

REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA DAS ÁRVORES DEFORMADAS

VENTOS DOMINANTES EM TORNO DA SERRA DE SINTRA

MARIA JOÃO ALCOFORADO

1. PROCESSOS DE OBSERVAÇÃO INDIRECTA DO VENTO JUNTO AO SOLO

1. *ACÇÃO DO VENTO NA VEGETAÇÃO*

O vento é factor limitante ou, pelo menos, perturbador do exercício de grande número de actividades tais como a agricultura e o turismo, no extremo ocidental da Península de Lisboa. As numerosas ruínas de moinhos comprovam a utilização tradicional da força do vento nesta área, certamente também propícia para a instalação de modernas centrais eólicas.

Destacando-se bruscamente de plataformas 300 ou 400 metros mais baixas, e apesar das suas dimensões reduzidas (12 km × 5 km × 500 m), a serra de Sintra é um obstáculo importante para a circulação do vento na camada de ar junto ao solo. A despeito de a rede das estações meteorológicas ser aqui bastante densa, os dados nelas registados revelam-se insuficientes para a caracterização das condições de vento a grande escala: recorreu-se então a processos indirectos de estudo, observando as consequências da acção do vento na vegetação.

Os resultados da acção mecânica do vento são os mais fáceis de detectar: em locais onde a pressão exercida pelo ar é suficientemente forte, observa-se a quebra ou o dobramento dos ramos em espécies menos flexíveis ou mais expostas. O vento actua também de modo indirecto impedindo certas

funções vitais das plantas. Um vento forte (de velocidade superior a 2 m/s segundo HUETZ DE LEMPS, 1970) aumenta de tal maneira a transpiração, que provoca a redução do metabolismo (em especial da fotossíntese) e o crescimento das plantas não segue então o ritmo normal.

Os grãos de areia em suspensão e as partículas salinas da salsugem reforçam a acção prejudicial do vento, quebrando ou «queimando» a vegetação.

2. ALGUNS BIO-INDICADORES DO VENTO

As sebes

As sebes podem fornecer indicações preciosas sobre a direcção do vento dominante (ou o mais prejudicial para as culturas), desde que se confirme que a sua função é efectivamente a protecção contra aquele elemento climático. Este indicador foi utilizado entre a Azóia e o Cabo da Roca e em muitos fundos de vales (estampa II, B).

Os líquenes

Os líquenes como *Xantoria parietina* e *Physcia ascendens* serviram para detectar a ausência frequente de ventos fortes na Jugoslávia (YOSHINO *et al*, 1976), dado que proliferam unicamente em locais onde há acumulação de ar frio nas noites de forte irradiação. Estes líquenes (conjuntamente com briófitos e uma alga) foram utilizados como indicadores de poluição em Lisboa (SÉRGIO e BENTO PEREIRA, 1981), mas não foi ainda estabelecida entre nós qualquer relação directa entre a sua presença e o clima.

As formas dissimétricas e prostradas das árvores

Embora cada associação vegetal possa necessitar dum certo tipo de solo e exigir determinadas condições térmicas, de iluminação e de drenagem, todas aqui possuem um conjunto de características de adaptação morfológica a ambientes secos (neste caso provocados pelo vento), entre os quais: modificação do porte (como o nanismo, as disposições em almofada e em roseta), sistema radicular robusto e profundo,

presença de rizomas e bolbos, flexibilidade do tronco, presença de agulhas, espinhos e revestimentos tomentosos.

A análise do vento mais frequente junto ao solo foi essencialmente baseada na representação cartográfica das formas dissimétricas ou prostradas das árvores (*Baumkronendeformation* de WEISCHET, *Wuchsformen* de BARCH, ou *Wind-shaped trees* de YOSHINO). São modificações não hereditárias das plantas ou de partes das plantas, causadas pelo vento; as espécies podem retomar o seu aspecto normal, se qualquer obstáculo as isolar da acção daquele elemento climático.

A relação causa-efeito entre o vento dominante e a deformação foi demonstrada experimentalmente (OKA, 1972 e YOSHINO, 1976); no presente trabalho, partiu-se também da consequência para o estudo da causa, tendo-se obtido uma imagem pormenorizada da distribuição espacial e da intensidade relativa dos ventos dominantes nos primeiros metros da atmosfera.

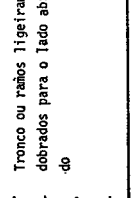
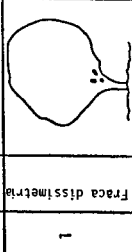
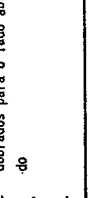





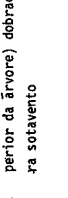



3. AS ESCALAS DA DEFORMAÇÃO

Tem vindo a ser confirmado por vários autores que as silhuetas mais deformadas e de menor porte se situam nos locais onde a frequência ou velocidade do vento são mais elevadas. Junto ao mar Adriático foi até possível traduzir numericamente a relação entre o vento e a deformação (YOSHINO, 1976).

Embora a tarefa de atribuição de graus de deformação às formas das árvores seja difícil e marcada pela subjectividade, cada autor tem apresentado escalas apropriadas ao seu local de trabalho (quadro 1). As de BARCH e de WEISCHET (1963) são independentes da espécie. O mesmo não acontece na classificação de YOSHINO (1973) de que se transcrevem dois dos quatro tipos apresentados pelo autor.

Adoptaram-se cinco graus de deformação a que foram atribuídos números de ordem, de 2 a 6, não só para permitir acrescentar o grau 1, em trabalhos a realizar em áreas menos ventosas, como também para facilitar a comparação com as outras escalas apresentadas. A escala de deformação, esquematizada na figura 2, foi concebida para o pinheiro, género frequente nesta área; as espécies aqui encontradas são o

Escalas de deformação propostas por vários autores

Grau	Designação	BARSCH (1963)	WEISCHET (1963)	YOSHINO (1973)
1	Forma dissimétrica		Não há praticamente redução do volume da copa no lado exposto, onde apenas os mais pequenos ramos estão dobrados para o lado abrigado. "Leichte Windbiegung" (Grau 2)	<p>Deformação de Tipo 1</p> <p>Ramos da parte superior da árvore ligeiramente dobrados para o lado do abrigado</p> 
2	Forma dissimétrica		A copa é nitidamente dissimétrica: os ramos de várias dimensões do lado exposto estão dobrados para o lado abrigado. "Starke Windbiegung" (Grau 4)	<p>Deformação de Tipo 3</p> <p>Tronco e ramos (do terço superior da árvore) dobrados para o lado abrigado</p> 
3	Forma de bandeira		Quase total desaparecimento dos ramos no lado exposto ao vento; apenas restam ramos curtos e mutilados. "Unvollendete Windfahne" (Grau 6)	<p>Troncos e ramos drasticamente dobrados para o lado abrigado, nos 2/3 superiores da árvore</p> 
4	Forma de bandeira perfeita		Desaparecimento total dos ramos do lado exposto ao vento. "Vollendete Windfahne" (Grau 8)	<p>Ausência de ramos no lado exposto. Tronco e ramos inclinados para o lado abrigado.</p> 
5	Forma mutilada		O tronco está também fortemente dobrado. Na parte superior da copa o crescimento é dificultado pelo vento forte e na inferior pelo efeito de sombra. "Windflüchter" (Grau 10)	<p>Altura da árvore é menor do que altura do tronco principal. Só certos ramos do lado abrigado sobrevivem</p> 
6	Forma "em tapeete"		A vegetação forma uma cumha sobre o solo; esta constitui uma proteção permitindo o aparecimento de árvores não deformadas, alguns metros a sota do vento. "Scherhecke" (Grau 12)	<p>O tronco e os ramos só crescem junto ao solo</p> 

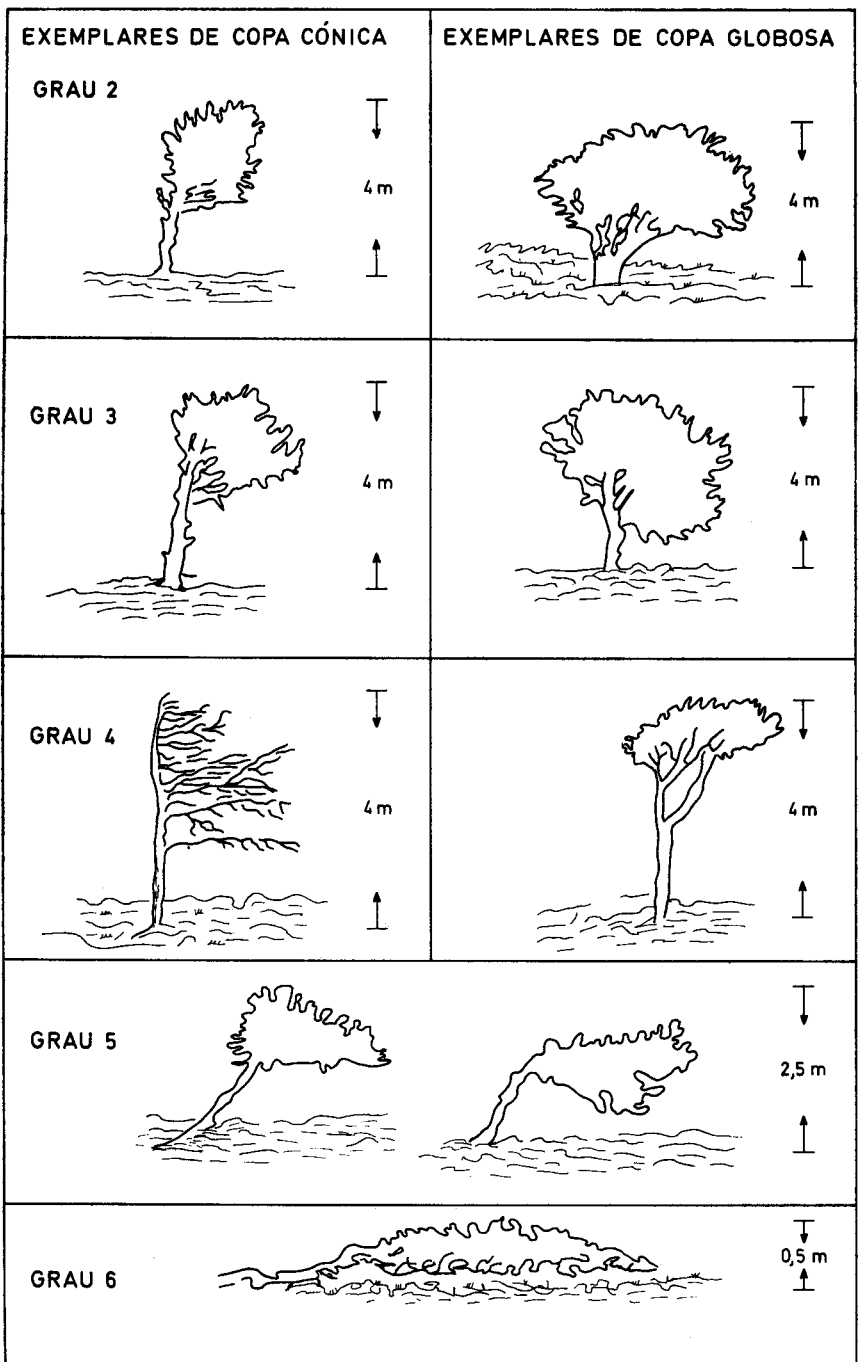


Fig. 2 — Escala de deformação adaptada ao pinheiro.

pinheiro bravo (*Pinus pinaster*), o pinheiro manso (*Pinus pinea*) e o pinheiro de Alepo (*Pinus halepensis*).

