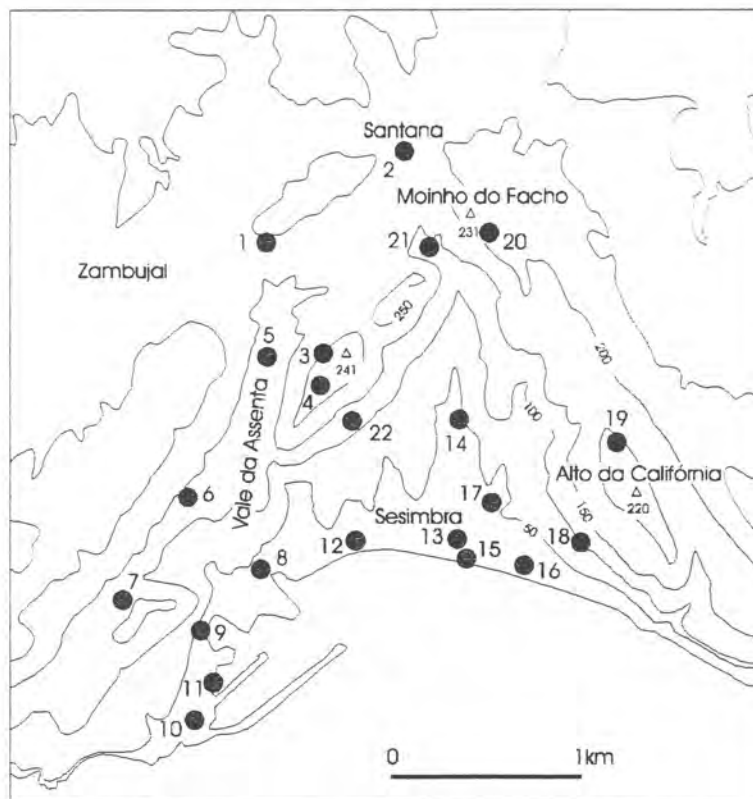


Figura 38 – Localização dos pontos de medição itinerante na área da bacia de Sesimbra.

oeste da bacia de Sesimbra dominam os solos calcários pardos e na leste os barros castanho-avermelhados calcários.

O coberto vegetal é, de uma forma geral, arbustivo a herbáceo, apresentando alguns núcleos arbóreos. Na Carta Agrícola e Florestal de Portugal é possível verificar que os sectores mais elevados e as vertentes mais declivosas correspondem a incultos. Dominavam as culturas arvenses de sequeiro que, em pequenos sectores, estão associadas à vinha, à figueira e à oliveira. As três últimas são cultivadas individualmente em pequenas áreas. Encontra-se um matagal aberto nas arribas junto a Sesimbra, com *Olea europaea var. sylvestris* (Zambujeiro), *Juniperus turbinata* (Sabina da Praia) e *Pistacea lentiscus* (Aroeira) (CAPELO *et al.*, 1993).

Finalmente, a intervenção antrópica faz-se sentir intensamente, manifestando-se na urbanização, no turismo e na agricultura. A pressão turística crescente levou à construção desenfreada de habitações. A actividade agrícola, mais importante no passado, deixa inúmeras marcas na paisagem, principalmente nos fundos de vale e nas áreas antigamente agricultadas.

Os pontos de observação foram escolhidos no sentido de tentar perceber a variação dos parâmetros climáticos ao longo dos dois vales, no topo, a meio e na base das vertentes. A acessibilidade por automóvel foi um factor determinante na selecção dos locais de observação. No vale de Sesimbra, tentou-se também determinar a influência da área urbana nas

Ponto	Declive médio (%)	Latitude N	Longitude W	Altitude (m)	Distância à costa Sul (m)	Dist. costa Oeste (m)	Posição topográfica	Exposição	Ocupação do solo
1	6	38°27'30"	9°6'20"	180	1600	7375	meia vertente	160	Terra batida
2	10	38°27'50"	9°6'10"	180	2100	7850	topo	Plano	asfalto
3	40	38°27'20"	9°6'15"	200	1050	7875	meia vertente	330	asfalto e prado
4	15	38°27'20"	9°6'25"	220	850	8000	topo	plano	terra batida
5	0	38°27'20"	9°6'20"	130	1125	7500	base da vertente	180	asfalto
6	20	38°27'30"	9°6'30"	120	625	9500	meia vertente	140	terra batida
7	15	38°26'30"	9°7'	130	500	7500	topo	plano	terra batida
8	20	38°26'35"	9°6'20"	5	25	9000	base da vertente	180	espaço construído
9	20	38°26'30"	9°6'40"	5	25	8125	base da vertente	100	asfalto
10	40	38°26'20"	9°6'50"	40	150	8250	meia vertente	160	asfalto
11	0	38°26'25"	9°6'40"	5	25	8375	base da vertente	90	asfalto
12	20	38°26'30"	9°6'20"	5	25	9500	base de vertente	180	espaço costurado
13	10	38°26'40"	9°6'10"	10	225	10000	base da vertente	plano	espaço construído
14	15	38°27'10"	9°5'50"	30	750	10000	meia vertente	180	asfalto
15	15	38°26'30"	9°5'50"	5	25	10050	base da vertente	200	calçada
16	20	38°26'25"	9°5'45"	5	25	10600	base da vertente	200	terra batida
17	15	38°26'45"	9°5'35"	50	375	10250	meia vertente	220	espaço construído
18	40	38°26'40"	9°5'40"	100	250	11250	meia vertente	230	asfalto
19	15	38°27'20"	9°5'20"	180	1000	11250	topo	240	prado
20	40	38°27'40"	9°5'20"	220	1850	11000	meia vertente	220	prado
21	80	38°27'30"	9°5'50"	190	1650	10875	meia vertente	140	terra batida

Quadro VIII - Características dos pontos de medição.

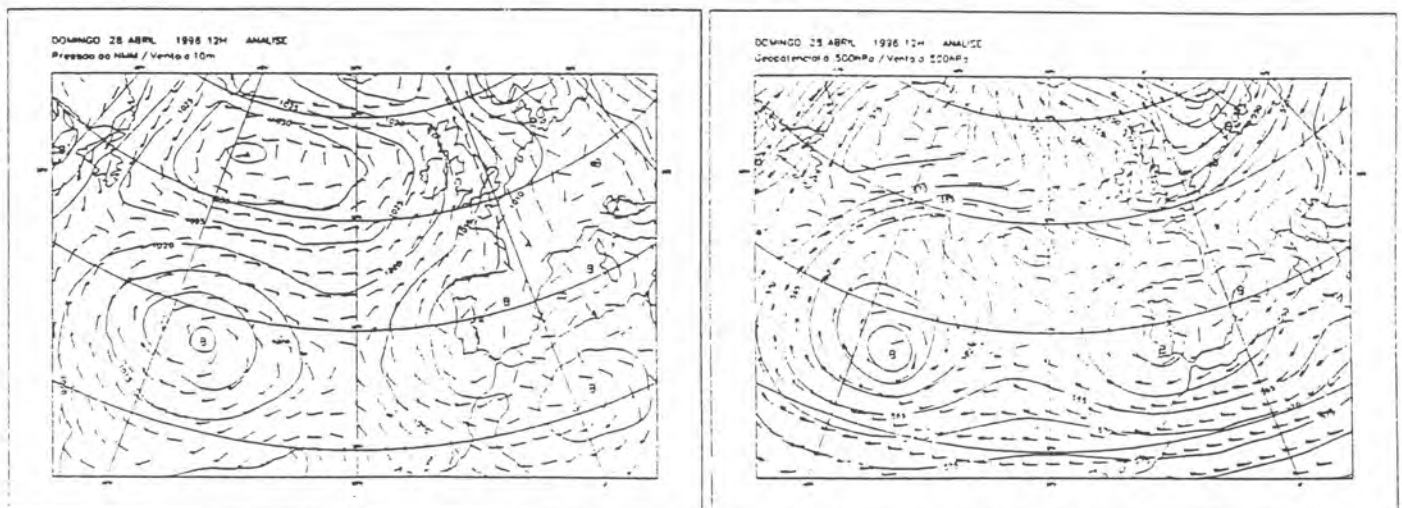


Figura 39 – Situação sinóptica à superfície e em altitude no dia 28/4/96 (Bol. Met. diário, IM, Lisboa).

nas temperaturas, escolhendo pontos no interior e nas áreas limítrofes.

O percurso tem um total de 22 pontos, demorando cerca de 1.30h a ser efectuado (fig. 38 e quadro VIII).

5.2. Resultados das medições itinerantes

Neste ponto do trabalho vamos apresentar os resultados das medições itinerantes realizadas na área da depressão de Sesimbra. Foram efectuadas 11 campanhas (8 para as temperaturas mínimas e 3 para as temperaturas máximas), tendo sido medida a temperatura, a humidade relativa e a velocidade e a direcção do vento em pontos seleccionados

5.2.1. Resultados das medições itinerantes do dia 28/4/96

No Boletim Meteorológico Diário é possível observar à superfície uma depressão sobre a Península Ibérica e outra sob o oceano Atlântico (fig. 39). A Península Ibérica está sob acção de um fluxo de N a NE. Em altitude observa-se um bloqueio difluente a afectar Portugal, em particular o seu ramo depressionário. É em Abril que as situações de bloqueio apresentam o maior numero de ocorrência, podendo em média verificar-se em 17 dias (RAMOS, 1986). Segundo a mesma autora a percentagem de situações depressionárias, à superfície, que afectara o estado do tempo em Portugal entre 1974 e 1980 é foi 44%. No mês de Abril o número médio de dias com depressões foi de 14 (RAMOS, 1986).

No dia 28/4/96, as medições iniciaram-se às 12.35h. O céu encontrava-se parcialmente coberto e a nebulosidade e a intensidade do vento aumentaram progressivamente. Devido a nebulosidade ser significativa e variável ao longo do percurso neste dia, não é feita a caracterização das temperaturas e optámos por desenvolver o estudo do vento. Como as condições meteorológicas não eram boas, não foram efectuadas medições nocturnas para esse dia.

A análise da frequência da velocidade e rumo principal do vento permite evidenciar a influência que as características locais podem ter na modificação deste parâmetro climático. As áreas mais elevadas, na plataforma do Cabo, apresentam as maiores velocidades do vento (3,3 m/s), sendo o rumo, de SW no sector oriental e de S no ocidental (fig. 40). Neste dia o vento de gradiente era do quadrante norte, e só foi registado no primeiro ponto de medição, situado numa portela. A partir desse ponto passou a S, talvez por a bacia se encontrar em encontrar em abrigo do vento de gradiente. É nítida a influência da topografia na direcção do vento. Este é desviado nos vales e neles apresenta uma menor velocidade. A menor velocidade, talvez,

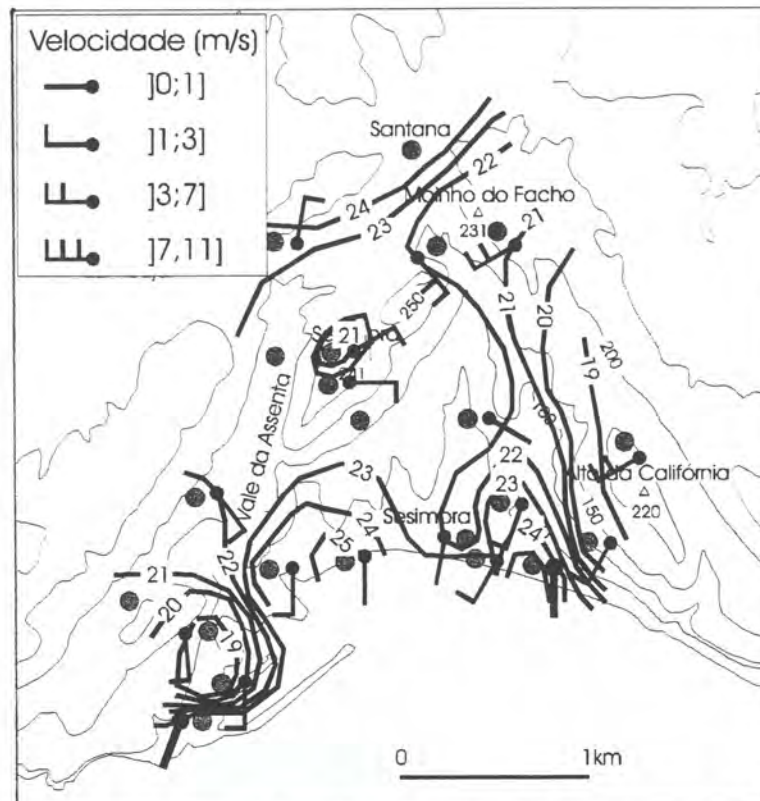


Figura 40 – Temperaturas diurnas e vento na área de Sesimbra no dia 28/4/96.

se deva ao maior atrito resultante de obstáculos topográficos ou do coberto vegetal. Exceptua-se o local de observação no alto do vale de Sesimbra (ponto 21) em que o vento é canalizado no vale e apresenta maior velocidade. Junto à costa o vento é de sul.

5.2.2. Resultados das medições itinerantes do dia 12/5/96

No Boletim Meteorológico Diário observa-se à superfície um anticiclone ao largo de Portugal, estendendo-se em crista pelo Atlântico Norte, com um fluxo de NW. Em altitude, Portugal encontra-se sob uma corrente zonal rápida (fig. 41). Segundo RAMOS (1986), a circulação zonal tem, em média uma fraca representação no mês de Maio, tendo ocorrido no período estudado pela autora, em 7 dias. Relativamente às situações anticiclónicas à superfície, a mesma autora menciona o seu predomínio no mês de Maio (52%).

As medições tiveram início às 5.48h, com céu limpo e vento fraco, tendo sido observadas várias situações de calma. Neste dia não foi efectuada a medição da tarde, pois a situação meteorológica tornou-se instável.

Durante o percurso efectuado, a velocidade do vento foi fraca, aumentando, de um modo geral, com a altitude e com a exposição a NW (fig. 42). Deste modo, são as áreas expostas a NW que apresentam a maior velocidade do vento (entre 1,2 a 1,8 m/s). Observa-se a canali-

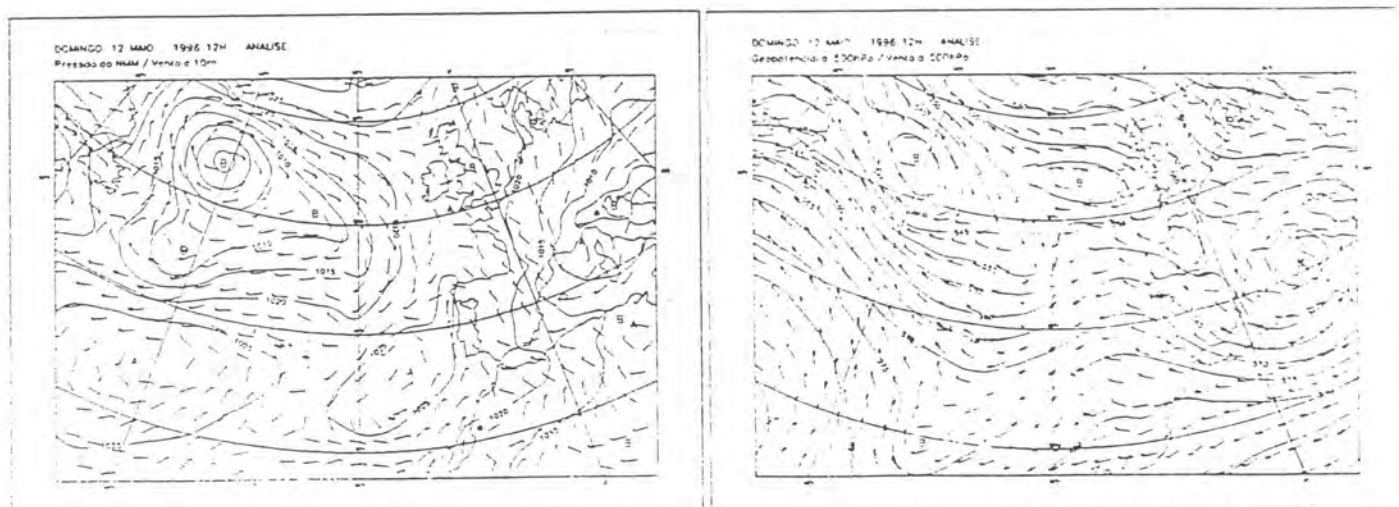


Figura 41 – Situação sinóptica à superfície e em altitude no dia 12/5/96 (Bol. Met. Diário. IM. Lisboa).

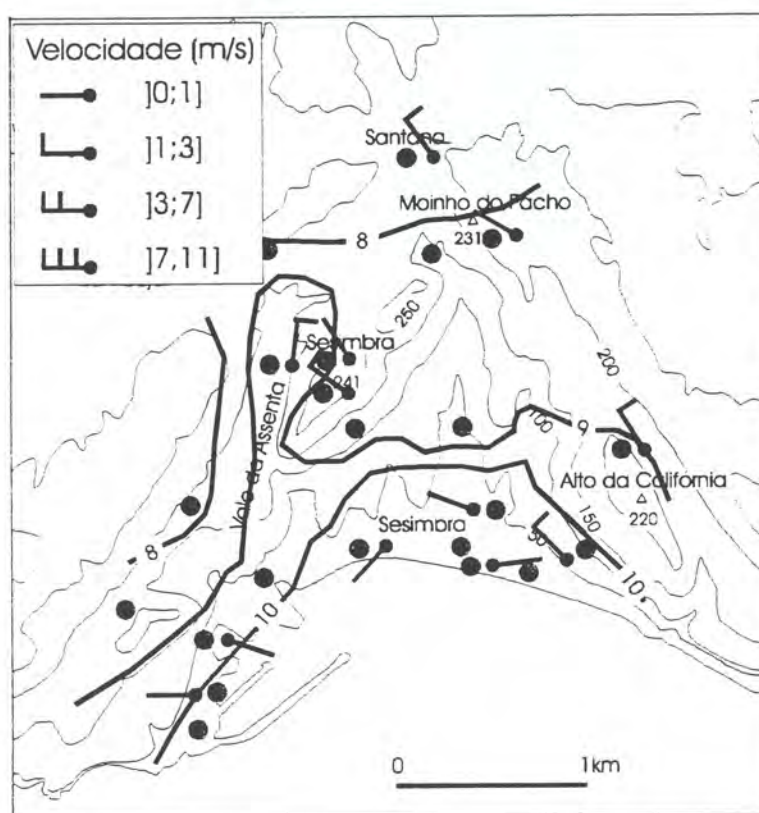


Figura 42 – Temperaturas nocturnas e vento na área de Sesimbra no dia 12/5/96.

zação do vento no vale da Assenta. As áreas mais deprimidas do vale de Sesimbra apresentam situações de calma ou de vento fraco.

A temperatura diminui com o afastamento ao mar e com a altitude.

5.2.3. Resultados das medições itinerantes do dia 25/5/96

Na carta sinóptica, observa-se em altitude uma circulação zonal de oeste (fig. 43). À superfície, Portugal Continental e a Europa Central encontram-se sobre a influência de uma

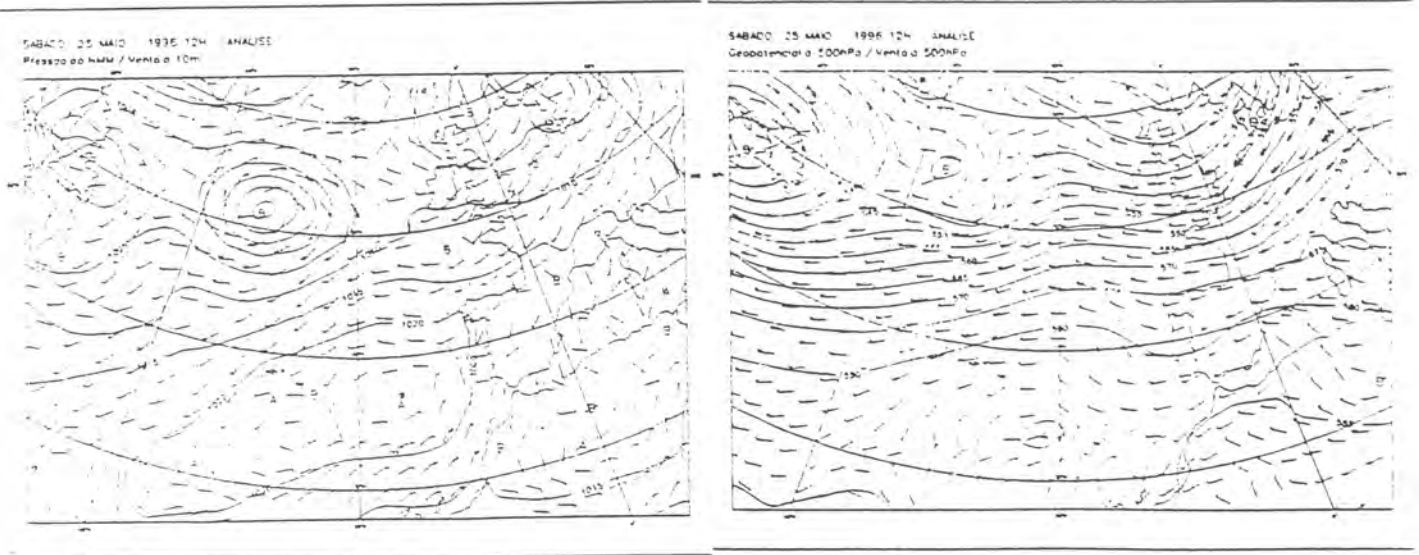


Figura 43 – Situação sinóptica à superfície e em altitude no dia 25/5/96 (Bol. Met. Diário. IM. Lisboa).

faixa anticiclónica. No Atlântico Norte e na Europa setentrional encontram-se depressões. Portugal estava sob a acção de um fluxo de Oeste. Neste dia foram feitas medições nocturnas, com início às 5.05h, e diurnas, com início às 14.20h.

Na madrugada do dia 25, os valores mais elevados do vento foram observados no sector oriental da Plataforma do Cabo (pontos 19 e 20 - 3,3, a 3,9 m/s), com um rumo de NE (fig. 44). O vento é desviado ao longo dos vales, sofrendo uma diminuição da velocidade, facto que parece dever-se ao atrito. É nítida a influência da topografia nos ventos locais, especialmente pelos desvios.

À tarde, a velocidade do vento aumentou, sendo registado uma velocidade média de 4,5 m/s (fig. 45). A direcção do vento nos pontos 19 e 20, na plataforma do Cabo modificou-se quando se fizeram as medições nos dois pontos. É nítido, nesta observação, o domínio dos ventos deste rumo nas áreas mais elevadas. Para sul, o vento sofre uma diminuição na velocidade e mudanças de direcção devido à topografia. O relevo vai determinar que alguns pontos se encontrem numa situação de abrigo, como acontece nos pontos 5, 7, 8 e 17. No último caso, a morfologia urbana é responsável pela situação de abrigo.

Os valores da temperatura, na madrugada, variam entre 11°C e 14°C. Com a aproximação ao mar, a temperatura aumenta, sendo a área urbana de Sesimbra e do porto as mais quentes. As temperaturas mais elevadas na área urbana justificam-se pela maior superfície construída que, depois do pôr do sol, vai libertando calor mais lentamente do que o campo envolvente (ALCOFORADO 1993, p.160). No vale da Assenta, observa-se uma pequena acumulação de ar frio (11°C), não tendo sido possível identificar uma cintura térmica na vertente do Castelo. Nos

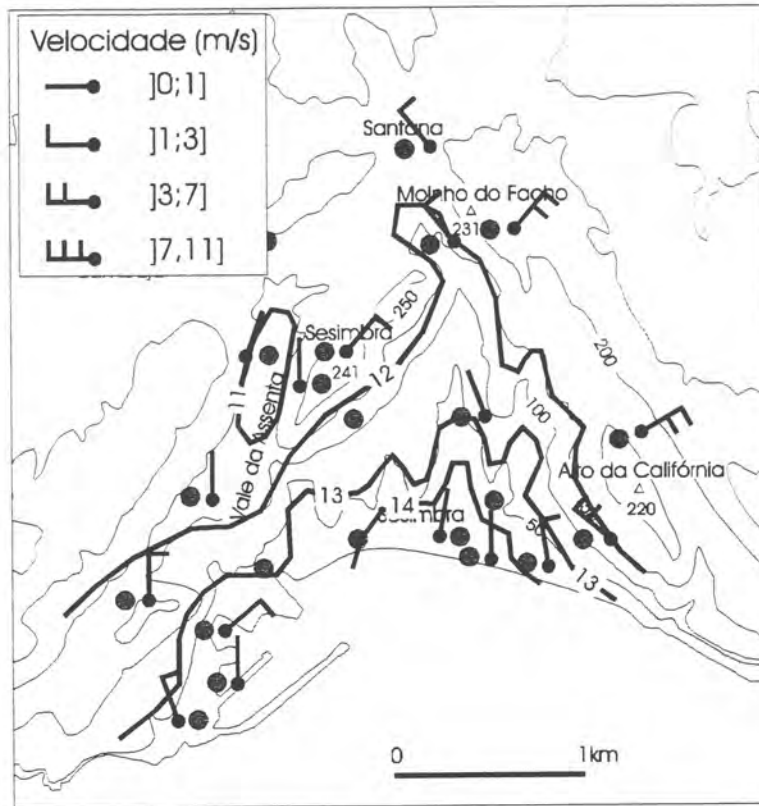


Figura 44 – Temperaturas nocturnas e vento na área de Sesimbra no dia 25/5/96.

