

UNIVERSIDADE DE LISBOA
Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



Vento e desportos náuticos estivais no litoral português de Peniche à Costa da Caparica

Wenzel Vermeersch

Orientadores: Prof.^a. Doutora Maria João Alcoforado
Prof. Doutor Marcelo Henrique Carapito Martinho Fragoso

Tese especialmente elaborada para obtenção do grau de Doutor em Geografia, especialidade de
Geografia Física

2018



Vento e desportos náuticos estivais no litoral português de Peniche à Costa da Caparica

Wenzel Vermeersch

Orientadores: Prof.^ª. Doutora Maria João Alcoforado
Prof. Doutor Marcelo Henrique Carapito Martinho Fragoso

Tese especialmente elaborada para obtenção do grau de Doutor em Geografia, especialidade de Geografia Física

Júri:

Presidente: Doutor José Luís Gonçalves Moreira da Silva Zêzere, Professor Catedrático e membro do Concelho Científico do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa, nomeado por despacho do Senhor Vice-Reitor, no uso de competências delegadas.

Vogais:

- Doutor Nuno Ganho Gomes da Silva, Professor Associado
Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra;
- Doutor João Viljoen de Vasconcelos, Professor Adjunto
Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar do Instituto Politécnico de Leiria;
- Doutor António Manuel Saraiva Lopes, Professor Auxiliar
Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa;
- Doutor Marcelo Henrique Carapito Martinho Fragoso, Professor Auxiliar
Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa,

Prefácio

O vento sempre ocupou um lugar central no meu percurso de vida, sendo a nível académico, como a nível recreativo, profissional e social. Desde 2009, vivo ao ritmo do vento, morando entre a praia do Guincho e a serra, aguardando o próximo episódio de vento violento, que durará uma tarde, uma noite, uma madrugada, ou até, uma quinzena de dias para me lançar, num novo desafio, aos elementos da natureza. A minha paixão pelo windsurf continua hoje a alimentar a minha investigação e compreensão pelos complexos regimes de vento no litoral português e sua previsão, mais particularmente em redor da Serra de Sintra. Foi, sem dúvida, esse fascínio que me incentivou e me levou a finalizar uma Tese de Doutoramento

Agradecimentos

Este projecto, embora tenha nascido e seja fruto de uma vontade pessoal, não podia ter sido realizado sem o apoio de diversas pessoas: familiares, personalidades, amigos e contactos estabelecidos através de uma paixão: o vento e o mar

Gostaria de agradecer à minha família, que sempre me apoiou em todo o meu percurso académico e acreditou na finalização do meu objectivo

À professora Maria João Alcoforado, que, desde o meu primeiro ano em Portugal (2007), me acompanhou e me ajudou em todos os projectos realizados no âmbito académico e científico. Foi uma pessoa determinante para concretizar este projecto.

Ao Professor Marcelo Fragoso por ter orientado a minha pesquisa nestes anos, e me ter levado a este resultado.

Os meus agradecimentos também se destinam a Paolo Romano, engenheiro informático e professor associado na Universidade Técnica de Lisboa, que me ajudou no tratamento de dados e em algumas correcções relacionadas com o domínio informático.

Ao Jean-Yves Bernot, meteorologista especializado no mundo da vela, que me acompanhou durante o início da minha investigação e me deu conselhos extremamente úteis para a elaboração deste trabalho.

Gostaria também de agradecer a Jon Bilger, director da *Predictwind*, que incentivou, ajudou e permitiu a instalação da rede de estações meteorológicas (Baleal, Ericeira, Guincho) e que me proporcionou o acesso ao modelo de previsão local, financeiramente bastante dispenso.

Ao Vaclav Hornik, director da Windguru, que me proporcionou o acesso aos dados da estação meteorológico de Cascais e dos modelos de previsão.

Agradeço muito os estabelecimentos que acolheram a implementação das estações meteorológicas próprias e que me ofereceram todas as facilidades para a sua alimentação eléctrica. Em Peniche, o Bruno do “Bar do Bruno”; Na Ericeira, Joaquim Casado, da Villa Ana Margarida; no Guincho o Tony Muchaxo da Estalagem Muchaxo

A Carolina Bernardo, por partilhar o gosto pelo mesmo tema no âmbito meteorológico e ter participada nas observações diárias no terreno.

Queria agradecer o Bernardo Valdez, praticante de windsurf e surf, pela sua ajuda na instalação das estações meteorológicas pessoais e pelas análises críticas feitas relativamente às observações no terreno.

Ao Eduardo Almeida Faria, por ter facilitado o estabelecimento de contactos para o desenvolvimento do projecto.

Finalmente queria agradecer a todos os windsurfistas da área por sempre me terem encorajado para a elaboração deste trabalho.

Índice

Lista das figuras	7
Lista dos quadros	11
Resumo	13
Capítulo 1: Introdução	17
<hr/>	
1.1 O turismo, a náutica de recreio e as condições meteorológicas	
1.2 A área de estudo	
1.2.1 Aspectos geomorfológicos gerais	
1.2.2 O clima	
1.3 Objectivos do presente trabalho	
1.4 Organização das matérias	
Capítulo 2: Locais de estudo e sua adequação para os desportos náuticos	31
<hr/>	
2.1 Selecção dos locais de estudo	
2.2 Geomorfologia e ondulação	
2.2.1 Peniche-Baleal	
2.2.1.1 Descrição da área	
2.2.1.2 Ondulação	
2.2.2 Ericeira	
2.2.2.1 Descrição da área	
2.2.2.2 Ondulação	
2.2.3 Guincho	
2.2.3.1 Descrição da área	
2.2.3.2 Ondulação	
2.2.4 Cascais-Carcavelos	
2.2.4.1 Descrição da área	
2.2.4.2 Ondulação	
2.2.5 Costa da Caparica	
2.2.5.1 Descrição da área	
2.2.5.2 Ondulação	
2.3 Actividades náuticas e condições meteorológicas adequadas para a sua prática nas praias estudadas	
2.3.1 Windsurf	
2.3.2 Kitesurf	
2.3.3 O surf, o bodyboard e o Stand Up Paddle (SUP)	
2.3.4 vela	
2.4 A informação meteorológica utilizada pelos praticantes de desportos náuticos	

3.1 Enquadramento teórico

- 3.1.1 Factores condicionantes da circulação regional e local
 - 3.1.1.1 A rugosidade e suas consequências
 - 3.1.1.2 A estrutura vertical da atmosfera
- 3.1.2 Principais efeitos topográficos
- 3.1.3 Efeitos térmicos
 - 3.1.3.1 Mistura vertical
 - 3.1.3.2 As brisas no litoral
 - 3.1.3.3 Jactos costeiros das baixas camadas
 - 3.1.3.4 As brisas orográficas

3.2 Particularidades do vento na área de estudo

Capítulo 4: Dados e Metodologias

4.1 Dados e documentos utilizados

- 4.1.1 Informação de estações meteorológicas institucionais e experimentais
- 4.1.2 Situação sinóptica geral
- 4.1.3 Observações de campo
- 4.1.4 Sondagens aerológicas
- 4.1.5 Imagens de satélite
- 4.1.6 Modelos de previsão

4.2 Metodologias de análise

- 4.2.1 Descrição de procedimentos
- 4.2.2 Uniformização da base de dados e selecção dos dias a analisar

Capítulo 5: Os regimes do vento nas diferentes praias seleccionadas.

5.1 Análise global do vento médio, à superfície, ao longo do dia, na área de estudo

- 5.1.1 Vento às 6h
- 5.1.2 Vento às 9h
- 5.1.3 Vento às 12h
- 5.1.4 Vento às 15h
- 5.1.5 Vento às 18h
- 5.1.6 Vento às 21h
- 5.1.7 Síntese: análise do vento à superfície nos 102 dias seleccionados

5.2 Classificação dos dias seleccionados em função do vento sinóptico a 850hPa, às 6h UTC

- 5.2.1 Vento nos dias do quadrante 2
 - 5.2.1.1 Vento à superfície ao longo do dia
 - 5.2.1.2 Síntese: regime do vento nos dias do quadrante 2
- 5.2.2 Vento nos dias do quadrante 4
 - 5.2.2.1 Vento à superfície ao longo do dia
 - 5.2.2.2 Síntese: regime do vento nos dias do quadrante 4
- 5.2.3 Vento nos dias do quadrante 1

- 5.2.3.1 Vento à superfície ao longo do dia
- 5.2.3.2 Síntese: regime do vento nos dias do quadrante 1
- 5.2.4 Vento nos dias do quadrante 3
 - 5.2.4.1 Vento à superfície ao longo do dia
 - 5.2.4.2 Síntese: regime do vento nos dias do quadrante 3
- 5.3 Conclusão
 - 5.3.1 Dias com importante rotação do rumo do vento à superfície
 - 5.3.2 Dias de vento fraco (< 17 nós)
 - 5.3.3 Dias de vento sinóptico no limite entre os quadrantes 1 e 3 (330^o-20^o)

Capítulo 6: Avaliação dos modelos numéricos de previsão

133

- 6.1 Metodologia da avaliação dos modelos de previsão
- 6.2 Avaliação dos modelos numéricos em função do vento a 850hPa
 - 6.2.1 A previsão nos dias com vento sinóptico do quadrante 2 (vento a 850hPa entre E e S)
 - 6.2.2 Avaliação da previsão do vento à superfície nos dias com vento sinóptico do quadrante 4 (vento a 850hPa entre S e W)
 - 6.2.3 Avaliação da previsão do vento à superfície nos dias com vento sinóptico do quadrante 1 (vento a 850hPa entre N e E)
 - 6.2.4 Avaliação da previsão do vento à superfície nos dias com vento sinóptico do quadrante (vento a 850hPa entre W e N)
- 6.3 Síntese

Capítulo 7: Dias representativos dos principais regimes dos vento nas praias estudadas

153

- 7.1 Dia com vento do quadrante 2 a 850 hPa (3 de Junho de 2015)
 - 7.1.1 Situação sinóptica
 - 7.1.2 Dinâmica do vento na área de estudo
 - 7.1.3 Análise do vento através do modelo PWG-1km na parte sul da área de estudo
- 7.2 Dia com vento do quadrante 1- tipo 1, a 850 hPa (1 de Agosto de 2015)
 - 7.2.1 Situação sinóptica
 - 7.2.2 Dinâmica do vento na área de estudo
 - 7.2.3 Análise do vento através do modelo PWG-1km na parte sul da área de estudo
- 7.3 Dia com vento do quadrante 1-tipo 2, a 850 hPa (24 de Maio de 2015)
 - 7.3.1 Situação sinóptica
 - 7.3.2 Dinâmica do vento na área de estudo
 - 7.3.3 Análise do vento através do modelo PWG-1km na parte sul da área de estudo
- 7.4 Dia com vento do quadrante 3 a 850 hPa (11 de Agosto de 2015)
 - 7.4.1 Situação sinóptica

7.4.2 Dinâmica do vento na área de estudo	
7.4.3 Análise do vento através do modelo PWG-1km na parte sul da área de estudo	
7.5 Dia com vento no limite entre os quadrantes 1 e 3 a 850hPa (28 de Julho de 2015)	
7.5.1 Situação sinóptica	
7.5.2 Dinâmica do vento na área de estudo	
7.5.3 Análise do vento através do modelo PWG-1km na parte sul da área de estudo	
7.6 Conclusão	

Capítulo 8: Conclusão	193
-----------------------	-----

8.1 Regimes de vento nas praias estudadas	
8.2 Avaliação dos modelos de previsão numérica	
8.3 Desportos náuticos na área de estudo	

Bibliografia	201
--------------	-----

Fontes de informação utilizadas	208
Glossário	210

Índice das figuras

- Figura 1.1 - A área de estudo.
- Figura 1.2 – A acção do mar no litoral da Estremadura.. Fonte: Ferreira, 1981
- Figura 1.3 – Esquema geomorfológico da Estremadura. Tipos de Relevos apresentados.
Fonte: Daveau, 2004.
- Figura 1.4 - Domínios bioclimáticos em Portugal definidos por comparação dos índices de Gaussen et de Emberger. Fonte: Alcoforado et al., 2009
- Figura 1.5 - Extracto do mapa dos totais anuais da precipitação.
Fonte: Alcoforado e Dias, 2002, baseado em Daveau *et al.*, 1977
- Figura 1.6 - Gráficos termo-pluviométricos de Sintra/Pena e de Cabo Carvoeiro.
Fonte: Alcoforado *et al.*, 2009, período 1960-71.
- Figura 1.7 - Extracto do Mapa dos contrastes térmicos de Verão.
Fonte: Alcoforado e Dias, 2002, adaptado de Daveau et al, 1985 e 1988, período 1931-60
- Figura 1.8 - Nevoeiro litoral no Verão.
Fonte: Alcoforado e Dias, 2002, adaptado de Daveau *et al.*, 1985.
- Figura 1.9 – Frequência dos ventos no Verão e no Inverno em torno da Serra de Sintra.
Fonte: Alcoforado, 1984
- Figura 2.1 - Mapa de localização da área de Peniche
- Figura 2.2 - Mapa de localização das praias da Ericeira
- Figura 2.3 - A área do Guincho (a) e seu relevo envolvente (b)
- Figura 2.4 - Mapa de localização da área de Cascais-Carcavelos
- Figura 2.5 - Mapa de localização da Costa da Caparica
- Figura 2.6 - Windsurf na praia do Guincho
- Figura 2.7 - Kitesurf na praia do Guincho
- Figura 2.8. SUP na praia do Guincho (fotografia Mathieu Pelikan)
- Figura 2.9 - Surf na praia do Coxos, Ericeira (fotografia Mathieu Pelikan)
- Figura 2.10 - Bodyboard na praia da Cresmina (fotografia Mathieu Pelikan)
- Figura 2.11 - Vela ligeira na baía de Cascais (a) e vela cruzeiro na entrada do Tejo (b)
- Figura 3.1 - Convergência num “litoral à esquerda” e divergência num “litoral à direita
- Figura 3.2: Ondas de relevo e número de Froude. Fonte: Stull, 2011
- Figura 3.3 - Mecanismo da brisa do mar
- Figura 3.4 - Estrutura da célula da brisa
- Figura 3.5 - Teoria dos quadrantes de Bernot

Figura 3.6 - Brisa com vento sinóptico do quadrante 1

Figura 3.7 - Brisa com vento sinóptico do quadrante 2

Figura 3.8 - Ventos anabáticos durante o dia (a) e catabáticos a noite (b).

Fig. 3.9^a - Temperatura e humidade relativa a 6/8/84 na região de Lisboa e registo dos termógrafos e higrógrafos.

Fig. 3.9 - Esboço interpretativo da evolução do vento na região de Lisboa a 6/8/84.

Figura 3.10 - Os ventos dominantes em redor Serra de Sintra

Figura 4.1 - Localização das estações meteorológicas na área de Peniche (Cabo Carvoeiro e Baleal).

Figura 4.2 - Localização da estação meteorológica de Santa Cruz.

Figura 4.3 - Localização da estação meteorológica de Ericeira.

Figura 4.4 - Localização da estação meteorológica do Cabo da Roca.

Figura 4.5 - Localização da estação meteorológica do Guincho.

Figura 4.6 - Localização da estação meteorológica do Cabo Raso.

Figura 4.7 - Localização da estação meteorológica de Cascais.

Figura 4.8 - Localização da estação meteorológica da Praia da Rainha.

Figura 5.1 - Frequência de ocorrência (%) e velocidade média (10 minutos) do vento de cada rumo (nós), em sete estações meteorológicas da área de estudo, às 6, 9, 12, 15, 18 e 21h dos 102 dias seleccionados

Figura 5.2 - Classificação do vento sinóptico a 850 hPa por quadrante

Figura 5.3 – Frequência (em %) de classes de velocidade do vento em dias com vento do quadrante 2 a 850hPa. São consideradas todas as horas da observação (23 dias, das 6 às 21h50, vento médio de 10 em 10 minutos)

Figura 5.4 – Frequência de ocorrência (dias) e velocidade média de cada rumo (em nós), em sete estações meteorológicas da área de estudo, às 6, 9, 12, 15, 18 e 21h, para 23 dias com vento a 850 hPa do quadrante 2

Figura 5.5 - Frequência (em %) de classes de velocidade do vento em dias com vento do quadrante 4 a 850hPa. São consideradas todas as horas da observação (20 dias, das 6 às 21h50, vento médio de 10 em 10 minutos).

Figura 5.6 – Frequência de ocorrência (dias) e velocidade média de cada rumo (em nós), em sete estações meteorológicas da área de estudo, às 6, 9, 12, 15, 18 e 21h, para 20 dias com vento a 850 hPa do quadrante 4

Figura 5.7 – Frequência (em %) de classes de velocidade do vento em dias com vento do quadrante 1 a 850hPa. São consideradas todas as horas da observação (25 dias, das 6 às 21h50, vento médio de 10 em 10 minutos)

Figura 5.8 – Frequência de ocorrência (dias) e velocidade média de cada rumo (em nós), em sete estações meteorológicas da área de estudo, às 6, 9, 12, 15, 18 e 21h, para 25 dias com vento a 850 hPa do quadrante 1

Figura 5.9 – Frequência (em %) de classes de velocidade do vento em dias com vento do quadrante 3 a 850hPa. São consideradas todas as horas da observação (34 dias, das 6 às 21h50, vento médio de 10 em 10 minutos)

Figura 5.10 – Frequência de ocorrência (dias) e velocidade média de cada rumo (em nós), em sete estações meteorológicas da área de estudo, às 6, 9, 12, 15, 18 e 21h, para 34 dias com vento a 850 hPa do quadrante 3

Figura 7.1 – Condições atmosféricas na área de estudo no dia 3 de Junho de 2015: a-d: Cartas sinópticas às 0, 6, 12 e 18h (Deutsche Wetterdienst); e: Nebulosidade (imagem satélite MODIS, às 12h30); f: Sondagem aerológica em Lisboa/Aeroporto (IPMA, 12h).