A diferente forma inicial da copa (cônica ou globosa) dá lugar a perfis diferentes nos três primeiros graus (fig. 2): a dissimetria é crescente do grau 2 ao 4, restando apenas os ramos da parte abrigada nos pinheiros de grau 4; a inclinação do tronco é fraca ou nula (est. I, A).

Nos pinheiros de grau 5, o dobramento do tronco principal é visível, a altura da árvore menor e a maior parte dos ramos cresce horizontalmente.

O grau 6 corresponde ao desenvolvimento «em tapete» das árvores. O tronco, completamente prostrado, por vezes nem é visível devido ao emaranhado dos ramos, cujo crescimento na vertical é impedido pelo «efeito de poda» (ASHBY, 1961); as gemas de renovo da parte superior dos ramos não conseguem sobreviver devido aos efeitos mecânico e fisiológico do vento. Os arbustos que existem nos mesmos locais ventosos têm porte «em almofada», constituindo uma moitá ovalada, que assegura uma mais eficaz autoprotecção. Na fotografia aérea distinguem-se apenas, nestes locais, manchas de vegetação, alongadas no sentido do vento dominante (fig. 14 e est. I, C).

A SE do Cabo Raso há alguns exemplares de deformação intermédia entre os graus 5 e 6: as plantas não constituem ainda um emaranhado compacto de ramos, e o tronco, muito contorcido, pode elevar-se a 50 cm ou mesmo 1 m da superfície, voltar ao solo e tornar a crescer. O pequeno número de indivíduos com este tipo de deformação não justificou a modificação da escala adoptada neste estudo.

O pinheiro da est. II, A ilustra a dificuldade de classificação de alguns exemplares; por analogia com os indivíduos vizinhos, esta árvore foi considerada de grau 5, apesar do tronco estar vertical até certa altura (protecção durante o início do seu crescimento?).

A dificuldade de encontrar duas ou mais espécies no mesmo local, exactamente com a mesma exposição aos ventos dominantes e da mesma altura, não permite ainda qualquer conclusão definitiva sobre a sensibilidade (*Windempfindlichkeit* de WEISCHET) ou a resistência ao vento, qualidade complementar (*Windhärte* de BARSCH). O pinheiro manso, de cres-

cimento mais lento, não atinge, em muitos locais, tão grandes alturas como o bravo e o de Alepo; fica por isso menos deformado, visto que, devido ao atrito, a velocidade do vento diminui junto ao solo; não se pode, no entanto, concluir desde já que a resistência do pinheiro manso ao vento é maior.

Não se efectuaram medições sistemáticas do tronco mas notou-se nalguns exemplares que, em locais de vento forte ou frequente, a secção transversal do tronco torna-se oval, sendo o maior diâmetro no sentido do vento dominante. No Cabo Raso, num pinheiro de grau 6, o maior diâmetro é de 60 cm e o menor de 25 cm (est. I, B).

Na ausência de pinheiros, algumas outras espécies foram utilizadas como indicadores:

— A sabina das praias (*Juniperus phoenicea*) é um arbusto frequentemente associado ao pinheiro em locais de deformação máxima, constituindo moitas alongadas. A sua resistência ao vento é grande, pois esta planta está sempre bem exposta aos ventos marítimos e parece constituir uma sebe natural que permite a sobrevivência do pinheiro. Existem numerosos exemplares destas moitas no Cabo Raso e junto à Praia do Abano.

— O cedro das ilhas (*Juniperus angustifolia*), de porte arbóreo, aparece mais para o interior e deforma-se menos do que os pinheiros em idêntica posição.

— O eucalipto (*Eucalyptus globulus*) é uma árvore flexível, mas os ramos do indivíduo adulto acabam por deformar sob acção contínua do vento, embora o tronco dobre pouco. Esta espécie parece ligeiramente mais resistente do que o pinheiro de copa cónica, mas não existe nas proximidades imediatas do oceano, tendo-se encontrado apenas exemplares de graus 2, 3 e 4 (est. III, A e B).

— O zambujeiro (*Olea europaea* var. *sylvestris*), embora de ramificação irregular, parece ter uma resistência ligeiramente superior à do pinheiro de copa cónica (fig. 3).

Como indicadores apenas da direcção do vento predominante foram utilizados choupos brancos (*Populus alba*) (fig. 3) e plátanos (*Platanus orientalis*), vulgares ao longo das estradas, freixos (*Fraxinus angustifolia*), frequentes nos fundos largos de vales, além de alguns sobreiros (*Quercus suber*) e oliveiras (*Olea europaea* var. *sativa*).

As palmeiras e as araucárias não estão aparentemente deformadas devido à sua flexibilidade e crescimento apical (informação oral de ALEXANDRA SILVA E COSTA). No entanto, os ramos destas últimas crescem um pouco menos a barlavento (est. III, c). A maior parte das árvores de fruto não

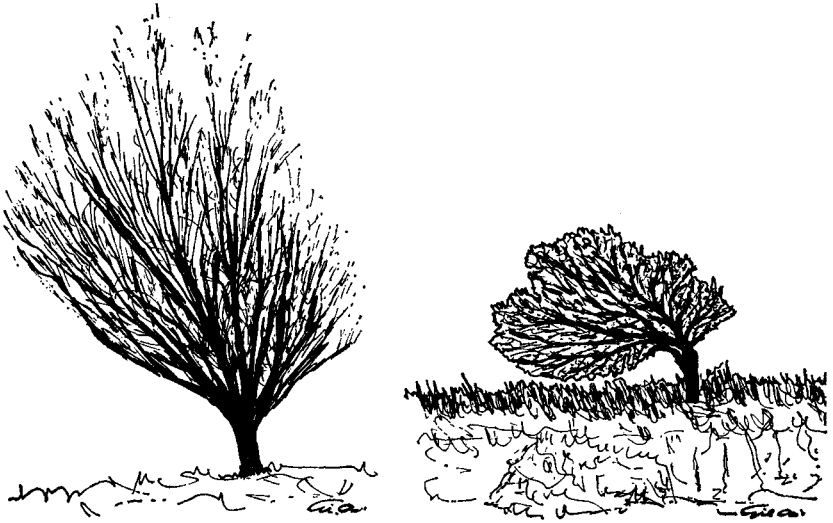
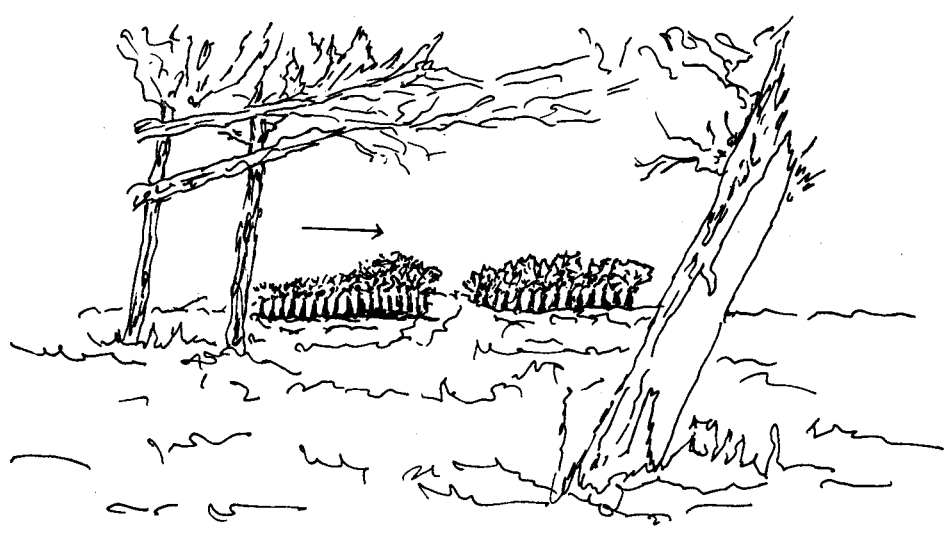


Fig. 3 — Choupo e zambuieiro deformados.

foram utilizadas como indicadores, pois apenas existem exemplares podados em locais abrigados pelas habitações.

Na ausência de árvores isoladas, os agrupamentos podem fornecer indicações preciosas sobre o sentido do vento dominante: o perfil do conjunto é dissimétrico, aumentando a altura das árvores para sotavento. Nalgumas espécies, o limite da vegetação é mais regular do lado exposto do que do lado abrigado e, por vezes, os indivíduos da orla do povoamento virada aos ventos dominantes apresentam formas dissimétricas (fig. 4).



Sentido do vento dominante.

Fig. 4 — Conjuntos de árvores deformadas.