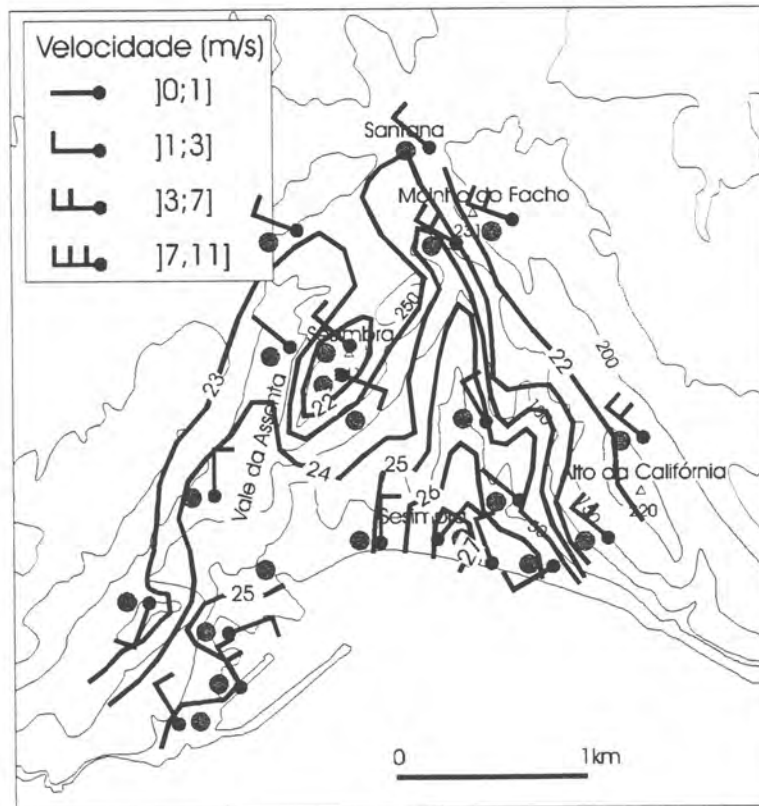


Figura 45 – Temperaturas diurnas e vento na área de Sesimbra no dia 25/5/96.

vales, a temperatura aumenta para jusante. A Plataforma do Cabo apresenta valores mais baixos, verificando-se uma diminuição da temperatura com altitude. *Exatidão com 11.10.1996 ME*

À tarde, o padrão de distribuição das temperaturas é semelhante ao da madrugada deste dia, acentuando-se as diferenças de temperatura com a altitude (a temperatura varia entre 27°C e 23°C – fig. 45). O núcleo urbano de Sesimbra corresponde à área mais quente (27°C). Parece verificar-se um prolongamento da temperatura do núcleo urbano ao longo do vale de Sesimbra. *mais elevada de vale (em 11.10.1996)* É interessante salientar que a área urbana de Sesimbra e o porto de abrigo apresentam temperaturas mais elevadas do que o campo envolvente durante o dia, devido principalmente à sua posição topográfica deprimida, que faz com que a área esteja abrigada do vento dominante e receba a radiação solar reflectida das vertentes que a rodeiam, contribuindo assim, para aumentar a energia recebida pela superfície urbana. A actividade humana que se faz sentir a esta hora é também um factor a considerar, especialmente pelo calor do trânsito automóvel.

5.2.4. Resultados das medições itinerantes do dia 14/08/1996

Neste dia, na carta sinóptica observa-se que, em altitude, sobre Portugal se situa um vale depressionário. Segundo RAMOS (1986) trata-se do tipo de circulação com menor representação no mês de Agosto, ocorrendo em média em 4 dias. À superfície temos sobre a Península Ibérica uma depressão com fraco gradiente isobárico, sendo o fluxo do vento de norte (fig. 46).

Apenas efectuámos o estudo das temperaturas mínimas, pois durante o dia aumentou a nebulosidade e o vento, que fora sempre fraco de norte durante a madrugada, tornou-se variável. As medições iniciaram-se às 5h e as temperaturas mais baixas ocorreram no sector oriental da área, no interflúvio oriental da bacia de Sesimbra *acima a oeste, mais quente* (fig. 47). O valor mínimo da temperatura foi 14,3°C. As temperaturas mais elevadas observaram-se junto ao mar, e a norte da povoação de Sesimbra. O padrão térmico encontrado é muito interessante, pois revela claramente a influência da altitude e do mar nas temperaturas, embora no vale da Assenta se verifique já uma situação de acumulação de ar frio. Assim, são os interflúvios as áreas mais frias, e encontra-se o litoral, mais quente. É igualmente notória a influência dos sectores urbanizados, como a vila de Sesimbra e a área portuária na elevação das temperatura. A acumulação de ar frio do vale da Assenta é nítida, e especialmente interessante, pois o vale encontra-se muito próximo do mar. Esta acumulação será determinada por o fundo de vale ser largo e ter um fraco declive. É também notória a formação de uma cintura térmica na vertente

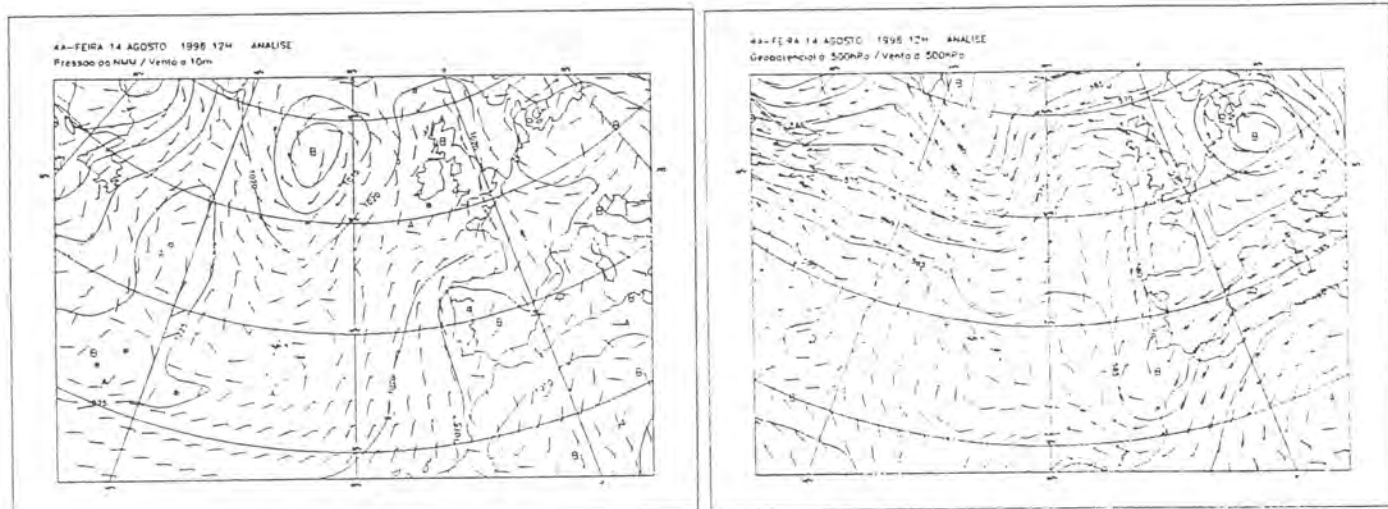


Figura 46 – Situação sinótica à superfície e em altitude no dia 14/8/96 (Bol. Met. Diário, IM, Lisboa).

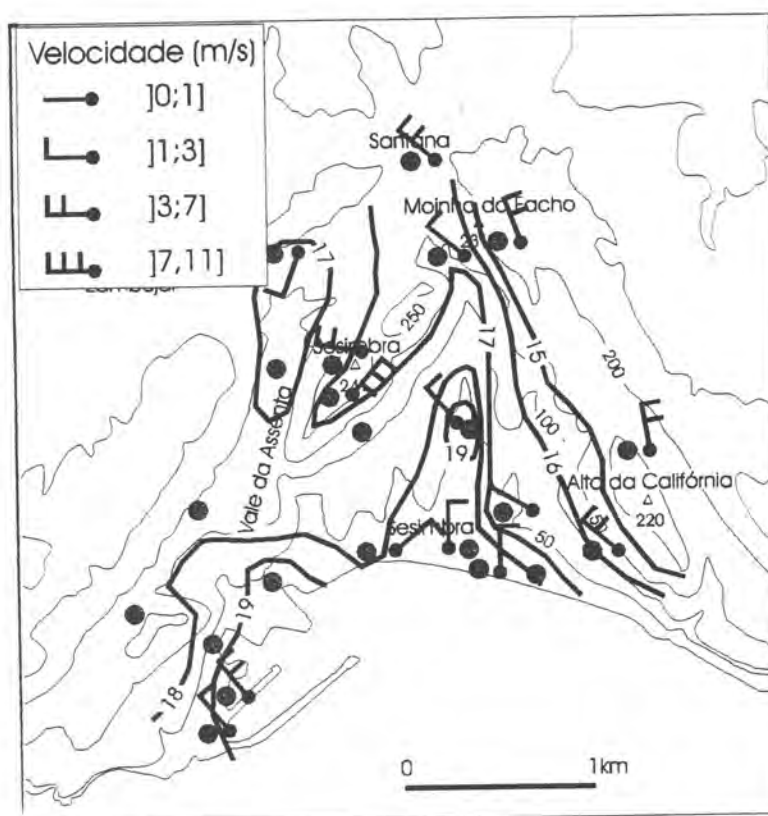


Figura 47 – Temperaturas nocturnas e vento na área de Sesimbra no dia 14/8/96.

ocidental do Castelo, pois no topo desse interflúvio, muito exposto ao vento, a temperatura volta a baixar. Foi possível observar, assim, diferenças de temperatura de cerca de 5°C, em áreas relativamente próximas.

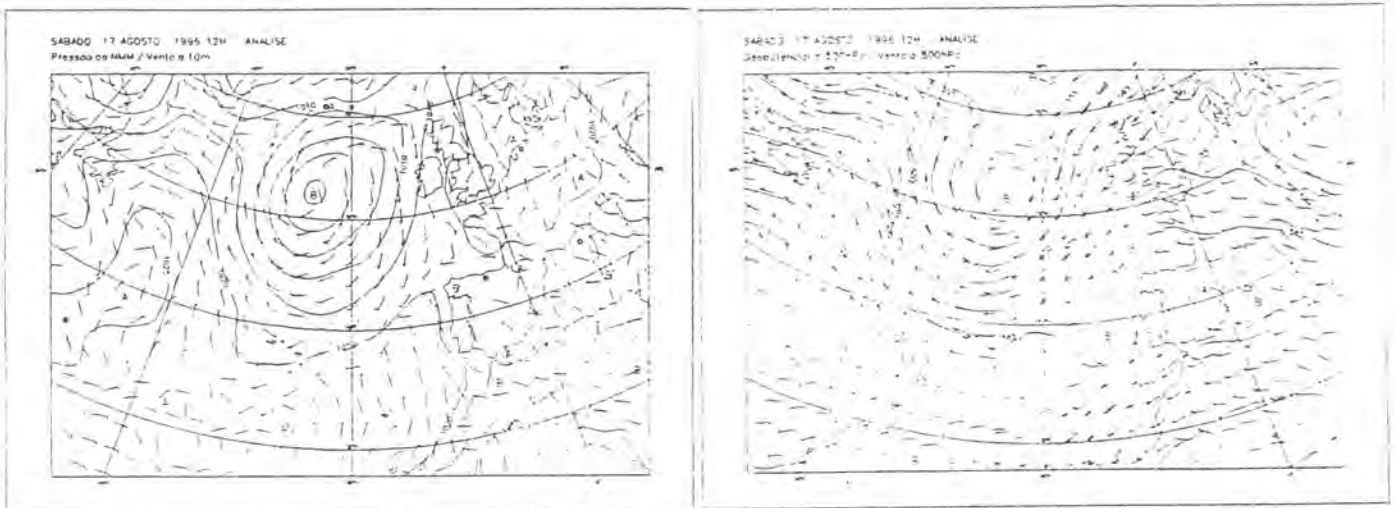


Figura 48 – Situação sinóptica à superfície e em altitude no dia 17/8/96 (Bol. Met. Diário, IM, Lisboa).

5.2.5. Resultados das medições itinerantes do dia 17/08/1996

Em altitude, Portugal encontra-se no flanco oriental de um pequeno vale, estando à superfície sob a influência de um colo barométrico (fig. 48). Em altitude verifica-se então, uma corrente ondulatória, que segundo RAMOS (1986) tem fraca ocorrência no mês de Agosto, bem como a situação, à superfície, de pântano barométrico. O vento era de NW e o céu apresentava-se pouco nublado.

Neste dia foram feitas as medições da madrugada, com início às 5.30h. Não se mediram as máximas, pois a nebulosidade aumentou, bem como a velocidade do vento. Trata-se de uma situação em que o vento era fraco, sendo de N junto ao mar. Em dois pontos mais afastados do mar (1 e 2) foi registado vento fraco de SE.

A distribuição das temperaturas obtida é claramente distinta daquelas que encontramos habitualmente na área (fig. 49). As temperaturas nocturnas mais baixas surgem no litoral e na cabeceira do vale de Sesimbra, sendo os interflúvios, as áreas mais quentes, situação atípica para as mínimas. É um padrão dificilmente explicável com os dados de que disponho, pois ocorrem algumas situações térmicas diferentes em situações topográficas idênticas, como na cabeceira do vale de Sesimbra, onde o ar é frio, e o fundo do vale da Assenta, com ar mais quente. Se não considerássemos a presença do oceano poderíamos interpretar este caso como de uma acumulação generalizada de ar mais frio em toda a depressão de Sesimbra. Será que uma temperatura do mar anormalmente baixa, poderia exercer uma fraca influência na temperatura do ar? Outra hipótese poderá estar relacionada com a afluência de uma massa de ar marítima mais fria, vinda de sul que arrefece toda a área litoral e é canalizada ao longo do

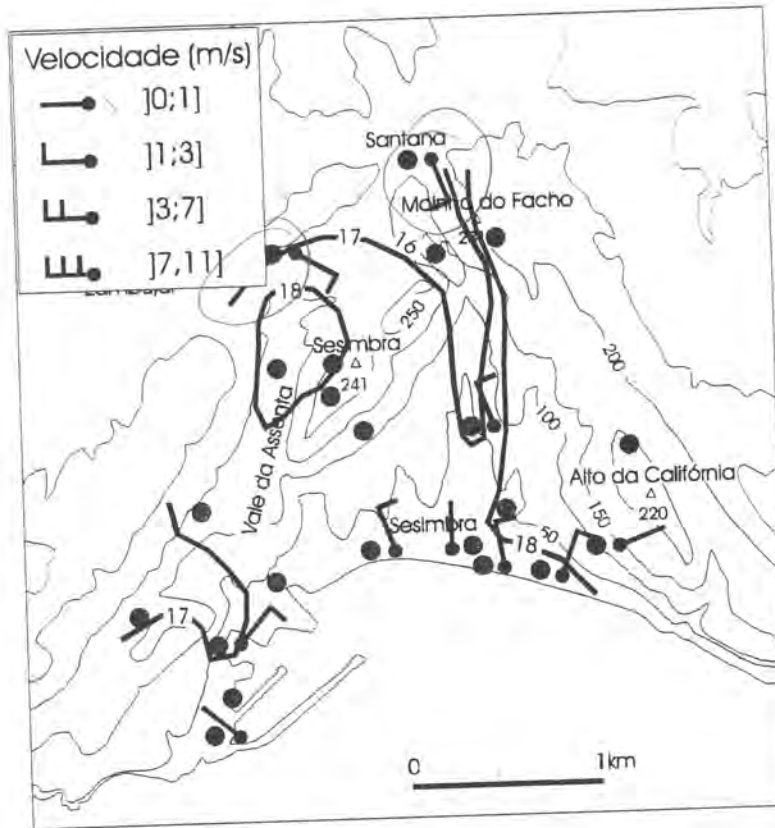


Figura 49 – Temperaturas noturnas e vento na área de Sesimbra no dia 17/8/96.

vale mais aberto que é o de Sesimbra, deixando os interflúvios livres.

Estas medições foram as que mostraram uma menor variabilidade espacial, sendo o valor do desvio padrão de $0,7^{\circ}\text{C}$.

5.2.6. Resultados das medições itinerantes do dia 17/11/1996

Na carta sinóptica é possível observar que em altitude Portugal se encontra no flanco ocidental de um vale depressionário (fig. 50). Esta circulação ondulatória ocorre preferencialmente no Outono, tendo o máximo em Outubro, seguindo-se Novembro com um numero de 11 dias em média. As situações com vales planetários têm um total de ocorrência de 20 dias em Novembro (RAMOS, 1987). À superfície, encontra-se sob a influência de um anticiclone perturbado que se situa no Atlântico a norte dos Açores. Segundo RAMOS (1986) é em Novembro que ocorrem o maior numero de situações anticiclónicas (73%). O fluxo do vento é de norte a ocidente de Portugal e de NW sobre Portugal.

No dia 17/11/96 foram medidas as temperaturas mínimas, tendo sido corrigidas em relação às 6.00h. O vento era fraco, aumentando de velocidade ao longo do dia, e o céu foi ficando progressivamente nublado (fig. 51). A repartição das temperaturas na bacia de Sesimbra evidencia uma clara relação com a altitude e distância ao mar. Assim, as áreas mais frias

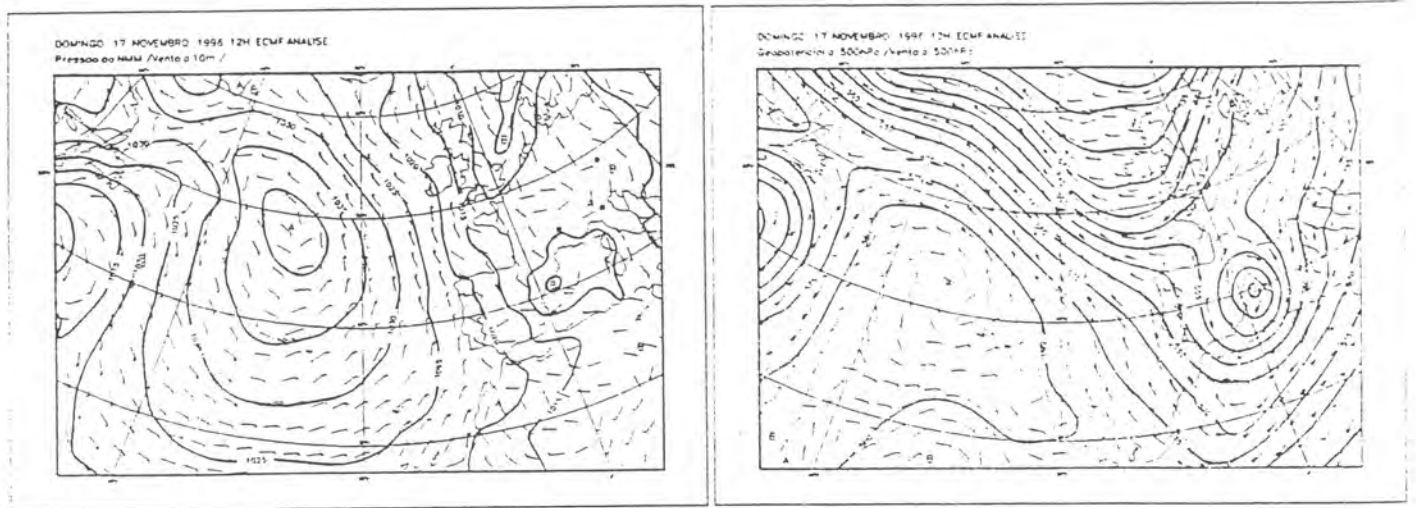


Figura 50 – Situação sinótica à superfície e em altitude no dia 17/11/96 (Bol. Met. Diário. IM. Lisboa).

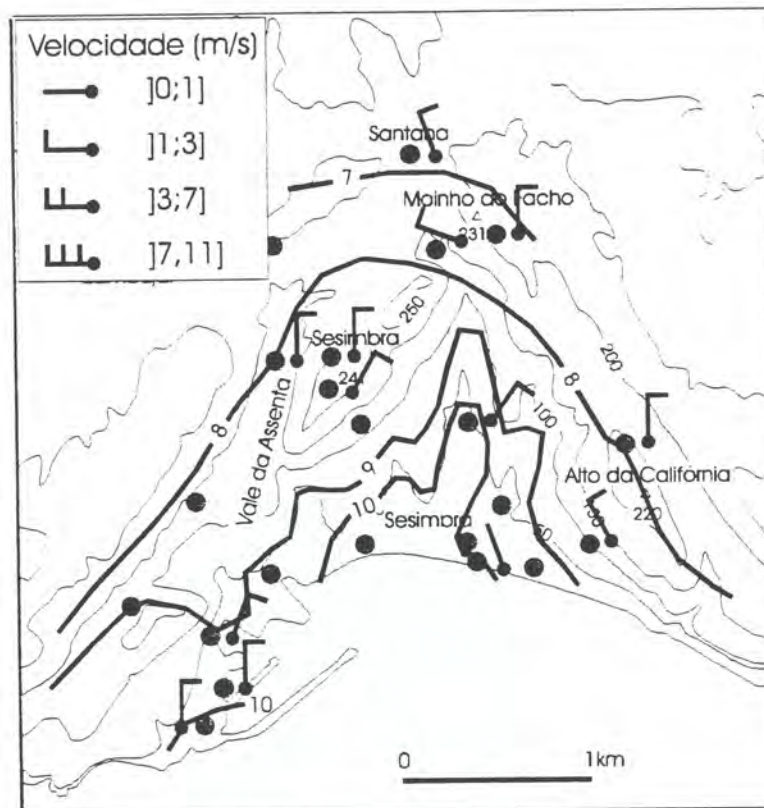


Figura 51 – Temperaturas nocturnas e vento na área de Sesimbra no dia 17/11/96.

localizam-se nos interflúvios que circundam a depressão, os quais estão também mais expostos ao vento. Próximo do litoral, as temperaturas são mais altas, assim como ao longo do vale de Sesimbra, para o interior. A influência da área urbana não é muito clara, pois as isotérmicas parecem deformadas, sem se encontrarem concêntricas ao núcleo urbano. Este facto pode-se dever à maior exposição ao vento do ponto 13, situado numa rua de orientação norte-sul. É

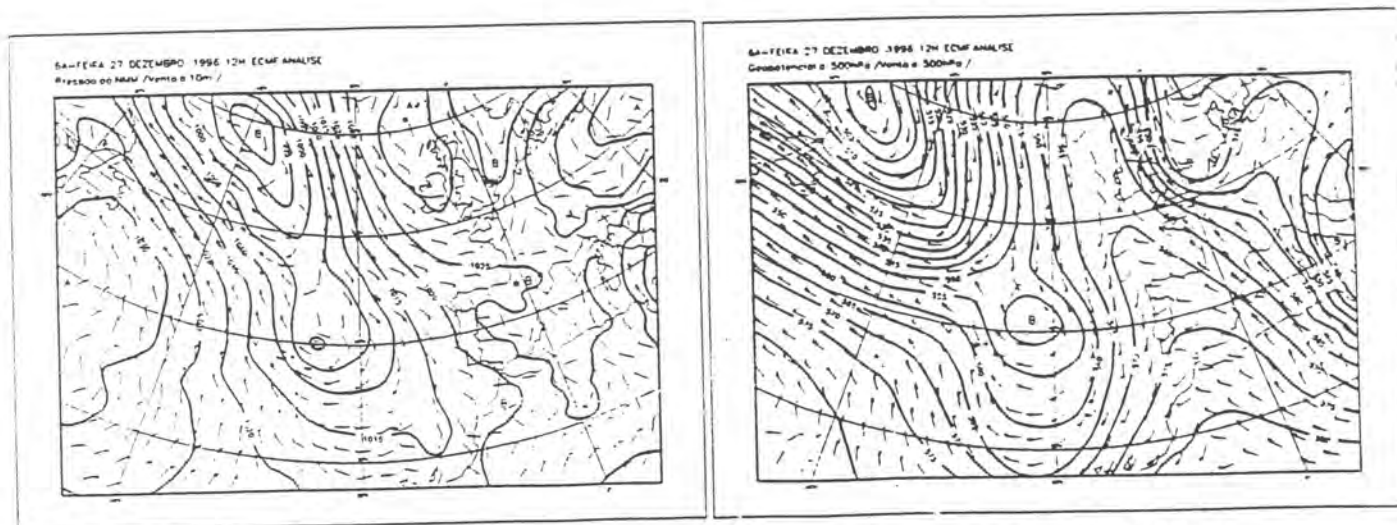


Figura 52 – Situação sinóptica à superfície e em altitude no dia 27/12/96 (Bol. Met. Diário. IM. Lisboa).

importante notar que não se verificou qualquer acumulação de ar frio nos vales, talvez graças à sua direcção N-S que facilita a canalização do vento.