Figura 7.2 - Evolução horária da direcção e velocidade média do vento de 10 em 10 minutos, no dia 3 de Junho de 2015, na área de estudo, entre as 6h e as 21h.

Figura 7.3 – Simulação PWG (0h de 3/6/2015) da direcção e intensidade do vento a 10m e da pressão atmosférica à superfície referente a 3/6/2015 às 6h (a), 9h (b), 12h (c), 15h (d), 18h (e) e 21h (f).

Figura 7.4 – Condições atmosféricas na área de estudo no dia 1 de Agosto de 2015: a-d: cartas sinópticas às 0, 6, 12 e 18h (Deutsche Wetterdienst); e: Nebulosidade (imagem satélite MODIS, às 12h30); f: Sondagem aerológica de Lisboa/Aeroporto (IPMA, 12h).

Figura 7.5 - Evolução horária da direcção e velocidade média do vento de 10 em 10 minutos, no dia 1 de Agosto de 2015, na área de estudo, entre as 6h e as 21h.

Figura 7.6 – Simulação PWG (0h de 1/8/2015) da direcção e intensidade do vento a 10m e da pressão atmosférica à superfície referente a 1/8/2015 às 6h (a), 9h (b), 12h (c), 15h (d), 18h (e) e 21h (f).

Figura 7.7 – Condições atmosféricas na área de estudo no dia 24 de Maio de 2015: a-d: cartas sinópticas às 0, 6, 12 e 18h (Deutsche Wetterdienst); e: Nebulosidade (imagem satélite MODIS, às 12h30); f: Sondagem aerológica de Lisboa/Aeroporto (IPMA, 12h).

Figura 7.8 - Evolução horária da direcção e velocidade média do vento de 10 em 10 minutos, no dia 24 de Maio de 2015, na área de estudo, entre as 6h e as 21h.

Figura 7.9 – Simulação PWG (0h de 24/5/2015) da direcção e intensidade do vento a 10m e da pressão atmosférica à superfície, referente a 24/5/2015 às 6h (a), 9h (b), 12h (c), 15h (d), 18h (e) e 21h (f).

Figura 7.10 – Condições atmosféricas na área de estudo no dia 11 e Agosto de 2015: a-d: cartas sinópticas às 0, 6, 12 e 18h (Deutsche Wetterdienst); e: Nebulosidade (imagem satélite MODIS, às 12h30); f: Sondagem aerológica de Lisboa/Aeroporto (IPMA, 12h).

Figura 7.11 - Evolução horária da direcção e velocidade média do vento de 10 em 10 minutos, no dia 28 de Julho de 2015, na área de estudo, entre as 6h e as 21h.

Figura 7.12 – Simulação PWG (0h de 11/8/2015) da direcção e intensidade do vento a 10m e da pressão atmosférica à superfície, referente a 11/8/2015 às 6h (a), 9h (b), 12h (c), 15h (d), 18h (e) e 21h (f).

Figura 7.13 – Condições atmosféricas na área de estudo no dia 28 de Julho de 2015: a-d: cartas sinópticas às 0, 6, 12 e 18h (Deutsche Wetterdienst); e: Nebulosidade (imagem satélite MODIS, às 12h30); f: Sondagem aerológica Lisboa/Aeroporto (IPMA, 12h).

Figura 7.14 - Evolução horária da direcção e velocidade média do vento de 10 em 10 minutos, no dia 28 de Julho de 2015, na área de estudo, entre as 6h e as 21h.

Figura 7.15 – Simulação PWG (0h de 28/7/2015) da direcção e intensidade do vento a 10m e da pressão atmosférica à superfície para o dia 28/7/2015 às 6h (a), 9h (b), 12h (c), 15h (d), 18h (e) e 21h (f).

Figura G.1 – Denominação da direcção do vento em função da linha de costa e sua rotação.

Índice dos quadros

Quadro 2.1 - Caracterização da velocidade do vento

Quadro 3.1 – A rugosidade de diferentes tipos de ocupação de solo. (adaptado de Davenport et al., 2000, Herlédant, 2011)

Quadro 3.2 - Consequências da estabilidade/instabilidade do ar nas modificações da direcção e velocidade do vento na faixa litoral. (Vermeersch 2011, adaptado de Bernot, 2007).

Quadro 3.3 - Factores condicionantes da brisa marítima

Quadro 4.1 - Estações meteorológicas utilizadas.

Quadro 4.2 – Disponibilidade dos dados de vento por estação

Quadro 5.1 - Rumos dominantes do vento, às diferentes horas, nas 7 praias estudadas.

Quadro 5.2 - Número de dias de vento de diferentes velocidades (nós), nos sete locais em estudo (médias de 10 minutos, das 6h às 21h50, 102 dias seleccionados).

Quadro 5.3 - Identificação dos dias de vento mais forte por local (médias de 10 minutos, das 6h às 21h50, 102 dias seleccionados)

Quadro 5.4 - Repartição dos 102 dias considerados (2015) em função do quadrante e algumas características do estado do tempo

Quadro 5.5 - Número de dias com vento médio por classes de velocidade, em nós, para os 23 dias com vento a 850 hPa do quadrante 2 (médias de 10 minutos, das 6h às 21h50).

Quadro 5.6: A rotação do vento ao longo do dia por classes, em graus, para os 23 dias com vento a 850hPa do quadrante 2 (considerando às médias de 10 minutos, das 6 às 21h50)

Quadro 5.7 - Número de dias com vento médio por classes de velocidade, em nós, para os 20 dias com vento a 850 hPa do quadrante 4 (médias de 10 minutos, das 6h às 21h50).

Quadro 5.8 - A rotação do vento ao longo do dia por classes, em graus, para os 20 dias com vento a 850hPa do quadrante 4 (considerando às médias de 10 minutos, das 6 às 21h50)

Quadro 5.9 - Número de dias com vento médio por classes de velocidade, em nós, para os 25 dias com vento a 850 hPa do quadrante 1 (médias de 10 minutos, das 6h às 21h50)

Quadro 5.10 – Rotação do vento ao longo do dia por classes, em graus, para os 25 dias com vento a 850hPa do quadrante 1 (considerando às médias de 10 minutos, das 6 às 21h50)

Quadro 5.11 - Número de dias com vento médio por classes de velocidade, em nós, para os 34 dias com vento a 850 hPa do quadrante 3 (médias de 10 minutos, das 6h às 21h50).

Quadro 5.12 - A rotação do vento ao longo do dia por classes, em graus, para os 34 dias com vento a 850hPa do quadrante 3 (considerando às médias de 10 minutos, das 6 às 21h50)

Quadro 6.1 Erro quadrático médio (RMSE) e enviesamento (BIAS) da velocidade (nós) e direcção (graus) do vento para 1520h entre Maio e Setembro de 2015 (95 dias entre as 6 e as 21h).

Quadro 6.2 Classificação da velocidade do vento para a avaliação das simulações. Inspirado de Katzfey et al., 2009.

Quadro 6.3 - Avaliação da previsão da direcção do vento à superfície: diferença (em graus) entre o vento observado nas estações meteorológicas e o vento previsto. Inspirado de Katzfey et al., 2009.

Quadro 6.4 – Avaliação das simulações ao longo do dia para 20 dias do quadrante 2.

Quadro 6.5 – Avaliação das simulações ao longo do dia para 19 dias do quadrante 4.

Quadro 6.6 – Avaliação das simulações ao longo do dia para 24 dias do quadrante 1.

Quadro 6.7 – Avaliação das simulações ao longo do dia para 32 dias do quadrante 3.

Resumo: Os contrastes climáticos e o litoral recortado da Estremadura permitem a prática de diversas actividades náuticas, que requerem condições meteorológicas específicas. Este estudo pretende caracterizar os regimes de vento estivais na escala local em diferentes praias entre Peniche e a Costa da Caparica, avaliar os modelos existentes de previsão numérica do vento costeiro e verificar a adequação de diversos troços do litoral à náutica de recreio.

Foram instaladas 3 estações meteorológicas para complementar a rede existente e foi desenvolvida uma análise do vento à superfície em 7 locais nos verões de 2013, 2014 e 2015. A análise de maior pormenor foi baseada no período comum (102 dias do verão de 2015). Verificou-se que, a N da serra de Sintra, os ventos dominantes provêm de N e NNW, com fraca rotação durante o dia, ao passo que, a Sul do relevo, os rumos dominantes são NW e W e a rotação diurna do vento é mais frequente. Uma classificação dos dias em função do vento a 850hPa (por quadrante) permitiu relacionar a direcção e intensidade do vento em altitude com as observações à superfície, de forma a determinar vários padrões de regimes de vento nas diferentes praias consideradas, de que se destacaram dias com importante rotação do rumo do vento à superfície, dias de vento fraco e o caso particular dos dias de vento sinóptico de rumo entre 330° e 20° .

Avaliaram-se três modelos de previsão (PWC, PWG e WRF) para identificar os desajustes entre previsão e observação nos locais analisados. O desempenho dos modelos é melhor no que diz respeito à velocidade do que à direcção do vento e os resultados são mais fiáveis para os locais a norte da Serra. Verificou-se que os modelos PWC e PWG eram mais eficazes, na maior parte dos casos, para a previsão da velocidade do vento, tendo-se escolhido o segundo para um estudo de dias-tipo, em que se confrontaram previsões e observações, assim como se criticou o desempenho dos modelos para utilização por praticantes dos diferentes desportos náuticos. Nas conclusões finais são também enumeradas questões ainda em aberto nesta investigação de climatologia aplicada.

Palavras-chave: vento, litoral, desportos náuticos, modelos de previsão, Portugal

Resumé: VENTS ET SPORTS NAUTIQUES ESTIVAUX SUR LE LITTORAL PORTUGAIS DE PENICHE À CAPARICA. Les contrastes climatiques et le tracé complexe du littoral de l'Estremadura (Portugal) sont de véritables atouts pour la pratique de différentes activités nautiques, qui nécessitent de conditions météorologiques spécifiques. Ce travail a comme objectifs principaux la caractérisation des régimes des vents estivaux à l'échelle locale de sept plages entre Peniche et Costa da Caparica, l'évaluation de la prévision du vent côtier issue de trois modèles numériques existants, ainsi que la discussion des conditions optimales pour la pratique de différents sports nautiques (*surf*, *bodyboard*, *SUP*, *windsurf*, *kitesurf* et voile) sur les différentes plages

L'installation de 3 stations météorologiques a permis de compléter le réseau de mesures existant, afin de développer une analyse du vent basée sur les données récoltées par 7 stations météorologiques pendant les étés 2013, 2014 et 2015. L'analyse détaillée se concentre sur une période commune (102 jours au cours de l'été 2015). Il en résulte que les vents dominants de N et NNW au nord de la serra de Sintra sont caractérisés par une rotation modérée et moins importante qu'au Sud du relief, où les vents dominants de NW et W subissent une rotation diurne importante. Une classification des différents jours en fonction du vent à 850hPa (par quadrant) a permis d'établir les liens entre la direction et l'intensité du vent en altitude d'une part, et les observations enregistrées au sol, d'autre part. D'entre les régimes de vent identifiés pour les lieux étudiés, l'analyse a porté principalement sur les journées caractérisées par une forte rotation du vent, les journées à vent faible et les cas particuliers de vent synoptique soufflant entre 330° et 20°.

L'évaluation de 3 modèles de prévision (PWC, PWG et WRF) a permis d'identifier les contradictions/divergences entre les prévisions numériques et les observations enregistrées. La performance des modèles évalués indique de meilleurs résultats pour la vitesse du vent que pour sa direction. À l'échelle spatiale, les meilleures prévisions concernent le Nord de la serra de Sintra. Les modèles PWC et PWG sont les plus fiables dans la plupart des cas. Ce dernier a été utilisé pour confronter les données de prévision avec les observations mesurées, et pour identifier les failles des simulations numériques, appliquées aux activités nautiques. Cette étude de climatologie appliquée soulève également des interrogations qui sont énumérées en conclusion du travail.

Mots clés: vent, littoral sports nautiques, modèles de prévision, Portugal

Capítulo 1: Introdução

1.1 O turismo, a náutica de recreio e as condições meteorológicas

O mar é um elemento indissociável da cultura e história de Portugal. A relação de Portugal com o mar foi, desde sempre, um factor-chave para o desenvolvimento do país, que o catapultou para os palcos do mundo, permitindo liberdade, poder, influência, riqueza. Causou lágrimas tanto de medo como de alegria e contribuiu, a todo o instante, para a construção da identidade de Portugal. A posição geográfica e as condições climáticas são, sem dúvida, os factores que permitiram que Portugal desenvolvesse uma relação tão íntima com o mar e foi graças ao vento que Portugal se lançou em “novos” territórios, aventuras e odisseias.

Ao longo do século XX, o mar foi perdendo o seu papel na economia do país, limitando-se sobretudo à pesca. No entanto, nas últimas décadas, o turismo e as actividades portuárias têm adquirido uma importância considerável. Hoje em dia, o lazer, o recreio e o desporto têm um papel essencial para o bem-estar dos indivíduos

(Jennings, 2009). Portugal é, sem dúvida, um dos países europeus que oferece as condições mais diversificadas para as diferentes actividades náuticas, surgindo estas como recursos com grande potencial para sustentar e desenvolver uma nova indústria e economia do país, baseada no turismo virado para o mar. As actividades náuticas podem, deste modo, contribuir para a valorização estratégica de várias actividades económicas na zona costeira (GTNR, 2012). Vários programas governamentais mencionam este potencial: o Programa Nacional da Política do Ordenamento do Território (PNPOT), o Plano de Ordenamento do Espaço Marítimo (POEM), o Plano Estratégico Nacional do Turismo (PENT), entre outros.



Figura 1.1 - A área de estudo.

O PNPOT apresenta a visão estratégica da política de ordenamento do território até 2025. “Estabelece as grandes opções com relevância para a organização do território nacional, consubstancia o quadro de referência a considerar na elaboração dos demais instrumentos de gestão territorial e constitui um instrumento de cooperação com os demais Estados-Membros para a organização do território da União Europeia” (decreto-lei 380/99, artigo 26, revisto em 2015, DL n.º 80/2015, de 14 de Maio). No âmbito sectorial da náutica de recreio, o PNPOT define vários objectivos, entre os quais, “a definição e execução de uma política de ordenamento e gestão integrada da zona costeira, nas suas componentes terrestres e marítimas” e “execução de uma estratégia nacional para o mar”. Para atingir o primeiro objectivo mencionado, o PNPOT propõe

elaborar e implementar a Estratégia para a Gestão Integrada da Zona Costeira Nacional, em articulação com o Plano Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC 2007-2013); definir as bases legais de gestão do litoral; elaborar os Planos de Ordenamento da Orla Costeira e os Planos de Ordenamento do Estuários. Para cumprir o segundo objectivo, o PNPOT identifica medidas prioritárias: implementar a estratégia nacional para o mar e promover o aproveitamento do seu potencial no quadro da Estratégia de Desenvolvimento Sustentável (ENDS 2007-2015); implementar a Comissão Interministerial para os Assuntos do Mar (CIAM), de forma a promover a articulação e coordenação das entidades intervenientes nos assuntos do mar e coordenar as contribuições e posições nacionais para a definição de uma política europeia para os assuntos do mar. Ao nível sub-regional, são definidas várias opções estratégicas territoriais, directa ou indirectamente ligadas à náutica de recreio (GTNR, 2012).

Com o objetivo de analisar os problemas do litoral e de fornecer contributos para a formulação de novas políticas e estabelecer uma Estratégia Nacional para a Gestão Integrada da Zona Costeira (ENGIZC, aprovada na resolução do conselho de ministros n.º 82/2009), o Governo nomeou um Grupo de Trabalho para o Litoral (Despacho n.º 6574/2014, de 20 de maio).

O presente estudo pretende dar uma contribuição para a melhoria da aplicação do conhecimento das condições meteorológicas para a prática de desportos náuticos na época estival no litoral de Estremadura (fig. 1.1), pois o verão corresponde à época do ano mais propícia para essas actividades.

As condições adequadas para as diferentes actividades náuticas variam em função da disciplina, do tipo de prancha ou barco e do nível do praticante (Vermeersch, 2011). As condições de vento ideais para a prática de desportos náuticos são variáveis em função de cada desporto. Desta forma, para o surf e bodyboard, é preferível que o vento seja relativamente fraco e que sopre de terra, pois um vento vindo do mar desfaz a ondulação (Moreira, 2007). Contudo, o vento não é o factor primordial para o praticante de surf, apesar de influenciar consideravelmente a qualidade das ondas. Os kitesurfistas, pelo contrário, necessitam de um vento mínimo de cerca 10-11 nós para conseguir praticar kitesurf. O windsurf necessita um vento mínimo de cerca 17 nós, soprando (mais ou menos) paralelamente à praia (Vermeersch, 2011). No capítulo 2, serão mais desenvolvidas as condições adequadas para cada modalidade náutica praticada nas praias em estudo. A velocidade do vento será referida em nós, pois é esta unidade de medida de vento a utilizada pelos desportistas.

1.2 A área de estudo

No seguimento da dissertação de mestrado (Vermeersch, 2011), em que trabalhei sobre as relações entre o vento e os desportos náuticos no Guincho, foi decidido alargar a investigação no espaço e no tempo, devido ao interesse do tema e à crescente procura pelos desportistas de mais e melhor conhecimento sobre esta problemática.

Nas áreas litorais, as condições geográficas, tais como o tipo e configuração da costa, a ocupação do solo e o relevo têm um papel importante nas modificações da circulação geral e regional da atmosfera; por isso, para desenvolver um estudo do vento numa certa região, é essencial ter em conta as suas características geográficas (Bernot, 2007). Destacam-se seguidamente os aspectos geomorfológicos gerais e as características climáticas regionais relacionados ou que interferem com a temática estudada.