II. REPRESENTAÇÃO CARTOGRAFICA DA DEFORMAÇÃO

1. *RELAÇÕES ENTRE AS DIRECÇÕES DE DEFORMAÇÃO E O VENTO NAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS*

A partir do traçado das iso-hipsas e das isóbaras nos mapas dos boletins meteorológicos diários, conclui-se que, à latitude de Lisboa e a 500 mb, o fluxo de oeste é predominante tanto no Inverno como no Verão (fig. 5). À superfície,

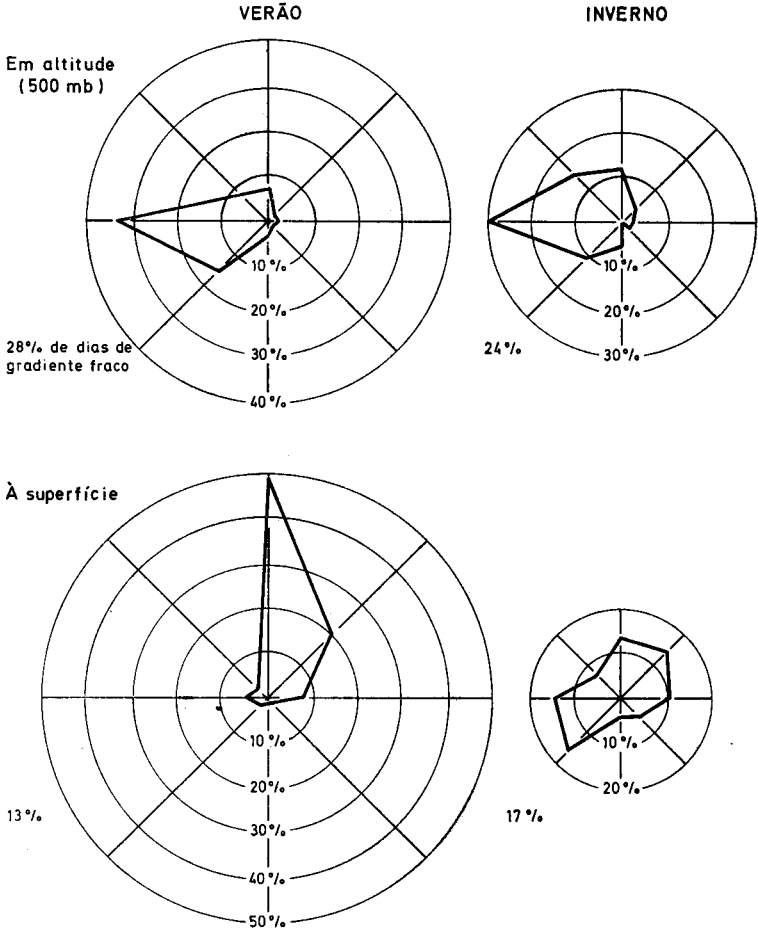


Fig. 5 — Fluxos em altitude (500 mb) e à superfície no Verão e no Inverno, à latitude de Lisboa.

Fonte: Boletins Meteorológicos Diários (I. N. M. G. de Lisboa e I. M. N. de Madrid) de 1978 a 1983. Mapas sinópticos das 12 h.

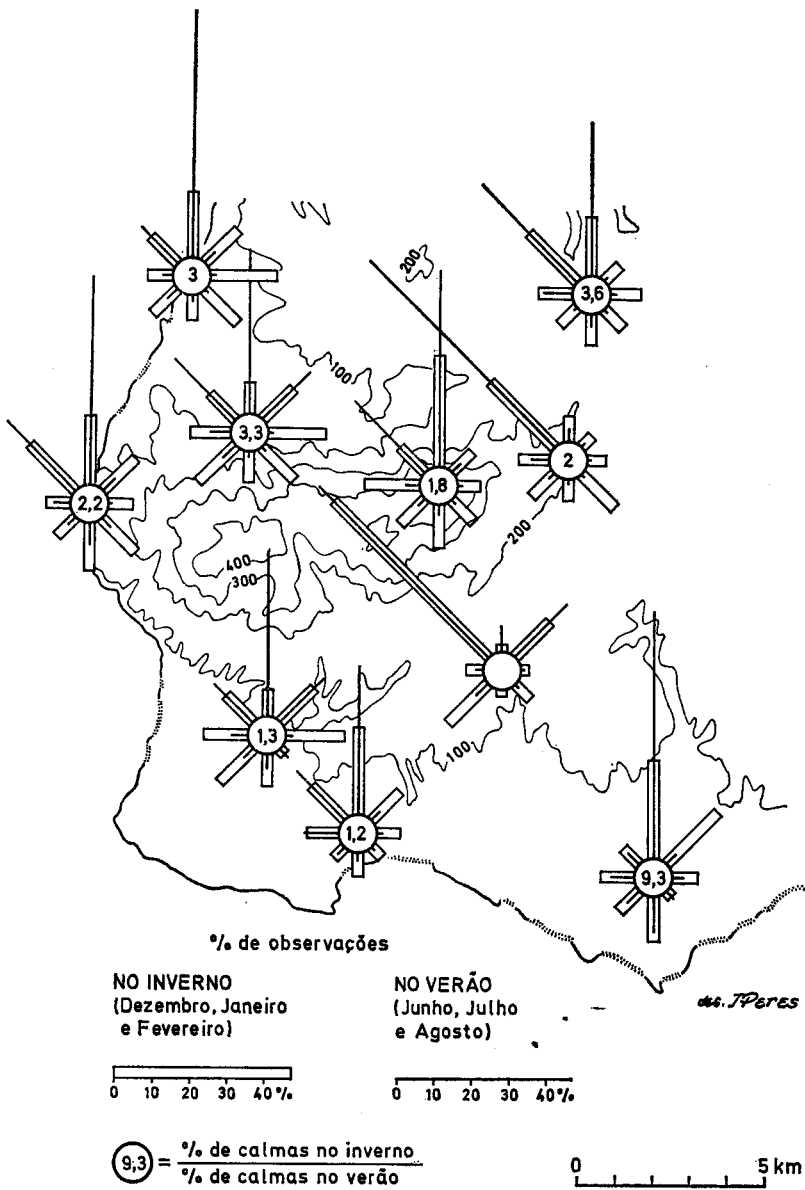


Fig. 6 — Frequência dos ventos no Verão e no Inverno.

Fonte: Anuários Climatológicos de Portugal,
I. N. M. G. (1950-1971).

os trajectos das massas de ar são modificados, em parte devido às diferenças térmicas e higrométricas entre o oceano e a Península Ibérica; a variação das direcções do fluxo predominante entre os períodos de aquecimento máximo e mínimo é muito marcado junto ao solo. Os sentidos da deformação das árvores em torno da serra de Sintra (fig. 9) revelam que são os ventos de norte e noroeste (cujas marcas na vegetação serão consideradas conjuntamente neste estudo)

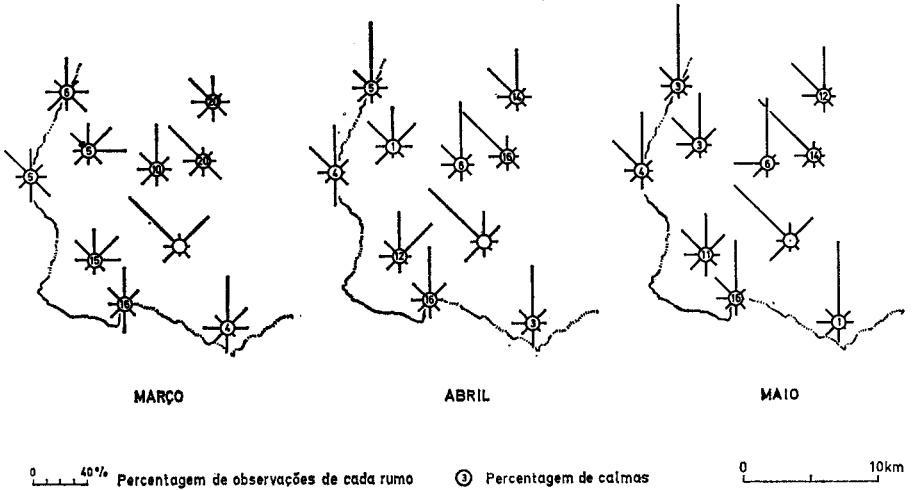


Fig. 7 — Frequência dos ventos na Primavera.

Fonte: Anuários Climatológicos de Portugal,
I. N. M. G. (1950-1971).

os principais responsáveis pelas formas dissimétricas ou pros-tradas das árvores ⁽¹⁾. As gemas de renovo da maioria das espécies desta área aparecem durante o mês de Fevereiro, mas é apenas a partir de Março que os jovens rebentos ficam desprotegidos e consequentemente mais sensíveis à acção do vento. Ora, é também a partir deste mês que a nortada se torna mais frequente, sendo francamente predominante a partir de Abril e durante todo o Verão (fig. 6 e 7). Na maior

⁽¹⁾ O estudo da *resposta* da vegetação da serra de Sintra à acção do vento dominante não foi levada a cabo nesta fase da pesquisa, pois as diferentes espécies e a maior densidade da cobertura vegetal obrigariam a utilizar diferentes processos de estudo.

parte das estações, os ventos do quadrante norte são os mais violentos no Verão, mas no litoral a norte da serra (ex. Azenhas do Mar) as velocidades mais elevadas verificam-se no Inverno. Na Primavera os ventos não são particularmente fortes (fig. 8). Desta análise conclui-se que a deformação da vegetação em torno da serra de Sintra é provocada por ventos frequentes, nem sempre muito violentos.

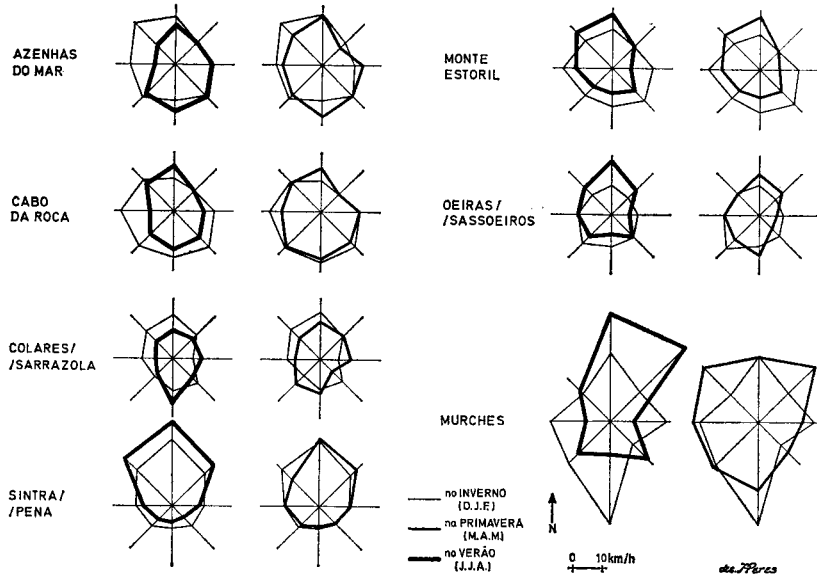


Fig. 8 — Velocidade média do vento no Inverno, Primavera e Verão.