5.2.7. Resultados das medições itinerantes do dia 27/12/1996

No dia 27/12/96, observa-se em altitude, sobre a Península Ibérica e o norte de África, uma crista, estando Portugal no eixo desta (fig. 52). Segundo os dados apresentados por RAMOS (1986), as correntes ondulatórias ocorrem em média 11 dias em Dezembro, e as dorsais, uma média de 5 dias no mesmo mês. À superfície, Portugal encontra-se sob acção de um anticiclone, sendo o fluxo de E. Neste mês a frequência de situações anticiclónicas é de cerca de 45% (RAMOS, 1986). Uma extensa faixa nebulosa afectava o continente, só sendo útil realizar as medições das mínimas, pois então, o céu ainda se encontrava limpo.

As medições iniciaram-se às 4.55h, não tendo sido corrigidas as temperaturas, pois não se verificou uma variação significativa entre a primeira e a última medição. O padrão térmico encontrado é idêntico ao descrito no dia 17/11/96, com uma clara influência da altitude e do oceano nas temperaturas (fig. 53). A altitude é responsável pela descida da temperatura, com um gradiente de $-2^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ na vertente do interflúvio do Castelo exposta a SE e de $-2,3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ na vertente da bacia de Sesimbra exposta a W. O Oceano é responsável pela amenização das temperaturas nas áreas mais próximas deste. O vento apresenta um domínio do rumo norte, embora se encontrem desvios locais, especialmente próximo do litoral, onde ganha uma componente de leste, acompanhando a linha de costa (fig. 53). A sua acção nas temperaturas deverá ser também significativa, baixando estas nas áreas mais expostas.

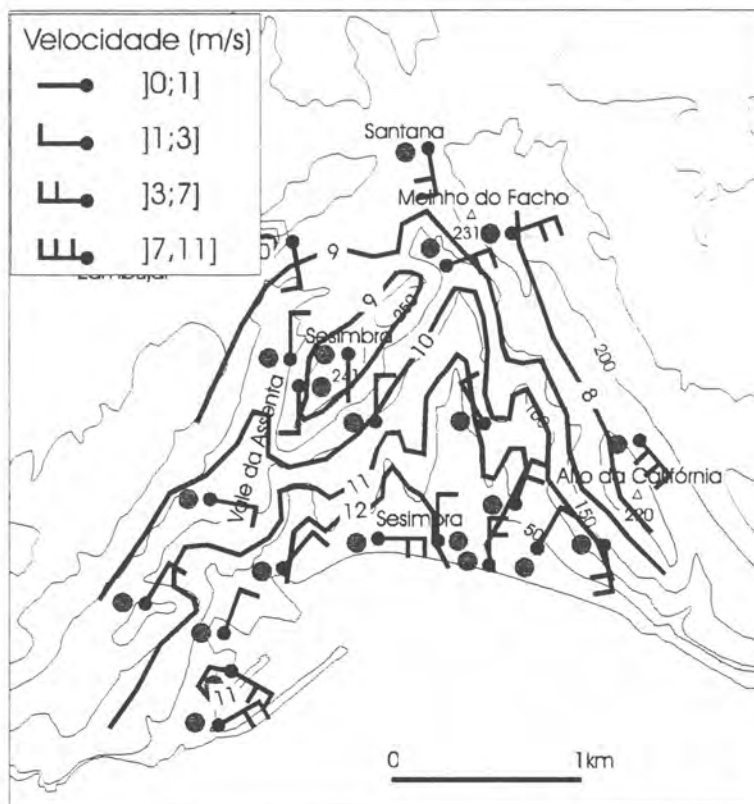


Figura 53 – Temperaturas nocturnas e vento na área de Sesimbra no dia 27/12/96.

Exemplo interessante é o ponto 13, em que se verifica também uma ligeira descida da temperatura no interior da área urbana, tal como no dia acima referido. Este facto dever-se-á à canalização do vento na rua onde é efectuada a medição.

5.2.8. Resultados das medições itinerantes do dia 25/01/1997

Tal como já foi referido ao analisar as medições efectuadas na área da Arrábida, neste dia, Portugal, em altitude, está sob a influência de uma crista de um bloqueio em omega, já em fase de dissipação (fig. 29). Segundo RAMOS (1986) as situações de bloqueio têm um elevado numero de dias de ocorrência em Janeiro (14 dias). À superfície, a Península Ibérica apresenta um pântano barométrico, com vento fraco e variável. Estas situações têm uma frequência muito baixa (2% segundo RAMOS,1986). Na imagem de Satélite (BMD), é possível observar que o céu se apresentava muito nublado no Norte da Península, estando pouco nublado em Portugal.

Com base nas sondagens aerológicas de Lisboa às 12 UTC do dia 24 e 25 verifica-se que se trata de uma estrutura anticiclónica (fig. 30 e 31). É notória uma inversão térmica até aos 320 m, que parece relacionada com um arrefecimento radiativo.

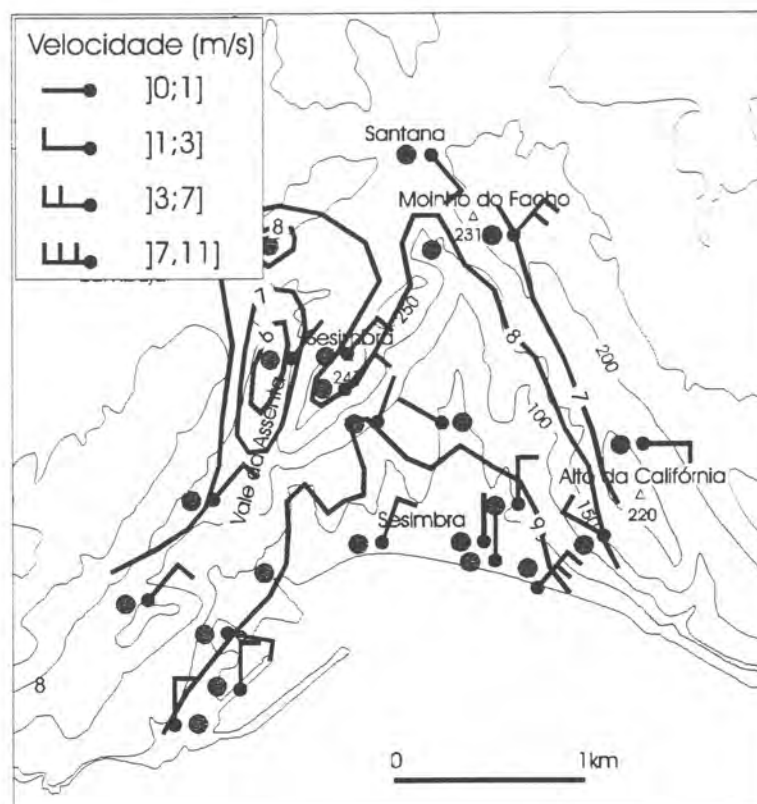


Figura 54 – Temperaturas nocturnas e vento na área de Sesimbra no dia 25/1/97.

Relativamente às mínimas, a mais baixa foi de 5,8°C no vale da Assenta, tendo-se reunido condições propícias para a acumulação de ar frio no fundo de vale (fig. 54). Aí o vento era fraco de NE (0,6 m/s). Com o aumento da altitude, no castelo há um aumento na temperatura, observando-se vento fraco de NE (1,2 m/s). Desde os interflúvios que circundam a depressão, e em direcção às áreas mais baixas da bacia de Sesimbra observa-se o aumento da temperatura, atingindo-se o valor máximo junto ao mar, no ponto mais oriental (9,9°C). De uma forma geral, o vento dominante é de N, sendo desviado localmente pela topografia. No entanto, no ponto 2 é de sul, o que faz levantar a hipótese de se tratar de uma modificação pontual. Junto ao porto de Sesimbra também se registou vento de sul, podendo este resultar de uma deformação local ou de uma variação pontual do rumo do vento.

Finalmente, a presença do oceano e da área urbana são também responsáveis por temperaturas mais elevadas junto ao litoral. É de referir ainda que, no vale de Sesimbra, por estar mais aberto ao mar e devido à área urbana não há condições para a formação do lago de ar frio.

Relativamente às temperaturas máximas, o valor mais elevado foi 17,6°C no centro da área urbana de Sesimbra (fig. 55). As áreas mais frescas são os interflúvios, com temperaturas próximas de 14°C. Nota-se aqui também a influência nítida da altitude e proximidade ao mar,

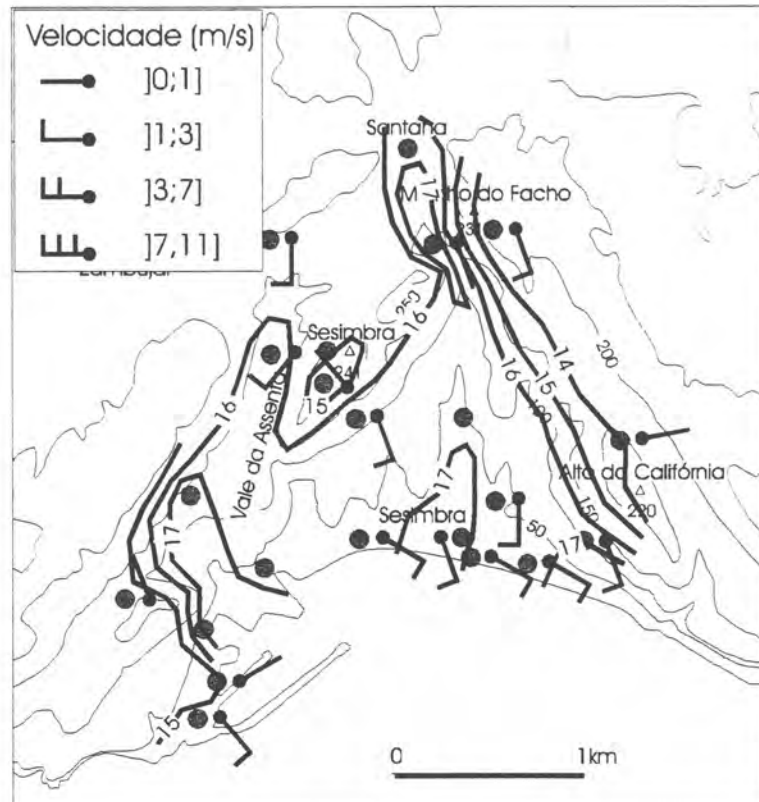


Figura 55 – Temperaturas diurnas e vento na área de Sesimbra no dia 25/1/97.

sendo, no entanto, de salientar o facto de, neste dia, os vales se apresentarem mais quentes do que nas medições com vento de norte. Este facto pode relacionar-se com o vento ser fraco, enquanto nas situações de norte, poderá contribuir para refrescar os vales.

5.2.9. Remate

O estudo da distribuição das temperaturas máximas e mínimas do ar na depressão de Sesimbra mostrou que em situações de estabilidade atmosférica, os padrões térmicos da área são relativamente regulares. Os factores que parecem controlar de modo mais significativo as temperaturas, são a altitude e a distância ao mar. Também importantes serão a disposição do relevo, a exposição ao vento e a densidade de construção.

A forma da depressão de Sesimbra, em concha aberta ao mar, sub-dividida em dois vales pelo interflúvio do Castelo, influencia os padrões encontrados.

Nas madrugadas, as áreas mais frias são os interflúvios, facto determinado pela altitude e posição exposta ao vento que, na maioria dos casos observados, foi de NW. A temperatura aumenta gradualmente com a descida em altitude, facto que associado com a diminuição da distância ao mar, justifica essa diminuição. Excepção a este aumento regular, encontra-se, por vezes, no vale da Assenta, que por ter fundo plano e ligeiramente alcandorado em relação ao

oceano, possibilita a acumulação do ar frio em noites mais estáveis e sem vento. A área mais quente localiza-se quase sempre na vila de Sesimbra, facto que se relaciona com os dois aspectos acima apontados, mas também, com a elevada densidade de construção da área. É de notar que as diferenças de temperatura entre os sectores mais frios e os mais quentes é de 2 a 5°C.

As temperaturas máximas reflectem também a acção dos factores acima descritos. Os sectores mais frios são os interflúvios e as áreas mais quentes, os fundos de vale próximos do mar, e especialmente, a vila de Sesimbra. As diferenças de temperatura variaram entre 3 e 5°C. É no entanto de notar, que as campanhas efectuadas para as temperaturas máximas são em número muito reduzido.

É deste modo possível apontar que a área apresenta um carácter manifestamente controlado pela sua abertura ao mar e morfologia, apenas sendo possível encontrar, já numa escala de pormenor, um pequeno sector, o vale da Assenta, onde se pode verificar a acumulação de ar frio, denotando portanto algumas características mais próximas dos vales interiores da Arrábida. Este aspecto torna clara a necessidade de um estudo de grande pormenor para o conhecimento da variabilidade espacial das temperaturas, pois bastam pequenas variações na morfologia de um vale (por ex. rupturas de declive), para que se possam manifestar padrões térmicos diferentes dos que caracterizam a generalidade de uma área.

Apesar de não ter sido directamente observada na área de Sesimbra, a brisa de mar, deve ali, à semelhança do que sucede no Portinho, ter um importante papel na temperatura do ar durante o dia em situações de estabilidade atmosférica.

5.3. Modelo de estimação das temperaturas para a Depressão de Sesimbra

A investigação nas ciências ambientais tem sofrido modificações profundas desde que os meios informáticos começaram a ser utilizados como ferramenta de trabalho. O tratamento da informação cartográfica não tem sido uma excepção a essas novas tendências. Apesar da grande inércia, a informação cartográfica começou gradualmente a ser realizada num suporte digital, sendo assim mais facilmente utilizável em sistemas de informação geográfica. Com estes são construídos modelos que, consistem numa simplificação da realidade, da qual são seleccionadas algumas propriedades com o objectivo da previsão das propriedades desconhecidas do objecto real.

Para a aplicação de um sistema de informação geográfica à área de Sesimbra partimos da realidade conhecida e registada em diversos mapas. A informação foi extraída dos suportes analógicos para os suportes digitais, sendo para cada tipo de informação construído um *layer*. Em alguns casos, a informação registada nos *layers* pode ser já derivada de outros através da aplicação de um algoritmo que a modifique, ou que seleccione as características que mais importem analisar. No total foram construídos dez *layers*, que depois foram estudados para a construção dos modelos (fig. 56).

Foi ainda construída uma pequena base de dados ligada ao *layer* com a localização dos pontos e com as características climáticas de cada ponto de medição itinerante. Foram aí registadas as temperaturas nocturnas e diurnas medidas. Seguidamente foi feita a ligação entre os vários modelos digitais e a base de dados, no sentido de analisar através de regressões simples e múltiplas, a influência de cada um nas temperaturas observadas (quadro IX). Depois de calculadas as regressões foram escolhidos os dois melhores modelos, que foram depois aplicados para as médias das temperaturas mínimas e das temperaturas máximas, o que permitiu modelizar a sua distribuição em toda a bacia de Sesimbra em dias e noites estáveis e anticiclónicos.

Foi utilizado o software ILWIS 2.1 (*Integrated Land and Water Information System* - ITC, Enchede, Holanda), que permitiu a construção dos *layers*, base de dados e modelos.

O primeiro *layer* a ser realizado foi o Modelo Digital de Terreno, elaborado com base nas curvas de nível extraídas da Carta Militar de Portugal, folha 464 (Sesimbra), na escala 1:25000, utilizando a equidistância de 25 m. No modelo a informação corresponde a um *pixel*

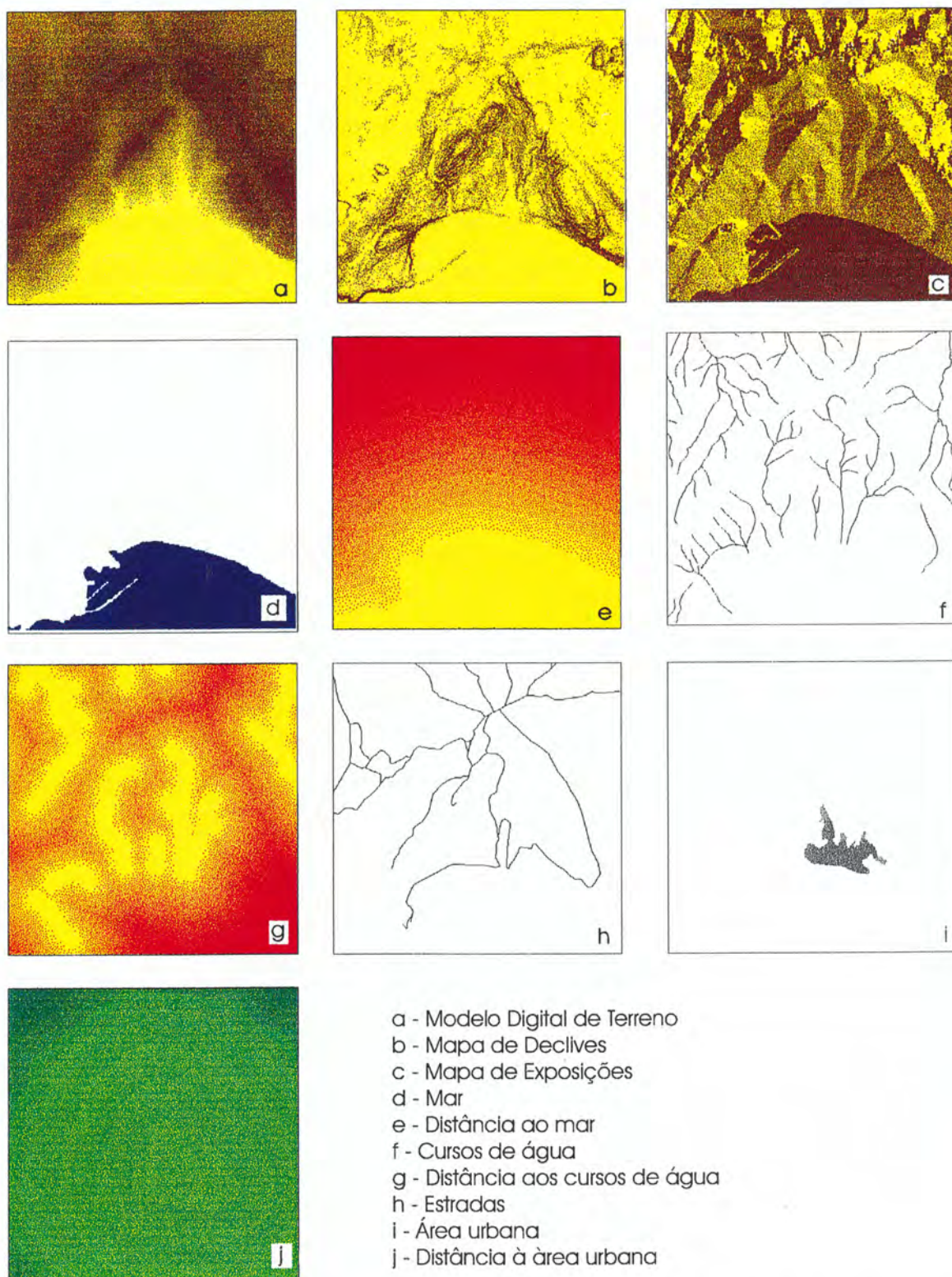


Figura 56 – Layers utilizados no sistema de informação geográfica ILWIS para o estudo da bacia de Sesimbra.

de 10 m (fig. 56). Os modelos digitais de terreno são estruturas numéricas de dados que representam a distribuição espacial da altitude da superfície do terreno (FELICÍSIMO, 1994).

Ainda a partir da Carta Militar de Portugal foi retirada informação para a construção dos *layers* rios, estradas, mar e áreas urbanas (fig. 56). A função destes *layers* é a criação de *layers* derivados com a distância a cada um dos elementos.

Para o *layer* distância aos rios, apenas foram considerados as linhas de água de ordem superior a 2 (método de STRAHLER), pois os de 1ª ordem na área de estudo não apresentam entalhes que pareçam poder influenciar as temperaturas à escala topoclimática. O objectivo principal deste *layer* é representar a distância ao fundo de vale, que como se sabe tem significado nas temperaturas à escala topoclimática.

No *layer* distância ao mar, o objectivo é determinar a influência do mar nas temperaturas observadas.

Para o *layer* áreas urbanas apenas foi considerada a localidade de Sesimbra, por ser a mancha urbana mais importante. Teria sido, eventualmente importante melhorar a mapa incluindo também Santana, apesar de esta ser uma povoação menos importante, com menor densidade de construção. A partir deste *layer* obteve-se o *layer* distância às áreas urbanas, que permite estimar a influência destas na distribuição das temperaturas.

Construiu-se ainda o *layer* estradas, utilizado apenas como referência para a leitura dos mapas, mas que acabou por não ser utilizado, por não melhorar os modelos.

Foi então elaborada uma base de dados com as características dos pontos de medição, tanto as extraídas dos diversos *layers*, como as temperaturas observadas durante as medições itinerantes e as respectivas médias. Estes dados foram posteriormente sujeitos a uma análise estatística através de regressões simples e múltiplas (quadro IX).

As correlações obtidas mostram valores baixos para as primeiras 4 campanhas da tabela (quadro IX). As mais elevadas são obtidas para as temperaturas mínimas, e em particular quando se considera a distância ao mar, a altitude e a distância ao fundo do vale. Para as máximas, os valores das regressões são mais baixos, mas continuam a ser mais significativas as variáveis acima apontadas. As melhores correlações são as obtidas para os valores médios das temperaturas, uma vez que estes tendem a homogeneizar a série, principalmente ao nível das temperaturas mínimas. A regressão tem o valor mais elevado de explicação (0,954) quando se consideram todos os factores, no entanto, os mais importantes são a distância ao mar e a altitude. É de referir que relativamente às temperaturas mínimas, surge uma limitação na regressão linear quando esta utiliza a altitude, uma vez que a diminuição da temperatura com a

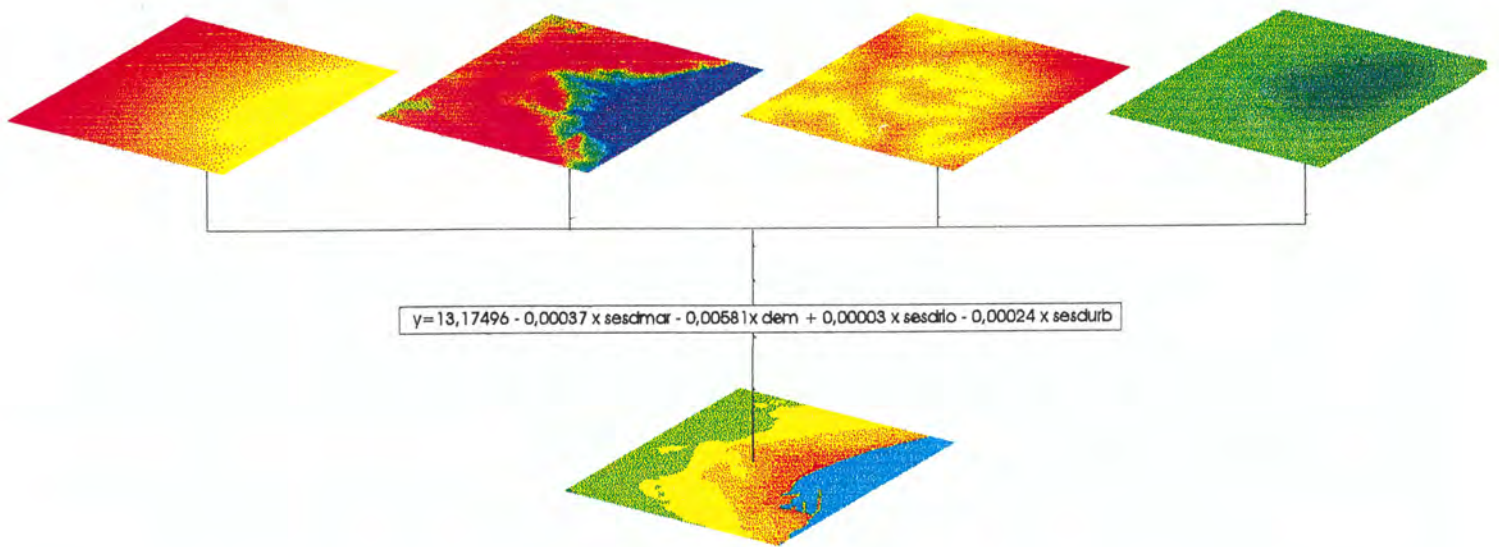


Figura 57 – *Layers* utilizados na regressão com a média das temperaturas obtidas nas campanhas itinerantes para a obtenção da equação da recta e respectivo modelo de previsão das temperaturas nocturnas médias da área da depressão de Sesimbra em situações de estabilidade.

altitude não é linear. Por exemplo, em áreas deprimidas pode haver acumulação de ar frio, o que vai contrariar a tendência que a regressão com este *layer* reflecte, que é a de uma diminuição da temperatura com a altitude. Apesar do *layer* altitude não considerar a acumulação de ar frio em áreas deprimidas, no caso desta bacia, o facto não é particularmente limitante, já que os dois vales são muito abertos ao mar, sendo por isso difícil a acumulação de ar frio (esta apenas foi observada no vale da Assenta que se encontra em posição alcandorada em relação ao mar). Na área estudada este facto não é por isso determinante para invalidar os modelos encontrados, no entanto ao usar uma metodologia semelhante em áreas interiores, o ideal será a utilização de um *layer* que represente as concavidades e convexidades no terreno, reflectindo assim melhor as condições de acumulação de ar frio em noites anticiclónicas.