1.2.1 Aspectos geomorfológicos gerais

A área de estudo estende-se ao longo do litoral entre o Norte de Peniche e a Serra de Arrábida (fig.1.2), abrangendo, portanto, todo o trecho central da costa da Estremadura. Do ponto de vista geológico, o espaço estudado localiza-se na Orla Mesocenozóica Ocidental, que corresponde a uma das três unidades morfoestruturais que constituem Portugal (Neves, 2006), sendo maioritariamente composta por rochas sedimentares (Feio e Daveau, 2004; Neves, 2006). A área de estudo é caracterizada pela diversidade de formas geomorfológicas, apresentando sistemas costeiros variados (Ramos Pereira et al., 2005). Tal como salientou Ramos Pereira (2002), a Estremadura portuguesa é marcada por contrastes na sua paisagem litoral: *“as arribas, mais ou menos alterosas, interrompidas por estreitas praias de estuário, dominam a paisagem. Os areais do Guincho e do Arco Caparica-Espichel, em enseadas abrigadas da ondulação dominante, constituem a exceção”* (ob. cit. p.19). A figura 1.2 é ilustrativa destes grandes traços da paisagem litoral da Estremadura.

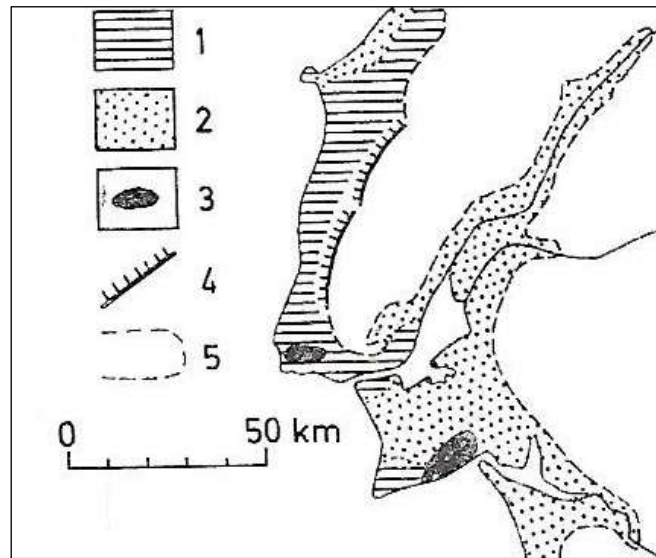


Figura 1.2 – A acção do mar no litoral da Estremadura. Fonte: Ferreira, 1981
 1 – Abrasão dominante; 2 - Acumulação dominante; 3 – Ilha antiga; 4 – Escarpa que funcionou como arriba; 5 – Linha de costa hipotética.

Entre Peniche e Ericeira, o litoral apresenta um relevo suave e baixo, não ultrapassando os 100m de altitude (fig. 1.1). No entanto, a área a Norte de Peniche corresponde a uma área de acumulação dominante, enquanto para Sul domina a abrasão marítima (fig. 1.2). Como se observa na figura 1.3, as arribas tornam-se mais escarpadas a partir da Ericeira e até à Serra de Sintra. Esta, que atinge 529m e tem uma forma elíptica de eixo maior W-E, surge como uma verdadeira barreira orográfica e é delimitada a W por um promontório, a 150m acima do nível do mar (Cabo da Roca). Trata-se de um maciço sub-vulcânico, constituído por sienitos, granitos e pequenos afloramentos de mafraítos, dioritos, gabros, assim como de diferentes tipos de brechas eruptivas (Ramalho et al., 1993, citado por Neves, 2006). O maciço eruptivo data do fim do secundário, e provocou a inclinação das camadas sedimentares do Jurássico e do Cretácico, talhadas por antigas plataformas de abrasão marítima, possivelmente submetidas a movimentos tectónicos posteriores, parcialmente carsificadas e/ou cobertas de depósitos plio-pliocénicos (Ribeiro, 1940; Neves, 2006): a plataforma S. João das Lampas, a Norte, e a de Cascais, a Sul. A plataforma de S. João das Lampas está a altitude mais elevada (100-200m) do que a de Cascais (inferior a 100m) e apresenta vales pronunciados de direcção E-W, que se prolongam até ao mar (fig. 1.1). A plataforma de Cascais tem arribas menos altas, está parcialmente carsificada, é mais quente e muito mais urbanizada, sobretudo nas áreas orientadas a Sul.



Figura 1.3 – Esquema geomorfológico da Estremadura. Tipos de relevos apresentados. Fonte: Daveau, 2004

- 1 – Maciço Marginal de Coimbra; 2 – Serra da Boa Viagem; 3 – Serra da Ansião; Maciço Calcário Estremenho; 5 – Vale tifónico de Caldas da Rainha; 6 – Montejunto; 7 – Colinas ao norte de Lisboa; 8 – Serra de Sintra; 9 – Serra de Arrábida.

A Sul do estuário do rio Tejo, encontra-se o litoral ocidental da península de Setúbal. No limite NW desta, existe uma plataforma a aproximadamente 100m de altitude, inclinada em direcção ao rio Tejo e talhada em formações miocénicas e pliocénicas, com depósitos quaternários (Ramos Pereira et al, 2005), separada da planície litoral da Costa da Caparica por uma arribas fósil, de direcção aproximada N-S. A planície corresponde a uma área de acumulação de sedimentos provenientes do rio Tejo e da refracção da ondulação dominante de NW provocada pelo promontório de Lisboa-Cascais e originando uma inversão da deriva N-S. A urbanização da Costa da Caparica e as modificações antrópicas do litoral são consideráveis no norte do areal da Caparica (Ramos Pereira et al., 2005).

1.2.2 O clima

Apesar das pequenas dimensões da área de estudo, um importante limite climático passa através dela. Este pode ser expresso de modo diverso. Por exemplo, na classificação de Köppen (1918), o limite entre o tipo de clima Csb (clima temperado com inverno chuvoso, verão seco e temperatura média de verão inferior a 22°C) e o tipo Csa (em

tudo semelhante, excepto na temperatura média de verão, que é superior a 22°C) passa no limite S da Serra de Sintra. No “esboço provisório das regiões climáticas de Portugal” de S. Daveau *et al.* (1988, p.457), o limite entre “o Norte e o Sul” passa precisamente a Sul da serra de Sintra e pelos relevos da Estremadura a W do litoral em estudo. Por outro lado, na delimitação dos domínios bioclimáticos em Portugal (fig. 1.4, Alcoforado *et al.*, 2009), um limite de traçado semelhante separa as regiões portuguesas com características atlânticas mais marcadas (a NW), daquelas em que o cunho mediterrâneo é mais evidente (a SE).

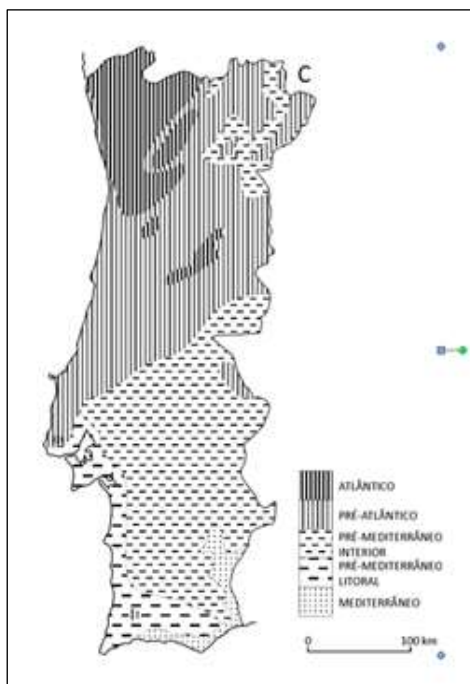


Figura 1.4 - Domínios bioclimáticos em Portugal definidos por comparação dos índices de Gaussen et de Emberger.
Fonte: Alcoforado et al., 2009.

Dado que são as características estivais que mais distinguem estas duas subáreas de estudo, os contrastes de precipitação anual não são muito marcados. Junto ao litoral e na Península de Setúbal, os totais anuais são inferiores a 700mm, enquanto os valores mais elevados (na maior parte da área entre 700 e 900mm) ocorrem no interior, a altitudes mais elevadas (fig 1.5). No entanto, como se observa nos gráficos termo-pluviométricos das estações de Cabo Carvoeiro (perto de Peniche, característico de uma estação do litoral) e de Sintra/Pena (na serra com o mesmo nome), embora os totais pluviométricos do semestre chuvoso sejam mais elevados nos relevos do “interior” da área de estudo, existe sempre uma marcada seca estival com cerca de 4 meses em que, seguindo o

critério de Gaussen (Bagnouls e Gaussen, 1957), o valor da precipitação em milímetros é inferior a duas vezes o valor da temperatura em graus centígrados (fig. 1.6).

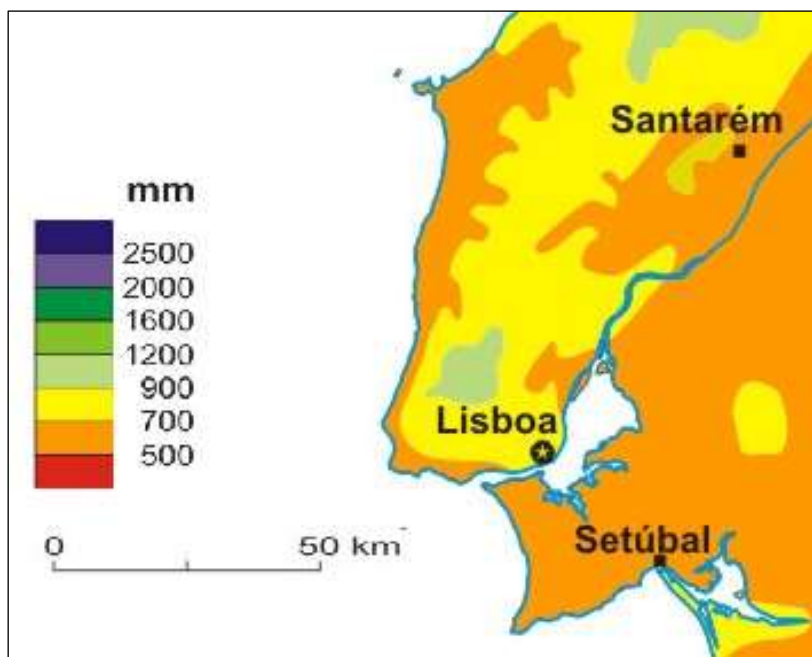


Figura 1.5 - Extracto do mapa dos totais anuais da precipitação.
 Fonte: Alcoforado e Dias, 2002, baseado em Daveau *et al.*, 1977

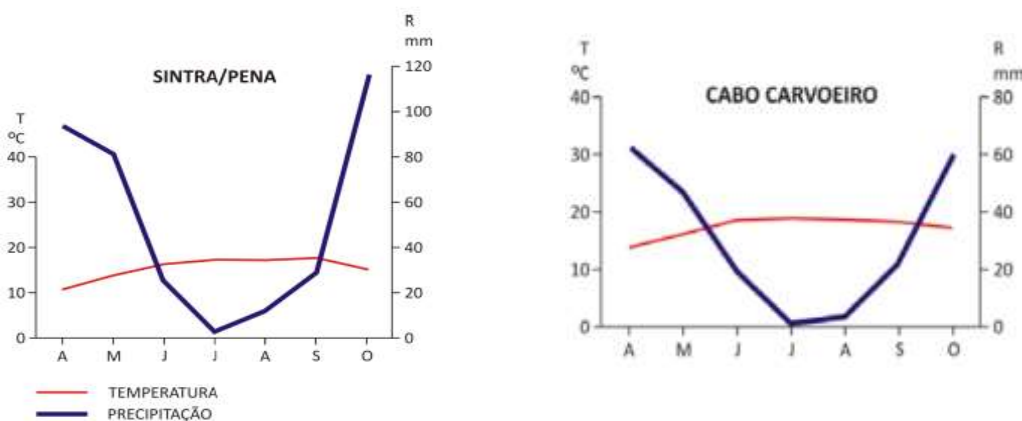


Figura 1.6 - Gráficos termo-pluviométricos de Sintra/Pena e de Cabo Carvoeiro.
 A linha mais grossa representa a precipitação e a mais fina a temperatura.
 Fonte: Alcoforado *et al.*, 2009, período 1960-71.

Dado que este estudo se debruça sobre características estivais do vento e sua relação com desportos náuticos, referir-se-á apenas o verão na segunda parte desta apresentação climática da região, baseada em trabalhos pré-existentes.

A partir de uma análise em componentes principais, Alcoforado (1993) estabelece uma hierarquia dos dias de verão e de inverno na região de Lisboa. Os dias são caracterizados em função dos valores das temperaturas máximas e mínimas em 20 estações da região e dos padrões da sua repartição espacial. O litoral W é um dos conjuntos térmicos destacados na análise (a par com o vale do Tejo e a cidade de Lisboa), distinguindo-se da restante região de Lisboa pela moderação dos extremos, tanto no verão como no inverno. De facto, no mapa dos contrastes térmicos de Verão, está bem patente esta moderação das temperaturas máximas estivais no litoral a N do Tejo (fig. 1.7).

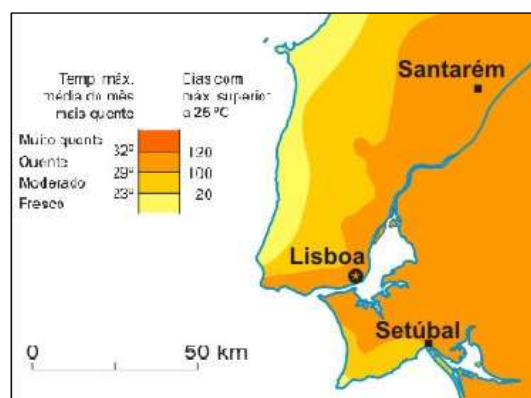


Figura 1.7 - Extracto do Mapa dos contrastes térmicos de Verão.
 Fonte: Alcoforado e Dias, 2002, adaptado de Daveau et al, 1985 e 1988, período 1931-60

Observa-se que, numa estreita faixa litoral, entre Peniche e o N da Serra de Sintra, a média da temperatura máxima de verão é inferior a 23°C e os dias “quentes” (máxima superior a 25°C) são raros (inferiores a 20). Na faixa que corresponde ao litoral exposto a S, entre o Cabo Raso e Lisboa e ao N da Península de Setúbal, a temperatura máxima média estival é a mais alta da região estudada, estando compreendida entre 29 e 32°C e existem entre 100 a 120 dias “quentes”. Em termos climáticos intermédios, fica a Serra de Sintra e os relevos do interior da área de estudo, com máximas médias entre 23 e 29°C e entre 20 a 100 dias “quentes”.

A porção do litoral mais “fresco” corresponde à mesma área em que ocorrem nevoeiros estivais de advecção, muito frequentes, tal como está documentado em dados de numerosas estações meteorológicas da área de estudo e no mapa do “Nevoeiro e Nebulosidade” de S. Daveau *et al.* (1985), de que se apresenta um extracto na figura 1.8.

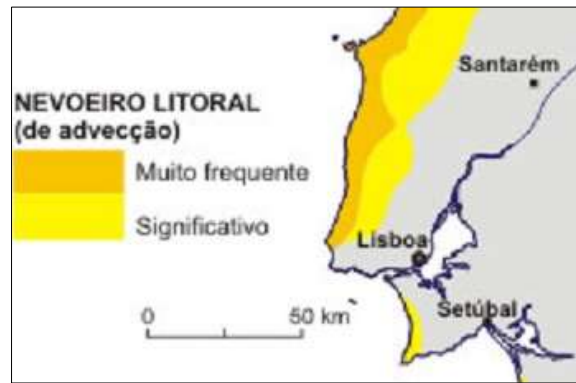


Figura 1.8 - Nevoeiro litoral no Verão.
 Fonte: Alcoforado e Dias, 2002, adaptado de Daveau *et al.*, 1985.

No verão, Portugal é predominantemente influenciado por um anticiclone sobre o Atlântico e uma baixa pressão sobre a Península Ibérica, gerando um fluxo de Norte ou Noroeste predominante (Trigo e Da Câmara, 2000; Alcoforado et al., 2006). A baixa pressão sobre a Península Ibérica é frequentemente de origem térmica, sendo uma resposta ao aquecimento diferencial terra-mar (Nogueira, 2009). O fluxo acima referido, que ocorre na escala sinóptica, é denominado Nortada (Lopes et al., 2009; Soares et al., 2014). O vento sopra de NNW ou de N, com uma intensidade crescente ao longo do dia, atingindo um máximo ao fim da tarde (Miranda, 2001). A sua velocidade média varia entre 15 e 25 nós (Bernot, 2007).

É esta circulação de escala sinóptica que dirige os jactos costeiros, estruturas de mesoescala. Assim, a Nortada é a designação mais comum do jacto costeiro da Península Ibérica (JPCI) que corresponde a um jacto costeiro nas baixas camadas da atmosfera.

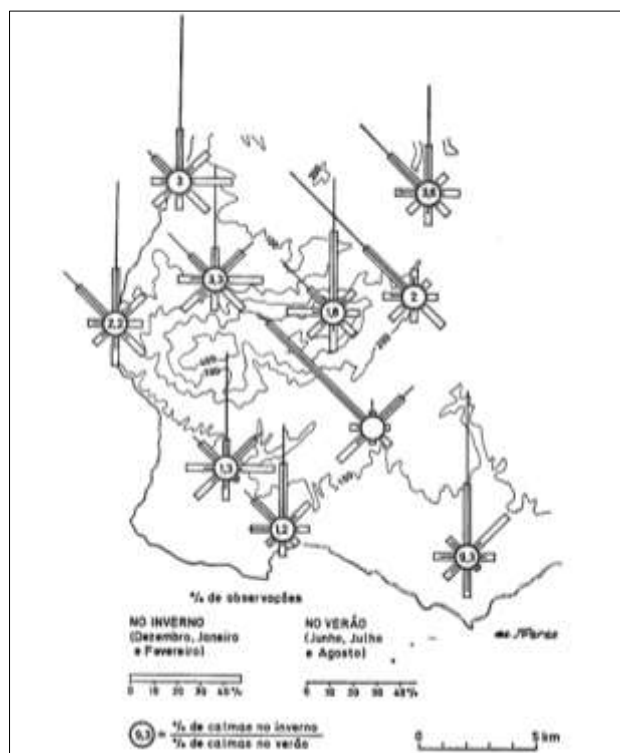


Figura 1.9 – Frequência dos ventos no Verão e no Inverno em torno da Serra de Sintra.
 Fonte: Alcoforado, 1984

O vento no litoral é igualmente influenciado pelas brisas térmicas à escala local (Alcoforado et al., 2006; Nogueira, 2009). As características geográficas da linha de costa têm uma grande influência na intensidade e direcção do vento e na formação da brisa (Alcoforado, 1987; Bernot, 2007). Alcoforado, 1993 observa variações importantes do vento entre o Norte e o Sul da Serra de Sintra, o que se verifica através da figura 1.9.