Fonte: Anuários Climatológicos de Portugal,
I. N. M. G. (1950-1971).

A acção dos ventos parece ser especialmente eficaz se estes continuam rápidos no período do ano em que são mais raros. Cite-se como exemplo a área a norte da Praia das Maças, onde o grau de deformação é superior a 5 (fig. 9): na estação mais próxima (Azenhas do Mar), as maiores velocidades dos ventos de N e NW registam-se no Inverno (fig. 8).

2. A ANÁLISE DA DEFORMAÇÃO DA VEGETAÇÃO EM TORNO DA SERRA DE SINTRA

A análise da representação cartográfica das árvores deformadas é um precioso auxiliar para o estudo do vento a grande escala, permitindo interpolações, sempre arriscadas a partir dos dados das estações (fig. 6 e 8). Construído a partir de um grande número de pontos de observação, o mapa da figura 9, embora de difícil leitura de conjunto, revela o detalhe da circulação do vento mais frequente junto ao solo (²).

A norte da serra

Junto ao litoral a norte da serra, as árvores estão fortemente deformadas, excepto na faixa entre a Praia das Maçãs e a da Adraga (fig. 9); o abrigo relativo desta área pode ser apenas devido à presença de sebes, cuja rede é muito apertada ou ser também explicado pelo «efeito de travagem» do vento a barlavento do obstáculo constituído pela serra (também constatado por HOLTMEIER, 1971).

O vento é frequentemente canalizado pelo troço jusante das ribeiras: por exemplo, perto de Almoçageme, os ventos dominantes parecem fazer um ângulo de 90° com a sua provável direcção no oceano: sopram praticamente de oeste, devido à orientação dos vales. O da ribeira de Colares, que corre na base da vertente norte da serra e até ao fundo da qual a floresta desce por vezes, contribui certamente também para a diminuição da velocidade da nortada. Em certos troços, o seu curso é abrigado, observando-se apenas uma ligeira deformação nos topos das árvores mais altas (mais de 20 metros).

Mais para oriente o grau de deformação diminui devido ao atrito crescente, multiplicam-se as pequenas áreas abrigadas nas vertentes viradas a sueste e eventualmente em troços de fundos de vale, protegidos por interflúvios alongados de nordeste para sudoeste ou de norte para sul (fig. 10).

(²) Um ensaio de representação cartográfica das árvores deformadas na área entre Azenhas do Mar, Janas e Almoçageme foi feito por M. CARLOS BARRETO GOMES, VITÓRIA FIGUEIREDO, FERNANDO HONÓRIO e JORGE HONÓRIO, alunos da cadeira de Climatologia em 1979/80. Uma parte do trabalho de campo posterior foi levado a cabo com a colaboração de AMÉLIA NEVES SEQUEIRA.



des. J. Peres

ÁRVORES SEM DEFORMAÇÃO

◉◉◉ locais abrigados

ÁRVORES DEFORMADAS

1. DIRECÇÃO DO VENTO

▷ nos interflúvios
▷ canalizado

2. DIRECÇÃO E INTENSIDADE DO VENTO

graus

↖ 2
↗ 3
↘ 4
↙ 5
↖ 6

0 5 km

//// áreas construídas

Fig. 9, b— Bio-indicadores dos ventos dominantes em torno da serra de Sintra.

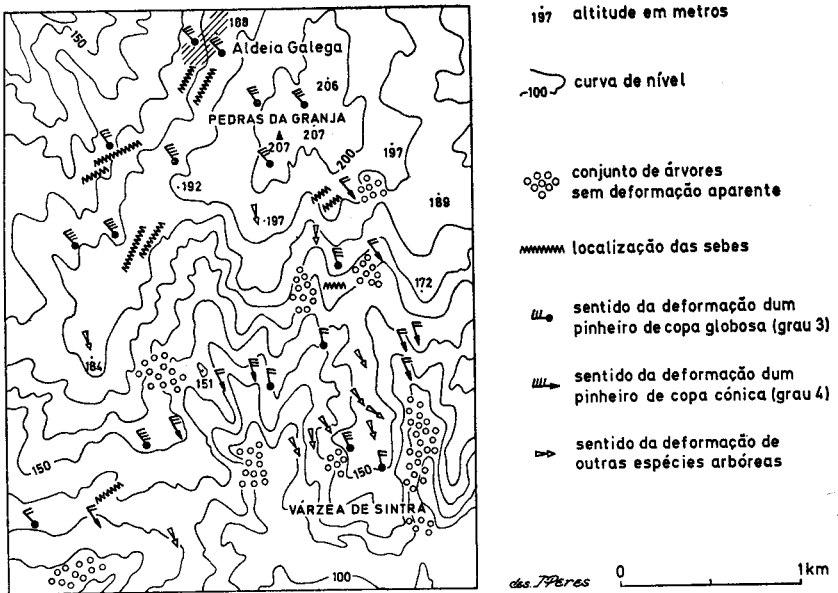


Fig. 10 — Bio-indicadores do vento dominante a norte da Várzea de Sintra.

No Cabo da Roca

As plantas rasteiras em forma de rosetas, firmemente fixadas ao solo, tais como os plântagos e as calêndulas, testemunham a presença de ventos fortes, que não permitem o aparecimento de vegetação de porte arbóreo. Encontram-se aqui outras plantas resistentes como o carrasco (*Quercus coccifera*) e a roselha (*Cistus crispus*), de porte em almofada, além do chorão (*Carpobrotus edulis*), planta infestante que não dá qualquer indicação sobre o vento.

As sebes, dispostas transversalmente nos fundos dos vales, ou paralelamente às curvas de nível nas encostas, e os arbustos dos interflúvios indicam a direcção dos ventos dominantes. Reconhecem-se aqui três sistemas de ventos (fig. 11 e 19):

— Ventos do quadrante norte que sopram sobre a antiga superfície de abrasão a oeste da serra (RIBEIRO, 1940) sem encontrarem grandes obstáculos e que, ao iniciarem a descida nas arribas a sudoeste da serra, adquirem grande aceleração.

— Ventos canalizados que, a norte do Cabo da Roca, «sobem» os valeiros de jusante para montante, dirigindo-se para a foz das ribeiras a sul do Cabo, onde o ângulo das direcções dos ventos de vale e de interflúvio pode atingir cerca de 90° (fig. 11).

— Nem sempre é possível, devido à escala utilizada, representar os ventos de vertente.

A sudoeste da serra e no Cabo Raso

Os ventos de norte e de noroeste apenas atingem o litoral a sul do Cabo da Roca (orientado de NW para SE) depois de ultrapassar os interflúvios a oriente do Cabo ou de descer os valeiros suspensos que conduzem o vento vindo da serra (fig. 9); nestes vales as árvores estão muito deformadas, devido à aceleração adquirida pelos ventos na descida; a ausência de floresta na vertente SW da serra também contribui para o fácil escoamento do ar.

As praias ou arribas baixas do litoral a sul da Ponta da Abelheira, de orientação meridiana, recebem já directamente os ventos de noroeste.

A deformação é máxima na faixa entre a Praia do Abano e o Cabo Raso (fig. 9). Encontram-se, nesta área, moitas alongadas de sabinas das praias e pinheiros (fig. 12). A altura da vegetação aumenta rapidamente nas pequenas depressões entre as dunas, à medida que diminui o grau de deformação (fig. 13).

Os ventos conduzidos ao longo dos vales imprimem na vegetação a marca da sua passagem, em locais bem próximos ainda do oceano. O grau de deformação é pouco menor do que à beira-mar, mas chegam a verificar-se diferenças de mais de 90° na direcção de deformação em áreas contíguas: devido ao vento que se desloca no fundo do vale da ribeira de Arneiro (fig. 12) a deformação é de NNE no interflúvio a norte de Barril, enquanto 250 m para ocidente as árvores inclinam para SE; observa-se uma idêntica mudança do sentido da deformação a sudoeste da Charneca (fig. 12).

A vegetação rasteira que sobrevive nos solos descalcificados das fendas do *karst*, entre o mar e a estrada, a E da Ponta do Navio, na maior parte dos casos, não dá qualquer

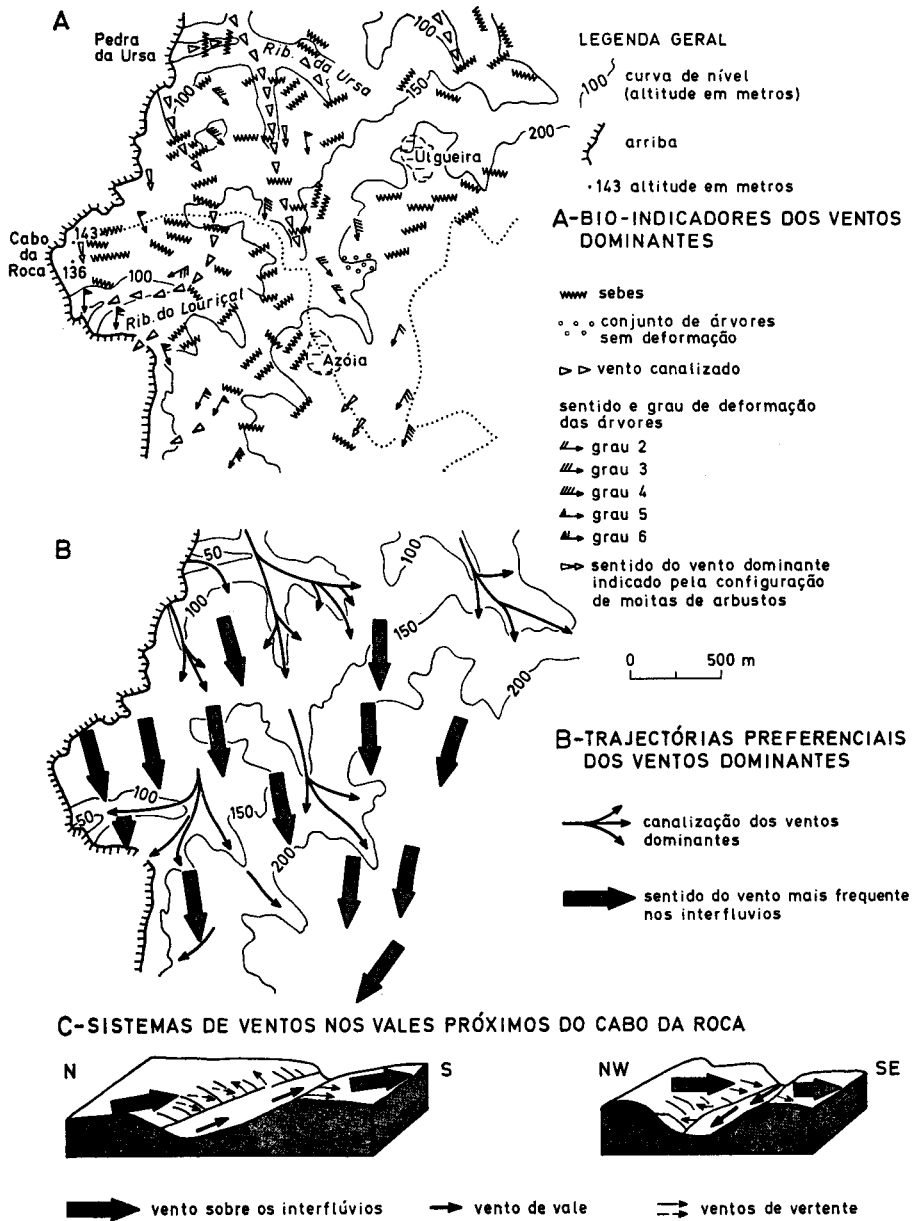


Fig. 11 — Os ventos dominantes no Cabo da Roca.