Tendo em consideração as regressões foram construídos dois modelos de estimação das temperaturas mínimas e máximas médias em situações de estabilidade atmosférica (fig. 57 e 58). As equações da recta de regressão têm um coeficiente de determinação significativo (0,91), o que testemunha a validade dos modelos. Em ambas, os resultados foram melhores quando se combinaram todos as variáveis (distância ao mar, altitude, distância ao fundo de vale e distância às áreas urbanas), tendo sido obtidas as seguintes equações da recta.:

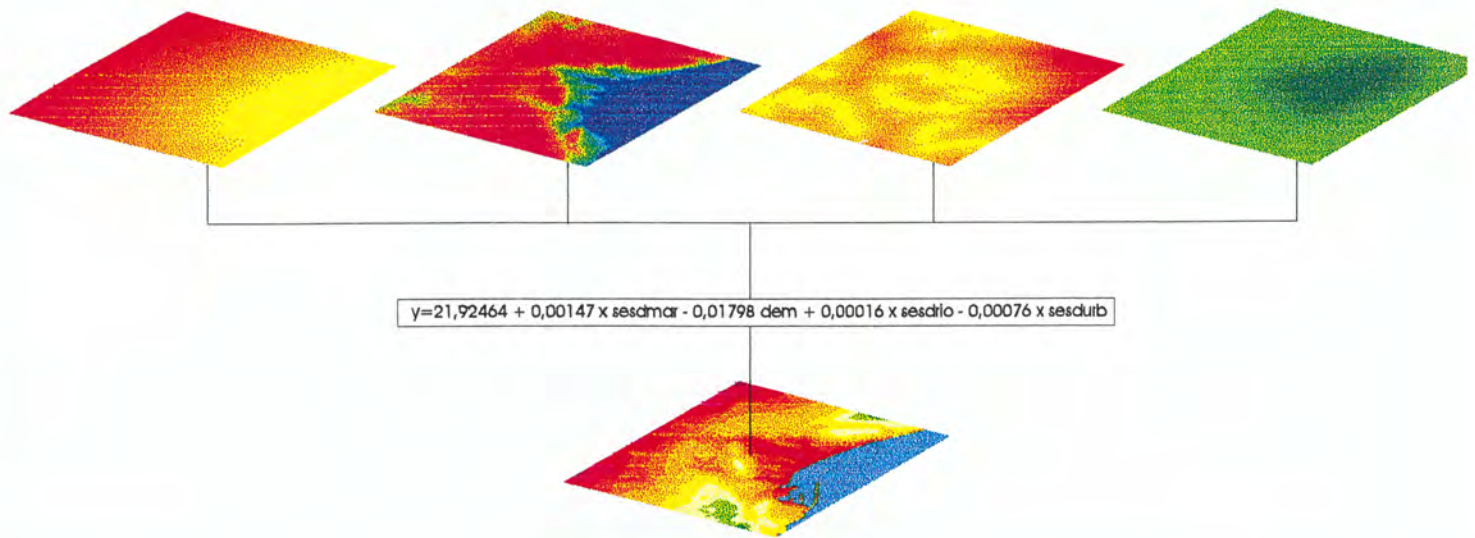


Figura 58 - *Layers* utilizados na regressão com a média das temperaturas obtidas nas campanhas itinerantes para a obtenção da equação da recta e respectivo modelo de previsão das temperaturas diurnas médias da área da depressão de Sesimbra em situações de estabilidade.

Temperaturas mínimas médias:

$$y=13,17496-0,00037*distmar-0,00581*alt-0,00003*distrios-0,00024*disturb$$

Temperaturas máximas médias:

$$y=21,92464+0,00147*distmar-0,01798*demaerft+0,00016*distrios-0,00076*disturb$$

Antes de iniciar a caracterização e interpretação dos resultados obtidos é importante salientar que, apesar de nos modelos surgirem valores absolutos de temperaturas, a sua interpretação deve apenas ser efectuada em termos relativos, comparando a diferença de temperatura entre as áreas mais frias e mais quentes, pois tratam-se de valores médios, e que apresentam uma variação significativa ao longo do ano.

Relativamente ao modelo das temperaturas mínimas, o padrão de temperatura obtido para a área estudada apresenta uma amplitude de 3,5°C, sendo as áreas mais quentes as que se situam junto ao mar e, em particular, a área urbana de Sesimbra (fig. 58 e 59). As variáveis mais importantes são a altitude, diminuindo a temperatura à medida que aquela aumenta; e a distância ao mar, que reflecte a continentalidade, ilustrando a diminuição da temperatura para o interior. A distância às áreas urbanas e a distância ao fundo de vale são menos importantes, mas ambas apresentam uma correlação positiva com as temperaturas.

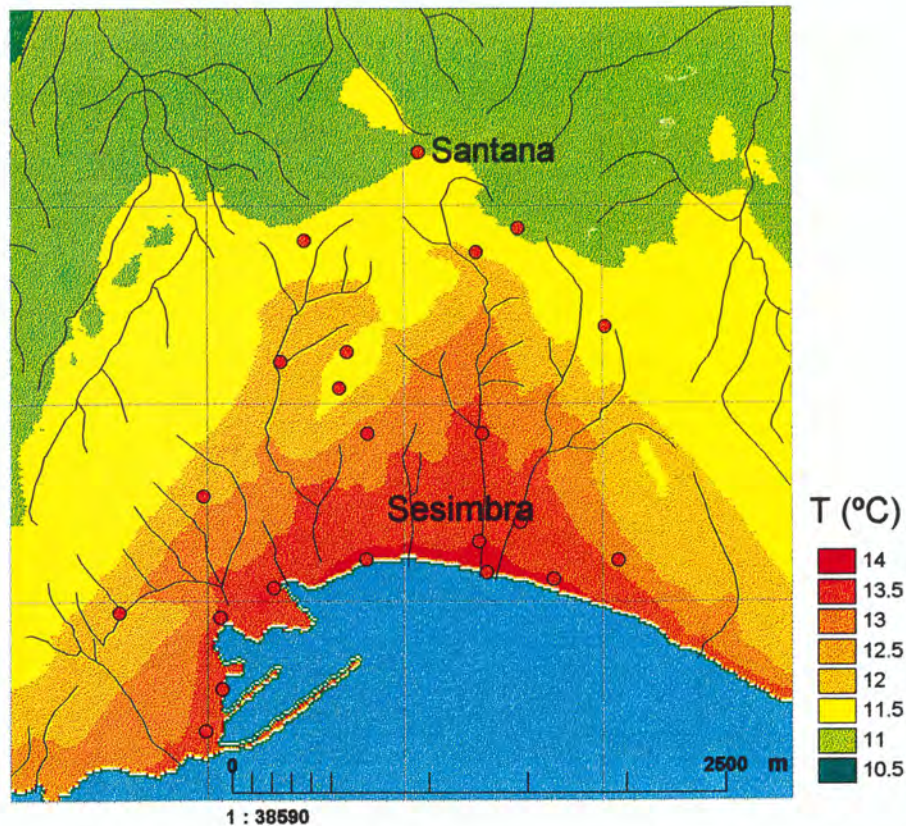


Figura 59 – Modelo de estimaco da média das temperaturas nocturnas na área de Sesimbra.

Volto a salientar a limitao que o modelo apresenta por aplicar uma relao linear  diminuio da temperatura com a altitude. No caso da cabeceira do vale da Assenta talvez fosse possvel observar uma acumulao de ar frio. É especialmente interessante notar o comportamento da temperatura no sector setentrional do mapa. A, a maior distância ao mar parece ter um peso especialmente importante, pois apesar de a altitude diminuir a norte de Santana, tal no se vai reflectir fortemente nas mnimas, facto que apoia o comportamento especial verificado nos vales interiores e registado em algumas medioes efectuadas na área de Ma.

No modelo de estimaco das temperaturas diurnas médias, observa-se uma amplitude térmica de 5,5°C, sendo determinante a influência da altitude e do afastamento ao mar na distribuio das temperaturas (fig. 60). A influência das variáveis é aqui menos significativa do que no modelo da temperaturas mnimas, mas a ordem de importância de cada uma é semelhante. A estimaco das temperaturas obtida reflecte, antes de mais a altitude e a distância ao mar, sendo interessante notar que o sector a norte de Santana apresenta um aumento de temperatura significativo, que se deverá, essencialmente, ao aumento da distância ao mar, pois a diminuio de altitude  a pouco significativa.

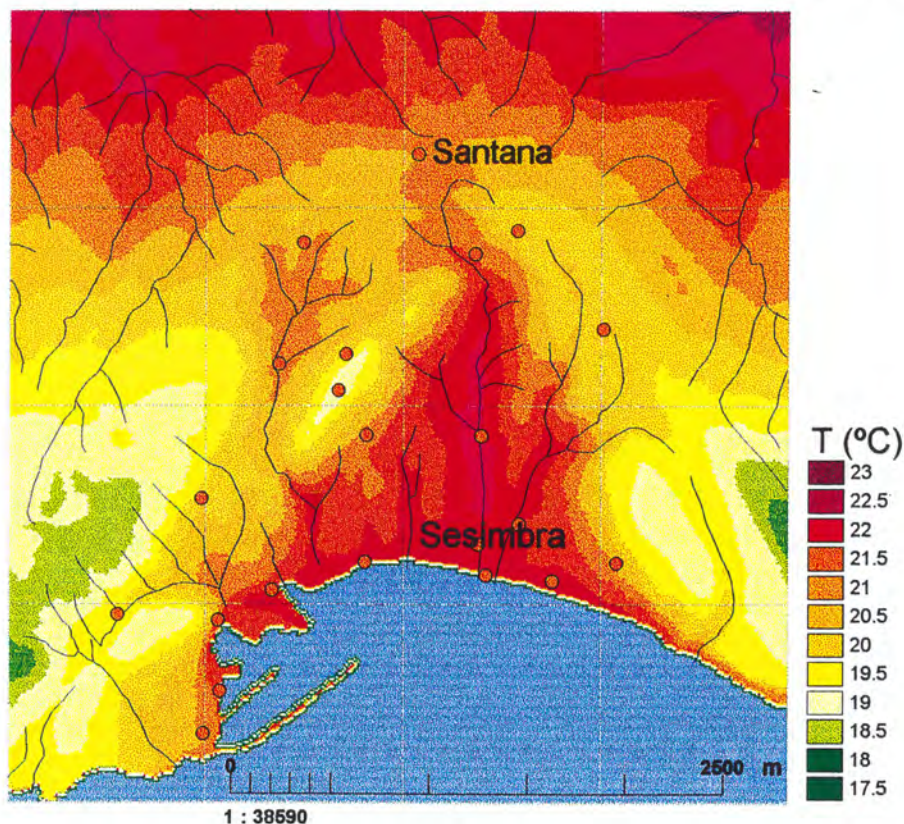


Figura 60 – Modelo de estimativa da média das temperaturas diurnas na área de Sesimbra.

Um desenvolvimento dos modelos ainda incipientes apresentados, permitiria a sua aplicação a áreas mais extensas, como por exemplo, o sul da Península de Setúbal. Para tal seria naturalmente necessária a recolha de mais dados noutras áreas-tipo e tentar resolver o problema do contraste entre vales abertos ao mar e vales interiores, nas acumulações de ar frio. Uma possível solução consistiria na elaboração de uma classificação considerando a topografia, segundo a qual se aplicariam diferentes modelos às áreas com características topográficas diferentes.

Talvez a principal vantagem da utilização de Sistemas de Informação Geográfica em climatologia local consista na possibilidade de aplicação de modelos a áreas que não foram previamente estudadas em pormenor, mas para as quais se dispõe de cartografia digitalizada adequada. Seria assim possível obter o padrão de distribuição das temperaturas, em episódios anticiclónicos, que poderia, por exemplo permitir reconhecer as áreas de acumulação de ar frio e com maior risco de geada. Como apontado para os modelos apresentados, a extrapolação das temperaturas deverá ser interpretada em termos relativos, identificando os sectores mais quentes e os mais frios.

Tmin25/1/97	mar	alt	rio	urb	mar/alt	Mar/rios	Mar/urb	Alt/rios	Rios/urb	Mar/alt/rio	Mar/alt/urb	Alt/rio/urb	Mar/alt/urb/rio
Tmax28/4/96	0,64	0,69	0,1	0,29	0,69	0,64	0,64	0,71	0,29	0,71	0,69	0,71	0,71
Tmin12/5/96	0,03	0,25	0,15	0,24	0,44	0,15	0,25	0,26	0,26	0,44	0,49	0,29	0,49
Tmin25/5/96	0,73	0,67	0,16	0,54	0,73	0,73	0,77	0,68	0,54	0,74	0,78	0,75	0,78
Tmax25/5/96	0,36	0,54	0,36	0,28	0,58	0,46	0,39	0,57	0,41	0,60	0,60	0,47	0,61
Tmin14/8/96	0,68	0,85	0,45	0,49	0,85	0,75	0,71	0,86	0,60	0,86	0,87	0,87	0,88
Tmin17/8/96	0,78	0,78	0,16	0,31	0,81	0,78	0,78	0,79	0,32	0,82	0,81	0,79	0,82
Tmin17/8/96	0,21	0,02	0,18	0,38	0,46	0,32	0,38	0,19	0,47	0,47	0,58	0,48	0,59
Tmin17/8/96	0,79	0,81	0,44	0,44	0,83	0,84	0,8	0,82	0,56	0,85	0,84	0,83	0,85
Tmin27/12/96	0,76	0,85	0,43	0,31	0,85	0,81	0,76	0,86	0,5	0,86	0,85	0,86	0,86
Tmax25/1/97	0,13	0,31	0,03	0,24	0,42	0,13	0,24	0,32	0,24	0,44	0,46	0,35	0,49
Tminmed	0,89	0,92	0,33	0,51	0,94	0,9	0,9	0,92	0,56	0,94	0,95	0,94	0,95
Tmaxmed	0,38	0,64	0,32	0,43	0,73	0,45	0,48	0,65	0,49	0,73	0,78	0,67	0,78

Tmin – temperatura mínima do dia.
 Tmax – temperatura máxima do dia.
 Tminmed – temperatura mínima média.
 Tmaxmed – temperatura máxima média.

Modelos digitais:
 Mar – distância ao mar.
 Alt - altitude
 Rio – distância aos rios.

Quadro IX – Regressões simples e múltiplas entre os *Layers* e as temperaturas.

6. ASPECTOS DO CLIMA LOCAL DA PLATAFORMA DO CABO ESPICHEL

A última área estudada em pormenor situa-se na extremidade ocidental da Arrábida, na Plataforma do Cabo Espichel (fig. 61). Trata-se de um sector com um comprimento de 4 km, no qual se fizeram 5 campanhas de medições itinerantes, 3 para as temperaturas mínimas e 2 para as máximas. Tal como nos casos anteriores foi medida a temperatura, a humidade relativa e a velocidade e a direcção do vento.

6.1. Enquadramento da área da Plataforma do Cabo Espichel

A génese da Plataforma é atribuída ao mar, pois observa-se o arrasamento completo da estrutura, sendo para RIBEIRO (1940), o melhor testemunho de uma origem abrasiva. PEREIRA (1988, p.337) acrescenta que “é considerada uma plataforma de abrasão por se tratar de um aplanamento perfeito, marginal ao mar e onde ainda se encontram raros seixos rolados”. A idade da plataforma é atribuída à transgressão calabriana. Morfológicamente, caracteriza-se por ser uma área somital de um modo geral plana, que corresponde a um nível de aplanamento marinho que apresenta altitudes que variam entre 130 e 200 m. A sul termina bruscamente numa ruptura, em que contacta com o mar através de uma arriba, apresentando um comando que varia entre 100 e 140 m. A vertente norte da Plataforma do cabo tem um declive mais suave, diminuindo a altitude gradualmente até à lagoa de Albufeira. O limite norte da área de pormenor situa-se na Foz, onde a vertente costeira funciona como uma arriba no contacto com o mar.

Nesta área afloram materiais de idade Cretácica e Miocénica, a norte, e de idade Jurássica, a sul. Nas primeiras dominam os arenitos, com diferentes graus de consolidação e areias. Os materiais do Jurássico são essencialmente carbonatados, dominando os calcários.

A estrutura é monoclinal com as bancadas inclinadas para norte. A inclinação é maior a sul, nos afloramentos do Jurássico. Toda a área foi sujeita a uma complexa tectónica, visível nos contactos anormais, nas falhas e fracturas assinaladas no mapa geológico. As principais direcções das falhas e fracturas são NNW-SSE.

A diversidade litológica exerce uma grande influência nos tipos de solos encontrados. Um aspecto que é imediatamente observado é o domínio de grés na vertente norte da Plataforma do Cabo e o do calcário na plataforma e vertente sul. Nas áreas mais planas, como na

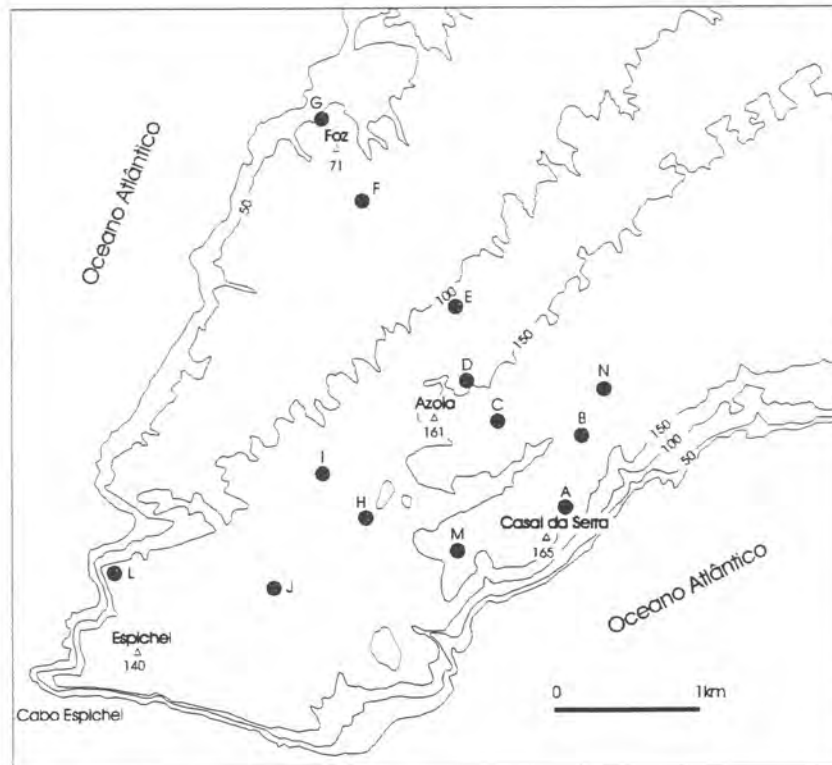


Figura 61 – Localização dos pontos de medição itinerante na área da plataforma do Cabo Espichel.

Plataforma do Cabo, em que a mobilização de materiais por agentes sub-aéreos é fraca, surgem os solos mediterrâneos vermelhos ou amarelos, nos quais se pode incluir a “terra rossa”. Para norte, encontram-se solos mediterrâneos pardos e litossolos não húmicos. Tratam-se de solos pouco evoluídos, que se desenvolvem em áreas em que predominam os arenitos. Nas vertentes costeiras observam-se afloramentos rochosos e solos incipientes, muito pedregosos e fissurículas que se formam nas concavidades das vertentes. São vários os factores que impedem o desenvolvimento dos solos, sendo o principal o elevado declive que dificulta a retenção de água e de materiais que são transportados pelos agentes erosivos sub-aéreos.

As características morfológicas, especialmente a dissimetria norte-sul, aliada à exposição aos ventos húmidos de noroeste, constitui o factor mais importante para o desenvolvimento da vegetação. Na vertente norte, mais fresca e sombria, exposta aos ventos húmidos de noroeste domina a vegetação atlântica, como por exemplo, *Ammophila arenaria*, *Lobularia maritima*, *Juncus maritimus*, *Ulex europaeus* (Tojo), entre outras. Na vertente sul, mais quente, seca e com melhores condições de iluminação, encontramos o domínio da vegetação mediterrânea, com *Rosmarinus officinalis*, *Pistacea lentiscus*, *Quercus coccifera*, *Ulex europaeus*, *Juniperus turbidata*, entre outros NETO (1993). PEDRO (1991) descreve ainda a existência de elementos

florísticos macaronésicos na vertente sul da Arrábida, nas áreas mais acentuadamente marítimas, nomeadamente nas arribas.

É ainda de referir a acção do homem no coberto vegetal, que se fez sentir desde longa data. Esta acção transformou-o, estando presente na agricultura e na silvicultura. Dominam as culturas arvenses de sequeiro, pomares ao longo dos vales, e pinhais. No entanto, actualmente, a maior parte das áreas foram votadas ao abandono (PEDRO, 1991).

Para a realização de medições itinerantes foram escolhidos pontos na área somital da Plataforma do Cabo Espichel e nas suas vertentes norte e sul. Num total de treze pontos de medição, sete estão situados ao longo da Plataforma do Cabo, sendo de referir que um se encontra no fundo do vale da Ribeira da Mareta. Na vertente norte da Plataforma do Cabo, menos declivosa e mais extensa, existem quatro locais de medição (fig. 61 e quadro X).

Ponto	Declive médio(%)	Latitude (N)	Longitude (W)	Altitude (m)	Distância à costa S (m)	Dist. Costa W (m)	Posição topográfica	Exposição	Ocupação solo
A	0	38°25'	9°10'	160	250	3775	Topo	N140	prado
B	0	38°25'	9°10'	162	500	3775	Topo	N320	terra batida
C	0	38°25'	9°11'	150	1000	2250	Topo	plano	prado
D	45	38°26'	9°11'	150	1400	2775	Topo	N320	prado
E	0	38°26'	9°11'	100	1750	2750	Meia vertente	N320	terra batida
F	0	38°26'	9°11'	79	2775	750	Meia vertente	N320	terra batida
G	30	38°27'	9°12'	60	3275	250	Meia vertente	N320	prado
H	0	38°25'	9°11'	147	100	1575	Topo	plano	terra batida
I	50	38°25'	9°12'	139	1500	1250	Meia vertente	N300	terra batida
J	0	38°25'	9°12'	145	1250	1115	Topo	plano	asfalto
L	0	38°25'	9°13'	130	780	250	Meia vertente	plano	terra batida
M	0	38°25'	9°11'	156	500	2250	Topo	N160	Prado
N	0	38°25'	9°10'	150	750	3750	Fundo de valeiro	N	Prado

Quadro X - Caracterização dos pontos de medição itinerante da área do Cabo Espichel.

6.2. Resultados das medições itinerantes do dia 27/12/1996

Tal como já foi referido para as medições de Sesimbra, encontra-se em altitude, sobre Portugal, o eixo de uma crista (fig. 52). Em Dezembro ocorrem em média 11 dias com situações de correntes ondulatórias, sendo 5 o número médio de dias com dorsais (conforme dados apresentados por RAMOS, 1986). À superfície, Portugal encontra-se sob acção de um anticiclone, sendo o fluxo de E (segundo RAMOS, 1986, a frequência de situações anticiclónicas em Dezembro é de 45%). Existia uma faixa nebulosa a oeste de Portugal, tendo aumentado a nebulosidade ao longo do dia.

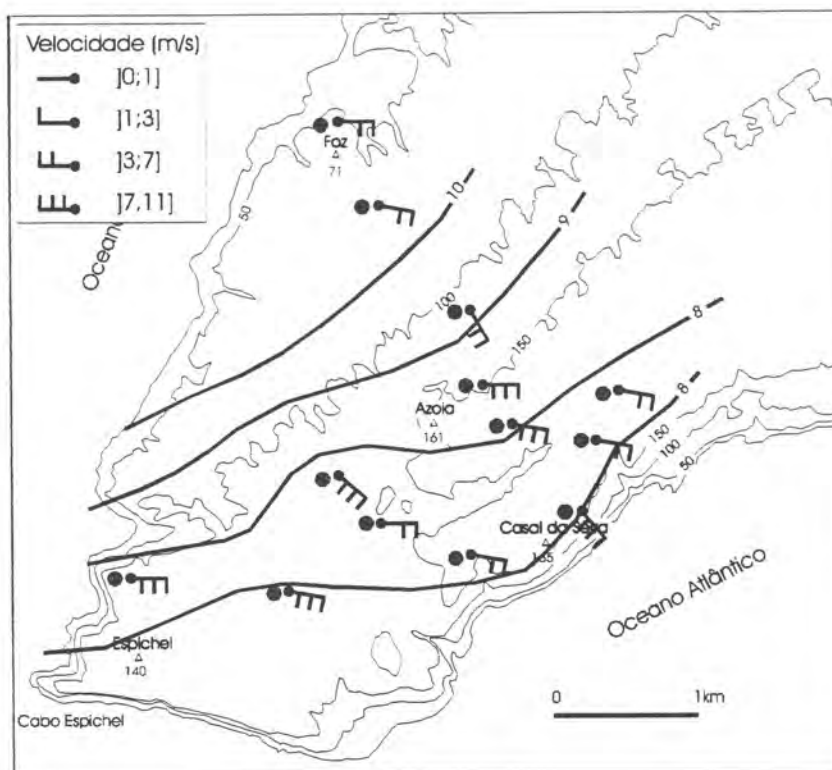


Figura 62 – Temperaturas nocturnas e vento na área da Plataforma do Cabo Espichel no dia 27/12/96.