A maior dificuldade na prática de desportos náuticos é determinar, em tempo real, qual será a praia ou a área que apresentará as condições mais adequadas para o praticante. De facto, os modelos de previsão existentes e usados pelo público não simulam correctamente o vento devido à baixa resolução espacial ou deficiências na parametrização do modelo. Enquanto o problema da resolução espacial pode ser solucionado através de recursos informáticos, a melhoria do modelo é uma questão muito mais complicada.

1.3 Objectivos do presente trabalho

A pesquisa tem dois principais objectivos:

A. Caracterizar os regimes de vento estivais na escala local em diferentes praias entre o Cabo Carvoeiro e o Cabo Espichel (fig. 1.1)

- 1) Descrever e comparar os regimes dos ventos estivais em sete estações meteorológicas litorais da área de estudo.
- 2) Identificar os efeitos geográficos regionais e locais no vento.
- 3) Descrever os diferentes regimes de vento em função da situação sinóptica e do vento a 850 hPa
- 4) Descrever as condições adequadas para cada actividade ou desporto náutico.

B. Avaliar as previsões do vento costeiro na área de estudo

- 1) Caracterizar os desajustes entre previsões de vento com modelos existentes e disponíveis e dados de vento observado
- 2) Validar os dados de vários modelos de previsão com as observações *in situ*.

1.4 Organização das matérias

Depois desta breve descrição da área de estudo, serão apresentadas, no capítulo 2, as características específicas de cada praia estudada, assim como informação sobre as ondas. Serão igualmente referidas as diferentes actividades náuticas praticadas na área de estudo. No capítulo 3 será feita uma revisão bibliográfica sobre o tema do vento no litoral, assim como uma revisão dos diferentes efeitos de vento que ocorrem na área de estudo (e.g. brisa do mar, efeitos de sítio).

A segunda parte da tese é dedicada à análise do regime do vento nos meses quentes, baseada em dados registados entre Maio e Setembro de 2015, em estações meteorológicas da área em estudo. O capítulo 4 apresenta os dados e metodologias de análise, enquanto o capítulo 5 corresponde à análise do vento em cada praia, em função

do estado do tempo geral e do vento a 850 hPa. Neste capítulo são descritos e comparados os regimes de vento em cada praia. O capítulo 6 inclui a comparação entre o vento observado e as previsões de diferentes modelos meteorológicos, de forma a contribuir para a verificação da eficácia e das limitações dos modelos. Para complementar a pesquisa, será feita no capítulo 7 uma análise detalhada em cinco dias escolhidos para ilustrar as variações do vento em cada local, em função da situação sinóptica, discutindo o ajuste/desajuste entre previsão e observação. Finalmente, serão apresentados as conclusões no capítulo 8.

Capítulo 2: Locais de estudo e sua adequação para os desportos náuticos

2.1 Selecção dos locais de estudo

A diversidade costeira da área de estudo permite a prática de diversas actividades náuticas, necessitando cada uma delas condições meteorológicas e de mar específicas. Várias praias são mundialmente conhecidas no âmbito da náutica de recreio, nomeadamente para o surf, a vela, o windsurf e o kitesurf.

Peniche, também conhecida como a “capital da onda”, recebe todos os anos, desde 2007, o circuito mundial do surf profissional, o *World Championship Tour* (WCT), dirigido pela associação profissional de surf, a *Association of Surfing Professionals* (ASP). As suas duas baías com orientações diferentes oferecem sempre um *beach break** com vento *offshore** num raio de apenas alguns quilómetros.¹ A vontade política de valorização deste recurso natural tem vindo a ser traduzida pela implementação de infra-

¹ No final desta tese, existe um glossário dos termos indicados com *, relacionados com as práticas desportivas descritas. Na sua maioria, estes termos náuticos, susceptíveis de tradução do Inglês, fazem parte da linguagem especializada utilizada pelos praticantes de desportos náuticos.

estruturas, que permite o treino e aperfeiçoamento técnico de selecções, equipas e atletas de elite e de alta competição, tal como um centro de alto rendimento de surf.

A Ericeira também tem uma óptima reputação ao nível de consistência e qualidade da onda para o surf. É a única reserva mundial de surf na Europa. Os critérios de selecção para o seu reconhecimento foram a qualidade e a consistência das ondas, a sua importância histórica para o surf, a preservação ambiental e o apoio da comunidade local. Mas a Ericeira também é um óptimo local para praticar windsurf. Já nos anos 1980, se praticava windsurf em Ribeira d'Ilhas e na Praia do Matadouro. Alguns quilómetros a sul de Ericeira, encontra-se a Foz do Lizandro, onde é frequente ver kitesurfistas na época quente.

A praia do Guincho já acolheu vários anos o campeonato mundial de ondas em windsurf e em kitesurf. É conhecida pela forte ondulação, mas sobretudo pelos seus ventos muito violentos, em que as rajadas atingem frequentemente 50 nós durante o verão. No entanto, quando o vento é fraco, a praia surge como óptimo local para o surf. Também aqui já foram organizados eventos mundiais de surf, tal como o campeonato mundial feminino, em 2015.

A prática da vela concentra-se sobretudo no estuário do Tejo e estende-se até ao Cabo Raso. Em 2011, quase um terço (3308 em 10976) dos postos de amarração de Portugal encontrava-se na região de Lisboa (GTNR, 2012). Foram acolhidas equipas internacionais de vela para campos de treino, e organizadas várias competições internacionais de vela, tal como a *Volvo Ocean Race* em Lisboa em 2012, 2015 e 2017 ou a *America's Cup World Series*, em Cascais, em 2012; várias escolas náuticas têm sido implementadas entre Cascais e Lisboa.

As actividades náuticas estão igualmente presentes na Costa da Caparica. Existem várias escolas de surf, windsurf e kitesurf da Trafaria até à Lagoa de Albufeira. Todos os anos é organizado o *Caparica Primavera Surf Fest* e são realizados campeonatos internacionais no âmbito do surf (Caparica Júnior Pro, 2016).

Nesta região costeira de Lisboa, encontra-se igualmente uma grande diversidade de condições naturais (meteorológicas, de ondulação e de morfologia das praias) muito atractivas, a nível mundial, para a prática de várias actividades náuticas, cada uma requerendo condições específicas.

2.2 Geomorfologia e ondulação

2.2.1 Peniche-Baleal

2.2.1.1 Descrição da área

A Península de Peniche, área de acumulação de sedimentos, é a área mais plana dos troços de costa considerados neste estudo. Os sistemas dunares de Peniche-Baleal e da Consolação correspondem a um istmo arenoso, que se formou no século XIV ou XV, ligando Peniche e Baleal ao continente (Martins, 1946; Ramos-Pereira, 1992, 2001; Calado, 1994; Neves, 2004).

A Baía de Peniche-Baleal estende-se em concha ao longo de 4,2km e está virada para Norte. A baía está exposta a ondulação dominante de NW, mas as saliências situadas somente a 3 km de distância favorecem uma diminuição da energia de transporte e o abandono dos sedimentos (Neves, 2004). A extensão das dunas é condicionada pela presença da estrada que liga Peniche ao Baleal, impedindo a sua progressão.



Figura 2.1 - Mapa de localização da área de Peniche

2.2.1.2 Ondulação

A praia do Lagide (fig. 2.1) é um *beach break** com o banco de areia a cobrir uma bancada rochosa, que é mais alta a leste da praia. A praia está exposta para Norte, pelo que os ventos de Sul, com ondulações de Norte e Noroeste, proporcionam boas condições para a prática de surf. Existem dois picos* de ondas no Lagide. Uma esquerda* junto à “ilha do Baleal” e um pico* no lado Este da praia com ondas

esquerdas* e direitas*, sendo a esquerda* muito longa. Esta praia é ideal para a iniciação ao surf.

Na praia do Baleal existem vários picos* de ondas ao longo da baía devido aos fundos de areia. A direcção ideal da ondulação é de W e NW, criando uma onda de refacção, que contorna a península a Oeste da praia. As ondas são maiores no centro da baía e tendencialmente mais pequenas nos extremos, o que proporciona ondas com diferentes velocidades e intensidades para todos os níveis de surfistas.

Supertubos é uma praia com fundo de areia, onde as ondas são conhecidas pela sua forma tubular*. Esta praia proporciona tanto ondas esquerdas* como direitas*, sendo as esquerdas mais consistentes e as direitas menos regulares. As direcções mais favoráveis da ondulação são NW e WNW respectivamente.

2.2.2 Ericeira

2.2.2.1 Descrição da área

Localizada entre a foz da Ribeira d'Ilha e a foz do rio Lisandro, a área de Ericeira destaca-se pela presença de várias praias pequenas, separadas por troços costeiros em arriba. A praia do Matadouro, exposta a Oeste, corresponde a uma praia estreita e alongada na base de uma arriba de cerca 25m. A extensão de areia na praia é variável, sendo muito sensível à ocorrência de tempestades. No inverno, é frequente o desaparecimento dos sedimentos, deixando as arribas sem protecção e mais vulneráveis. Ao contrário, no verão, a deriva Norte-Sul conjugada com a menor ondulação, permitem um reabastecimento natural da praia.

A plataforma litoral que limita a praia do Matadouro é relativamente acidentada, com altitudes entre 20 e 120m. Essa plataforma apresenta uma arriba mais saliente a norte da praia.

A praia do Matadouro na Ericeira surge como um sistema praia-arriba, com uma espessura de areia reduzida, sensível à ocorrência de tempestades. As praias, localizadas em ligeiras reentrâncias litorais, alternam com sectores de “plataforma de sopé-arriba” (Neves, 2004).

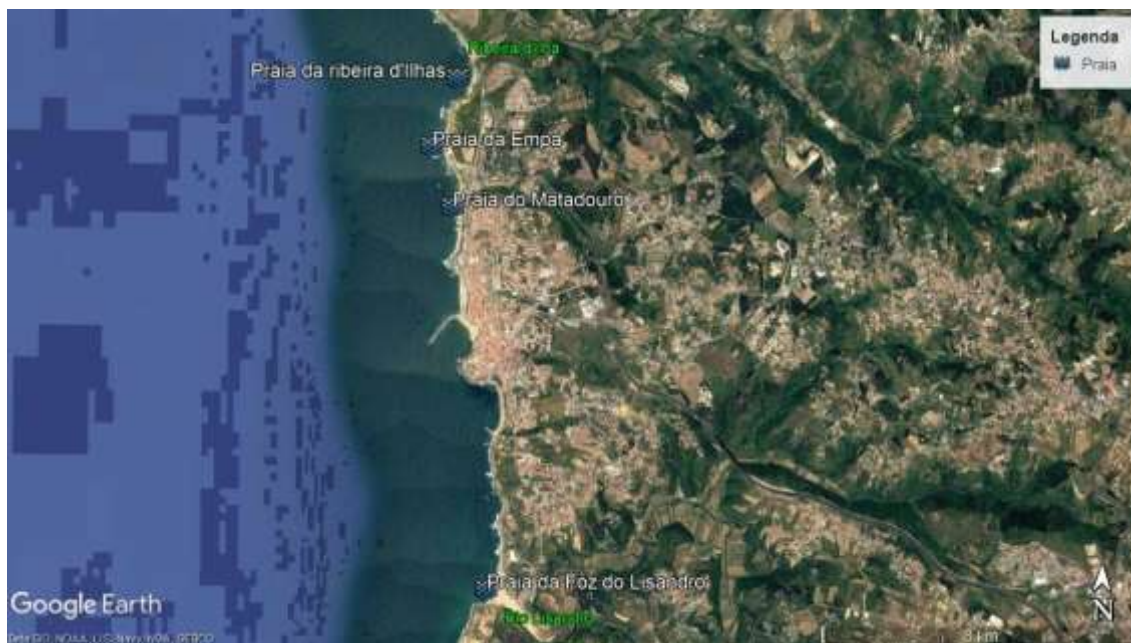


Figura 2.2 - Mapa de localização das praias da Ericeira

2.2.2.2 Ondulação

O pico* da Pedra Branca, localizado entre a praia do Matadouro e a praia da Empa, origina uma onda esquerda* rápida*, potente e tubular, que quebra por cima de uma laje. As condições ideais de maré correspondem à meia maré enchente, com um *swell** de SW, W ou NW.

O pico “Reef” origina uma onda direita rápida, potente e tubular* localizada 300 metros a norte da Pedra Branca, separado por uma arriba. Tal como a Pedra Branca, este pico* apresenta condições favoráveis com meia maré. No entanto, o *swell** favorável provém de NW ou de N.

Ribeira d’Ilhas é, sem dúvida, a praia com mais reconhecimento internacional na área de Ericeira. Este *point break** corresponde a uma onda direita* comprida* que funciona com todos os tipos de maré e com ondulação de W e NW.

O pico da “Cave” dá origem a uma onda direita* rápida*, tubular*, rasa e muito perigosa. A onda rebenta por cima de uma laje com muito pouca profundidade. O nome deste pico é devido à sucção intensa na base da onda que a faz partir abaixo da linha da água. Esta onda radical é exclusivamente para praticantes experientes, funcionando com *swell** de NW e N.

O pico “Crazy Left” corresponde a uma onda esquerda* rápida*, comprida* e tubular*. O *swell* *, idealmente de N ou NW pode ser de algum tamanho razoável para se obterem as condições ideais, na meia maré enchente.

O pico “dos Coxos” corresponde a uma onda direita* comprida* e potente, com várias secções tubulares, quebrando em cima de um fundo rochoso.

2.2.3 Guincho

2.2.3.1 Descrição da área

A área que enquadra a praia do Guincho é complexa e diversificada. O maciço eruptivo de Sintra (Fig. 2.3 b) surge como uma verdadeira barreira orográfica a Norte da praia (Fig. 2.3a e b). A vertente Oeste da serra, a Noroeste do Guincho, apresenta um declive regular e moderado até à plataforma do Cabo da Roca, a 250m, com arribas de declive muito acentuado.

O flanco Sudoeste da Serra é marcado por vários vales pronunciados de direcção NNE-SSW, alguns dos quais se prolongam até à praia do Guincho, inflectindo para W. A praia tem cerca de 750m de comprimento e 500m de largura. Na sua parte central existe uma pequena saliência rochosa, correspondente a uma antiga chaminé vulcânica, visível na maré vazia. O perfil da praia modifica-se ao longo do tempo, em função do ritmo da erosão e da acumulação.

A praia do Guincho prolonga-se para o interior por um cordão dunar orientado de NNW para SSE, que ocupa uma superfície apreciável (Fig. 2.3 b). Como tal, trata-se de uma área que pode aquecer muito mais facilmente do que a Serra, favorecendo os fenómenos de brisa.

A Norte da praia, existe uma pequena arriba rochosa de cerca de 10 metros de altura, que pode criar uma área abrigada na praia e no mar, quando o fluxo provém de NNE. A plataforma de 450m de comprimento (onde se encontra o Forte do Abano) termina na pequena praia do Abano, de apenas 100 metros de comprimento (Fig. 2.3b).

A Sul, a praia do Guincho é limitada por uma plataforma rochosa, a cerca de 15m de altitude, que se prolonga por cerca de 250m e sobre a qual se localizam estabelecimentos hoteleiros (Estalagem Muchaxo e Fortaleza do Guincho). Continuando para Sul, existe outra praia de areia, que faz parte do conjunto dunar – a praia da Cresmina-, mais pequena do que o Guincho (400 metros de comprimento) e bastante rochosa. Finalmente, a Sul da praia da Cresmina, existe uma praia de pequena dimensão, ultima zona de acumulação de areia até ao Cabo Raso.

A plataforma litoral que limita estas praias, mais baixa e com declives mais suaves a Sul da Serra, é urbanizada a Este do Guincho e coberta de arbustos e árvores deformadas pela acção do vento no Cabo Raso (Alcoforado, 1984).



Figura 2.3 - A área do Guincho (a) e seu relevo envolvente (b)

2.2.3.2 Ondulação

A Praia do Abano tem 2 picos* de onda: uma esquerda* do lado sul da praia perto da arriba, e um pico* a meio da praia que origina ondas esquerdas e direitas.

A Praia do Guincho tem vários picos de *beach break*, sendo esquerdas e direitas, mas destacam-se 3 picos principais: o pico ao lado do Muchaxo, o pico* à frente das rochas no meio da praia e o pico* no norte da praia em frente ao Bar do Guincho. A cava da onda está relacionada com a maré. A maré vazia torna a onda mais tubular*, enquanto a maré cheia torna a onda mais mole*. Flutuações sazonais dos bancos de areia influenciam directamente a qualidade da onda; os fundos de inverno aguentam mar maior, formando um pico* mais afastado da costa e um pico no *inside**, enquanto no verão os *swells** mais pequenos provocam ondas mais convenientes para principiantes.

Na praia da Cresmina, é necessário um *swell** médio ou grande, pois o *swell** pequeno rebenta perto das rochas, é uma onda comprida* e inclinada, tem um pico triangular* a sul da praia que dá origem a uma onda direita* e esquerda*, sendo que a direita é mais inclinada e acaba na arriba. Existe um outro pico*, a norte da praia e diante da arriba do hotel “Fortaleza do Guincho”, formando uma onda comprida* e inclinada.