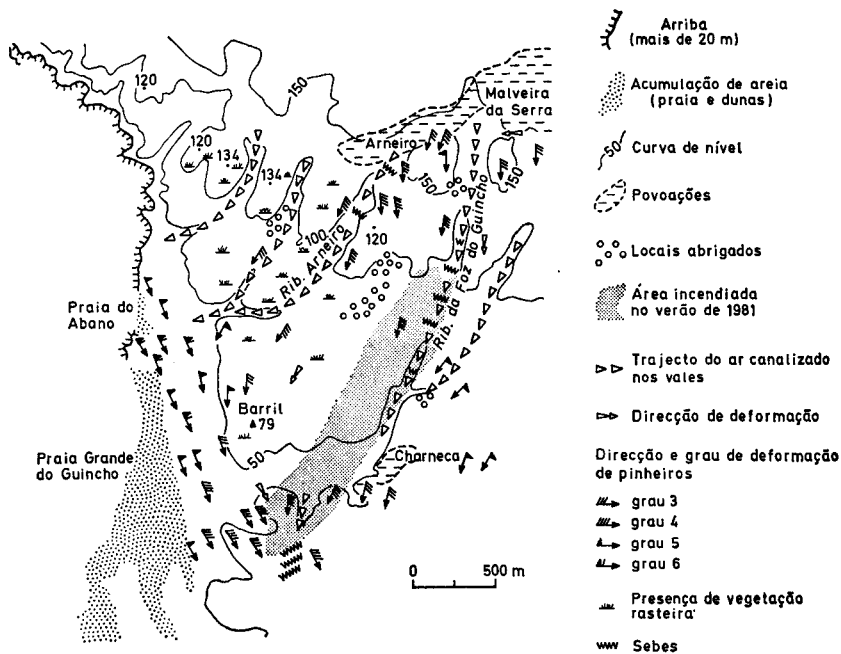


Fig. 12 — Indicadores do vento dominante a sudoeste da serra.

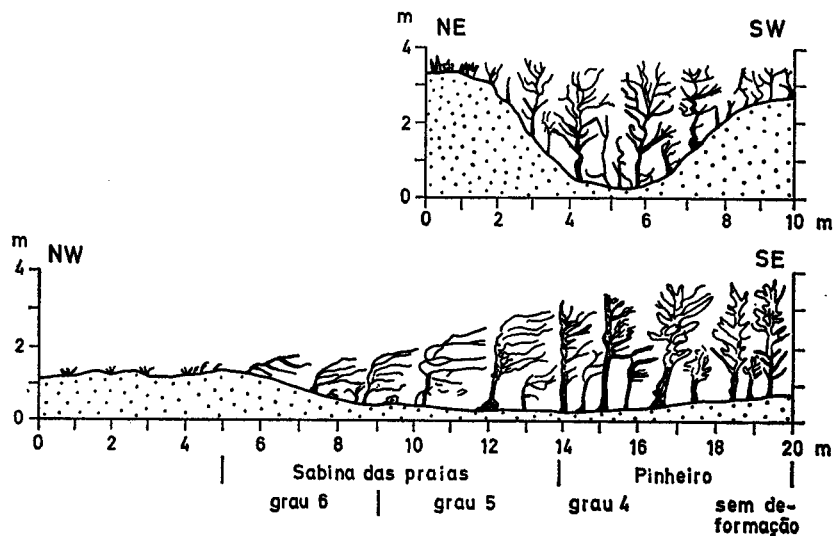


Fig. 13 — Modificações do porte e configuração da vegetação consoante a sua localização nas dunas.

indicação sobre a direcção dos ventos dominantes (fig. 14 e 15); mas, do outro lado da estrada, sobre as areias que cobrem o calcário, a vegetação está fortemente deformada, inclinando para nordeste junto ao litoral. Estas árvores parecem ser vestígios da «cunha de vento» (CABRAL e TELES, 1960, p. 25), protecção natural da orla SW do povoamento vegetal dos ventos deste quadrante.

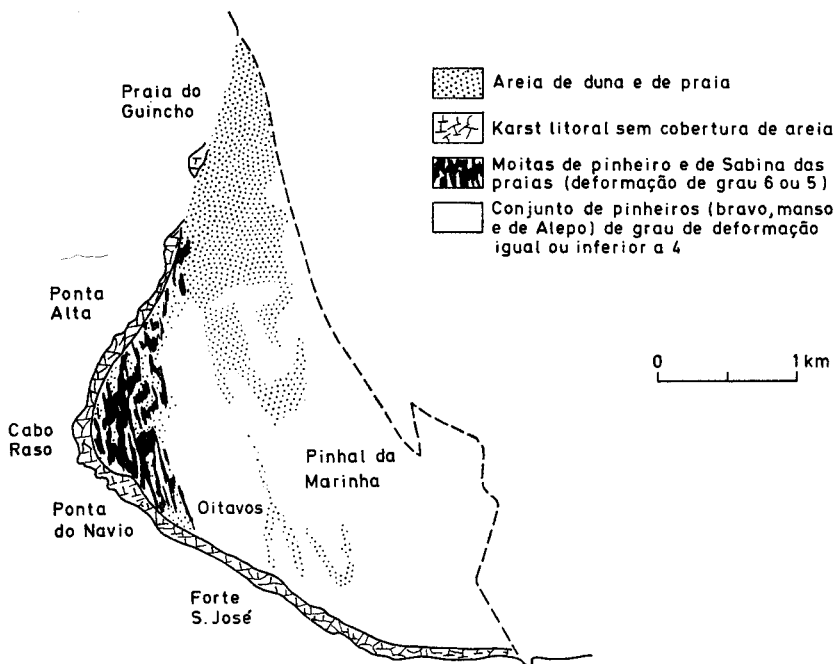


Fig. 14 — Cobertura de areia e vegetação no Cabo Raso.

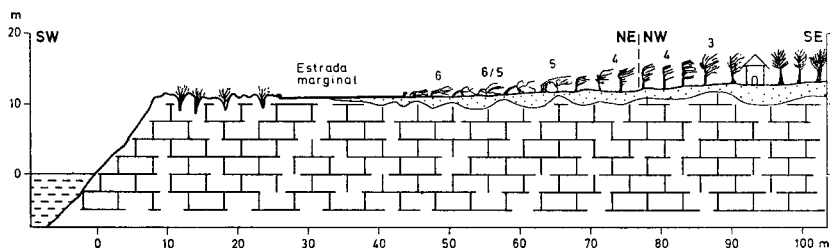


Fig. 15 — Perfil H, a sueste do Cabo Raso.

6, 6/5, 5... grau de deformação de sabina das praias e pinheiros.

O limite NW-SE das areias de praia que se prolongam para o interior pelas dunas, a forma destas e o facto dum grande incêndio ter progredido de NNE para SSW confirmam o sentido dos ventos dominantes determinados a partir das árvores deformadas (fig. 12).

Observações feitas numa tarde de Verão demonstraram também a aceleração da nortada a sotavento da serra e o seu desvio em certos locais de observação (fig. 16).

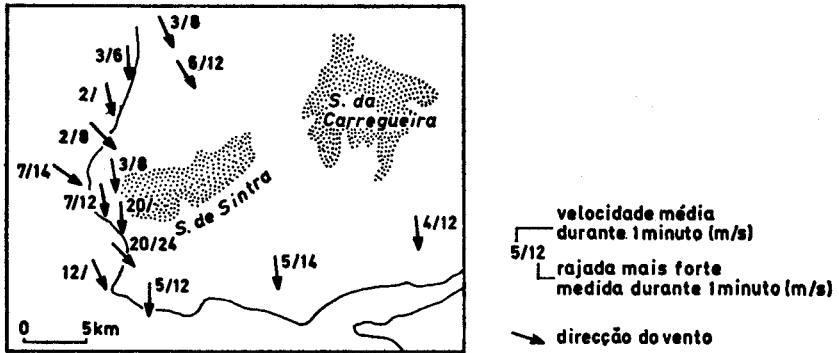


Fig. 16 — Direcção e velocidade do vento medidas a 2/8/83 entre as 15 e as 17 h 30 m.

A sul e sueste da serra

A presença de sebes e árvores deformadas indica o trajecto dos ventos dominantes na baixa vertente a sul da serra de Sintra: o vento é tanto mais forte quanto maior é o declive dos valeiros e menor a protecção da floresta.

Da Malveira da Serra, área de grande diversidade de sentidos de deformação, até à Penha Longa, a floresta de pinheiros não deformados desce até 200 m (fig. 19). Para sul, aparecem locais abrigados a sudoeste dos interflúvios, quando a canalização se faz de nordeste. O sentido da deformação das árvores varia muito em função da orientação da rede hidrográfica. Por exemplo, num troço da ribeira da Penha Longa, a norte de Alcabideche, ao longo do qual o ar circula frequentemente de nordeste para sudoeste, três fluxos de sentidos diferentes chegam ao vale principal em cada confluência, onde o ar tem tendência a divergir, des-

locando-se tanto no fundo do vale afluyente como sobre cada uma das vertentes, seguindo as curvas de nível (fig. 17).