Neste dia só foram feitas medições das temperaturas mínimas, tendo início às 6.15h, pois durante o dia aumentou a instabilidade atmosférica, tornando-se o vento variável, e o céu, coberto.

O facto mais interessante a salientar, será a distribuição relativamente homogénea das temperaturas, que apenas variaram em cerca de 3°C (fig. 62). A faixa mais fria localiza-se no interflúvio, em posição ligeiramente descentrada para norte, facto possivelmente relacionado com a influência do vento, em geral de SE, moderado a forte no sector ocidental da plataforma. À medida que se caminha para norte, e que se desce em altitude, verifica-se um aquecimento, que poderá estar relacionado com a maior proximidade do mar, diminuição de altitude, mas também com o aquecimento adiabático, que o ar de sul sofrerá ao descer aquela vertente de declive suave.

6.3. Resultados das medições itinerantes do dia 25/01/1997

Neste dia em Portugal, e como já foi mencionado, observa-se em altitude sobre Portugal uma crista de um bloqueio em omega já em fase de dissipação (fig. 29). À superfície, a Península Ibérica apresenta um pântano barométrico, com vento fraco e variável. Tal como já foi referido, neste dia na sondagem aerológica de Lisboa 12 UTC, há uma inversão térmica

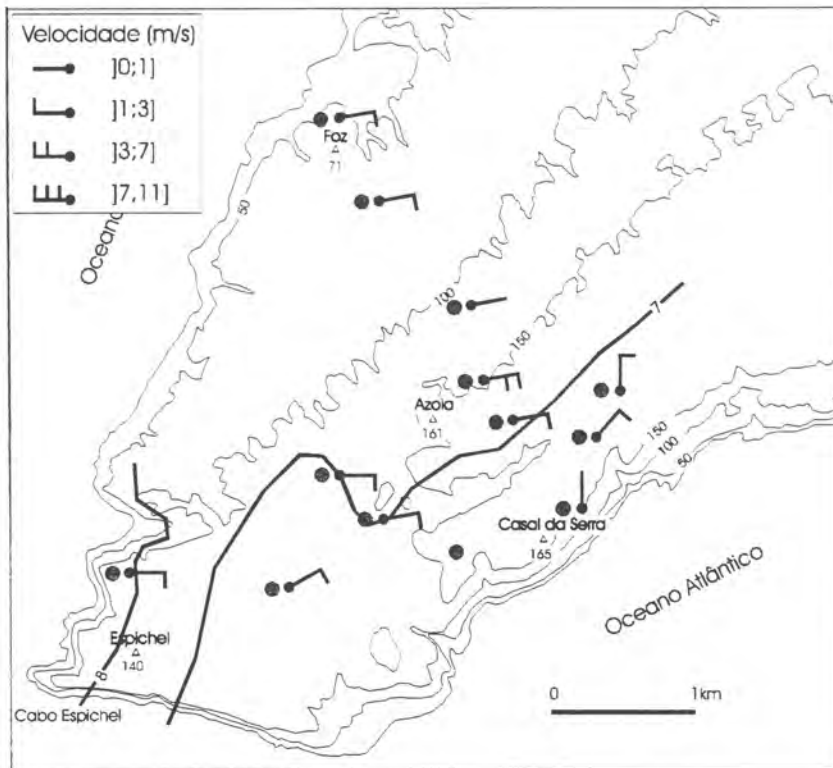


Figura 63 – Temperaturas nocturnas e vento na área da Plataforma do Cabo Espichel no dia 25/1/97.

acima dos 205 m de altitude, que poderá dever-se ao arrefecimento radiativo verificado durante a noite (fig. 30 e 31).

A medição da mínimas iniciou-se às 6.25h, tendo sido o padrão espacial obtido, significativamente diferente do anteriormente apresentado (fig. 63). As temperaturas mais baixas situam-se também no sector mais elevado da Plataforma do Cabo, rondando os 7°C em quase toda essa área, apenas aumentando já no seu limite ocidental, para 8,4°C. Na vertente setentrional são intermédias, apresentando cerca de 7,5°C. O vento de E, muito fraco a fraco, parece ser o responsável por este padrão regular, pois o ar, ao deslocar-se não sofrerá qualquer aquecimento ou arrefecimento adiabático. No Cabo Espichel, rodeado por mar a oeste e sul, a temperatura atinge o valor mais elevado.

Relativamente às temperaturas máximas, não houve necessidade de as corrigir, uma vez que a diferença entre o valor inicial de medição e o final foi apenas de 0,5°C. A medição das máximas teve início às 14.40h. As temperaturas distribuem-se de modo relativamente homogéneo, apenas se verificando uma diferença máxima de cerca de 2°C (fig. 64). O sector mais frio corresponde à área mais elevada da plataforma do Cabo. Para norte, na vertente, a

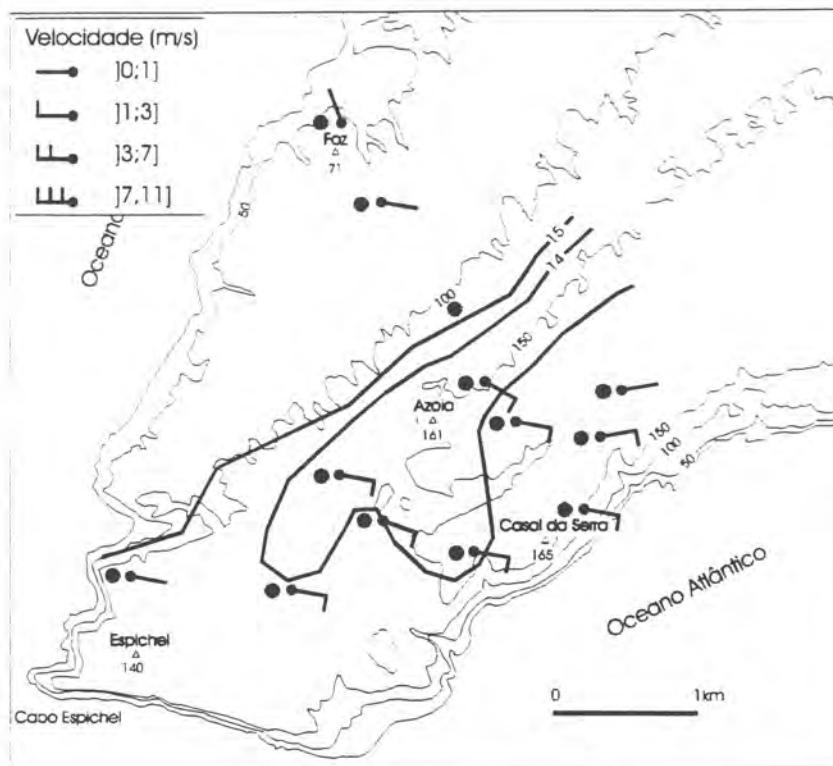


Figura 64 – Temperaturas diurnas e vento na área da Plataforma do Cabo Espichel no dia 25/1/97.

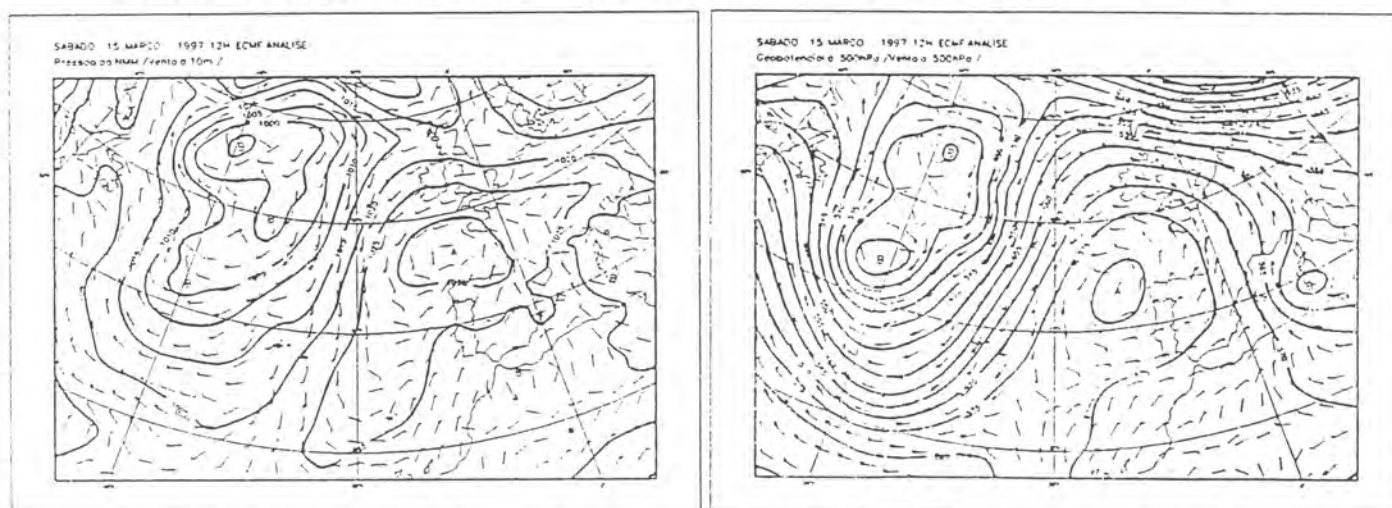


Figura 65 – Situação sinóptica à superfície e em altitude no dia 15/3/97 (Bol. Met. Diário. IM, Lisboa).

temperatura aumenta ligeiramente, para voltar a diminuir próximo da costa, onde um vento de NW faz pensar na hipótese da ocorrência de uma brisa de mar.

Neste dia a variabilidade espacial das temperaturas foi fraca, sendo o desvio padrão de 0,6°C tanto nas mínimas como nas máximas.

6.4. Resultados das medições itinerantes do dia 15/03/1997

O dia 15/03/1997 é caracterizado, em altitude por uma crista anticiclónica sobre a Península Ibérica (fig. 65). Segundo RAMOS (1986, p. 16) as correntes ondulatórias dominam em

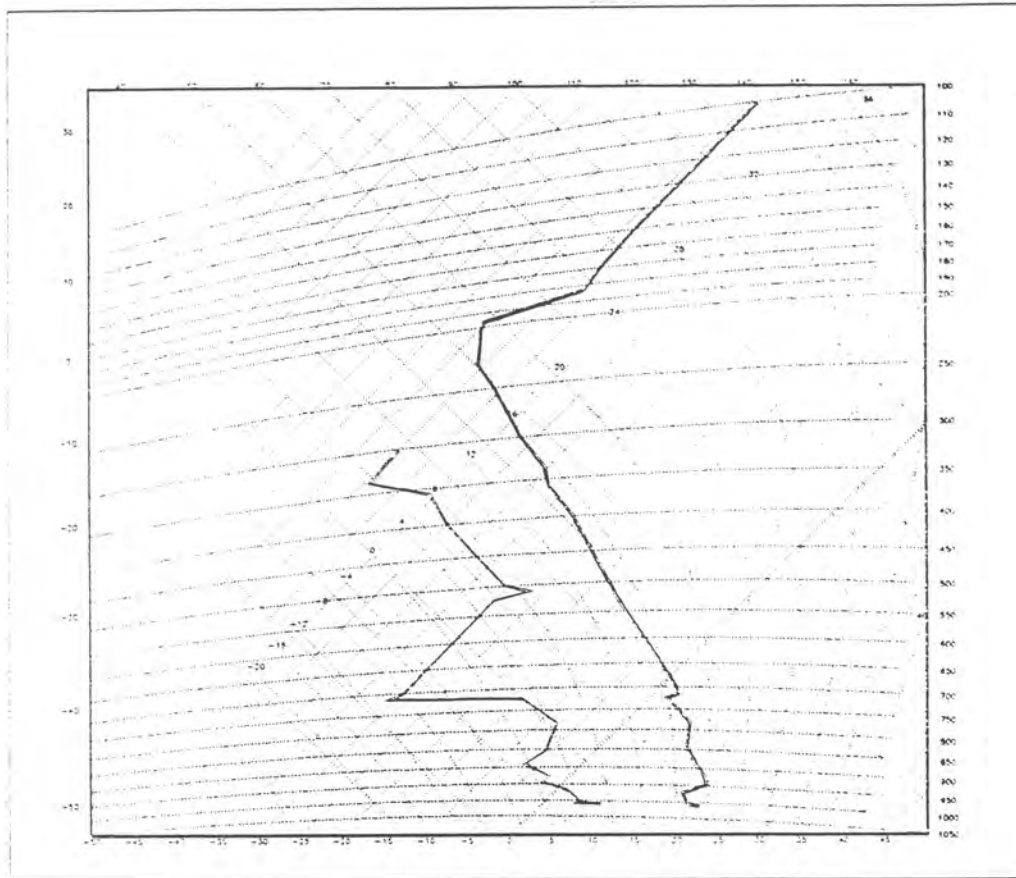


Figura 66 – Sondagem aerológica em Lisboa às 12 UTC no dia 15/3/97 (Bol. Met. Diário. IM. Lisboa).

Outubro, mas também são significativas em Novembro e Março. À superfície, no Norte de Portugal, situava-se um anticiclone, estando a afectar o estado do tempo no território (segundo a mesma autora, no mês de Março as situações anticiclónicas ocorrem em 52% dos dias). O fluxo era de NE e o céu esteve limpo ao longo do dia. A sondagem aerológica de Lisboa às 12 UTC, apoia a existência de uma situação anticiclónica, com subsidência até aos 950 hPa (fig. 66).

Neste dia foram realizadas as últimas medições itinerantes, tendo havido condições para a medição das temperaturas máximas e mínimas. Na madrugada, o sector mais frio foi a Plataforma do Cabo (12,7°C – fig. 67). À medida que nos aproximamos do Cabo, a temperatura aumenta, talvez devido à influência do oceano. Também para norte se observa esta tendência. Assim, os factores que parecem condicionar as temperaturas neste dia são a altitude e a posição em relação aos ventos que sopravam moderados a fortes do quadrante SE. Note-se a ausência de vento nos pontos mais setentrionais e as temperaturas mais elevadas que os caracterizam. Trata-se de uma madrugada em que houve uma fraca variabilidade térmica espacial sendo o desvio padrão das temperaturas de 0,5°C.

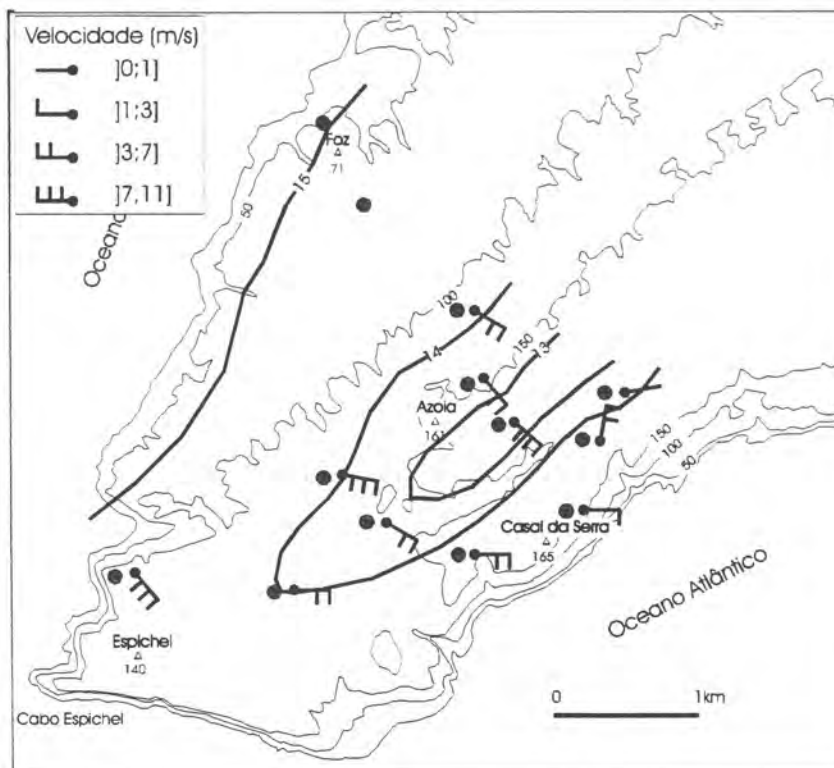


Figura 67 – Temperaturas nocturnas e vento na área da Plataforma do Cabo Espichel no dia 15/3/97.

Relativamente às temperaturas diurnas a mais baixa ocorreu no sector mais interior da Plataforma do Cabo, tendo-se atingido 21,4°C (fig. 68). É no topo da vertente sul, no ponto mais meridional, que se atinge a temperatura mais elevada (24,2°C), facto que se deverá à exposição desta vertente e ao vento fraco. Ao longo da vertente norte, tal como nas campanhas apresentadas anteriormente, as temperaturas aumentam progressivamente à medida que a altitude diminui.

6.5. Remate

As observações efectuadas no Cabo Espichel desenrolaram-se, por duas vezes, em situações anticiclónicas (27/12/96 e 15/3/97) ,e por uma vez, numa situação de pântano barométrico (25/1/97). Com base nas observações de RAMOS (1986), em Dezembro, as situações anticiclónicas ocorrem em cerca de 45% dos dias, e em Março, em cerca de 50%. Os pântanos barométricos são situações muito pouco frequentes.

O comportamento térmico espacial da área é muito uniforme, nomeadamente em situações anticiclónicas. O sector somital é sempre o mais frio, aumentando as temperaturas com a proximidade do oceano e com a diminuição de altitude. Nas medições nocturnas é no vale da Ribeira da Mareta que as temperaturas são mais baixas, devido à acumulação de ar frio nesta área deprimida. O vento surge também como um factor importante, podendo condicionar os

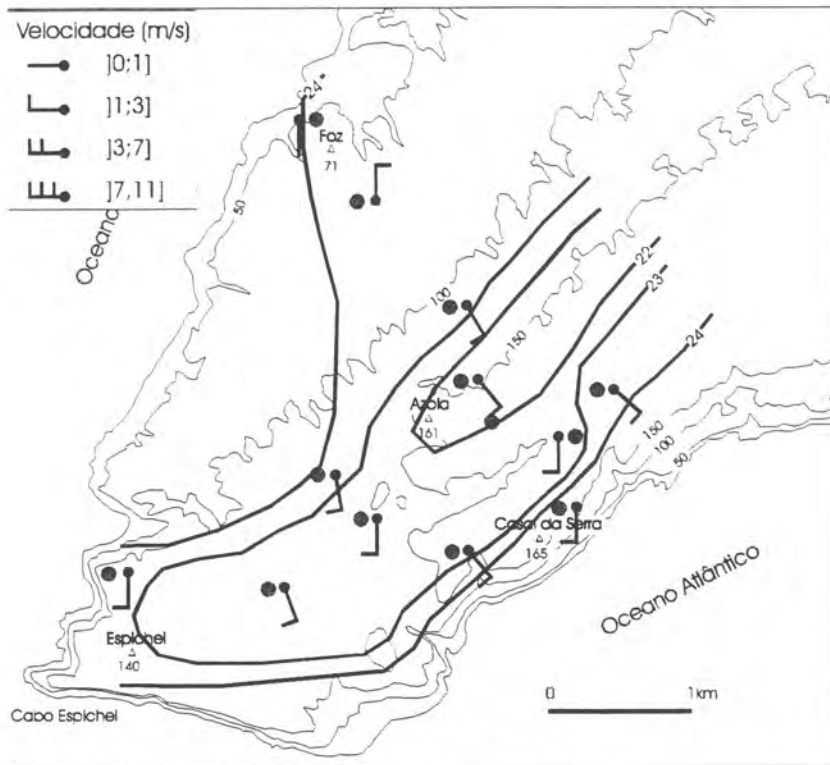


Figura 68 – Temperaturas diurnas e vento na área da Plataforma do Cabo Espichel no dia 15/3/97.

padrões térmicos, consoante o seu rumo, velocidade e a posição em abrigo ou exposta dos diversos locais. O Cabo Espichel, pela sua posição extrema, mais marítima, é a área que parece sofrer uma maior influência por parte do mar.

Seria ainda, muito interessante obter dados para a vertente sul. Estes são muito difíceis de conseguir, pois esta é na maior parte dos sectores uma arriba muito abrupta. A sua exposição, claramente soalheira, e o seu declive acentuado, fazem pensar que aí as temperaturas serão mais elevadas do que na vertente norte, especialmente no que se refere às máximas.

Por último, a possibilidade de ter uma imagem de conjunto dos padrões térmicos em toda a Arrábida foi uma hipótese muito aliciante e que nos propusemos alcançar. Para a construção de uma imagem de conjunto foram realizadas medições itinerantes simultaneamente, cujos resultados apresentamos no próximo capítulo.

7. OS PADRÕES TÉRMICOS NA ARRÁBIDA

No presente capítulo tentamos sistematizar a distribuição das temperaturas diurnas e nocturnas na Arrábida em situações de estabilidade atmosférica. Partimos de dois mapas pré-existentes da distribuição das temperaturas nocturnas construídos no âmbito do projecto “As arribas da Arrábida e o sistema ambiental atmosfera-oceano”. Os mapas foram feitos com base em medições itinerantes que, no conjunto, constituíram 34 pontos de observação (fig. 69)³. As medições tiveram lugar em duas madrugadas anticiclónicas de 31/12/1992 e 06/02/1993. Na primeira foram apenas realizadas medições climáticas nos 27 pontos iniciais, situados a este de Sesimbra. No segundo dia, foram escolhidos mais pontos no sector ocidental da Arrábida, para completar o conhecimento acerca do sector.

Na madrugada do dia 31 de Dezembro de 1992, a temperatura do ar variou entre 1 e 7°C (fig. 70). As temperaturas mais elevadas ocorreram na vertente sul da Serra da Arrábida (7°C), notando-se uma diminuição com a altitude. Para norte da Serra da Arrábida observa-se uma diminuição das temperaturas com a descida em altitude, devido ao efeito de drenagem de ar frio, ao longo da vertente, indo-se este acumular no vale da Ribeira da Ajuda.

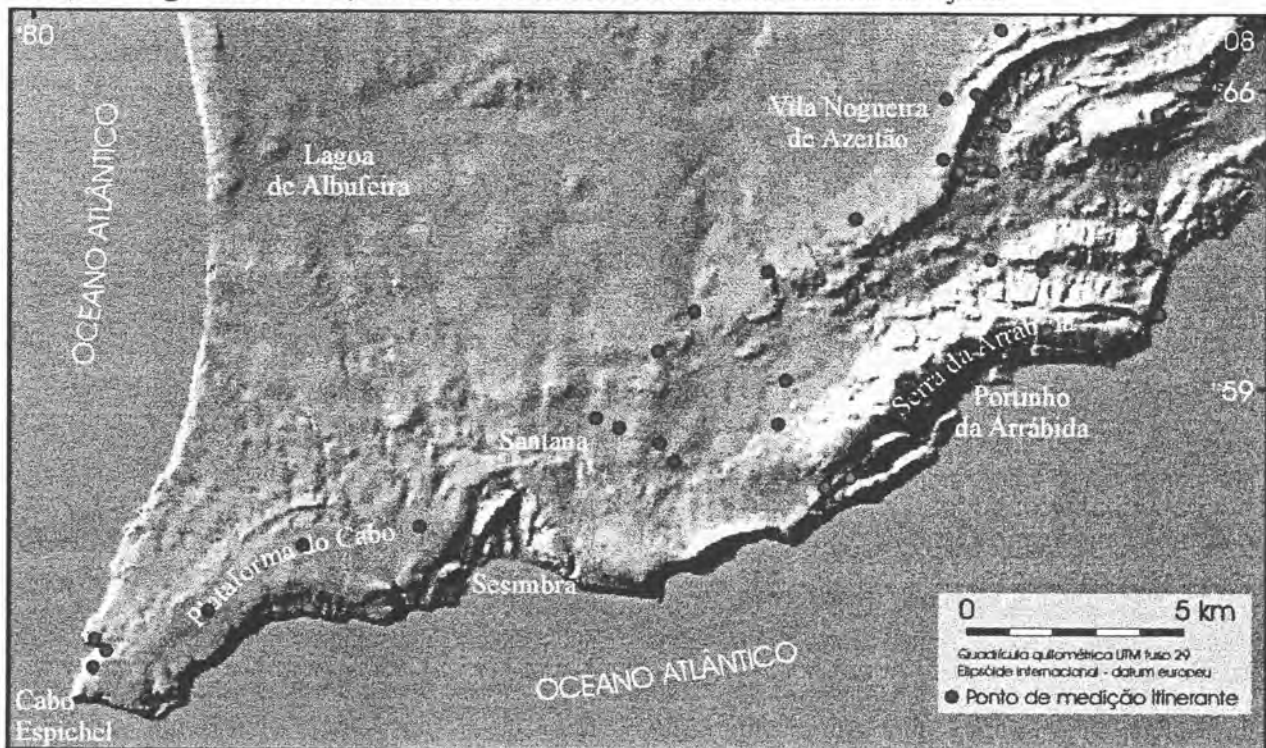


Figura 69 – Localização dos pontos de medição das observações itinerantes realizadas em 1992 e 1993 no âmbito do projecto “As arribas da Arrábida e o sistema ambiental atmosfera-oceano”.