A Praia da Arriba tem um pico de esquerda tubular e comprido para surf e bodyboard. Para pessoas experientes, tem condições semelhantes às da praia da Cresmina, com um fundo de areia salpicado com rochas, algumas salientes. Tem um pico, formando uma direita* rápida* e tubular*, boa para a prática de bodyboard.

2.2.4 Cascais-Carcavelos

2.2.4.1 Descrição da área

O litoral entre Cascais e Carcavelos, de altitude inferior a 70m, corresponde a uma zona urbanizada, ao contrário dos outros locais de estudo. Edifícios de habitação, infra-estruturas rodoviárias, ferroviárias e hoteleiras, assim como alguns espaços verdes ocupam o terreno. A baía de Cascais–Carcavelos, de quase 10 km, está orientada para Sul, passando para SSW em Carcavelos. As diferentes praias (Praias das Moitas, do Tamariz, da Azarujinha, de S. Pedro, da Bafureira, de Parede) – de pequenas dimensões- são descontinuadas por arribas e áreas rochosas. A única praia mais comprida é a de Carcavelos, com uma extensão de quase 1300m.



Figura 2.4 - Mapa de localização da área de Cascais-Carcavelos

2.2.4.2 Ondulação

A área de Cascais até Carcavelos corresponde à área mais protegida da ondulação, tendo unicamente ondas quando o *swell** está maior. A formação de ondas nesta área requer as condições de ondulação seguintes: um *swell** de WNW maior que 1m, ou *swell* de NW superior a 2m. O *swell** de Norte não forma ondas.

A praia das Moitas (Cascais) é a praia mais protegida, sendo que os *swells** vindos de W e NW têm de ser grandes para que se formem ondas “surfáveis”. Com mar grande, com *swells** vindos destas direcções e devido ao fundo rochoso, esta praia surge como uma boa opção para a prática do surf, do bodyboard e do Stand Up Paddle (SUP). A onda quebra em frente do pontão sobre fundo de rocha, formando um pico* de direita* e uma onda mole* e comprida*.

A praia do Tamariz (Estoril) apresenta condições adequadas à prática de surf com *swells** grandes, formando uma onda esquerda* cavada* no lado oeste do pontão e um segundo pico* de ondas direitas* no *inside** junto à praia, que quebram em cima de uma formação rochosa.

A praia da Poça (S. João do Estoril) tem um pico* triangular, que quebra sobre fundo de laje, formando uma onda a abrir para a direita* e para a esquerda*. A onda para a direita* é mais tubular* devido a quebrar sempre em cima da laje, enquanto a esquerda*, mais comprida*, começa em cima da laje e depois continua em fundo misto

de areia e rocha. A direita* é adequada a surfistas experientes, devido à proximidade entre as ondas e as pedras.

A Praia da Azarujinha (S. João do Estoril) tem 2 picos* que formam ondas: um pico* quebra em frente de uma laje e é caracterizado por uma direita* tubular* no início e comprida* e mole* no resto da onda; com *swells** grandes não funciona, pois os 2 picos* juntam e a onda fecha*, o outro pico* é uma esquerda* inclinada*. A onda nesta praia é adequada a surfistas experientes devido à proximidade entre a rebentação das ondas e a praia rochosa.

A Praia de S. Pedro (S. Pedro do Estoril) tem 2 picos*, um no *inside** de esquerda* inclinado, perto da areia com fundo de rocha, e um pico* de *point break** a oeste da praia à frente da falésia é uma onda mole* e a mais comprida* das praias da costa a sul.

A Praia da Bafureira (S. Pedro do Estoril) tem um pico* de *point break** no *outsider**, que quebra sobre fundo de rocha e areia para a direita* e a esquerda*, sendo que a direita* é mais comprida e mole* e a esquerda* mais inclinada* e curta* tem outro pico mais a este, uma onda esquerda* tubular* para *bodyboard* perigosa, pois quebra sobre rocha com pouca profundidade.

A praia da Parede tem dois picos*. O pico* Oeste apresenta ondas mais tubulares* devido ao fundo de laje favorável para surf e bodyboard. O pico* mais a Leste forma ondas mais compridas* e menos cavadas, o que é favorável à prática do SUP.

A praia de Carcavelos tem vários picos* de *beach break** formando esquerdas* e direitas*, bom para iniciados e avançados. É uma onda curta*, inclinada* e tubular* que termina na areia. Esta praia é favorável à iniciação de desportos náuticos, por ter uma onda pouco perigosa, tendo várias escolas de surf e bodyboard. No lado Oeste, a onda é mais mole* por ter mais profundidade e por estar mais protegida por rochas salientes que impedem a entrada do *swell**. No lado Este rebenta uma onda mais tubular* e rápida*, melhor para o bodyboard.

2.2.5 Costa da Caparica

2.2.5.1 Descrição da área

A Costa da Caparica, localizada na parte ocidental da Península de Setúbal, corresponde a uma ampla baía orientada para Sudoeste a norte e para Oeste no centro (fig.2.5). É a maior extensão de areia na área de estudo, com cerca de 25 km de comprimento sem interrupção. A área urbana da Costa da Caparica, no norte, corresponde a uma área

plana, limitada, a Este, por uma arriba fósil (Ramos Pereira et al., 2005). Em frente à praia existe um conjunto de edificações altas e densas, imediatamente a Este de um paredão de 2km de comprimento onde foram construídos 7 esporões. A sul do paredão e do último esporão, a edificação diminui e apenas se constata a presença de restaurantes de praia, espaçados de forma regular no meio do pinhal, até a praia da Nova Vaga.

A sul da praia da Nova Vaga, a arriba fósil está mais próxima do litoral, formando uma arriba que culmina a cerca de 70m acima do nível mar e que se prolonga até à Lagoa de Albufeira. A única área construída corresponde à Fonte da Telha.

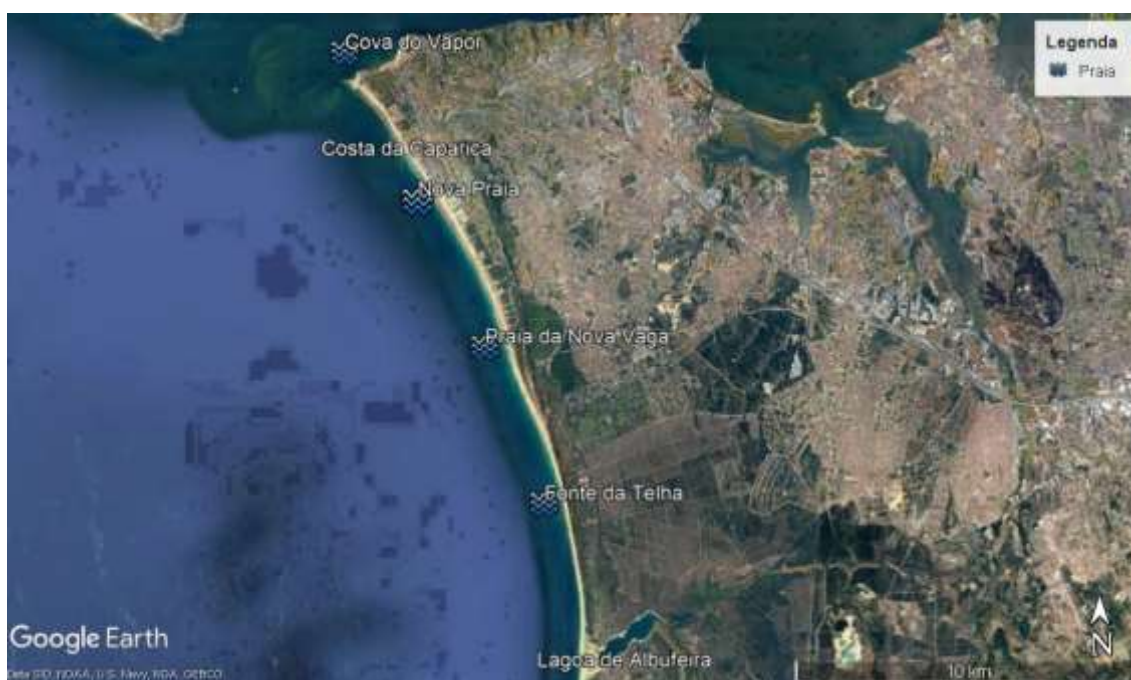


Figura 2.5 - Mapa de localização da Costa da Caparica

2.2.5.2 Ondulação

A ondulação na Costa da Caparica chega com menos energia e menor altura do que no Guincho, na Ericeira ou em Peniche. A baía da Caparica pode ser dividida em duas zonas: a parte norte da baía, que se estende da praia da Cova do Vapor até à Nova Praia, onde foram construídos um total de 9 pontões e a área central, que vai da Nova Praia até à Lagoa de Albufeira, limite Sul da área de estudo.

Por estar situada na foz do rio Tejo, a praia da Cova do Vapor destaca-se das outras da zona. As ondas quebram unicamente com *swells** grandes e são influenciadas pelo *backwash**, apreciadas pelos praticantes de bodyboard. Na zona onde as praias são divididas por pontões, as ondas rebentam de forma ordenada. Os fundos são de areia e as ondas funcionam tanto ao longo da costa como junto aos pontões. A sul da Costa da

Caparica até à praia da Nova Vaga existe uma sucessão de picos*, variáveis consoante os bancos de areia. A zona entre a praia da Nova Vaga e a Fonte da Telha proporciona ondas menos fortes. Com *swell** dominante de NW, as ondas são sempre mais pequenas na Fonte da Telha do que na Costa da Caparica.

2.3 Actividades náuticas e condições meteorológicas adequadas para a sua prática nas praias estudadas

Várias actividades náuticas são praticadas na área de estudo, requerendo condições meteorológicas diferentes. Algumas modalidades, tais como o windsurf, o kitesurf e a vela são dependentes da velocidade e da direcção do vento, devido às forças aero- e hidrodinâmicas, exercidas no suporte (prancha ou embarcação) e na vela. Estas modalidades utilizam o vento aparente para se movimentarem, que corresponde à resultante do vento real e do vento de velocidade, produzido pela deslocação do suporte. Uma vela, quando sujeita ao vento, vai funcionar como uma bandeira. Desta forma, a fricção do ar faz a vela movimentar-se livremente, caso nenhuma força seja aplicada na mesma. Fechando a vela, esta vai encher progressivamente começando na parte traseira até ficar completamente cheia. O ângulo de incidência entre o vento aparente e o eixo da vela é de 18 a 22^o, dando origem a um escoamento laminar: a barlavento da vela, o ar é comprimido e é desacelerado, o que provoca um efeito de empurrão. A sotavento, o ar é descomprimido e acelerado, provocando um efeito de sucção. Em escoamento laminar, o rácio entre “pressão” e “depressão” é aproximadamente 1 para 3 e denomina-se força vélica. A força vélica é proporcional ao quadrado da velocidade de escoamento da massa de ar. A superfície, a forma e a cova da vela influenciam igualmente a força vélica. Assim, uma vela maior ou mais cavada tem uma força vélica superior. Outro ponto importante é a flutuabilidade do suporte. Um barco, apresentando uma flutuabilidade muito maior do que uma pequena prancha de windsurf ou de kitesurf, necessita de menos vento para poder ser praticado.

Inspirado pela escala de Beaufort (OMM, 2010), a classificação da velocidade do vento apresentada no quadro 2.1 foi elaborada em função do vento necessário para a prática das actividades náuticas consideradas no estudo. Enquanto o windsurf e o kitesurf necessitam de um vento mínimo de cerca 10 e 17 nós, a vela é praticada geralmente até 25 nós, o que já requer um nível considerável do praticante. A vela pode ser praticada com ventos mais fracos.

Quadro 2.1 - Caracterização da velocidade do vento

Velocidade do vento (em nós)	Simbologia de cor neste trabalho	Escala de Beaufort	Designação utilizada neste trabalho	Actividades náuticas
<1		0	Calma	
1-3		1	Muito fraco	
4-9		2-3	Fraco	Vela
10-16		4	Moderado	Vela, Kitesurf
17-24		5-6	Forte	Vela, Kitesurf, windsurf
25-40		6-8	Muito forte	Kitesurf, windsurf
≥41		9-12	Violento	Windsurf

Apresenta-se, em seguida, uma breve descrição explicitando as condições meteorológicas e de ondulação adequadas para cada disciplina.

2.3.1 Windsurf

O windsurf requer condições meteorológicas específicas em função da disciplina. Para *formula* e *slalom*, a disciplina de velocidade, é necessário um vento mínimo de 7 nós, sendo praticado preferencialmente em águas relativamente calmas, sem ondas. Essas condições encontram-se normalmente com vento *offshore**. O windsurf nas ondas (*wave riding*) requer um vento mínimo de cerca 17 nós. As condições ideais correspondem a um vento *side-onshore** para saltar, *sideshore** ou *side-offshore** para o surf. O tamanho e a força da onda está directamente relacionada com o nível do praticante. Durante a época estival, o windsurf nas ondas é sobretudo praticado no Guincho, na Ericeira e na Costa da Caparica

Na Ericeira, o windsurf nas ondas é praticado com vento de rumo NNW, N, ou NNE nas praias do Matadouro e de Ribeira d'Ilhas.

No Guincho, as condições adequadas para o windsurf correspondem a ventos soprando de NW, N ou NNE, com uma velocidade do vento mínima de cerca de 17 nós, mas podendo ser praticado com rajadas de 50 nós.

A área entre Cascais e Carcavelos corresponde a uma área adequada para a iniciação da modalidade. Pratica-se *slalom* (modalidade de velocidade) com vento Norte, uma vez que sopra *offshore**, favorecendo condições de água lisa.



Figura 2.6 - Windsurf na praia do Guincho

2.3.2 Kitesurf

Para a prática de kitesurf, o vento favorável sopra *onshore**, *side-onshore** ou *sideshore**, com velocidades mínimas de cerca de 10 nós. Com ventos *offshore** torna-se perigoso a prática de kitesurf, pois a asa pode ser empurrada para o largo. Não convém praticar kitesurf com ventos muito fortes. A partir de 30 nós, torna-se mais arriscado, e com ventos ultrapassando os 40 nós, a prática do kitesurf é muito perigosa.

Na área de estudo, o kitesurf é praticado em Peniche, na Foz do Lizandro perto de Ericeira, no Guincho e na Costa da Caparica, em função das condições meteorológicas. No Guincho, os ventos adequados para a prática de kitesurf sopram de W, NW e N.



Figura 2.7 - Kitesurf na praia do Guincho

2.3.3 O surf, o bodyboard e o Stand Up Paddle (SUP)

Para o surf (fig. 2.9), o bodyboard (fig. 2.10) e o SUP (fig. 2.8) as condições meteorológicas ideais correspondem a vento fraco, soprando *offshore**, sendo que o vento *onshore** desfaz as ondas (Moreira, 2007). O surf e o bodyboard podem ser praticados em qualquer tipo de onda, já o SUP é mais praticado em ondas menos cavadas, ou seja, menos inclinadas. Estas três disciplinas são praticadas em todas as praias consideradas neste estudo.



Figura 2.8. SUP na praia do Guincho (fotografia Mathieu Pelikan)



Figura 2.9 - Surf na praia do Coxos, Ericeira (fotografia Mathieu Pelikan)



Figura 2.10 - Bodyboard na praia da Cresmina (fotografia Mathieu Pelikan)

2.3.4 A vela

Para a prática de vela, as condições ideais correspondem a um vento entre 4 e 30 nós. Existem 2 tipos de embarcações principais: a vela ligeira e a vela cruzeiro. A vela ligeira (fig. 2.11.a) pratica-se em embarcações mais pequenas, entre cerca de 2 a 5 metros, necessitando-se voltar a terra à noite. Essas embarcações são tripuladas por uma ou duas pessoas e têm uma ou duas velas principais. A vela cruzeiro corresponde a barcos maiores e mais estáveis, devido à presença de uma quilha pesada, que impede o

barco de se virar. Existem várias classes de embarcações, tanto de vela ligeira (fig. 2.10a) como de vela cruzeiro (fig. 2.11 b).

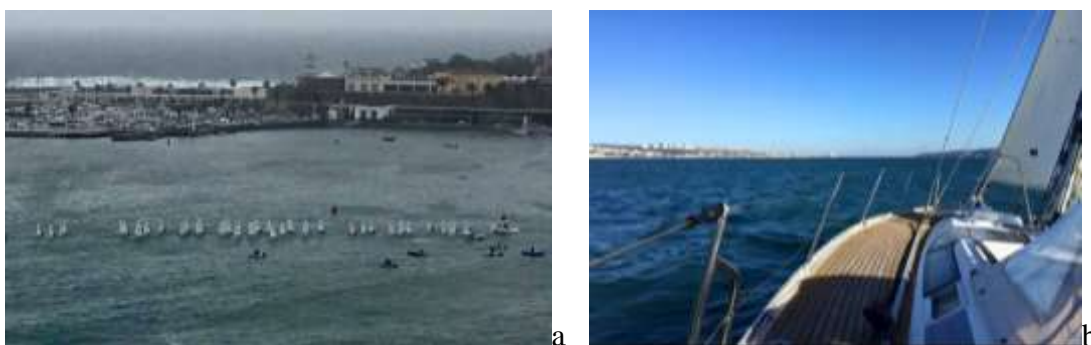


Figura 2.11 - Vela ligeira na baía de Cascais (a) e vela cruzeiro na entrada do Tejo (b)

Na área de estudo, a prática de vela concentra-se no porto de abrigo de Cascais, sendo o único sítio possível para atracar embarcações. O Clube Naval de Cascais é a entidade responsável pela vela ligeira, enquanto a marina de Cascais corresponde à zona de amarração dos cruzeiros. Cascais é uma referência no âmbito da vela de competição e organiza frequentemente campeonatos nacionais e internacionais, como por exemplo o mundial ISAF em 2007, o *America's Cup World Series* em 2011, etc.