Da Penha Longa até Sintra, o traçado da elevação é mais rígido, menos recortado por valesiros profundos que, mais a ocidente, facilitam o escoamento do ar junto ao solo. O grau de deformação, na base da vertente, é sempre inferior a 3 mesmo nos locais menos abrigados; encontraram-se exemplares deformados por ventos de noroeste (que transpõem a serra)

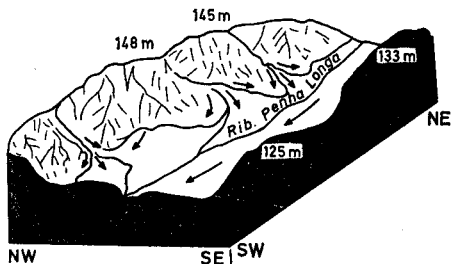


Fig. 17 — Circulação do vento dominante ao longo dum troço da ribeira da Penha Longa e afluentes da margem direita.

e de nordeste (que a contornam); algumas árvores apresentam ainda uma deformação, cuja direcção é a resultante das duas anteriores (fig. 9).

No limite nordeste da serra o padrão de ventos é complexo; as árvores deformadas (fig. 18 e 19) permitiram reconstituir os principais trajectos dos ventos do quadrante norte. As áreas deprimidas entre as serras de Sintra e da Carregueira são propícias à passagem da nortada: é o «corredor» dos ventos (A. CAMPELLO, 1952) que vão adquirir fortes velocidades nos vales das ribeiras que, a oeste de Lisboa, correm de norte para sul.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A CIRCULAÇÃO DOS VENTOS DO QUADRANTE NORTE

Da análise precedente sobressaem os seguintes factos:

— O vento que circula junto ao solo sofre uma deflecção lateral, a não ser que consiga ultrapassar as portelas da serra. No entanto, a nebulosidade devida às ondas de relevo confirma que a serra de Sintra não provoca desvios importantes na parte superior do fluxo que a ultrapassa.

— Ao penetrarem no continente os ventos de norte e de noroeste sofrem uma inflexão no sentido ciclónico (para a

esquerda), que segundo RIEHL (1965), é de 30° em média; esta é ainda acentuada pela presença do relevo que o vento tende a contornar, deixando-o à sua direita (PAGNEY, 1973).

— Aumentando muito o atrito próprio do continente, a serra provoca uma travagem do vento a barlavento do obstáculo, que ela própria constitui. Este efeito é ainda intensificado

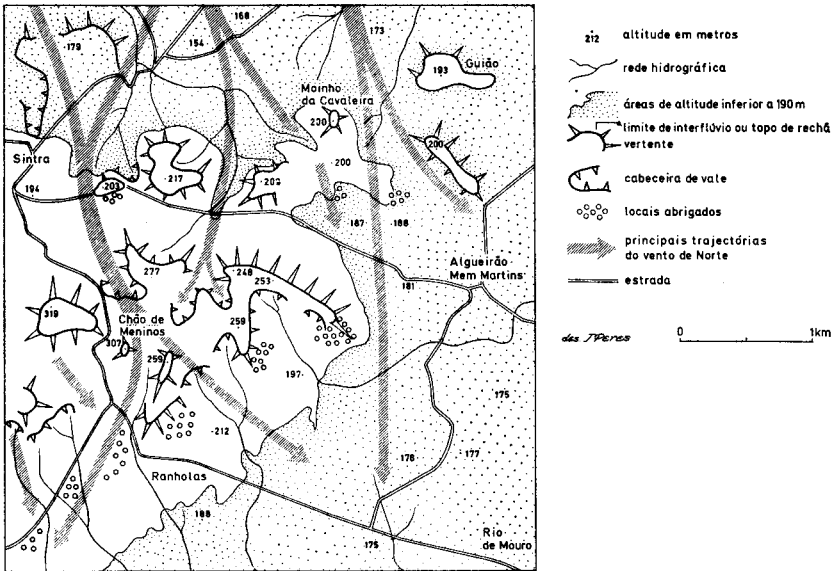
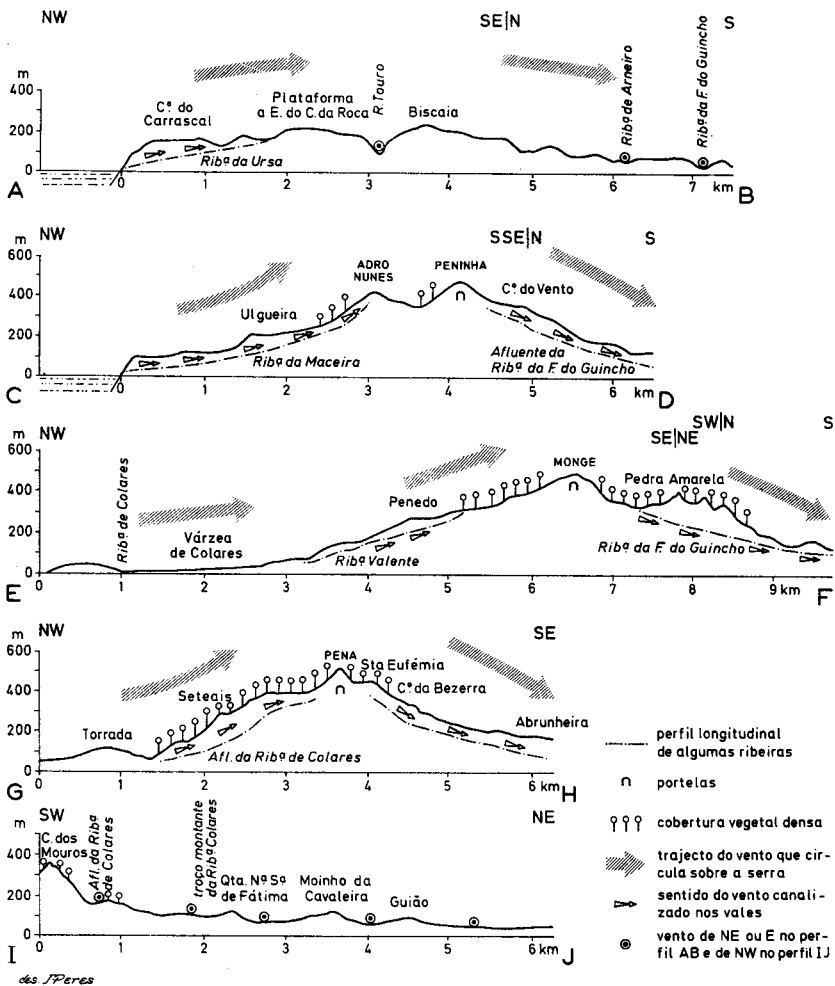


Fig. 18 — Principais trajectórias do vento de norte no ilimite oriental da serra de Sintra.

pela ausência de vales importantes, perpendiculares à maior dimensão do relevo, pela existência do vale da ribeira de Colares na base da vertente e pela grande densidade do coberto vegetal na encosta setentrional.

— O ar que ultrapassa a serra, seguindo pelos colos, adquire forte aceleração no seu movimento descendente, de modo que a velocidade dos ventos do quadrante norte é geralmente máxima a sotavento do relevo (fig. 9 e 20). A costa baixa e os extensos areais podem também ser responsáveis pelas maiores velocidades do vento a sudoeste da serra; o ar em contacto com as areias aquece muito rapidamente, sendo possível que se forme, local e temporariamente, uma área de baixa pressão relativa no triângulo entre a Praia do Abano,



Cabo Raso e Areias: para aqui convergiriam então tanto os ventos que transpõem o relevo como os que sopram directamente do oceano.

— As principais variações espaciais na deformação das árvores devem-se à distância ao litoral, à orientação e altura da linha de costa e à topografia variada desta área. As árvores mais deformadas encontram-se à beira do oceano (fig. 20). Tal como na restante área estudada, são os ventos

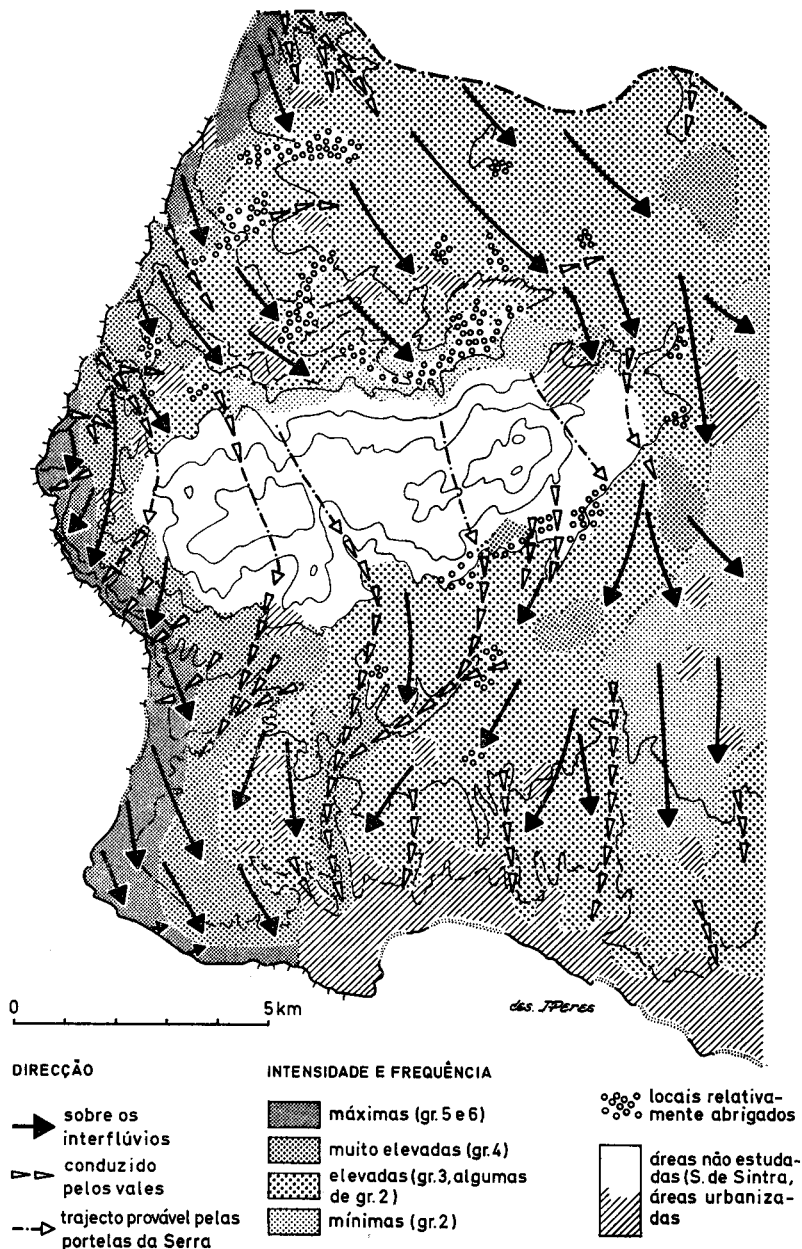


Fig. 20 — Os ventos dominantes em torno da serra de Sintra.

do quadrante norte que originam a deformação das árvores, excepto numa estreita faixa a sueste do Cabo Raso, em que se observam vestígios da «cunha de vento», orientada de sudoeste para nordeste. As formas em bandeira perfeita (grau 4), se bem que mais frequentes junto ao mar, foram encontradas também em locais menos expostos aos ventos marítimos directos, mas sob a influência do ar canalizado pelos valeiros da serra. A deformação das árvores diminui para oriente, de modo tanto mais irregular quanto mais movimentada é a topografia. Na figura 20 o limite entre as duas classes de menor deformação exprime apenas a transição para uma faixa em que os exemplares de grau 3 deixam de ser os mais frequentes.