³ Esta informação, ainda inédita, foi cedida pela Professora Maria João Alcoforado que coordenou o sub-tema “Clima” do referido projecto, cujo responsável foi a Professora Suzane Daveau. Nas campanhas de medições e elaboração dos primeiros mapas participaram Gonçalo Vieira, Mário Neves e eu própria.

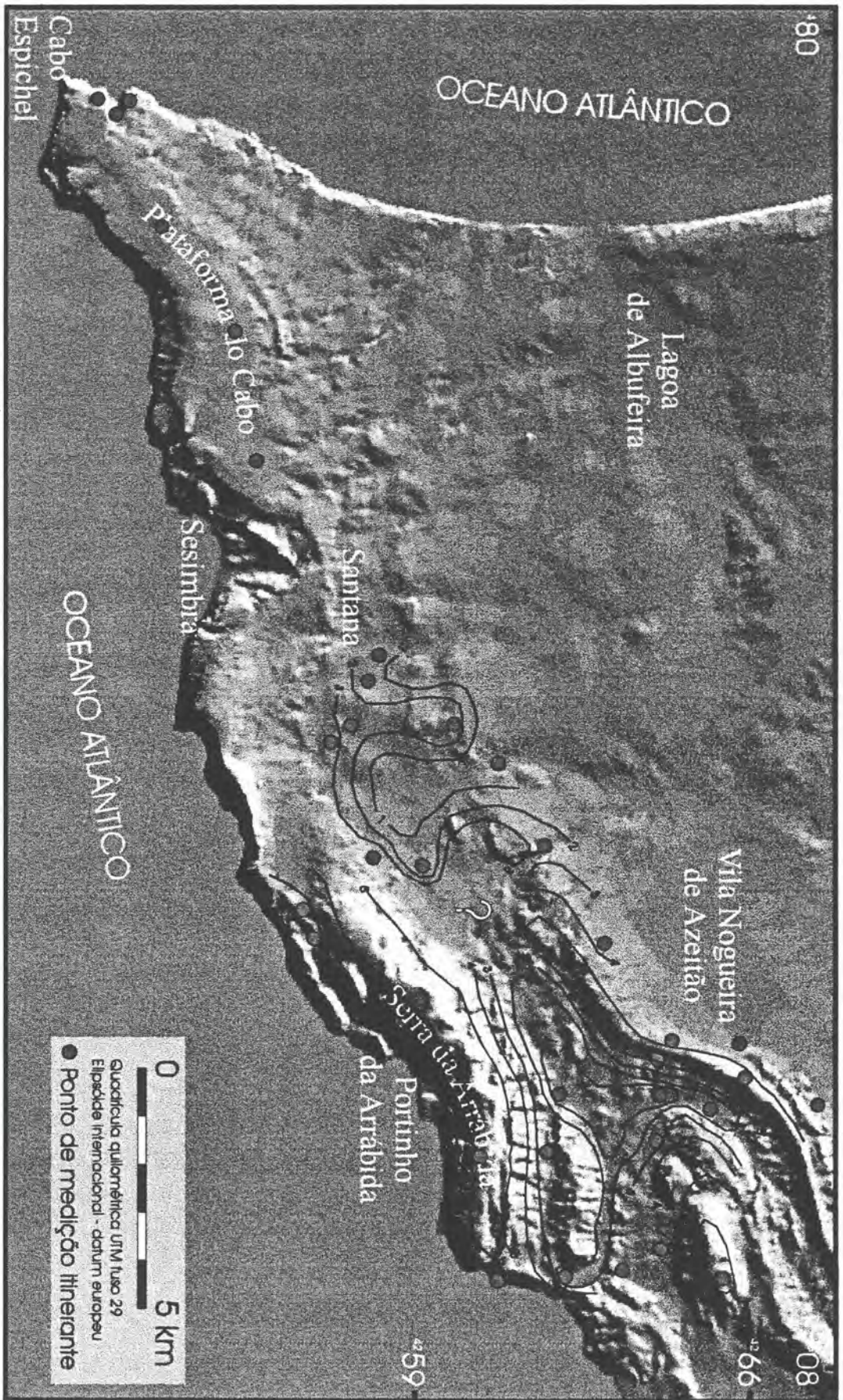


Figura 70 – Temperaturas na madrugada do dia 31 de Dezembro de 1992. As medições foram realizadas no âmbito do projecto “As artibas da Arrábida e o sistema ambiental atmosfera-oceano”.

As temperaturas mais baixas no fundo do vale devem-se também ao arrefecimento por irradiação, que naturalmente ocorreu em toda a área. A acumulação de ar frio prolonga-se ao longo da Ribeira da Comenda até próximo da costa. Só com a vizinhança do oceano é que a temperatura aumenta. Nesta madrugada, ao contrário do que ALCOFORADO *et al.* (1993) observaram, não se desenvolveu uma cintura térmica na vertente norte da Serra da Arrábida. Com a subida em altitude, ao longo da costeira e da Serra de São Luís, a temperatura aumentou devido à drenagem de ar frio ao longo das vertentes. Para norte da costeira, com a diminuição da altitude houve também diminuição da temperatura. É de referir que no vale da ribeira de Coina, junto à povoação da Maçã também se verificou acumulação de ar frio, facto que foi pela primeira vez observado nesta campanha de medições. Pela falta de pontos de medição, não foram traçadas isotérmicas na área do vale do Alambre. As características morfológicas da área fazem-nos pensar que ali também deveria ocorrer acumulação de ar frio. Existe um sector no mapa onde não foram traçadas isotérmicas devido à falta de observações que permitissem representar a distribuição das temperaturas. Provavelmente, por se tratar de um fundo de vale amplo e abrigado do mar, também, terá temperaturas baixas, com acumulação de ar frio.

No dia 6 de Fevereiro observou-se um padrão das temperaturas idêntico ao do dia anteriormente descrito (fig. 71). As temperaturas variaram, no sector oriental da Arrábida, entre 1°C na Ribeira de Coina e 8°C no topo da Serra da Arrábida. Observa-se também, a acumulação de ar frio no fundo dos vales interiores e a subida da temperatura com a altitude nessas áreas. É de notar o aparecimento de uma cintura térmica na vertente meridional da serra do Louro, marcada por uma temperatura de 8°C, diminuindo esta no interflúvio, para cerca de 6,5°C. Tal como demonstrado por NAKAMURA (1989) e LOPES (1995), este sector de temperaturas mais elevadas apresenta um carácter intermitente, surgindo após a drenagem do ar frio desde esse sector da vertente. É por isso possível que a cintura térmica não seja observada, frequentemente, porque as medições são pontuais, quer no espaço, quer no tempo.

O efeito do oceano na manutenção da temperatura é evidente pelo carácter quase isotérmico e mais quente que apresenta a vertente meridional da serra da Arrábida. Neste dia, é no vale da Ribeira de Coina que a temperatura é menor, aspecto que se deverá à drenagem de ar frio de todo o sector envolvente para o fundo do vale. Na área da Maçã, caracterizada, normalmente por temperaturas baixas, foram obtidos valores de temperatura dispares em locais muito próximos, facto que se deverá, talvez, a factores locais, ou mesmo, hipoteticamente

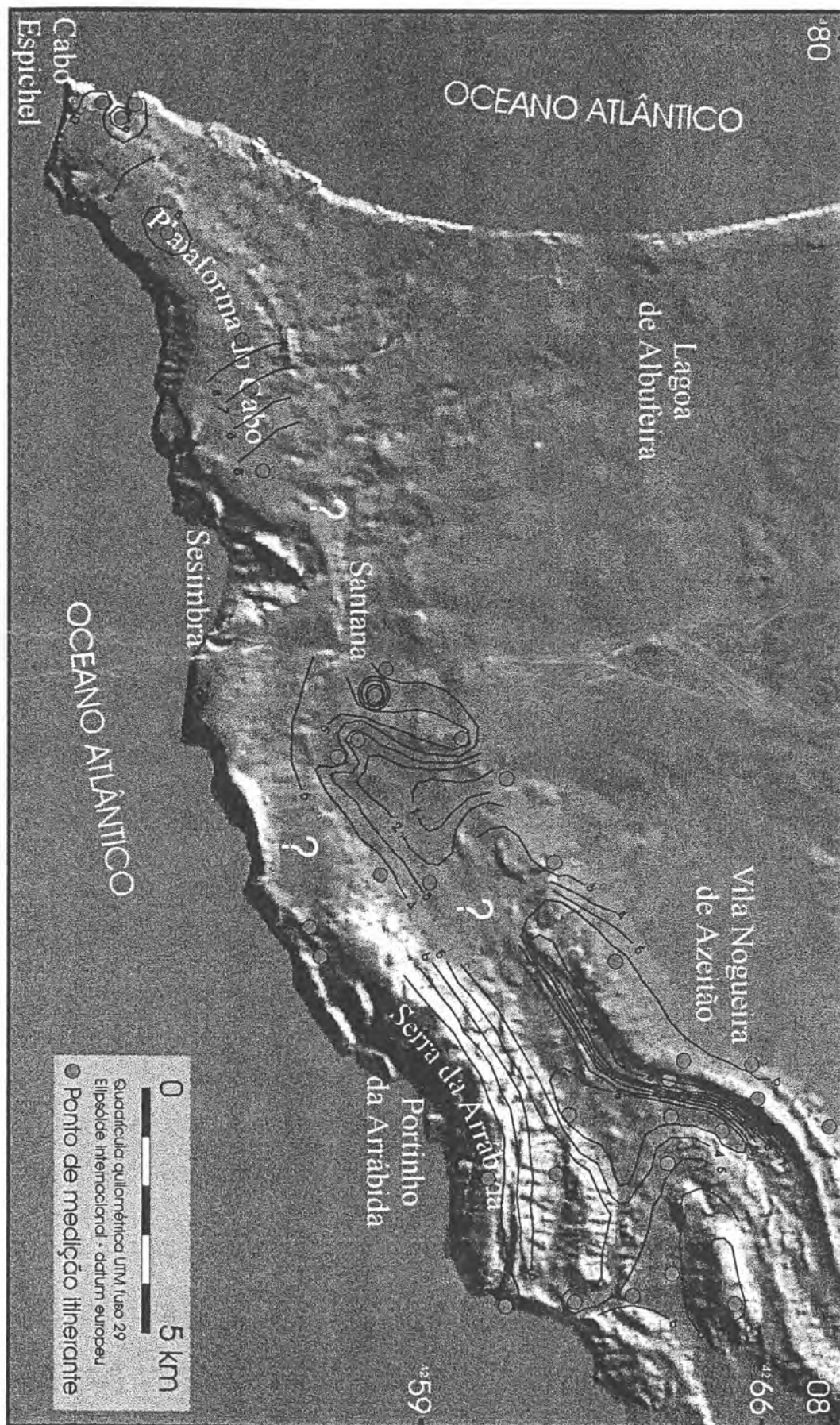


Figura 71 – Temperaturas na madrugada do dia 6 de Fevereiro de 1993. As medições foram realizadas no âmbito do projecto “As arribas da Arrábida e o sistema ambiental atmosfera-oceano”.

à acumulação de ar frio a meia vertente, que ainda não teria drenado para o fundo de vale. As temperaturas baixas na área apoiam o carácter térmico anormalmente baixo, que a estação de Sesimbra/Maçã apresentava.

As medições feitas no sector ocidental da Arrábida permitem observar que a temperatura na Plataforma do Cabo aumenta para oeste, o que se deverá ao efeito amenizador da temperaturas por parte do oceano, atingindo-se o valor de 10°C no Cabo. O Cabo Espichel é portanto mais quente nas noites anticiclónicas de Inverno. A falta de pontos de medição impossibilitou o traçado de isotérmicas rigorosas na plataforma

Com base nos padrões térmicos dos dois mapas acima apresentados, nos padrões observados por ALCOFORADO *et al.* (1993), e no trabalho de campo realizado no âmbito deste trabalho nas três áreas amostra, foi possível construir um mapa para um dia escolhido, com a repartição das temperaturas máximas e mínimas em toda a Arrábida. O elevado número de pontos necessários tornava difícil num curto espaço de tempo cobrir toda a área. Foram, por isso, retirados alguns pontos de medição usados nas campanhas de 1992 e 1993 e acima apresentados. Para cobrir toda a área, foi necessário recorrer a duas equipas de investigadores que efectuaram simultaneamente as medições no sector ocidental e oriental da Arrábida. As campanhas decorreram no dia 25/1/97. Neste dia, tal como já foi referido anteriormente, a propósito das áreas de pormenor, Portugal encontrava-se sob a influência de um pântano barométrico, com vento fraco e variável ao longo do dia. Note-se que as observações itinerantes efectuadas neste dia foram atrás analisadas para cada uma das áreas de pormenor.

Relativamente às temperaturas nocturnas, observa-se que estas variaram entre 11 e 3°C, sendo o padrão idêntico ao anterior (fig. 72). As temperaturas mínimas mais baixas ocorrem nos fundos de vale da Ribeira da Ajuda, do vale de Alambre, da Ribeira de Coina e da Ribeira de Santo António; para os três últimos vales, os valores foram obtidos por extrapolação, baseada nas características morfológicas e na observação, do nevoeiro de irradiação que aí se formava. É ainda possível observar um pequeno lago de ar frio (7°C) na cabeceira do vale da Assenta que, apesar de estar próximo do oceano, se encontra relativamente abrigado. Neste dia, tal como nos anteriores, não se observou cintura térmica.

São as áreas mais próximas do oceano que têm as temperaturas mais elevadas, como acontece em toda a vertente sul da Arrábida, com temperaturas entre 10°C e 11°C. Na Figueirinha e na Baía de Sesimbra atingem-se os valores mais elevados de temperatura, talvez devido à exposição da linha de costa e à existência de uma aglomeração urbana. Nas vertentes

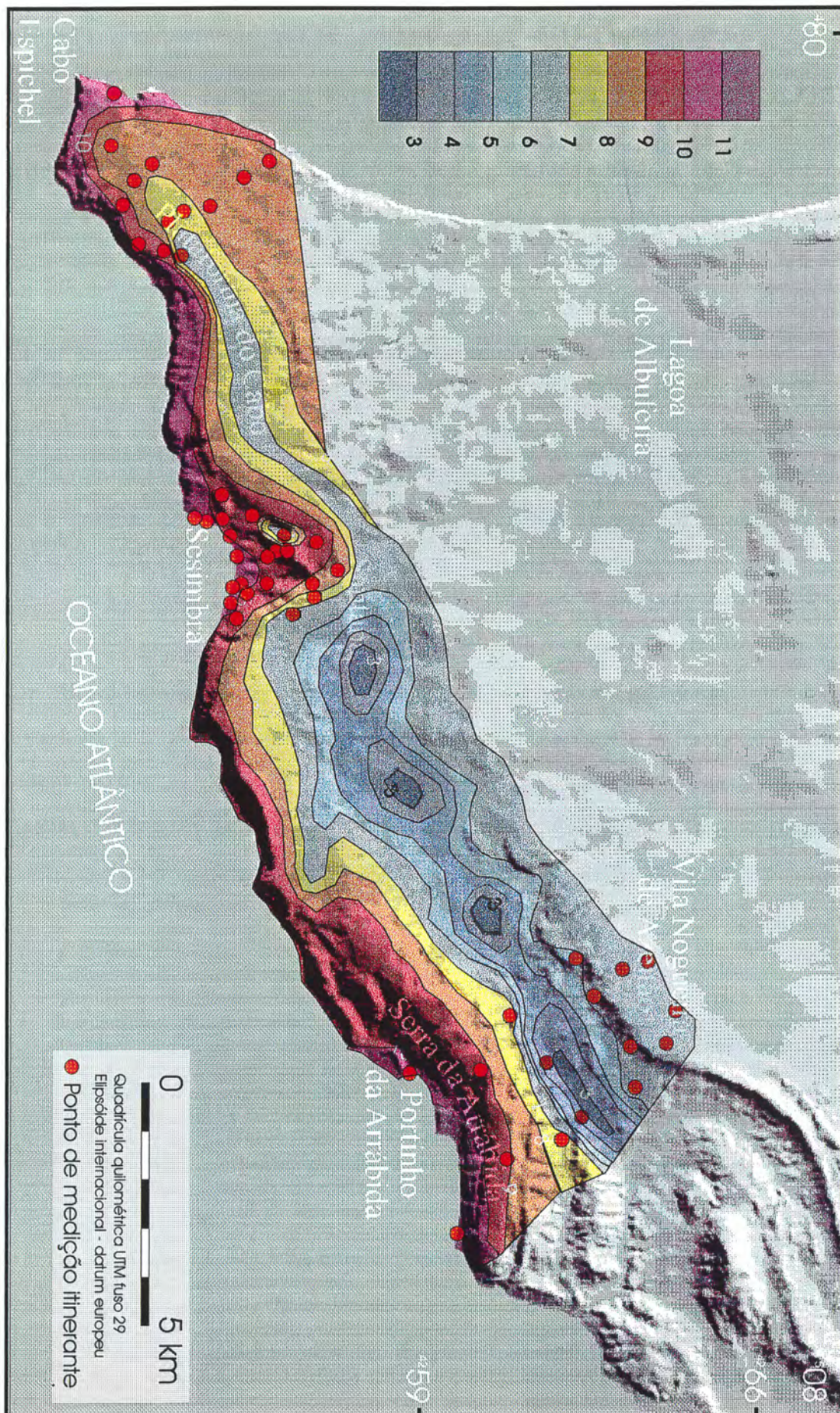


Figura 72 – Temperaturas nocturnas na Arrábida em 25/1/97.

expostas a sul e directamente em contacto com o mar, observa-se uma diminuição da temperatura com a altitude.

No sector ocidental da Arrábida, regista-se um aumento da temperatura à medida que nos afastamos do topo da Plataforma do Cabo e nos aproximamos do Cabo Espichel. A Plataforma do Cabo é a área mais fria (7°C), talvez pela altitude e exposição ao vento, que neste dia era fraco de E. O sector mais próximo do Cabo Espichel apresenta temperaturas da ordem dos 10°C, facto que se deverá à sua posição quase rodeada pelo mar.

Com base no apresentado, os principais factores que influenciam os padrões térmicos nocturnos na Arrábida serão a proximidade ao oceano, responsável pelas temperaturas nocturnas mais elevadas; a altitude que, nas áreas expostas ao mar, é responsável pela descida da temperatura com a subida em altitude; a topografia acidentada e a exposição ao mar, que em conjunto são responsáveis pela drenagem e acumulação de ar frio.

Relativamente aos padrões térmicos diurnos, nas medições efectuadas para as temperaturas máximas, estas variaram entre 17°C e 14°C (fig. 73). Os valores mais elevados ocorreram nos vales interiores da Arrábida (Ribeira de Coina e Ribeira da Ajuda) devido ao facto de serem áreas deprimidas e fechadas, onde o vento foi fraco e na bacia de Sesimbra, onde se observaram cerca de 17°C na vila e no litoral construído. Estas últimas, deveram-se à exposição da linha de costa e ao facto de ser uma área com uma elevada densidade de construção. No resto da bacia de Sesimbra observaram-se temperaturas de cerca de 16°C, bem como na Figueirinha. O facto de em toda a vertente sul da Arrábida serem aqueles os dois locais mais quentes à altitude. No sectores mais elevados da vertente sul da Serra da Arrábida, bem como na vertente norte da Plataforma do Cabo, observa-se uma temperatura em torno de 15°C.

A área mais fria é a Plataforma do Cabo Espichel e topo da serra da Arrábida, pois estão mais expostas ao vento, que no dia 25/1/97 era de fraco de SE, e devido à altitude.

Os factores responsáveis pelo padrão térmico diurno observado são a altitude, a proximidade ao oceano, a exposição e a ocupação humana. As temperaturas diurnas diminuem com o aumento da altitude e com a proximidade ao oceano. No caso da bacia de Sesimbra, o efeito da exposição a sul e altitude é acentuado pela ocupação humana. A morfologia e posição de abrigo em relação ao ar marítimo dos vales interiores, faz com estes sejam também áreas quentes.

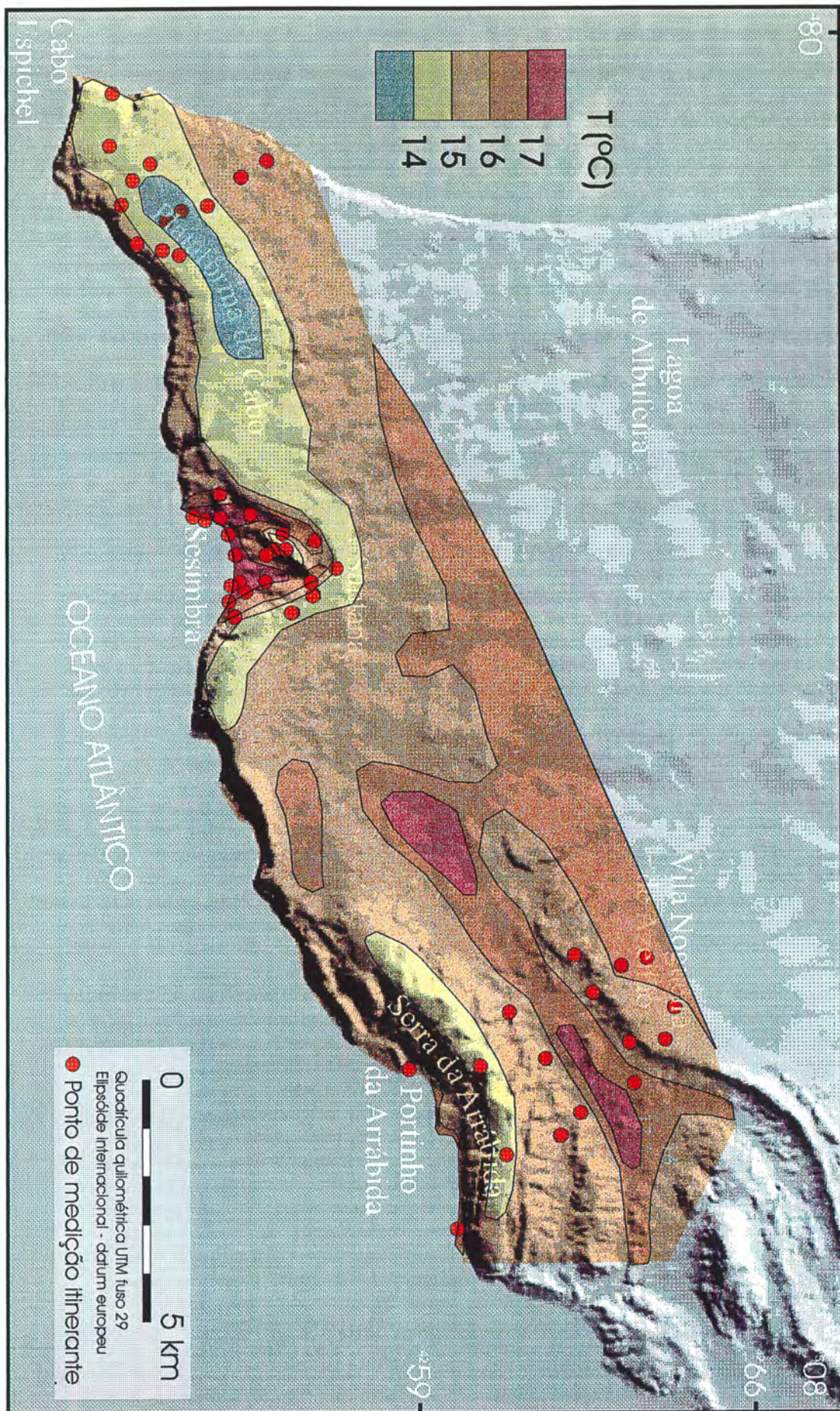


Figura 73 - Temperaturas diurnas na Arrábida em 25/1/97.

8. CONCLUSÃO

Ao longo deste trabalho foram elaboradas conclusões parciais em cada capítulo. Pretendemos com este ponto final salientar as principais conclusões e apresentar algumas pistas para trabalhos futuros.