Os principais campos de regata e treino são a Guia e a Baía de Cascais. A Guia, no litoral W-E, entre Cabo Raso e Cascais, corresponde a uma área mais exposta à ondulação e com vento bastante estável e apresenta as melhores condições com vento N, NW e W até 15-20 nós, com *swell* mais pequeno. A baía de Cascais é mais abrigada e adaptada para a iniciação. É igualmente uma área adequada para a competição, quando as condições ao largo da Guia não são favoráveis na prática da modalidade.

2.3.4 A informação meteorológica utilizada pelos praticantes de desportos náuticos

Existem diferentes tipos de informação meteorológica à disposição dos praticantes de desportos náuticos. Por um lado, estudos meteorológicos e climáticos pré-existentes sobre a área de estudo, que se apresentam no capítulo seguinte; por outro lado, informações meteorológicas de tipo observação e previsão em tempo real, que permitem obter um esboço das condições meteorológicas e do estado do mar. Os modelos meteorológicos numéricos fornecem uma previsão das condições meteorológicas para as próximas horas ou dias.

Existem vários *websites*, que disponibilizam dados de observação em tempo real para a área de estudo. Actualmente, existem muitas praias equipadas com câmaras de vídeo, que transmitem em directo imagens que permitem inferir o estado do tempo e do mar nas várias praias (www.beachcam.com, www.surftotal.com). A monitorização do vento em tempo real é apenas disponibilizada pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA, www.ipma.pt) e os raros registos disponíveis, apenas horários, são divulgados com cerca 2 horas de atraso.

Uma ferramenta popular entre os praticantes de desportos náuticos são as previsões meteorológicas provenientes de modelos numéricos, para um ponto preciso, disponibilizadas através de *websites* especializados, tais como *windguru*, *predictiwnd*, *windfinder*, *windy*, ou *magicseaweed*. São divulgados dados de previsão da direcção e intensidade do vento, da altura das ondas, da temperatura, da nebulosidade e da precipitação, provenientes de vários modelos numéricos, sob forma de tabelas ou mapas para facilitar a sua leitura (Herlédant, 2011). No entanto, a informação muito precisa disponibilizada, pode não ser adequada para o local específico, devido à falta de resolução espacial e a eventual incorrecta parametrização do modelo (Vermeersch, 2011), não permitindo ao desportista ter absoluta confiança nas previsões locais.

Capítulo 3: O vento no litoral.

Aspectos gerais e na área de estudo

3.1 Enquadramento teórico

A prática de desportos náuticos na área em estudo durante a época estival está dependente de diversos aspectos das condições meteorológicas. Antes da análise dos dados recolhidos *in situ*, será sintetizado o estado da arte referente a este tema. Com base na bibliografia, referir-se-á particularmente a influência da rugosidade e da estabilidade/instabilidade do ar nos efeitos topográficos e térmicos, que ocorrem na área de estudo.

3.1.1 Factores condicionantes da circulação regional e local

3.1.1.1 A rugosidade e suas consequências

A fricção nas camadas inferiores da atmosfera junto ao solo diminui a força do vento e desvia-o em direcção às baixas pressões (ou seja para a esquerda no hemisfério Norte). O desvio em relação à direcção do vento a 500m depende principalmente da rugosidade do solo. Quanto maior for a rugosidade do terreno, mais importante ficará a fricção (quadro 3.1). No que diz respeito ao desvio da direcção do vento, os valores médios de correcção são de 15° no mar e de 40° sobre uma área florestal, (Mayençon, 1982). Assim, o vento no mar, onde há menos fricção, sopra mais forte do que em terra e com menor desvio em relação ao vento em altitude.

Quadro 3.1 – A rugosidade de diferentes tipos de ocupação de solo
(adaptado de Davenport et al., 2000, Herlédant, 2011)

H – altura do obstáculo

class		roughness	landscape features
no.	name	length: m	
1	sea	0.0002	open water, tidal flat, snow with fetch above 3 km
2	smooth	0.005	featureless land, ice
3	open	0.03	flat terrain with grass or very low vegetation, airport runway
4	roughly open	0.10	cultivated area, low crops, obstacles of height H separated by at least 20 H
5	rough	0.25	open landscape, scattered shelter belts, obstacles separated by 15 H or so
6	very rough	0.5	landscape with bushes, young dense forest etc separated by 10 H or so
7	closed	1.0	open spaces comparable with H, eg mature forest, low-rise built-up area
8	chaotic	over 2.0	irregular distribution of large elements, eg city centre, large forest with clearings

Quando o vento sopra de terra, o reforço do vento e sua rotação devido à diferença de rugosidade terra-mar ocorre numa extensão entre 1 km (condições instáveis) e 5 km para o largo (condições estáveis). No entanto, quando o vento sopra paralelamente ao litoral, este fenómeno ocorre numa faixa mais estreita. No caso de um litoral à esquerda* (orientando-se frente ao vento, figura 3.1), ocorre convergência devido à diferença de rugosidade terra-mar e à força de Coriolis, observando-se um aumento da velocidade do vento de cerca de 25% na faixa litoral (2 a 5km para o interior). Pelo contrário, numa “costa à direita”, há divergência na faixa litoral, traduzida por uma diminuição da velocidade do vento na faixa costeira.

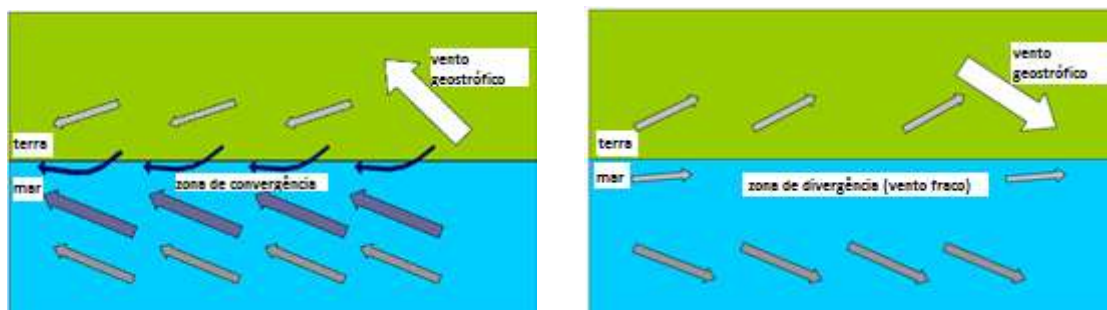


Figura 3.1 - Convergência num “litoral à esquerda” e divergência num “litoral à direita”
(adaptado de Herlédant, 2011)

3.1.1.2 A estrutura vertical da atmosfera

A estabilidade da massa de ar regula a possibilidade de ocorrência de movimentos verticais e horizontais, podendo inibir os movimentos verticais ascendentes no caso da presença de uma inversão térmica (Bernot, 2007). Tem um papel fundamental nos efeitos locais. O quadro 3.2 resume as consequências das condições de estabilidade/instabilidade nas características do vento na faixa litoral.

Quadro 3.2 - Consequências da estabilidade/instabilidade do ar nas modificações da direcção e velocidade do vento na faixa litoral (Vermeersch 2011, adaptado de Bernot, 2007).

Consequências de ar estável	Consequências de ar instável
<ul style="list-style-type: none">- Os efeitos topográficos são reforçados;- Os efeitos térmicos são atenuados;- A velocidade e direcção do vento variam pouco na escala fina;- As nuvens, se existirem, são de tipo estratiforme.	<ul style="list-style-type: none">- Os efeitos topográficos são diminuídos;- Os efeitos de brisas térmicas são reforçados;- Velocidade e direcção do vento variam muito à escala fina;- As nuvens, se existirem, são de tipo cumuliforme.

3.1.2 Principais efeitos topográficos

A topografia influencia a circulação do vento, através de factores dinâmicos e térmicos, a várias escalas temporais e espaciais (Whiteman, 2000; Barry, 1993). Com um vento sinóptico fraco, o relevo dá origem a contrastes térmicos, dando origem a brisas orográficas, detalhados na secção 3.1.4. Com vento sinóptico moderado ou forte, o fluxo pode ser modificado pelo relevo. Alguns exemplos destes fenómenos são *foehns*, ventos *bora*, saltos hidráulicos ou ondas de relevo (Stull, 2011; Barry, 1993). O relevo pode bloquear o fluxo e é possível observar-se um aumento da pressão atmosférica a barlavento do relevo e uma diminuição a sotavento do mesmo (*vale orográfico*). É um efeito à escala regional, que modifica o gradiente de pressão atmosférica e o vento numa distância considerável (Bernot, 2007).

Por vezes, uma massa de ar frio e denso encontra-se sobreposta por uma camada de ar mais quente e seco, como é comum na zona em estudo, por exemplo quando uma massa de ar marítima, relativamente quente e espessa, se desloca sob uma camada de ar continental mais quente e menos densa. Neste caso, existe uma descontinuidade do gradiente vertical de temperatura, que marca a interface de densidade entre as duas camadas. Este tipo de sistemas, compostos por duas camadas de fluidos, tem um comportamento semelhante ao comportamento de um fluido num canal aberto, e pode-se assim, se considerarmos a atmosfera incompressível, aplicar as teorias hidráulicas, dependentes da velocidade das ondas na interface entre a camada de ar frio e a camada de ar quente (Stull, 2011). O rácio entre a velocidade do fluido e a velocidade da onda corresponde ao número de Froude (Fr). Para relevos isolados, o fluxo pode passar em redor do obstáculo. Quanto mais fraco for o fluxo a passar sobre o relevo, menores serão as ondas de relevo. O número de Froude permite calcular a formação de ondas sobre os obstáculos. O número de Froude corresponde a $Fr = \lambda / 2 \times W$ onde W é a largura do relevo e λ corresponde ao comprimento de onda natural. Quando a estabilidade do ar é importante ou os ventos são fracos ($Fr \ll 1$), o comprimento de onda é muito mais pequeno do que a largura do obstáculo, impedindo o fluxo de passar por cima do obstáculo. O fluxo é então bloqueado a barlavento do relevo e obrigado a circundá-lo (Figura 3.2a). Quando o comprimento de onda é duas vezes superior à largura do relevo ($Fr \approx 1$), formam-se ondulações de maior amplitude, que podem dar origem a nuvens lenticulares e a *rotors* (Figura 3.2b). A sotavento do relevo, os ventos descendentes são violentos. Pelo contrário, quando o vento é forte e o ar é instável o comprimento de onda é muito maior do que a largura do relevo e $Fr \gg 1$. A sotavento do relevo observa-se uma “cavidade” (figura 3.2c), às vezes com vento de direcção contrária perto da superfície (Stull, 2011). Finalmente, quando $Fr = \infty$, há ocorrência de uma área muito turbulenta a sotavento do obstáculo. (fig. 3.2d).

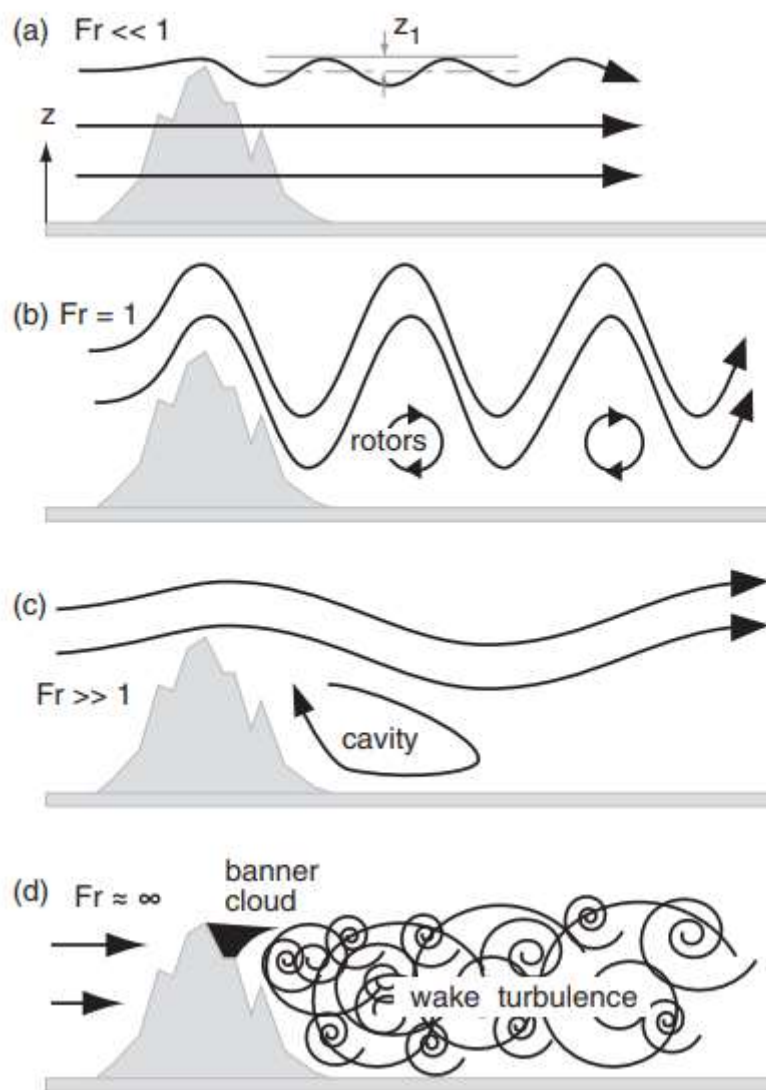


Figura 3.2: Ondas de relevo e número de Froude Fonte: Stull, 2011

3.1.3 Efeitos térmicos

Vários estudos mostram que os efeitos térmicos têm um impacto considerável nos regimes de vento (Beltrando *et al.*, 2008; Dahech *et al.*, 2012). Na área de estudo, existem vários tipos de efeitos térmicos, consoante as características meteorológicas e do terreno e em função da hora do dia. Os efeitos térmicos ocorrem a várias escalas espaciais e temporais. Em condições sinópticas anticiclónicas, as diferenças de temperatura podem causar ventos térmicos, tais como ventos anabáticos e catabáticos e brisas marítimas e terrestres (Oke, 1987, Beltrando, 2008, Stull, 2011, Azorin-Molina *et al.*, 2011).

3.1.3.1 Mistura vertical

É um fenómeno que ocorre no litoral, nos locais onde a terra está mais quente que o oceano. Durante a manhã, a superfície aquecida pela base transmite calor às camadas baixas da atmosfera, o que provoca instabilidade da massa de ar. Deste fenómeno, resulta uma mistura e homogeneização térmica das camadas superficiais e superiores, em que o vento sopra mais à direita* e é mais forte. Ou seja, o vento de superfície adquire algumas características do vento em altitude. Assim, a velocidade do vento de superfície aumenta entre 5 e 8 nós e sua direcção roda 15^o a 20^o para a direita. Podem aparecer alguns cúmulos no céu, todos à mesma altitude. Este fenómeno é muito localizado, junto à faixa litoral (Bernot, 2007).

3.1.3.2 As brisas no litoral

As brisas no litoral são fenómenos bastante investigados no passado (Fischer, 1960; Oke, 1987; Simpson, 1994). Durante o dia, a brisa é caracterizada por um vento que sopra do mar para a terra, enquanto à noite, o fluxo sopra no sentido inverso. Considerando que este estudo se aplica aos desportos náuticos e que estes não se praticam durante a noite, não será descrita a brisa de terra. A brisa ocorre em determinadas condições atmosféricas.

O mecanismo da brisa térmica marítima

A célula da brisa térmica corresponde a um movimento do ar devido às diferenças de temperatura entre a terra e o mar (Oke, 1987; Simpson, 1994; Miller *et al.*, 2003; Azorin-Molina, 2007). A brisa sopra do mar para a terra (2 na figura 3.3), devido ao aquecimento diurno, que provoca um aumento considerável da temperatura em terra, enquanto a temperatura do mar aumenta muito mais lentamente devido às diferenças de calor específico. Em terra, cria-se uma depressão local (1 na figura 3.3). O ar aquecido dilata-se (1 na figura 3.3.), provocando uma sobrepressão em altitude (3 da figura), iniciando uma corrente de retorno em altitude (4) e uma corrente de subsidência no mar (5). Como refere Herlédant (2011), a cronologia das etapas não está bem definida. Tijm e Van Delden (1999) concluem que a brisa começa pela etapa 4, enquanto Simpson (1994) considera que o início da brisa é a etapa 2. Oke (1987) e Bernot (2007) afirmam que o arranque da brisa térmica passa pela etapa 1, mas Bernot (2007) qualifica a corrente de retorno em altitude (etapa 4) como “motor” do fenómeno.

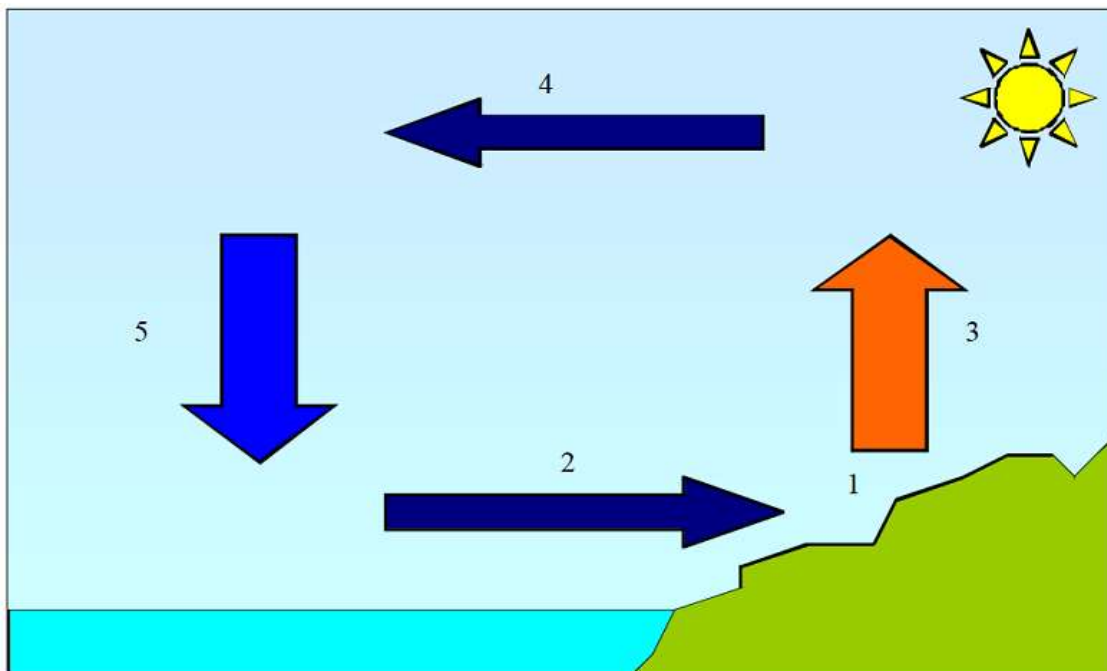


Figura 3.3 - Mecanismo da brisa do mar

– depressão local; 2 – corrente do mar para a terra; 3 – ascensão do ar quente;
4 – corrente de retorno; 5 – subsidência do ar

A célula da brisa (CBM na figura 3.4) tem dimensões horizontais e verticais variáveis, em função da intensidade do aquecimento, do vento geostrófico e da morfologia do terreno. Pode estender-se essencialmente sobre o mar (Finkele et al., 1995), ou penetrar para o interior, como o refere Chiba *et al.*, (1999), numa distância mais importante (25-30km) do que sua extensão no mar (10km).