Independentemente do grau de deformação, há outros traços comuns nas condições de vento junto ao solo.

A canalização do ar nos vales: nas ribeiras a norte da serra, o ar circula normalmente de jusante para montante e em sentido contrário a sul do relevo; neste último caso, a velocidade tende a aumentar, visto o vento soprar segundo o maior pendor. Os ventos canalizados podem mesmo modificar o sentido da deformação das árvores nos interflúvios opostos aos locais de confluência (fig. 12). Assim, o vento dominante sopra de norte ou noroeste junto ao litoral, mas nas plataformas a norte da serra, mais para oriente, a direcção da deformação depende da orientação dos vales das ribeiras mais próximas ou das portelas da serra: o vento dominante pode então soprar de norte, de noroeste ou mesmo de nordeste.

O abrigo dos ventos dominantes: os troços de fundo de vales abrigados, protegidos por interflúvios perpendiculares aos ventos dominantes, são mais frequentes a norte do que a sul da serra. As baixas vertentes abrigadas são as viradas a sueste, a norte e a sudoeste da serra e orientadas para sudoeste quando, no sopé oriental do relevo, o ar canalizado provém de nordeste.

Agradeço aos Professores S. Daveau e A. de Brum Ferreira a leitura crítica deste texto, aos Professores M. Eugénia Moreira, Fernando Catarino e Engenheiro Pinto da Silva e à Dr.^a Alexandra Silva e Costa a gentileza com que me esclareceram certas dúvidas de Botânica e Biogeografia

e ainda a Amélia Neves Sequeira a colaboração na parte inicial do trabalho de campo. Devo o resumo em francês à Professora S. Daveau e a revisão dos resumos em inglês e alemão respectivamente à Dr.^a Alexandra Silva e Costa e ao Dr. W. Endlicher. Estou também grata ao Professor M. Yoshino, que me enviou a bibliografia não disponível em Lisboa.

BIBLIOGRAFIA

- ASHBY, M. (1961) — *Introduction to Plant Ecology*. Macmillan Press Ltd., London.
- BARSCCH, D. (1963) — «Wind, Baumform und Landschaft», *Freiburger Geographische Hefte*, Heft. 1, p. 21-130.
- CABRAL, F. C.; TELLES, G. R. (1960) — *A Árvore*. Lisboa, 144 p.
- CAMPELLO, A. (1952) — *A Compartimentação na defesa dos ventos*. Relatório final dos Cursos de Engenheiro Agrónomo e Arquitecto Paisagista, Lisboa, 266 p.
- CATARINO, F. (1968) — *Endopoliploidia e Diferenciação. Indução experimental de endopoliploidia em Lobularia maritima (L.) Desv. e Bryophyofillum crenatum Bak*, Lisboa, 218 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. I. C., L. A. G. F., relat.^o n.º 9, Lisboa.
- (1984) — «Une méthode d'étude des vents dominants: le profilé de la végétation (son application aux Açores)». *Livro de Homenagem a Orlando Ribeiro*, 1.º vol., C. E. G., Lisboa, p. 245-255.
- HOLTMEIER, F. K. (1971) — «Der Einfluss der orographischen Situation auf die Windverhältnisse im Spiegel der Vegetation». *Erdkunde*, XXV, 3, p. 178-195.
- (1978) — «Die Bodennahen Winde in den Hochlagen der Indian Peaks Section (Colorado Front Range)». *Münstersche Geographische Arbeiten*, Paderborn, p. 5-33.
- MOREIRA-LOPES, M. E. (1980 e 1984) — *A vegetação de Portugal*, vols. I e II. Estudos de Geografia das Regiões Tropicais, 5, C. E. G., Lisboa.
- *A vegetação dos Ecossistemas litorais*. Não publicado.
- OKA, S. (1972) — «Deformation of trees on Mt. Fuji». *Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University*, n.º 6/7, p. 15-29.
- PAGNEY, P. (1973) — *La Climatologie*. P. U. F., Paris, 127 p.
- RIBEIRO, O. (1940) — «Remarques sur la morphologie de la région de Sintra et Cascais». *Rev. Geog. des Pyrénées et du Sud-Ouest*, tome XI, fasc. 3-4, p. 203-218.
- RIEHL, H. (1965) — *Introduction to the Atmosphere*. New York, 365 p.
- SÉRGIO, C.; BENTO-FERREIRA, F. (1981) — «Líquenes e Briófitos como bioindicadores da poluição atmosférica. 1. Utilização de uma escala qualitativa para Lisboa». *Boletim da Sociedade Broteriana*, vol. LIV, 2.ª série, p. 291-303.

- SEKIGUTI, T. (1951) — «Studies on local climatology». *Papers in Meteorology and Geophysics*, 2, p. 168-179
- WEISCHET, W. (1951) — «Die Baumneigung als Hilfsmittel zur geographischen Bestimmung der Klimatischen Windverhältnisse». *Erdkunde*, v, 3, p. 221-227.
- (1963) — «Grundvoraussetzungen, Bestimmungsmerkmale und Klimatologische Aussagemöglichkeit von Baumkronendeformationen». *Freiburger Geographische Hefte*, Heft 1, p. 5-19.
- YOSHIMURA, M. (1961) — «Die Windverbreitung im Gebiet des Mt. Fuji». *Erdkunde*, 25, 3, p. 195-198.
- YOSHINO, M. M. (1957) — «Local Characteristics of surface winds in a small valley». *Science Reports of the Tokyo Kyoiku Daigaku*, Section C, 5, 46, p. 129-151.
- (1964) — «Some local characteristics of the winds as revealed by wind-shaped trees in the Rhône valley in Switzerland». *Erdkunde*, 18, 1, p. 28-35.
- (1965) — «Local distribution of wind-shaped trees and Usnea as indicators of microclimates in the sub-alpine zone». *Tokyo Journal of Climatology*, II (1), p. 58-59.
- (1970) — «Local climate as a factor forming hindrance of tree growth». *Tokyo Climatological Notes*, 5.
- (1973) — «Studies on wind-shaped trees: their classification, distribution and significance as a climatic indicator». *Climatological notes*, 12, p. 1-52.
- (1973) — «Une tentative de tri et de classification des arbres modelés par le vent utilisables en écologie climatologique». *Cahiers de l'Association Française de Biométéorologie*, Paris, VII, 2, p. 5-21.
- (1975) — *Climate in a small area. An introduction to local meteorology*. University of Tokyo Press, 549 p.
- YOSHINO, M. M. et al. (1976) — «Bora regions as revealed by wind-shaped trees on the adriatic coast». *Local Wind Bora*, University of Tokyo Press, p. 59-71.
- YOSHINO, M. M. (1981) — «Orographically induced atmospheric circulations». *Progress in Physical Geography*, vol. 5, n.° 1, p. 77-98.

RÉSUMÉ

Les vents dominants à l'entour de la Serra de Sintra: représentation cartographique de la déformation des arbres. Les roses des vents mesurés dans les stations qui entourent la Serra de Sintra (fig. 6 et 7) montrent que les vents du secteur nord dominent pendant une grande partie de l'année, particulièrement à partir de mars et pendant tout l'été. Or c'est l'époque où apparaissent les bourgeons et les jeunes rameaux dont la croissance normale est perturbée par l'action mécanique et physiologique du vent. Les modifications de la silhouette des plantes de la région (déformation) sont provoquées par les fréquents vents du nord, bien qu'ils ne soient pas toujours violents. La représentation

cartographique des arbres déformés permet l'étude des trajectoires préférentielles des vents dominants.

L'échelle de déformation utilisée (fig. 2) a été adaptée aux formes dissymétriques des pins (*Pinus pinaster*, *Pinus pinea* et *Pinus halepensis*). En leur absence, on a utilisé d'autres espèces, *Juniperus phoenicea*, *Eucalyptus globulus*, *Olea europæa* var. *sylvestris*, comme indicateurs du sens et de l'intensité du vent dominant.

A partir de la déformation des arbres (fig. 9) et d'observations sur la nébulosité due aux «ondes de relief», on peut conclure ce qui suit:

1. La Serra de Sintra ne modifie que les couches inférieures, proches du sol, des vents du secteur nord. Ces couches sont contraintes, quand elles ne parviennent pas à franchir les cols, à contourner le relief.

2. A l'exception d'une étroite bande littorale, au SE du Cabo Raso (fig. 15), ce sont les vents du nord ou du NW qui sont responsables de la déformation des arbres (fig. 9). Comme il est logique, les formes d'arbres les plus dissymétriques, ou même prostrées au sol, s'observent à proximité de l'océan. Le degré de déformation s'atténue vers l'intérieur, mais il dépend fortement de la topographie locale. Dans les vallées, la canalisation de l'air entraîne une modification de la direction de déformation. Les fonds de vallées abrités sont plus fréquents au nord de la montagne. Certains bas versants, orientés au SE dans la plus grande partie de l'aire étudiée (mais aussi au SW, là où le vent canalisé souffle du NE), peuvent présenter un couvert végétal sans déformation apparente.