Este trabalho foi realizado com base em dados de estações meteorológicas convencionais, de medições itinerantes e de duas estações meteorológicas automáticas. Foram aplicadas várias técnicas para o estudo das variáveis climáticas, sendo de salientar a Análise em Componentes Principais, a Classificação Ascendente Hierárquica e a Regressão Múltipla usando um Sistema de Informação Geográfica. Surge portanto, alguma desigualdade no tratamento dos temas, mas que, em conjunto, levou a uma complementariedade nos resultados que permitiu chegar a uma síntese sobre os conhecimentos actuais do clima da Arrábida

As estações meteorológicas automáticas do Portinho da Arrábida e das Antenas permitiram o estudo mais aprofundado do clima local da vertente sul da Serra da Arrábida. As diferenças térmicas horárias entre as duas estações foram analisadas através de uma Análise em Componentes Principais e da Classificação Ascendente Hierárquica. Com base nestas técnicas estatísticas foram agrupados dias com características térmicas idênticas. O grupo com maior representatividade engloba os dias em que o Portinho é mais quente do que as Antenas. Outro grupo de “dias-tipo” identificado pela Análise em Componentes Principais, e melhor isolado pela Classificação Ascendente Hierárquica, foram os dias com brisa de mar. Nestes, observa-se uma aproximação entre as temperaturas máximas do Portinho e das Antenas, estando por vezes estas últimas mais quentes. No entanto, nem sempre são as situações de brisa as responsáveis por este comportamento térmico, que poderá hipoteticamente ser explicado pela influência mais directa do mar no Portinho, implicando temperaturas máximas diárias mais baixas. Naturalmente esta afirmação carece de um estudo mais aprofundado. Salienta-se que em alguns casos, o efeito moderador do oceano nas temperaturas do Portinho, será equivalente a uma subida de cerca de 300 m em altitude.

Os dados das estações automáticas permitiram um estudo mais pormenorizado dos dias de brisa. Verificou-se, para o período com dados, que estas se manifestaram na Primavera (Abril, Maio e Junho) e no Verão (Agosto), sendo de salientar que não foram identificadas nos meses de Inverno. Infelizmente, a descontinuidade temporal dos dados não permitiu a análise de meses de Outono.

Concluiu-se igualmente que as brisas se manifestam, não só em condições anticiclónicas, mas também sob condições depressionárias e de pântanos barométricos, sempre que o gradiente isobárico é fraco, com vento de norte e céu limpo. É de referir que a classificação adoptada para as situações sinópticas não terá sido a ideal, pois como foi demonstrado, não permite o isolamento das situações considerando directamente a sua influência à escala do clima local. Teria sido mais vantajoso a aplicação de uma outra classificação baseada em parâmetros que mais directamente caracterizassem o grau de estabilidade da atmosfera, pois este tem certamente uma mais directa influência no clima àquela escala de análise.

A brisa de mar foi observada em 22 dias no Portinho e em 8 dias nas Antenas. O menor número de ocorrência nas Antenas deve-se à sua elevada altitude (300 m) e à forte influência do vento de gradiente. A direcção da brisa não é sempre a mesma. Foram distinguidas quatro direcções no Portinho e duas nas Antenas, sendo a brisa de SW a mais frequente no Portinho, e nas Antenas, a de SE. A diferente direcção da brisa pode estar relacionada com as características topográficas locais e com o jogo de forças entre o vento regional e a brisa. Por vezes, ao longo do dia foi observada a rotação da brisa para oeste, devido à força de Coriolis.

O estudo da brisa de mar permitiu também ilustrar a sua influência na diminuição da temperatura máxima. Quando esta só se manifesta no Portinho, as Antenas apresentam-se mais quentes, facto que pode, no entanto, ocorrer quando a brisa atinge às Antenas, dado que já terá perdido velocidade e humidade, não produzindo um arrefecimento significativo.

Seria fundamental estudar a temperatura da água do mar, de modo a tentar compreender a sua influência no desenvolvimento das brisas de mar e eventualmente de terra, bem como nas temperaturas locais. A brisa de terra não foi detectada, talvez devido à sobreposição com o vento regional e ao facto de a temperatura da água do mar ser relativamente baixa nesta área.

Quanto aos Sistemas de Informação Geográfica, a sua aplicação, ainda que incipiente, foi interessante, pois permitiu construir dois modelos para estimação dos padrões térmicos diurnos e nocturnos. Nesta fase, foi apenas aplicado à depressão de Sesimbra. Com base nas regressões efectuadas, os factores mais importantes na distribuição das temperaturas na área, são a altitude e a distância ao mar, ambos com correlações negativas, apresentando a distância às áreas urbanas e ao fundo de vale, uma correlação positiva menos importante. No modelo de estimação das temperaturas nocturnas, é de salientar a limitação na quantificação do efeito de acumulação de ar frio nos fundos de vale. É um problema especialmente significativo quando, num mesmo mapa surgem vales abertos ao mar e vales abrigados (com acumulação de ar frio). Nesses casos, a temperatura varia de modo inverso em cada caso.

Reserva-se para um futuro próximo a estimação das temperaturas da Arrábida.

O principal interesse da utilização dos SIG em topoclimatologia será, assim, a construção de modelos de estimação das temperaturas, melhorando o conhecimento das características climáticas locais.

O estudo efectuado ilustra a diversidade climática do sector meridional da Península de Setúbal. Os principais factores que influenciam o clima na Arrábida, primeiro identificados por RIBEIRO (1935) e que este trabalho confirma, são a distância ao mar, a altitude e o relevo.

Com base nas observações realizadas, apoiadas pelas investigações já desenvolvidas na área, foi possível construir um mapa de síntese onde são identificadas sete áreas com diferentes comportamentos térmicos em condições estáveis (fig. 74), que ocorrerão em 57% dos dias por ano (RAMOS, 1986, p.102).

Os vales interiores da Arrábida, como o das ribeiras da Ajuda, de Coina, de Santo António, o vale de Alambre e da Assenta individualizam-se como locais onde a temperatura diurna é normalmente elevada. Segundo o esquema descrito por GEIGER (1961) e OKE (1995), estão numa situação de abrigo em relação ao vento e recebem energia emitida e reflectida pelas vertentes envolventes. Estas, são também as áreas mais frias durante a noite, devido, não só à irradiação, mas também à drenagem e acumulação de ar frio proveniente das áreas mais elevadas. Tal como apontado por ALCOFORADO *et al.* (1993) para a ribeira da Ajuda, é aí que a probabilidade de ocorrência de geada e de formação de nevoeiro de irradiação são mais elevados em noites anticiclónicas de Inverno. O comportamento térmico é, portanto, “continentalizado”. Apesar da proximidade do oceano, a influência marítima é muito limitada, verificando-se diferenciações térmicas devidas à topografia, tal como em áreas de clima “continental”.

A área da Plataforma do Cabo apresenta um comportamento térmico diferente. Durante o dia tem as temperaturas mais baixas observadas na Arrábida. As temperaturas nocturnas são relativamente baixas, apesar de serem sempre superiores às das áreas deprimidas e abrigadas do mar. É de referir que, na Plataforma do Cabo, é no vale da ribeira da Mareta que se atingem as temperaturas mínimas mais baixas, o que se deverá à acumulação de ar frio. Esta área, bem como o seu prolongamento para norte, são das áreas com menor amplitude térmica da Arrábida graças à sua exposição ao vento húmido de oeste e noroeste.

A vertente sul da Arrábida regista as temperaturas nocturnas mais elevadas, o que estará relacionado com a sua posição de abrigo em relação ao vento dominante de norte e com a acção amenizadora do oceano nas temperaturas. A exposição a sul dá-lhe um carácter

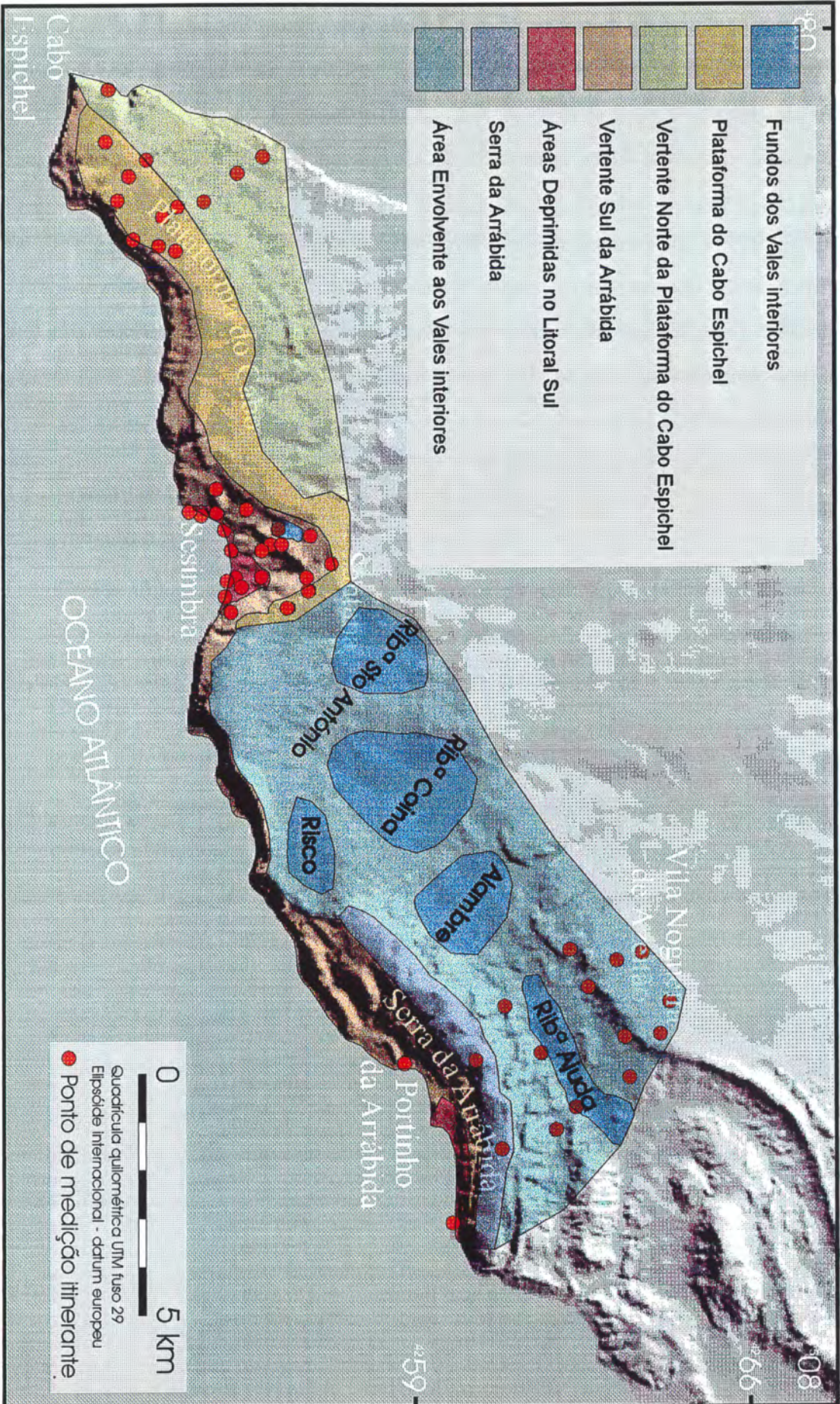


Figura 74 – Áreas com diferentes comportamentos térmicos à escala topoclimática na Arrábida em situações de estabilidade atmosférica.

Mediterrâneo mais acentuado bem patente na vegetação. Durante o dia, as temperaturas são relativamente elevadas, mas não tanto como nas depressões interiores, excepto no sector meridional da depressão de Sesimbra e na área da Figueirinha. Em Sesimbra, durante a noite as temperaturas são mais elevadas devido à posição topográfica e à proximidade ao mar, com as quais se conjuga a influência da aglomeração urbana. Os três aspectos em conjunto são responsáveis por uma temperatura, cerca de 1°C mais elevada do que a da área envolvente. Durante o dia, a depressão de Sesimbra mantém-se mais quente do que o resto da vertente sul da Arrábida, por ser uma área deprimida. No que diz respeito à Figueirinha, os factores explicativos são mais difíceis de identificar, estando provavelmente mais quente, pela sua orientação a sul, ficando exposta aos raios solares durante mais horas.

A Serra da Arrábida surge como um obstáculo muito importante, marcando, à escala do clima local, a transição entre a influência marítima e a “continental”. A norte deste relevo, como já foi apontado, o efeito da continentalidade é bem notório, diminuindo progressivamente as temperaturas nocturnas para o interior da Península de Setúbal.

Por último, a área menos conhecida do ponto de vista climático, que se prolonga para leste da depressão de Sesimbra e que morfologicamente engloba os interflúvios da serra de São Francisco e Louro, bem como com as vertentes interiores. Encontra-se na transição entre a influência marítima e a continental, sendo a segunda mais marcada nas áreas deprimidas e a primeira nas áreas de interflúvio.

O trabalho apresentado deverá ser interpretado como uma aproximação ao estudo do clima local da Arrábida que, apesar de trazer interessantes informações quanto às características topoclimáticas daquela área, apresenta bastantes limitações. Refiro-me especialmente à necessidade de alargar o número de pontos de medição itinerante a outros sectores ainda não estudados (por exemplo: área da Maçã e vales que escoam para a Lagoa de Albufeira), e à falta de registos meteorológicos contínuos em pontos-chave representativos dos contrastes encontrados. Naturalmente, o recurso à teledeteção seria fundamental em futuros trabalhos, permitindo um estudo mais detalhado dos factores que controlam as temperaturas, em especial, uma melhor compreensão da importância da ocupação do solo. Esta é portanto ainda uma primeira abordagem, com carências de dados, que possibilitariam a validação ou o afastamento das interpretações e hipóteses apresentadas. Muito há ainda a fazer, para melhor compreender esta área tão rica e que desde cedo tem despertado a atenção dos geógrafos portugueses.

9. BIBLIOGRAFIA

- ALBUQUERQUE, J.P. (1964) - Esquema climático da Península de Setúbal. Separata da Revista *Agricultura*. nº21.
- ALCOFORADO, M. J. (1978) - Reflexões metodológicas em climatologia regional e local (aspectos térmicos). *Finisterra*, XIII, 25, Lisboa, p.108-120.
- ALCOFORADO, M.J. (1981) - *Notas sobre a geomorfologia da Arrábida oriental*, C.E.G., L.A.G.F., REL. nº12, Lisboa, 93 p.
- ALCOFORADO, M. J.(1984a) - *Os ventos dominantes em torno da Serra de Sintra. A deformação das árvores*. C.E.G., L.A.G.F., rel.nº20, Lisboa, 73 p.
- ALCOFORADO, M. J. (1984b) - Representação cartográfica das árvores deformadas. *Finisterra*, Vol. XIX, nº 38, Lisboa, p.137-169.
- ALCOFORADO, M. J. (1984c) - Orientações em climatologia: alguns apontamentos pessoais. *Livro de Homenagem a Orlando Ribeiro*, Iº Vol, C.E.G., p.261-269.
- ALCOFORADO, M. J. (1985) - *Dois exemplos de utilização de termografias obtidas de avião*. Comunicação apresentada ao primeiro Seminário sobre Cartografia Temática e Cadastral, L.N.E.C., Lisboa, 22 p. (policopiado).
- ALCOFORADO, M. J. (1986) - Contribution to the study of Lisbon's heat island. *Freiburger Geographische Hefte*, 26, Freiburg, p. 165-176.
- ALCOFORADO, M. J. (1987) - Brisas estivais do Tejo e do Oceano na região de Lisboa. *Finisterra*, XXII, 43, Lisboa, p.213-225.
- ALCOFORADO, M. J. (1988) - *O clima da região de Lisboa. Contrastes e regimes térmicos*. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Doutor em Geografia Física, 568 p.
- ALCOFORADO, M. J. (1989) - Representativité temporelle des mesures itinérantes. Exemple de Lisbonne. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 2, p.69-74.
- ALCOFORADO, M. J. (1991a) - Influence de l'advection sur les champs thermiques urbains à Lisbonne. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 4, p.29-35.
- ALCOFORADO, M. J. (1991b) - Influência do tempo no desencadeamento da crises de dispneia em doentes respiratórios. *Finisterra*, Lisboa, XXVI, 51, p. 105-116.
- ALCOFORADO, M. J. (1992) - Lisbon's thermal patterns. *Proceedings Pre-congress Comission Meeting*, I.G.U., Pennsylvania, p.101-108.
- ALCOFORADO, M. J. (1993) - *O clima da região de Lisboa. Contrastes e regimes térmicos*. Mem. nº 15, C.E.G., Lisboa, 347 p.
- ALCOFORADO, M. J.; ALEGRIA, M. F.; PEREIRA, A.; SIRGADO, C. (1993a) - *Dominios bioclimáticos em Portugal definidos por comparação dos índices de Gaussen e de Emberger*. L.A.G.F. Rel. nº33, Lisboa, 57 p.
- ALCOFORADO, M.; ANDRADE, E.; NEVES, M.; VIEIRA, G. (1993b) - Climas Locais da Arrábida no Inverno. *Finisterra*, XXVIII, 55-56, p.215-228.
- ALCOFORADO, M.J. (1996) - A vegetação como indicador dos ventos dominantes. *Anais do Instituto Superior de Agronomia*, XLV, Lisboa, p. 667-681.
- ALCOFORADO, M. J.; ANDRADE, H. (1997a) - Detailed thermal maps concerning urban areas. Lisbon's case study., *Geo-Sistemas* (no prelo).
- ALCOFORADO, M. J. ; DIAS, M. H. (1998) - Mapas climáticos da Península de Setúbal e de Lisboa. Lisboa (no prelo).
- AMORIM, G. (1941) - *Atlas de Portugal*. 2ªEd. Instituto de Estudos Geográficos. Fac.Let., Coimbra.
- ANDRADE, H. (1994) - *Poluição atmosférica e clima em Lisboa. Aspectos da variação espacial e temporal no semestre de Inverno*. Dissertação de Mestrado em Geografia Física apresentada na Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, 214 p.
- ANDRADE, H. (1996) - A qualidade do ar em Lisboa valores médios e situações extremas, *Finisterra*, XXXI, 61, p-43-66
- ANDRE, P.; MABILLE, G.; ERPICUM, M. (1991) - Comparaison des températures mesurées em Belgique dans un site urbain (Uccle) et un site rural (Thimister). *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, Vol. 4, Fribourg, p.37-42.
- AZEVEDO, T. M. (1985) - *Formações plio-quaternárias da Península de Setúbal*, I Reunião do Quaternário Ibérico, Lisboa, 58p.
- BAERISWYL, P. (1994) - Apport des campagnes de mesures intensives dans l'étude de la ventilation et de la qualité de l'air d'une grande vallée alpine. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, Vol. 7.

- BELTRANDO, G.; CHÈMERY, L. (1995) – *Dictionnaire du climat*. Larousse, Paris, 344 p.
- BRETTLE, M. (1989) – Sea temperature and coastal winds. *Weather*, vol. 44, 6, p. 249-256.
- CARREGA, P. (1989) – Vents et échelles de contraintes géographiques: exemples en région Niçoise. *Publications de L'Association Internationale de Climatologie*, Vol. 2, p. 83-88.
- CAPELO, J. H.; ALMEIDA, A. F. (1993) – Dados sobre a paisagem vegetal do parque Natural da Serra da Arrábida: proposta de uma tipologia fitossociológica. *Silva Lusitana*, 1(2), Lisboa, p.217-236
- CARREGA, P. (1982) – *Les facteurs climatiques limitants dans le sud des Alpes occidentales*. Thèse de Doctorat de 3^E cycle. Nice, 221 p.
- CARREGA, P. (1994) – Topoclimatologie et habitat. *Revue de Géographie du Laboratoire d'Analyse Spatiale Raoul Blanchard*, n°35 & 36, Nice, 301 p.
- CHOFFAT, P. (1908) – Essai sur la tectonique de la chaîne de l'Arrábida. *Comun. Serv. Geol. Port.*, Lisboa, 98 p.
- CHOISINEL, E. (1984) – La prévision météorologique à l'usage des médecins. *L.M.M. médecine du sud-est*, XX, n°1. Paris, p.8470-8476.
- DAVEAU, S. e colaboradores (1977) – *Répartition et rythme des précipitations au Portugal*. Mem. C.E.G. n° 3, Lisboa, 184p.
- DAVEAU, S.; AZEVEDO, T. (1981) – Aspectos e evolução do relevo da extremidade sudoeste da Arrábida. S.G.P. *Livro de homenagem ao Professor Doutor Carlos Teixeira*, Vol. XXII, Lisboa, 433 p.
- DAVEAU, S. e colaboradores (1985) – *Mapas climáticos de Portugal: nevoeiro e nebulosidade. Contrastes térmicos*, Mem.C.E.G. n°7, Lisboa, 84 p.
- DELANNOY, H.; LECOMPTE, M. (1980) – Utilization de l'analyse factorielle des correspondances pour l'étude des précipitations quotidiennes: un exemple au Maroc. *Méditerranée*, n°4, p. 29-36.
- DORAN, C. (1987) – Wind and temperature structure over a land-water-land area. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, vol. 28, 8, p. 973-979.
- DURAND-DASTES, F. (1978) – Les regimes pluviométriques de Sumatra étudiés à l'aide d'une analyse factorielle des correspondances. *Bull.Assoc.Géogr.Franç.*, Paris n° 457, p. 338-344.
- EASTMAN, J. (1995) – *Idrisi for Windows. User's guide*. Version 1.0, Worcester, 118 p.
- FELICÍSIMO, A. (1994) – *Modelos digitais del terreno*. Pentalfa, Oviedo, 222 p.
- FERREIRA, D. B. (1980) – Contribution à l'étude des vents et de l'humidité dans les îles centrales de l'archipel des Açores, C.E.G., I.N.M.G., Lisboa, 437 p.
- FERREIRA, D. B. (1984) – Une méthode d'étude des vents dominants: le profilé de la végétation(son application aux Açores). *Livro de Homenagem a Orlando Ribeiro*, 1º Volume, C.E.G., Lisboa, p.245-260.
- FREIRE, M. E. (1988) – *A planície litoral entre a Trafaria e a Lagoa de Albufeira*, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, S.N.P.R.C.N., n°3, Lisboa, 204 p.
- GANHO, N. (1992a) – *O clima urbano de Coimbra - Aspectos térmicos estivais*. Dissertação de Mestrado em Geografia apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, 170 p.
- GANHO, N. (1992b) – *A ilha de calor de Coimbra*. Comunicação apresentada no VI Colóquio Ibérico de Geografia, Porto, 12 p.
- GARRATT, J. R. (1992) – *The atmospheric boundary layer*. Cambridge University Press, London, 316 p.
- GEIGER, R. (1961) – *Manual de microclimatologia*, F.C.G., Lisboa, 637 p.
- GIRÃO, A. (1941) – *Atlas de Portugal*. 2ª Ed., I.E.G, F.L.C., Coimbra.
- GÓMEZ, A.; GARCÍA, F.; ARROYO, F.; VIDE, J.; CUDRAT, J. (1993) – *El clima de las ciudades españolas*. Catedra, Madrid, 268 p.
- HUGGETT, R. (1995) – *Geoecology, an evolutionary approach*. Routledge, Londres, 320 p.
- ILWIS Department (1996) – *Ilwis for Windows. Step by step*, ITC, Enschede, 207 p.
- LIPPERT, W ; PODLECH, D. (1989) – *Plantas del Mediterráneo*, Everest, León, 253 p.
- LEE, D. O. (1984) – Urban climates. *Progress in Physical Geography*, Vol.8, n°1, p. 1-31.
- LOPES, A. (1994a) – *Padrões térmicos do clima local da região de Oeiras*. Dissertação de Mestrado em Geografia Física apresentada na Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, 220 p.
- LOPES, A. (1994b) – Interpolação de temperaturas à escala do clima local. *Geo-Sistemas*, n°3, JNICT, Lisboa, p.153-160.
- LOPES, A. (1995) – Drenagem e acumulação de ar frio em noites de arrefecimento radiativo. *Finisterra*, Vol XXX, n°59-60, Lisboa.
- MAGUIRE, D.; GOODCHILD, M.; RHIND, D. (eds.) (1996) – *Geographical Information Systems*. Volume 1, Longman Scientific & Technical, Nova Iorque, 649 p.
- MARTIN, S.; SAINTIGNON, M.-F. (1974) – Application de l'analyse factorielle en composantes principales a l'étude de la variabilité régionale et interannuelle des précipitations Ardéchoises. *Revue de Géographie de Lyon*, vol.49, n°1, Lyon.