A frente da brisa (FBM na figura 3.4) é uma superfície de descontinuidade entre a massa de ar fria e húmida vinda do mar e a massa de ar quente e seca continental (Herlédant, 2011). Localiza-se no limite de propagação do ar marítimo no continente e corresponde a uma zona de convecção, onde se podem verificar velocidades verticais de 0,5 a 2m/s (1-4 nós) (Helmis *et al.*, 1987, citado por Herlédant, 2011).

A “cabeça da brisa” (TBM na figura 3.4) é gerada pela ascensão do ar que provém da brisa marítima e é caracterizada por valores elevados de humidade (Finkele *et al.*, 1995; Herlédant, 2011).

Os rotores de Kelvin-Helmoltz (RKH na mesma figura) são vórtices, que surgem quando há instabilidade no interface entre a corrente de retorno em altitude e a brisa térmica.

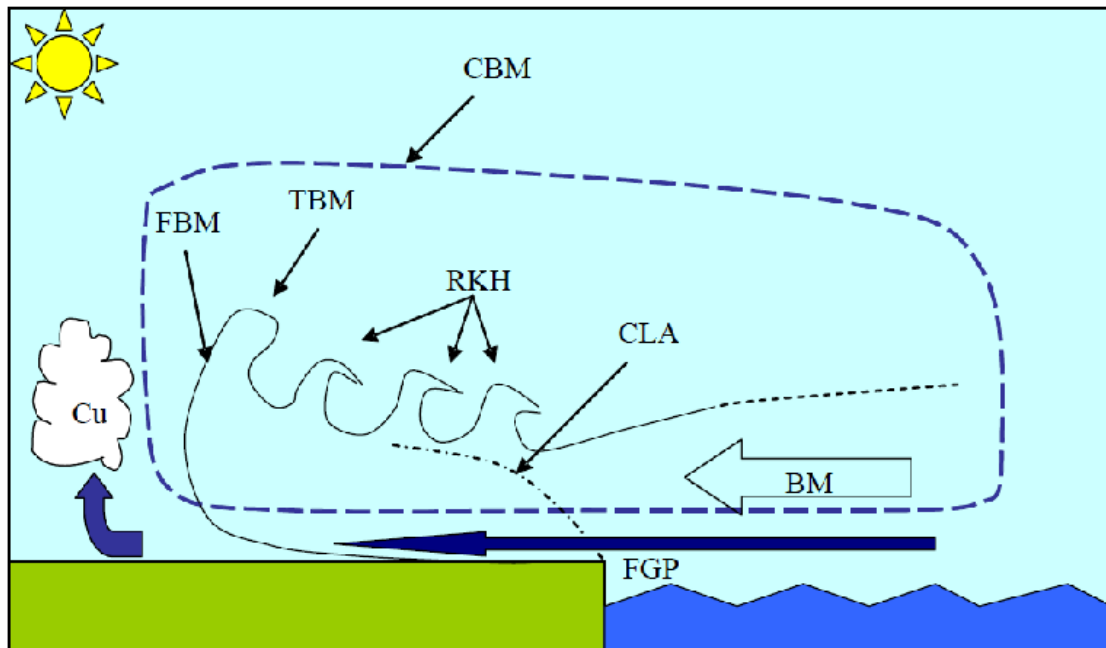


Figura 3.4 - Estrutura da célula da brisa (adaptado de Miller *et al.*, 2003)

CBM – célula da brisa; FBM - frente da brisa; TBM - “Cabeça da brisa”;
 RKH - rotores de Kelvin-Helmoltz; CLA – camada limite atmosférica;
 BM – brisa marítima; FGP – força gerada pelo gradiente de pressão

Apesar da diferença de temperatura entre a terra e o mar ser essencial para a formação da brisa térmica, há outros factores que condicionam a sua ocorrência. As condições iniciais têm de ser favoráveis, ou seja, instabilidade do ar e nebulosidade fraca. A forma do litoral, sua orientação e altitude têm igualmente um papel importante no estabelecimento da brisa (quadro 3.3). Litorais recortados e acidentados podem dar origem a várias células independentes de brisa marítima nos diferentes trechos do litoral. Estas células de brisa não ocorrem necessariamente em simultâneo e não atingem as mesmas intensidades (Melas *et al.*, 1998, 2000, citado por Miller *et al.*, 2003)

Quadro 3.3: Factores condicionantes da brisa marítima (adaptado de Bernot, 2007)

	Favoráveis	Desfavoráveis
Condições meteorológicas na escala regional	Passagem recente de uma frente fria	Anticiclone com ar seco Ar quente de altitude (“tampa”)
Condições meteorológicas locais iniciais	Instabilidade do ar Nebulosidade fraca Forte diferença de temperatura entre o mar e a terra	Estabilidade do ar Forte nebulosidade Fraca diferença de temperatura entre o mar e a terra
Condições topográficas	Costa baixa Pântanos Litoral orientado para Sul	Costa elevada Litoral orientado para Norte
Crítérios visuais	Boa visibilidade ao largo Dispersão da inversão Nuvens cumuliformes costeiras	Nuvens ao largo Estabilização da inversão (base rondando os 200 metros de altitude) Estratos costeiros

Influência do vento sinóptico

O estabelecimento da brisa pode ser favorecido ou inibido em função da exposição da costa e da direcção e intensidade do vento sinóptico. Ventos sinópticos soprando de terra vão favorecer a corrente de retorno em altitude da célula da brisa. Segundo Azorin-Molina *et al.* (2011), a situação sinóptica é o factor proeminente do estabelecimento da brisa. Adams (1997) identifica 4 tipos de brisa em função da direcção do vento sinóptico: “pure breeze”, “corkscrew breeze”, “backdoor breeze” e “synoptic breeze”. Bernot (2007) e Herlédant (2011) baseiam-se na classificação dos quadrantes para a realização dos estudos de brisa, inspirados pela teoria de Adams (1997) e que foi adoptada neste trabalho. Trata-se de uma classificação de referência no âmbito da vela de competição para a previsão de ocorrência de brisas. Nesta classificação, a área costeira é dividida em 4 sectores. Os quadrantes 1 e 2 correspondem a vento sinóptico de terra, enquanto os sectores 3 e 4 correspondem ao vento sinóptico vindo do mar (figura 3.5).

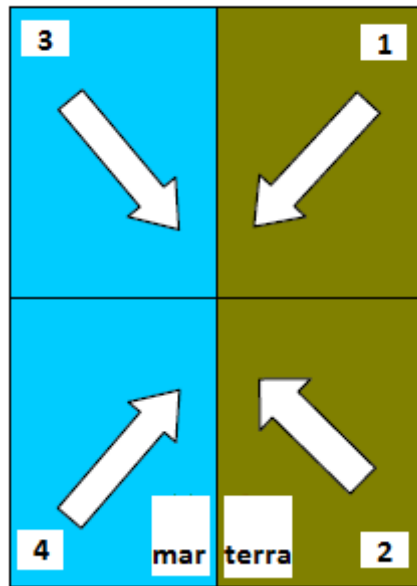


Figura 3.5 - Teoria dos quadrantes de Bernot
(adaptado de Bernot, 2007; Herlédant, 2011)

- Quadrante 1 (“corkscrew sea breeze”, segundo Adams, 1997)

Corresponde ao quadrante mais favorável para o estabelecimento da brisa. Igualmente chamada a “corkscrew sea breeze” (Adams, 1997; Miller et al., 2003). Na área de estudo, corresponde aos rumos entre N e E. O vento de madrugada sopra de terra. Neste caso, o vento roda para a esquerda e a brisa estabelece-se primeiro na faixa costeira soprando do mar e estende-se em terra e no mar. À tarde, a velocidade do vento aumenta e roda cerca de 20 graus/3horas para a direita, devido à força de Coriolis, até soprar quase paralelamente à costa no fim da tarde (Miller *et al.* 2003; Bernot, 2007; Herlédant, 2011; Steele *et al.*, 2015).



Figura 3.6 - Brisa com vento sinóptico do quadrante 1

- Quadrante 2 (“*backdoor sea breeze*”, segundo Adams, 1997)

A convergência provoca fluxos ascendentes próximo do litoral, que perturbam a subsidência da corrente de retorno da brisa. Neste caso, a brisa estabelece-se primeiro no mar, ao largo e aproxima-se depois da costa. Tal como a brisa do quadrante 1, a chegada da brisa é marcada por uma rotação significativa, embora para a direita, ou seja, uma rotação inversa relativamente ao quadrante 1. A brisa, neste, caso não alcançará sempre a terra, pois trata-se de um “combate” entre o vento sinóptico e o térmico, com uma área de vento variável. Para o estabelecimento da brisa, em situação de vento sinóptico do quadrante 2 (entre E e S para a área de estudo), é necessário uma diferença de temperatura terra-mar mais importante do que com ventos do quadrante 1 (Adams, 1997; Miller *et al.*, 2003; Bernot, 2007; Herlédant, 2011).



Figura 3.7 - Brisa com vento sinóptico do quadrante 2

- Quadrante 3 (“*synoptic sea breeze*”, segundo Adams, 1997)

Vários autores, tais como Miller, 2003; Herlédant, 2011; Steele *et al.*, 2015) afirmam a impossibilidade de ocorrência de brisa com um vento sinóptico dos quadrantes 3, o que, na área de estudo, corresponde a vento entre os rumos W e N. De facto, o vento sinóptico e a corrente de retorno em altitude sopram em direcções opostas e inibem a formação da célula da brisa. No entanto, a pressão atmosférica à superfície é mais baixa em terra do que no mar e o aquecimento diurno reforça este fenómeno. A deformação das isóbaras tem consequências na direcção, originando uma rotação para a esquerda de cerca 15 graus, assim como um aumento da velocidade do vento de 0,5 a 2 m/s (1-4 nós) (Bernot, 2007, Herlédant, 2011). Adams (1997), Bernot (2007) e Herlédant (2011) afirmam que, com um vento sinóptico do quadrante 3 (entre W e N na área de estudo) relativamente fraco, a brisa se pode formar mais tarde, no fim do dia.

O aquecimento à escala regional, como pode ser o caso da Península Ibérica, pode dar origem a ventos sinópticos do quadrante 3, devido à depressão térmica formada sobre a Península Ibérica, que será analisada a seguir.

- Quadrante 4

Um vento sinóptico soprando do quadrante 4 não permite o estabelecimento da brisa (Bernot, 2007; Herlédant, 2011; Steele *et al.*, 2013; Steele *et al.*, 2015). Nesta situação, o

vento sinóptico impede a corrente de retorno e favorece a convergência ao largo (Bernot, 2007; Herlédant, 2011).

3.1.3.3 Jactos costeiros das baixas camadas

Os jactos costeiros ocorrem em áreas de transição onde existe um forte contraste entre as altas temperaturas em terra e as águas frias do oceano (Rijo *et al.*, 2017). Ranjha *et al.* (2013) identificaram as regiões no mundo onde ocorrem jactos costeiros, nomeadamente no litoral ocidental norte e sul-americano, na Península Ibérica, na Península Arábica, na Austrália, na Namíbia e verificaram que são mais frequentes na época quente do ano, quando os gradientes de temperatura e de pressão são mais acentuados. No litoral ocidental português, os ventos costeiros de N de NW são habitualmente designados de “Nortada” (Ferreira, 1984; Alcoforado, 1984; 1988; Daveau, 1988; Trigo e DaCâmara, 2000; Lopes *et al.*, 2009; Mora, 2014) e estão associados ao gradiente de pressão que, sobretudo ao longo do Verão, se estabelece, nas camadas inferiores, entre o anticiclone atlântico subtropical (dos Açores) e a depressão térmica sobre o centro da Península Ibérica. É no seio desta circulação sinóptica na margem ibérica Oeste que se desenvolvem os jactos costeiros, que são estruturas de meso-escala, intensificadas por condições termodinâmicas locais na camada limite atmosférica marinha (Soares *et al.*, 2014; Rijo *et al.*, 2017). Os jactos costeiros na costa ocidental portuguesa têm vindo a ser estudados com recurso a dados de observações e a simulações utilizando modelos de circulação atmosférica regional e de meso-escala (Soares *et al.*, 2014; Rijo *et al.*, 2017.). Os jactos costeiros são caracterizados por ventos fortes nas baixas camadas da atmosfera, inferiores a 1000m de altitude e, na maioria dos casos, entre os 400 e 600m (Semedo, 2004; Ranjha *et al.*, 2014; Rijo *et al.*, 2017). Ao longo do litoral português, 75% dos jactos costeiros ocorrem entre 300 e 500m de altitude (Ranjha *et al.*, 2013) e as velocidades típicas variam entre os 10 e os 20 m/s, podendo também ocorrer com velocidades superiores a 20 m/s (Soares *et al.*, 2014). A maior frequência dos jactos costeiros verifica-se entre Maio e Setembro, com um máximo em Julho, bem definido (Rijo *et al.*, 2017), podendo também ocorrer, com bastante menor incidência, nas estações intermédias (Soares *et al.*, 2014). Além deste ciclo anual característico, os jactos costeiros são também marcados por um ciclo diurno bem marcado, com menor frequência de jactos e mínimos de velocidade do vento ao

nascer do sol e máxima frequência e intensidade do vento ao final da tarde (Rijo *et al*, 2017) ou entre o final da tarde e final da noite (Soares *et al*, 2014).

3.1.3.4 Brisas orográficas

Com vento sinóptico fraco, podem ocorrer circulações locais induzidas pelas diferenças térmicas, em áreas de topografia acidentada. De noite, nos topos, o ar arrefece rapidamente por irradiação, tornando-se mais denso. Forma-se um fluxo descendente ao longo das vertentes, em direcção ao fundo do vale, que é denominado vento catabático (Oliver e Fairbridge, 2005). Este fenómeno foi comprovado nos vales da região de Oeiras, a Oeste de Lisboa por Lopes (1995), verificando o autor que o fluxo de ar frio ocorre intermitentemente entre o pôr e o nascer do Sol. O fluxo pode generalizar-se e transformar-se num “vento de montanha”, entre os topos e as áreas mais baixas adjacentes. Este sistema complexo, bem claro na figura de Tim Oke (1987), que aqui se reproduz (fig.3.8), poderá ter circulações de retorno em altitude. Durante o dia, as vertentes são aquecidas pela insolação e a brisa começa a elevar-se em direcção aos topos, usualmente pouco tempo depois do nascer do Sol; mantém-se durante o dia, particularmente em vertentes orientadas para os quadrantes soalheiros (SE, S e SW no nosso caso): são os ventos anabáticos que, não raro, dão origem a nuvens cumuliformes. Este tipo de vento também se pode generalizar subindo do vale para a montanha, a brisa do vale (fig. 3.8)

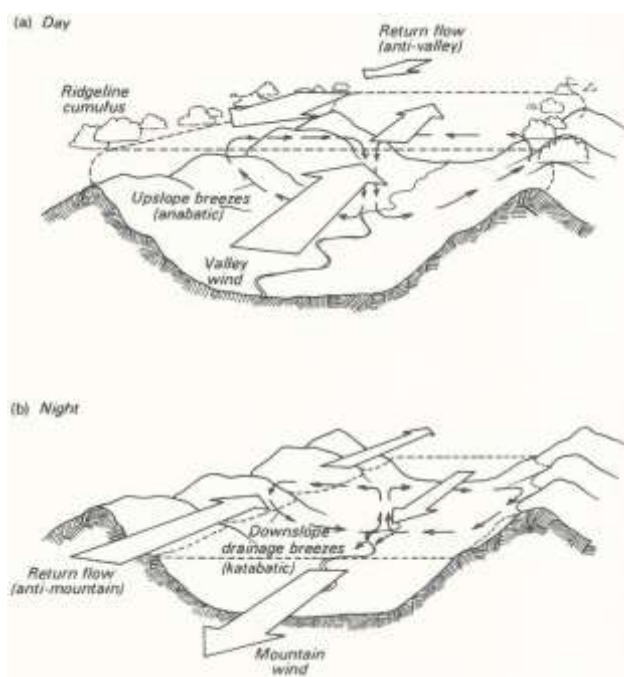


Figura 3.8 – Ventos anabáticos durante o dia (a) e catabáticos a noite (b).

Fonte: Oke, 1987

3.2 Particularidades do vento na área de estudo

Dadas as características geográficas da área de estudo, em especial o traçado da linha de costa e o relevo (principalmente a serra de Sintra), o vento vai apresentar características específicas, que serão muito pormenorizadamente descritas no capítulo 5. Referem-se agora apenas alguns trabalhos de climatologia local existentes sobre as brisas e a Nortada na área de estudo.