3. La déviation dans le sens cyclonique (c'est à dire vers la gauche dans l'hémisphère nord) des vents marins qui abordent le continent au vent de la Serra de Sintra est encore renforcée par le fait qu'ils tendent à contourner le relief en le laissant à leur droite: un vent du nord sur l'océan soufflera du NW ou même de l'WNW au nord de la montagne.

4. La vitesse du vent du nord diminue sensiblement au vent de la Serra, puisque la rugosité continentale se trouve renforcée par la présence du relief, que celui-ci ne présente aucune vallée profonde perpendiculaire à son orientation principale, mais est longé au nord par la vallée de la ribeira de Colares et, finalement, couvert d'une dense végétation. Les vents qui franchissent les cols de la montagne souffrent une forte accélération au cours de leur trajet vers le sud, pour atteindre leur vitesse maximale sous le vent de l'obstacle.

SUMMARY

The prevailing winds around the Serra de Sintra. Spatial distribution of wind-shaped trees. The wind roses referring to the climatological stations surrounding the Serra de Sintra (fig. 6 and 7) indicate that the prevailing winds blow from the north during most of the year, particularly in spring and summer; then the mechanical and physiological wind actions do not permit the buds to survive and disturb the normal growth of the young shoots. In this area wind-shaped trees

are due to regular, but not necessarily gale, north wind and they reveal in detail its directions and relative intensity.

The scale of deformation grade (fig. 2) was adjusted to the wind-shaped pine trees (*Pinus pinaster*, *Pinus pinea*, *Pinus halepensis*). Where pine trees were absent, others such as *Juniperus phoenicea*, *Eucalyptus globulus*, and *Olea europæa* var. *sylvestris* were used as wind indicators.

From the spacial distribution of wind-shaped trees (fig. 9) and from the observation of clouds due to the upward movement of airflow occasioned by orographical lee waves, it can be inferred that:

1. There is a deflection of the winds moving close to the ground though the upper winds blow directly southwards and part of the lower flow moves through the wind gaps in the same direction.

2. Except for a narrow strip of land SE of Cabo Raso, the prevailing north winds are responsible for tree-deformation: as expected the «tree-carpets» occur near the ocean and the deformation grade decreases towards inland. However local topography modifies the direction and speed of the prevailing winds which follow stream lines. Sheltered valley bottoms and low slopes facing SE are more frequent on the windward side of the mountain. When the wind blows along some valley floors from NE to SW, sheltered slopes facing SW are to be found.

3. The cyclonical deviation (to the left) of the oceanic winds reaching Portugal windward from the «Serra», is even increased, as the airflow shows a tendency to contour any orographical barrier by turning to the left in the northern hemisphere.

4. Windward from the Serra de Sintra, the prevailing wind's speed decreases near the mountain, which increases the continental friction. The absence of deep transverse valleys, the presence of a longitudinal valley (Ribeira de Colares) and the thickness of the vegetation cover help to explain the decrease of the wind speed at the windward bottom of the Serra. The velocity of the winds blowing southward through the wind-gaps increases highly on their way downhill and the higher speeds have been measured on the leeward side of the Serra de Sintra.

ZUSAMMENFASSUNG

Die dominierenden Winde im Bereich der Serra de Sintra: Die kartographische Darstellung der Baumkronendeformation. Die Windrosen der Klimastationen im Bereich der Serra de Sintra zeigen, dass die Winde aus dem Nordsektor während eines Grossteil des Jahres, insbesondere ab März und während des ganzen Sommers dominieren (Abb. 6 und 8). Dies ist aber der Zeitraum, in dem die jungen Knospen und Triebe erscheinen, deren normales Wachstum durch die mechanische und physiologische Wirkung des Windes gestört wird. Die Baumkronendeformation in diesem Gebiet wird durch die häufigen Nordwinde verursacht, auch wenn diese nicht immer sehr stark sind.

Die kartographische Darstellung der deformierten Bäume erlaubt deshalb die Untersuchung der Trajektorien der vorherrschenden Winde. Die benützte Deformationsskala (Abb. 2) wurde den asymmetrischen Wuchsformen der Kiefern (*Pinus pinaster*, *Pinus pinea* und *Pinus halepensis*) angepasst. Falls diese nicht vorhanden waren, wurden andere Arten wie *Juniperus phoenicea*, *Eucalyptus globulus*, *Olea europæa* var. *sylvestris* als Indikatoren für Richtung und Stärke der vorherrschenden Winde herangezogen.

Aus der Kronendeformation (Abb. 9) und aus Beobachtungen des Nebels, der durch «orographische Wellen» beeinflusst wird, lässt sich folgendes schliessen:

1. Die Serra de Sintra modifiziert die unteren Atmosphärenschichten bei den Nordwinden. Diese Schichten müssen das Relief umgehen, wenn sie die Pässe nicht überschreiten können.

2. Die Südwestwinde hinterlassen Spuren in der Vegetation eines schmalen Bandes an der Küste im Südosten des Cabo Raso (Abb. 15). In der restlichen Beobachtungszone sind die Nord- und Nordwestwinde für die Baumkronendeformation verantwortlich (Abb. 9). Wie zu erwarten, sind die asymmetrischesten Bäume, die sogar auf den Boden gedrückt sein können, in der Nähe des Ozeans zu finden. Das Ausmass der Kronendeformation nimmt landeinwärts ab, hängt aber sehr stark von der lokalen Topographie ab. Die Kanalisation der Luft in den Tälern führt zu einer Modifikation der Deformationsrichtung. Die geschützten Talbereiche liegen zumeist im Norden des Gebirges. Manche Unterhänge des Untersuchungsgebietes mit Südostexposition- aber auch in Südwestexposition an den Stellen, an denen der kanalisierte Wind aus Norosten weht- können eine offenbar ungestörte Vegetationsdecke aufweisen.

3. Die zyklonale Abweichung (auf der Nordhalbkugel also nach links) der maritimen Winde, die das Festland im Luv der Serra de Sintra erreichen, wird noch zusätzlich dadurch verstärkt, daß sie die Tendenz aufweisen, das Gebirge zu umgehen, indem sie es zu ihrer Rechten lassen. Ein Nordwind über dem Ozean wird im Norden des Gebirges zu einem Nordwest- oder sogar Westnordwestwind.

4. Die Geschwindigkeit des Nordwinds nimmt im Luv der Serra merklich ab, da die Rauigkeit des Festlandes durch das Relief verstärkt wird, da dieses keinerlei tief eingeschnittenes Quertal zur Hauptstreichrichtung besitzt, da das Gebirge nur im Norden vom Tal der Ribeira de Colares umrahmt wird und schliesslich, weil das Gebirge vom einem dichten Vegetationskleid überzogen ist. Die Winde, die über die Gebirgspässe wehen, unterliegen einer erheblichen Beschleunigung je weiter sie nach Süden kommen, um ihre maximale Geschwindigkeit im Lee des Hindernisses zu erreichen.



EST. I, A — Pinheiro deformado a sul de Janas.



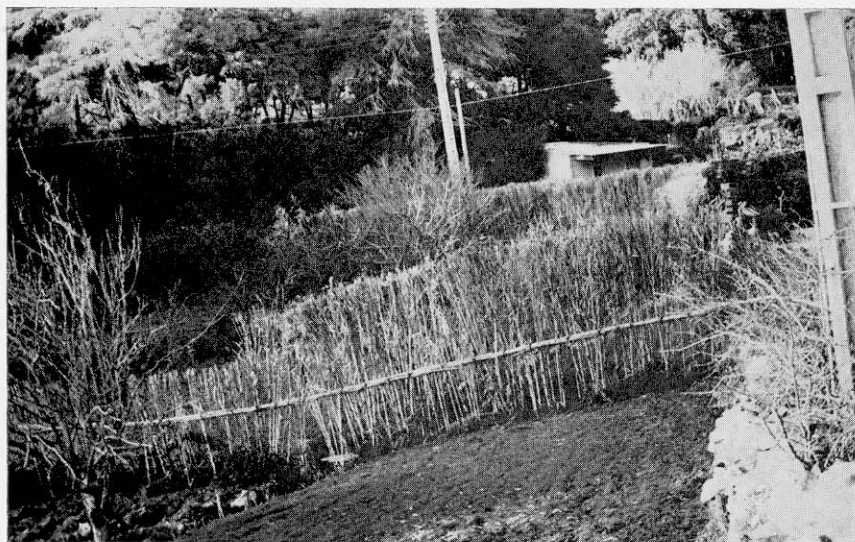
EST. I, B — Pormenor dum pinheiro prostrado no Cabo Raso.



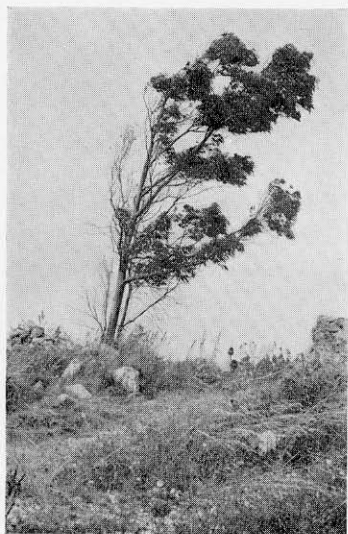
EST. I, C — Pinheiro prostrado no Cabo Raso.



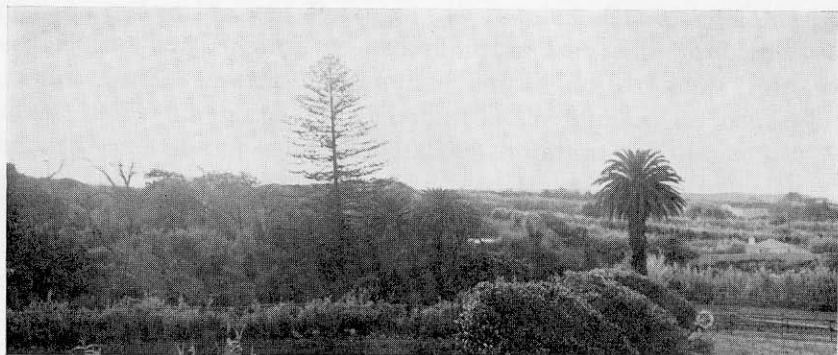
EST. II, A — Pinheiro deformado a oriente do Cabo Raso.



EST. II, B — Sebes no fundo do vale da ribeira da Foz do Guincho.



EST. III, A e B — Eucaliptos deformados.



EST. III, C — Palmeira e araucária a noroeste da serra de Sintra.