- MARZOL, M. V.; DORTA, P.; RODRIGUEZ, J. (1991) - Variations temporelles et particularités de la température horaire dans le ville de Santa Cruz de Tenerife (Îles Canaries). *Publications de L'Association Internationale de Climatologie*, Vol.4. Fribourg, p. 43-53.
- MONTEIRO, A. (1988) - Contribuição para o estudo das implicações no clima local geradas pela construção de uma barragem. *Revista da Faculdade de Letras - Geografia*, I Série, Vol IV, Porto, p.157-218.
- MONTEIRO, A. (1989) - 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, p.5-31.
- MONTEIRO, A. (1993a) - Est-ce qu'il y a des raisons suffisantes pour parler d'un îlot d'humidité urbain dans la ville de Porto. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, Vol 6, p. 585- 593.
- MONTEIRO, A. (1993b) - *O clima urbano do Porto - Contribuição para a definição de estratégias de planeamento e ordenamento do território*. Dissertação apresentada à Universidade do Porto para obtenção do grau de Doutor em Geografia Física, 436 p.
- MOREIRA, M. E. (1980) - *Vegetação em Portugal. Plantas espontâneas e subespontâneas*. E.G.R.T., nº5, C.E.G., Lisboa, 166 p.
- MORA, C. (1997) - *Transectos fitogeográficos na Arrábida ocidental*. Trabalho apresentado na cadeira "Ecossistemas Litorais" no âmbito do Mestrado em Geografia Física e Ambiente, não publicado, 36 p..
- MOREIRA, M. E. (1988) - *Programa de Biogeografia*, Universidade de Lisboa, 293 p.
- MOUNIER, J. (1979) - Les Climats océaniques des régions atlantique de l'Espagne et du Portugal. Lille, 1221 p.
- NAKAMURA, K. (1989) - Local climatological study of the nocturnal cold air drainage on the mountain slope. *Bulletin of Dohto University, General Education*, nº8, p.53-145.
- NETO, C. (1993) - Notas sobre a flora e vegetação do Cabo Espichel, *Finisterra*, XXVIII, p.201-214.
- NEVES, M. (1995) - *Dinâmica actual e recente dos litorais rochosos. Exemplos do SW português*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, 127 p. + anexos.
- ODUM, E. (1971) - *Fundamentos de ecologia*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 927 p.
- OKE, T. R. (1995) - *Boundary layer climates*. Methuen & Co Ltd, 2ªEd London, 372 p.
- PEDRO, G. J. (1991) - *Vegetação e flora da Arrábida*. Col.Natureza e Paisagem nº10, S.N.P.R.C.N., Lisboa, 131 p.
- PEREIRA, H. G.; SOUSA, A. (1989) - *Análise de dados para o tratamento de quadros multidimensionais. (pol.)*, 115 p.
- PINTO, D. (1995) - *Aridez e desertificação no Alentejo. O caso da região da margem esquerda do Guadiana*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, 107 p.
- QUEIRÓS, M.; BONITO, A.; PEREIRA, A.; MAIA, J. (1990)- Asma infantil e poluição atmosférica na área do Porto. *Arquivos da Sociedade Portuguesa de Patologia Respiratória*, Vol 7. nº31-36.
- RAMOS, C. (1986) - *Tipos de anticiclones e ritmo climático de Portugal*. C.E.G., LAGF, Relnº 25, Lisboa, 236p.
- RAMOS, C. (1987) - A influência das situações anticiclónicas no regime de precipitação em Portugal. *Finisterra*, XXII, nº 43, Lisboa p. 5-38.
- RAMOS PEREIRA, A. (1988) - Aspectos do relevo de Portugal. Litorais ocidental e meridional da Península de Setúbal, *Finisterra*, Vol. XXIII, nº 46, Lisboa, p.335-349.
- RAMOS PEREIRA, A.; REGNAULD, H.; ALVARINHO DIAS, J.; LARANJEIRA, M. (1994) - Contribuições para a geomorfologia e dinâmicas em Portugal. L.A.G.F. Rel. nº35, Lisboa, 89 p.
- REIS, E. (1996) - *Aplicação dos sistemas de informação geográfica na análise morfológica de bacias hidrográficas*. Dissertação para a aobtenção do grau de Mestre em Hidráulica e Recursos Hídricos, Lisboa, 221 p.
- RIBEIRO, O. (1935) - *A Arrábida, Esboço Geográfico*. Dissertação de doutoramento em Ciências Histórico-Geográficas, apresentada à Faculdade de letras de Lisboa, 94 p.
- RIBEIRO, O. (1940) - Remarques sur la morphologie de la région de Sintra et Cascais, *Revue de Géographie des Pyrénées et du Sud-Ouest*, XI, 3-4, Toulouse, 203-218 p.
- RIBEIRO, O. (1968) - Excursão à Arrábida, *Finisterra*, Vol.III, nº6, Lisboa, p.257-273.
- RIBEIRO, O.; LAUTENSHACH, H.; DAVEAU, S. (1994) - *Geografia de Portugal. II O ritmo climático e a paisagem*. Ed. Sá da Costa, Lisboa, 280 p.
- RIBEIRO, A.; ANTUNES, M. T.; FERREIRA, M. P.; ROCHA, R. B.; SOARES, A. F.; ZBYSZEWSKI, G.; MOITINHO, F. A.; CARVALHO, D.; MONTEIRO, J. H. (1979) - *Introduction à la géologie générale du Portugal*. Lisboa, Serv. Geol. Port., 113 p.
- RUFFIEUX, D. (1986a) - La ventilation de la region de Fribourg déterminée par modélisation physique. *International Symposium on Topoclimatology and its application*, Liège, p. 235-252.
- RUFFIEUX, D. (1986b) - L'influence des propriétés physiques de la surface active sur la répartition des topoclimats. *International Symposium on Topoclimatology and its application*, Liège, p.104-115.

- SPIEGEL, M. (1972) - *Estatística*. Coleção Schaum, McGraw-hill, Rio de Janeiro, 580 p.
- THOMPSON, R.; PERRY, A. (eds) (1997) - *Applied climatology*. Routledge, Londres, 352 p.
- TORTELLI, M.; ROSSETTI, R. (1993) - Comparaison microclimatique entre aire urbaine et extra-urbaine: un exemple. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, Vol.6, p.559-577.
- VENTURA, J. E. (1986) - Influência das gotas de ar frio no ritmo e na repartição espacial das chuvas em Portugal. *Estudo de Climatologia*. L.A.G.F., C.E.G., Relnº24, Lisboa, 212 p.
- VENTURA, J. E. (1988) - Temperaturas máximas e mínimas em Portugal continental. C.E.G, L.A.G.F., Relnº28, Lisboa, 90 p.
- VENTURA, J. E. (1996) - *Aspectos da distribuição espacial das chuvas no sul de Portugal*. C.E.G, A.G.F.A., Rel.nº36, Lisboa, 92 p.
- VIEIRA, G. T. (1995) - *Processos morfogenéticos recentes e actuais na Serra do Gerês*. Dissertação de mestrado apresentada à F.L.U.L. para obtenção do grau de Mestre em Geografia Física e Ambiente. Lisboa, 135 p.
- WALFORD, N. (1996) - *Geographical data analysis*. Wiley, Chichester, 446 p.
- ZBYSZEWSKI, G.; FERREIRA, O. VEIGA (1965) - Carta Geológica de Portugal. *Notícia explicativa da folha 38-B*. Setúbal, serv.Geol.Port., Lisboa, 134 p.
- YOSHINO, M. M. (1975) - *Climate in a small area. An introduction to local Meteorology*. University of Tokyo Press, Tokyo, 549 p.

10. FONTES CARTOGRÁFICAS E ESTATÍSTICAS

- Carta Militar de Portugal, 1:25 000, folha 464 (Sesimbra), I.G.E., 1994.
- Carta Militar de Portugal, 1:25 000, folha 454 (Setúbal), I.G.E., 1994.
- Carta Militar de Portugal, 1:25 000, folha 465 (Setúbal), I.G.E., 1994.
- Carta Geológica de Portugal, 1:50 000, folha 38-B (Setúbal), I.G.M., 1994.
- Carta da Capacidade de Uso do Solo, 1:50 000, folha 38B (Setúbal), S.R.O.A., 1969.
- Carta dos Solos de Portugal, 1:50 000, folha 38-B (Setúbal), S.R.O.A., 1969
- Carta Agrícola e Florestal de Portugal, 1:25 000, folha 464, S.R.O.A, 1962.
- Carta Agrícola e Florestal de Portugal, 1:25 000, folha 465, S.R.O.A., 1962.
- Carta Agrícola e Florestal de Portugal, 1:25 000, folha 454, S.R.O.A., 1962.
- Carta Corográfica de Portugal, 1:50 000, folha 38-B (Setúbal), I.G.C., 1973.
- Anuário climatológico (observações de superfície), I.N.M.G.
- O clima de Portugal, Fasc. XII, I.N.M.G., 1970
- Boletins Meteorológicos Diários, I.M.

11. ÍNDICE DE QUADROS

I - Trabalhos publicados em Portugal no âmbito da topoclimatologia.....	21
II - Períodos com dados comuns às estações automáticas do Portinho da Arrábida e das Antenas.....	37
III - Variância explicada pela Análise em Componentes Principais.....	45
IV - Scores das variáveis da ACP com base nas diferenças térmicas entre as duas estações automáticas.....	47
V-I - Características do vento em 22 dias de brisa no Portinho da Arrábida.....	72
V-II - Características do vento em 22 dias de brisa no Portinho da Arrábida.....	73
VI - Características do vento em 8 dias de brisa nas Antenas.....	73
VII - Características dos pontos de medição climática.....	85
VIII - Características dos pontos de medição.....	99
IX - Valores das regressões entre os <i>layer's</i> e as medições climáticas.....	122
X - Caracterização dos pontos de medição itinerante da área do cabo Espichel.....	125

12. ÍNDICE DE FIGURAS

1 - Localização das áreas estudadas no sul da Península de Setúbal (relevo baseado na Carta Corográfica de Portugal, folha 38-B – Setúbal, 1:50 000).....	5
2 - Estrutura esquemática da camada limite atmosférica (GARRATT, 1992).....	6
3 - Estudos de clima local publicados em Portugal Continental entre 1973 e 1997.....	20
4 - Esboço morfológico da Arrábida (DAVEAU e RIBEIRO, 1968).....	24
5 - Esboço provisório das regiões climáticas de Portugal (DAVEAU <i>et al.</i> , 1985).....	27
6 - Distribuição das temperaturas máximas médias do mês mais quente na região da Península de Setúbal (1961-71) (adaptado de VENTURA, 1988).	29
7 - Distribuição das temperaturas mínimas médias do mês mais frio na região da Península de Setúbal (1961/71) (adaptado de VENTURA, 1988).....	29
8 - Repartição mensal precipitação e das temperaturas médias, máximas médias e mínimas médias na estação meteorológica de Setúbal (1941/70).	30
9 - Repartição mensal precipitação e das temperaturas médias, máximas médias e mínimas médias na estação meteorológica de Sesimbra/Maçã (1953/70).....	30
10 - Distribuição da precipitação anual correspondente ao nono decil na Península de Setúbal (1949/78) (adaptado de VENTURA, 1996).....	31
11 - Localização dos pontos de medição itinerante e das estações meteorológicas automáticas do Portinho e das Antenas (adaptado de ALCOFORADO <i>et al.</i> , 1993).....	36
12 - Variação das temperaturas médias diárias, máximas diárias e mínimas diárias na estação de Setúbal de 01/01/1996 a 26/03/1997 (o sombreado corresponde ao período com dados para as três estações em estudo).	39
13 - Variação das temperaturas médias diárias nas estações de Setúbal, Portinho e Antenas nos seis períodos comuns.	41
14 - Variação das temperaturas máximas médias diárias nas estações de Setúbal, Portinho e Antenas nos seis períodos comuns.....	42
15 - Variação das temperaturas mínimas médias diárias nas estações de Setúbal, Portinho e Antenas nos seis períodos comuns.	43
16 - Projecção das variáveis da ACP no plano factorial 1-2.....	48
17 - Projecção das variáveis da ACP no plano factorial 1-3.....	48
18 - Projecção dos indivíduos da ACP no plano factorial 1-2 e os cinco tipos de dias encontrados.	49
19 - Diferenças de temperatura entre a estação do Portinho e das Antenas.	50
20 - Diferenças de temperatura entre a estação do Portinho e das Antenas.....	51
21 - Diferenças de temperatura entre a estação do Portinho e das Antenas.....	52
22 - Diferenças de temperatura entre a estação do Portinho e das Antenas.....	53
23 - Diferenças de temperatura entre a estação do Portinho e das Antenas.....	54
24 - Projecção dos indivíduos da ACP no plano factorial 1-3.....	56

25 - Classificação Ascendente Hierárquica aplicada às diferenças de temperatura entre a estação do Portinho e das Antenas.....	59
26 - Variação da temperatura, humidade relativa, direcção e velocidade do vento na estação do Portinho, nos dias de brisa de mar. As colunas a sombreado marcam o período com brisa de mar.....	74
27 - Variação da temperatura (T), humidade relativa (HU), direcção e velocidade do vento nas estações das Antenas e do Portinho nos dias em que a brisa de mar se manifesta em ambas as estações. As colunas a sombreado marcam o período com brisa de mar.....	78
28 - Modelo hipotético do comportamento do vento na Serra da Arrábida nos dias em a brisa de mar atinge as Antenas.....	81
29 - Situação sinóptica à superfície e em altitude no dia 25/1/1997 (Boletim Meteorológico Diário, I.M., Lisboa	86
30 - Sondagem aerológica em Lisboa às 12 UTC no dia 24/1/1997 (Boletim Meteorológico Diário, I.M., Lisboa).....	87
31 - Sondagem aerológica em Lisboa às 12 UTC no dia 25/1/1997 (Boletim Meteorológico Diário, I.M., Lisboa).....	88
32 - Temperaturas nocturnas na área da Serra da Arrábida no dia 25/1/1997 (situação de calma).....	89
33 - Temperaturas diurnas e vento na área da Serra da Arrábida no dia 25/1/1997.....	90
34 - Situação sinóptica à superfície e em altitude no dia 8/3/1997 (Boletim Meteorológico Diário, I.M., Lisboa) ..	92
35 - Sondagem aerológica em Lisboa às 12 UTC no dia 8/3/1997 (Boletim Meteorológico Diário, I.M., Lisboa).....	92
36 - Temperaturas nocturnas na área da serra da Arrábida	93
37 - Temperaturas diurnas na área da serra da Arrábida	94
38 - Localização dos pontos de medição itinerante na área da bacia de Sesimbra.....	98
39 - Situação sinóptica à superfície e em altitude no dia 28/4/1996 (Boletim Meteorológico Diário, I.M., Lisboa).....	99
40 - Temperaturas diurnas e vento na área de Sesimbra no dia 28/4/1996.....	101
41 - Situação sinóptica à superfície e em altitude no dia 12/5/1996 (Boletim Meteorológico Diário, I.M., Lisboa).....	102
42 - Temperaturas nocturnas e vento na área de Sesimbra no dia 12/5/1996.....	102
43 - Situação sinóptica à superfície e em altitude no dia 25/5/1996 (Boletim Meteorológico Diário, I.M., Lisboa).....	103
44 - Temperaturas nocturnas e vento na área de Sesimbra no dia 25/5/1996.....	104
45 - Temperaturas diurnas e vento de Sesimbra no dia 25/5/1996.....	104
46 - Situação sinóptica à superfície e em altitude no dia 14/8/1996 (Boletim Meteorológico Diário, I.M., Lisboa).....	106
47 - Temperaturas nocturnas e vento na área de Sesimbra no dia 14/8/1996.....	106
48 - Situação sinóptica à superfície e em altitude no dia 17/8/1996 (Boletim Meteorológico Diário, I.M., Lisboa).....	107
49 - Temperaturas nocturnas e vento na área de Sesimbra no dia 17/8/1996.....	108

50 - Situação sinóptica à superfície e em altitude no dia 17/11/1996 (Boletim Meteorológico Diário, I.M., Lisboa).....	109
51 - Temperaturas nocturnas e vento na área de Sesimbra no dia 17/11/1996.....	109
52 - Situação sinóptica à superfície e em altitude no dia 27/12/1996 (Boletim Meteorológico Diário, I.M., Lisboa).....	110
53 - Temperaturas nocturnas e vento na área de Sesimbra no dia 27/12/1996.....	111
54 - Temperaturas nocturnas e vento na área de Sesimbra no dia 25/1/1997.....	112
55 - Temperaturas diurnas e vento na área de Sesimbra no dia 25/1/1997.....	113
56 - <i>Layers</i> utilizados no Sistema de Informação Geográfica ILWIS para o estudo da bacia de Sesimbra.....	116
57 - <i>Layers</i> utilizados na regressão com a média das temperaturas obtidas nas campanhas itinerantes para a obtenção da equação da recta e respectivo modelo de previsão das temperaturas nocturnas médias da área da depressão de Sesimbra em situações de estabilidade.....	118
58 - <i>Layers</i> utilizados na regressão com a média das temperaturas obtidas nas campanhas itinerantes para a obtenção da equação da recta e respectivo modelo de previsão das temperaturas diurnas médias da área da depressão de Sesimbra em situações de estabilidade.....	119
59 - Modelo de estimação da média das temperaturas nocturnas da área de Sesimbra.....	120
60 - Modelo de estimação da média das temperaturas médias nocturnas na área de Sesimbra.....	121
61 - Localização dos pontos de medição itinerante na área da Plataforma do Cabo Espichel.....	124
62 - Temperaturas nocturnas e vento na área da Plataforma do Cabo Espichel no dia 27/12/1996.....	126
63 - Temperaturas nocturnas e vento na área da Plataforma do Cabo Espichel no dia 25/1/1997.....	127
64 - Temperaturas diurnas e vento na área da Plataforma do Cabo Espichel no dia 25/1/1997.....	128
65 - Situação sinóptica à superfície e em altitude no dia 15/3/1997 (Boletim Meteorológico Diário, I.M., Lisboa).....	128
66 - Sondagem aerológica em Lisboa às 12 UTC, no dia 15/3/1997 (Boletim Meteorológico Diário, I.M., Lisboa).....	129
67 - Temperaturas nocturnas e vento na área da Plataforma do Cabo Espichel no dia 15/3/1997.....	130
68 - Temperaturas diurnas e vento na área da Plataforma do Cabo Espichel no dia 15/3/1997.....	131
69 - Localização dos pontos de medição das observações itinerantes realizadas em 1992 e 1993 no âmbito do projecto “As arribas da Arrábida e o sistema ambiental atmosfera-oceano”.....	133
70 - Temperaturas na madrugada do dia 31 de Dezembro de 1992. As medições foram realizadas nocturnas na Arrábida no dia 25/01/1997, com base em medições itinerantes realizadas no âmbito do projecto “As arribas da Arrábida e o sistema ambiental atmosfera-oceano”.....	134
71 - Temperaturas na madrugada do dia 6 de Fevereiro de 1993. As medições foram realizadas nocturnas na Arrábida no dia 25/01/1997, com base em medições itinerantes realizadas no âmbito do projecto “As arribas da Arrábida e o sistema ambiental atmosfera-oceano”.....	136
72 - Temperaturas nocturnas na Arrábida no dia 25/01/1997.....	138
73 - Temperaturas diurnas na Arrábida no dia 25/01/1997.....	140
74 - Áreas com diferentes comportamentos térmicos à escala topoclimática na Arrábida em situações de estabilidade atmosférica.....	144

ÍNDICE

PREFÁCIO.....	1
1. INTRODUÇÃO	3
2. ESTUDOS DE CLIMA LOCAL EM PORTUGAL. BREVE SÍNTESE	9
3. ENQUADRAMENTO DA ARRÁBIDA	23
3.1. ENQUADRAMENTO GEOMORFOLÓGICO.....	23
3.2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DO CLIMA DA ARRÁBIDA.....	24
3.2.1. <i>Remate</i>	33
4. ASPECTOS DO CLIMA LOCAL DA SERRA DA ARRÁBIDA	35
4.1. LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES AUTOMÁTICAS.....	35
4.2. METODOLOGIA	36
4.3. COMPARAÇÃO DOS DADOS DIÁRIOS PARA AS ESTAÇÕES DE SETÚBAL, PORTINHO E ANTENAS.....	37
4.4. ANÁLISE DOS PERÍODOS COMUNS ÀS DUAS ESTAÇÕES AUTOMÁTICAS	44
4.4.1. <i>Análise em Componentes Principais dos dias, considerando as diferenças térmicas horárias</i> ...46	
4.4.2. <i>Classificação Ascendente Hierárquica dos dias considerando as diferenças térmicas horárias</i> 58	
4.4.3. <i>Remate</i>	63
4.5. OS DIAS COM BRISA DE MAR	64
4.5.1. <i>A brisa de mar. Algumas considerações teóricas</i>	65
4.5.2. <i>As brisas na Arrábida</i>	69
4.5.3. <i>Os dias com brisa no Portinho</i>	71
4.5.4. <i>Os dias em que a brisa atinge as Antenas</i>	77
4.5.5. <i>Os dias com brisa no Portinho e nas Antenas</i>	79
4.5.6. <i>Remate</i>	79
4.6. MEDIÇÕES ITINERANTES NA SERRA DA ARRÁBIDA.....	83
4.6.1. <i>Enquadramento da Serra da Arrábida</i>	84
4.6.2. <i>Resultados das medições itinerantes do dia 25/1/97</i>	86
4.6.3. <i>Resultados das medições itinerantes do dia 8/3/97</i>	91
4.6.4. <i>Remate</i>	94
5. MEDIÇÕES ITINERANTES NA DEPRESSÃO DE SESIMBRA.....	97
5.1. ENQUADRAMENTO DA DEPRESSÃO DE SESIMBRA	97
5.2. RESULTADOS DAS MEDIÇÕES ITINERANTES	100
5.2.1. <i>Resultados das medições itinerantes do dia 28/4/96</i>	100
5.2.2. <i>Resultados das medições itinerantes do dia 12/5/96</i>	101
5.2.3. <i>Resultados das medições itinerantes do dia 25/5/96</i>	102
5.2.4. <i>Resultados das medições itinerantes do dia 14/08/1996</i>	105
5.2.5. <i>Resultados das medições itinerantes do dia 17/08/1996</i>	107
5.2.6. <i>Resultados das medições itinerantes do dia 17/11/1996</i>	108
5.2.7. <i>Resultados das medições itinerantes do dia 27/12/1996</i>	110
5.2.8. <i>Resultados das medições itinerantes do dia 25/01/1997</i>	111
5.2.9. <i>Remate</i>	113
5.3. MODELO DE ESTIMAÇÃO DAS TEMPERATURAS PARA A DEPRESSÃO DE SESIMBRA	115
6. ASPECTOS DO CLIMA LOCAL DA PLATAFORMA DO CABO ESPICHEL.....	123
6.1. ENQUADRAMENTO DA ÁREA DA PLATAFORMA DO CABO ESPICHEL	123
6.2. RESULTADOS DAS MEDIÇÕES ITINERANTES DO DIA 27/12/1996	125
6.3. RESULTADOS DAS MEDIÇÕES ITINERANTES DO DIA 25/01/1997	126
6.4. RESULTADOS DAS MEDIÇÕES ITINERANTES DO DIA 15/03/1997	128
6.5. REMATE	130
7. OS PADRÕES TÉRMICOS NA ARRÁBIDA.....	133

8. CONCLUSÃO.....	141
9. BIBLIOGRAFIA.....	147
10. FONTES CARTOGRÁFICAS E ESTATÍSTICAS.....	150
11. ÍNDICE DE QUADROS.....	151
12. ÍNDICE DE FIGURAS.....	152

Entrado em	98/07/20
Comprado, Esc.	
Cedido por	la autora
Permuta com	
Cota	PE-291/A

Aspectos do Clima Local da Arrábida

Carla Mora

ERRATA

- p. 7, 8ª linha – onde se lê “O texto divide-se em nove capítulos”, deve ler-se: “O texto divide-se em **oito** capítulos”.
- p. 65, 12ª linha – onde se lê “a evaporação é responsável pela libertação de calor latente”, deve ler-se “a evaporação é responsável pela **absorção** de calor latente”.
- p.86, 3º Parágrafo – onde se lê: “...com inversão térmica aos 1000 hPa (203 m – fig. 30)”, deve ler-se “...com inversão térmica aos 1000 hPa (203 m – fig. **31**)”.
- p. 86, 3º Parágrafo - onde se lê “... diminuição da espessura da camada de subsidência (fig. 31)”, deve ler-se “... diminuição da espessura da camada de subsidência (fig. **30**)”.
- p. 86, 3º Parágrafo - onde se lê “...que a 24/1/97 se situava entre 850 e 625 m de altitude, tendo diminuindo no dia seguinte.”, deve ler-se “...que a 24/1/97 se situava entre 850 e 625 **hpa** de altitude, tendo diminuindo no dia seguinte.”
- p. 93, 3ª linha – onde se lê “dever-se-á ao facto de a vertente costeira ter menor altitude”, deve ler-se “dever-se-á ao facto de a vertente **da** costeira ter menor altitude”.
- p. 100, 12ª linha – onde se lê “Em altitude observa-se um bloqueio difluente a afectar Portugal...”, deve ler-se “Em altitude observa-se um bloqueio **em ómega** a afectar Portugal...”
- p. 117, 30ª linha – onde se lê “A regressão tem o valor mais elevado de explicação...”, deve ler-se “**Nestas a** regressão tem o valor mais elevado de explicação...”
- p. 118, 15ª linha – onde se lê “...de determinação significativo (0,91)...”, deve ler-se “...de determinação significativo (**$r^2=0,91$ nas mínimas e 0,61 nas máximas**)”.

REPETIÇÕES NO TEXTO

- p. 72 – todo o texto extra-quadro V-I.
p. 87 – as três primeiras linhas.