Na região de Lisboa, durante a época estival, os ventos do quadrante N são claramente preponderantes (76% dos dias analisados por Alcoforado, 1987). O estudo distingue dias de Nortada forte (27%), de nortada moderada (19%), de vento N interrompido por brisas durante a tarde (30%), de vento de quadrante S (14%) e de vento de direcção variável (10%). A “Nortada forte” corresponde a ventos N de velocidade elevada (superior a 20km/h, 11 nós), apresentando fraca rotação ao longo do dia. Verificou-se igualmente que a maior probabilidade de ocorrência da brisa corresponde ao início e ao fim do verão (Junho e Setembro), enquanto Julho e Agosto são dominados pela Nortada. Nos dias de brisa, o vento apresenta rotações importantes ao longo do dia, sinónimo de efeitos de brisa local, soprando do estuário (E e SE) em direcção a Lisboa ou do Oceano (SW e W) no litoral ocidental ou em Lisboa ao fim da tarde (Alcoforado, 1987; Lopes, 2003).

Foi também verificada a existência de brisas no litoral ocidental, mais particularmente em Sintra/Granja, base aérea poucos quilómetros a leste do litoral, a Norte da Serra de Sintra (Alcoforado, 1987). Deste trabalho, retira-se o exemplo do dia 6 de Agosto de 1984, em que se estabeleceu brisa quase simultaneamente em Lisboa e no litoral Ocidental. O vento de gradiente, de manhã, soprava fraco de NE em Cabo Ruivo (E de Lisboa) e de N no litoral (fig.3.9 b). Às 12h, a brisa está bem desenvolvida no estuário do Tejo, soprando de SE em Lisboa e de N no Montijo, ao mesmo tempo que o vento provém de NW e depois de WNW em Sintra/Granja, por efeito de aquecimento do continente. Às 15h, a brisa de W alcança Sintra/Granja, enquanto o vento chega de SW a Lisboa, tal como descrito anteriormente. Os períodos de brisa estão também identificados na figura 3.9.a pela interrupção do aquecimento diurno e o aumento da

humidade relativa, visíveis nos gráficos. Às 18h, generaliza-se o vento N na região de Lisboa.

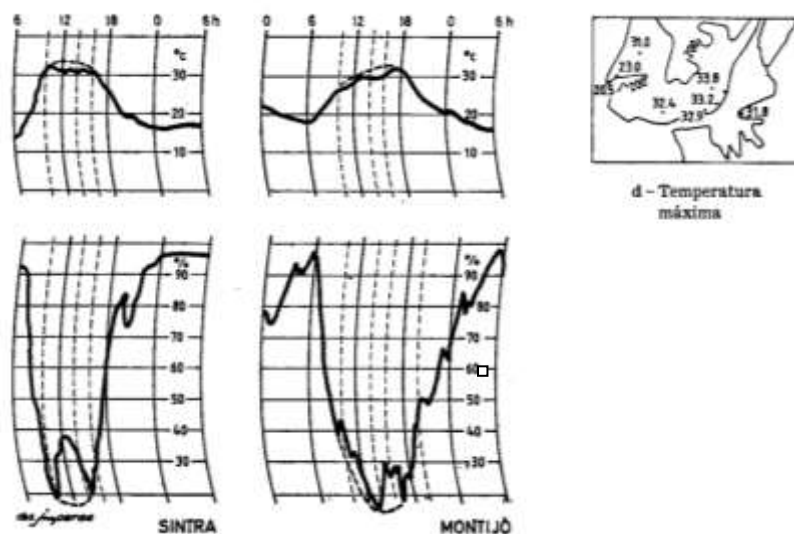


Fig. 3.9a Temperatura e humidade relativa a 6/8/84 na região de Lisboa e registo dos termógrafos (em cima) e higrógrafos (em baixo).
Fonte: Alcoforado, 1987



Fig. 3.9b Esboço interpretativo da evolução do vento na região de Lisboa a 6/8/84.
1 - 9h; 2 - 12h; 3 - 15h
Fonte: Alcoforado, 1987

Sendo o vento do quadrante N dominante, também no litoral W, foi construído um mapa de síntese das trajectórias preferenciais da nortada em torno da serra de Sintra (fig. 3.10, Alcoforado, 1984), a partir da representação cartográfica da deformação das árvores pelos ventos desse quadrante (acção fisiológica). A barlavento (Norte) da serra, há uma desaceleração e um desvio para a esquerda do vento de Norte, ao passar do oceano para o continente, confirmando o que atrás se disse sobre a influência da rugosidade do continente no desvio da direcção do vento. A sotavento da Serra, nota-se uma aceleração do vento que desce a sua vertente sul. A convergência na área do Guincho é favorecida pelo facto dos ventos provirem, por um lado, de NNE ou NE,

canalizados pelos vales, e, por outro, de NW, contornando a Serra de Sintra (Fig. 3.10, Alcoforado, 1984).

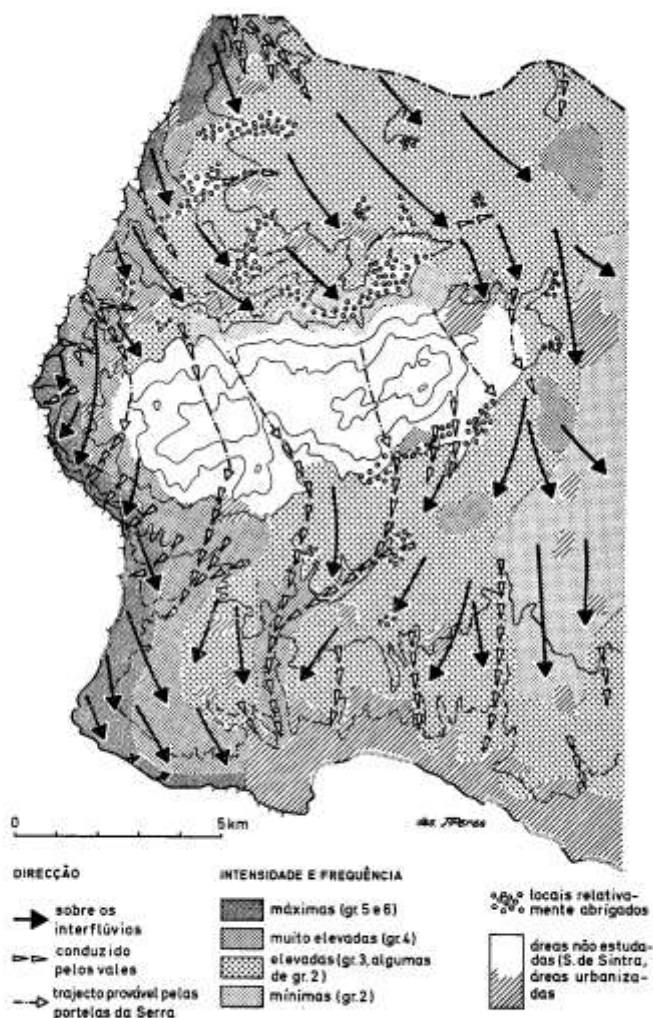


Figura 3.10 - Os ventos dominantes em redor Serra de Sintra
Fonte: Alcoforado, 1984

Nos dias em que o vento sopra fraco de N, a norte da Serra de Sintra, podem ocorrer diversas situações a sul da mesma: vento quente de NNE descendo a vertente sul da serra, ou vento de NW fresco, nunca de velocidade muito forte, mas com rajadas alcançando 20 nós ou mais. Em dias de vento de N mais forte a sul da Serra, as diferenças de regime de vento entre o barlavento e o sotavento da serra são ainda mais marcadas. Enquanto a norte da Serra pode ocorrer um dia agradável de praia (com ventos até 3-4 nós), no Guincho podem notar-se rajadas atingindo os 45 nós e provocando uma violenta tempestade de areia. Contudo, a Nortada nem sempre é acelerada no Guincho. Existem casos em que se observa um vento de N mais forte na Ericeira ou em Peniche do que no Guincho, onde o vento pode ser inferior a 15 nós ou

muito irregular, oscilando entre períodos de calma e rajadas alcançando 40 nós (Vermeersch, 2011). Tais diferenças e as suas causas serão analisadas à frente.

A grande diferença da velocidade do vento estival entre as praias a barlavento (Praia Grande, Ericeira) e a sotavento (Guincho) da Serra de Sintra, sugerida pela deformação das árvores, foi conferida a partir de medições instrumentais (Alcoforado, 1993). Assim sendo, foi estudado mais em pormenor o “tempo estival” na Praia do Guincho, também a partir de inquéritos a frequentadores dessa praia, centrando-se o estudo no caso do vento forte no Guincho, como elemento de desconforto para os banhistas. Foram distinguidos os “dias bons”, com menos vento e “dias maus”, que correspondem aos dias mais ventosos, que impedem ou dificultam a permanência na praia. Nos dias “bons” de praia (sem vento, pelo menos até ao fim da tarde), o vento (fraco) sopra de E no Aeroporto de Lisboa, tanto à superfície como a 850 e 700 hPa. Nos dias considerados “maus” para os banhistas, o vento à superfície provém de N ou NW em 60% dos casos e o gradiente de pressão maior (cerca de mais 2 hPa de diferença de pressão entre Cabo Carvoeiro e Évora). Nestes dias, existe muito frequentemente uma aceleração do vento a sotavento da Serra de Sintra, mas pode haver calma a barlavento e “bom tempo” na praia Grande, pelo menos depois de levantar o nevoeiro matinal.

Outro estudo de climatologia aplicada na Praia do Guincho (Vermeersch, 2011; Vermeersch e Alcoforado, 2013) permitiu a elaboração de uma classificação dos dias de vento no Guincho aplicada, desta vez, à prática de desportos náuticos. Foi baseada na comparação de previsão e observação no terreno. Concluiu-se que o vento no Guincho sopra mais forte a certas horas do dia, o que não é considerado nos modelos de previsão global. Também foi observada, em alguns casos, a ocorrência de uma área de vento variável/fraco na área de rebentação, denominada “*bolha*” pelos desportistas náuticos. A *bolha* pode ter origens diferentes. Em dias de previsão de vento mais forte, o Guincho nem sempre é a praia mais ventosa, devido à serra de Sintra, que provoca turbulência e *rotors*. Nestes casos, observa-se vento mais forte na Ericeira. No entanto, em dias com uma previsão de vento moderado, o vento no Guincho alcança 40 nós (rajadas de 50 nós) e na Ericeira o vento apenas atinge 18 nós. A comparação das previsões de vários modelos com novos dados de observação será objecto de estudo no capítulo 6.

Capítulo 4: Dados e Metodologias

Para aprofundar o conhecimento do clima nas escalas local e micro-meteorológica/climática e, mais particularmente, para monitorizar os regimes do vento e as suas variações espaciais, é fundamental dispor de uma base de dados homogénea. Esta foi construída a partir de informação de proveniência diversa e em formatos diferentes.

4.1 Dados e documentos utilizados

4.1.1. Informação de estações meteorológicas institucionais e privadas

Estações do IPMA

Utilizaram-se os dados das estações disponibilizadas pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), cuja obtenção foi assegurada pela Direcção-Geral de Política do Mar. As estações meteorológicas do IPMA na área de estudo estão localizadas no Cabo Carvoeiro, Santa Cruz, Cabo da Roca, Cabo Raso e na Praia da Rainha/Almada. Fornecem dados médios, de 10 em 10 minutos, da intensidade e direcção do vento (m/s e graus), da temperatura do ar e da humidade relativa. Estão equipadas com um anemómetro mecânico (Cabo Carvoeiro, Cabo Raso e Praia da Rainha) ou sónico (Santa Cruz, Cabo da Roca), colocado em cima de um mastro a 10m do solo. A temperatura do

ar e a humidade relativa são medidas a 1,5m do solo. (Quadro 4.1). A maior parte das estações meteorológicas utilizadas estão localizadas a algumas dezenas de metros do litoral, um pouco mais nos casos das estações de Praia da Rainha (a 500m) e de Santa Cruz (a 800m) (quadro 4.1)

A estação do Cabo Carvoeiro (fig. 4.1) localiza-se na extremidade ocidental da Península de Peniche, sobre um promontório pouco acidentado sem vegetação, a uma altitude de cerca 20m. A única edificação que rodeia a estação meteorológica é o farol do Cabo Carvoeiro, a sudoeste.

A estação de Santa Cruz está localizada no aeródromo, a sul da povoação (fig.4.2). A edificação mais próxima corresponde aos armazéns do aeródromo, situados 80m a norte da estação. Em redor, no terreno pouco acidentado, existem algumas árvores e áreas cultivadas.

O Cabo da Roca corresponde à estação meteorológica mais elevada da área de estudo. Apenas a uma distância de 50 metros do mar, a estação, próxima do farol, culmina, no entanto, a 142m de altitude, (fig.4.4).

A estação meteorológica do Cabo Raso tem uma área envolvente semelhante à da estação do Cabo Carvoeiro, sem vegetação próxima e encontrando-se situada a sul de um farol (fig. 4.6)

A estação da praia da Rainha encontra-se numa área mais arborizada. Entre a estação meteorológica e o mar, encontra-se um pinhal, que poderá atenuar a velocidade do vento de N, NW e W (fig. 4.8)

Estações próprias, instaladas em parceria com a *Predictwind*²

Em parceria com a *Predictwind* e no âmbito do presente trabalho foram instaladas estações meteorológicas experimentais na Ericeira e no Guincho em 2013, e na praia do Baleal, no início de 2014, tendo a sua instalação e manutenção ficado a nosso cargo. O seu objectivo foi de recolher dados de velocidade do vento e de temperatura por minuto (em nós e graus centígrados). As estações *Predictwind* estão equipadas com um sensor sónico 2G da marca AIRMAR, modelo WX-100 (quadro 4.1). A localização das estações nem sempre é óptima, mas sim a melhor possível dadas numerosas condicionantes. Para a instalação das estações *Predictwind*, foram enfrentadas algumas dificuldades, no que diz respeito à escolha do local. De facto, a necessidade de alimentação eléctrica condicionou o lugar de implantação das estações à proximidade de edificações. Por

² *Predictwind* é uma empresa de previsão meteorológica, descrita na secção 4.1.6

outro lado, procuravam-se locais tão próximos do litoral quanto possível e em que se pudesse colocar o sensor do vento à altura o mais próxima possível de 10 metros, para seguir a norma.

A estação do Baleal encontra-se no topo de um mastro em alumínio de 2,5m, por cima de uma estrutura de praia, o “Bar do Bruno” (fig. 4.1), o que corresponde a uma altura do solo de 7m. O “Bar do Bruno” localiza-se directamente a beira-mar, existindo uma zona urbanizada a 600m.

A estação de Ericeira foi instalada num poste de 9,50m de altura, num terreno privado entre a praia do Matadouro e a praia da Empa (figura 4.3), a norte da vila. Existe um edifício a WNW da estação, que devido à sua altura de 8m poderá interferir com os ventos de WNW

A escolha do local para a instalação da estação meteorológica do Guincho suscitou algumas dificuldades. De facto, os regimes de vento no lado norte praia são diferentes dos do extremo sul (Vermeersch 2011). No entanto, tendo apenas um aparelho para efectuar as medições, proporcionou-se a implantação do aparelho no lado sul, no topo da Estalagem Muchaxo, num mastro em alumínio de 5,5m (fig.4.5), o que corresponde a 12m acima do solo.

Finalmente, foi igualmente utilizada uma estação meteorológica instalada, em 2015, num mastro de 7m, na extremidade do cais do Clube Naval de Cascais (fig. 4.7), proprietário da estação meteorológica em parceria com a *Windguru*, que disponibilizou os dados para o estudo. Embora tenha localização urbana, a estação encontra-se afastada de edificação densa localizada a Norte e a Este. A Marina de Cascais, localizada a Sul e Sudoeste, não interfere com a estação meteorológica. No entanto, os ventos de rumo W e NW são perturbados pela edificação da Cidadela, a uma altitude de 30m.

Quadro 4.1 - Estações meteorológicas utilizadas.

Estação meteorológica	Altura acima do nível médio do mar (m)	Menor distância ao mar (m)	Tipo de anemómetro	Entidade responsável	Frequência dos dados
Cabo Carvoeiro	32	35	Mecânico	IPMA	Médias 10 em 10min
Baleal	8	25	Sónico	Própria/ <i>Predictwind</i>	Por minuto
Santa Cruz	38	800	Sónico	IPMA	Médias 10 em 10min
Ericeira	27	125	Sónico	IGOT/ <i>Predictwind</i>	Por minuto
Cabo da Roca	142	50	Sónico	IPMA	Médias 10 em 10min
Guincho	20	25	Sónico	Própria/ <i>Predictwind</i>	Por minuto
Cabo Raso	9	35	Mecânico	IPMA	Médias 10 em 10min
Cascais	5	5	Mecânico	Clube Naval de Cascais	Por minuto
Praia da Rainha	7	500	Mecânico	IPMA	Médias 10 em 10min



Figura 4.1 - Localização das estações meteorológicas na área de Peniche. (Cabo Carvoeiro e Baleal).



Figura 4.2 - Localização da estação meteorológica de Santa Cruz.



Figura 4.3 - Localização da estação meteorológica de Ericeira.



Figura 4.4 - Localização da estação meteorológica do Cabo da Roca.



Figura 4.5 - Localização da estação meteorológica do Guincho.



Figura 4.6 - Localização da estação meteorológica do Cabo Raso.



Figura 4.7 - Localização da estação meteorológica de Cascais.



Figura 4.8 - Localização da estação meteorológica da Praia da Rainha.

4.1.2. Situação sinóptica geral

A situação sinóptica foi interpretada através de mapas de análise, representando o Atlântico Nordeste e a Europa e disponibilizados de seis em seis horas (0h, 6h, 12h e 18h) pelo serviço de meteorologia alemão (*Deutsche Wetterdienst*). Foram igualmente utilizados os boletins climatológicos mensais do IPMA, que fornecem resumos sinópticos mensais.

4.1.3. Observações de campo

Durante o período em análise (semestres Maio-Setembro de 2013, 2014 e 2015), foi feito trabalho de campo regular na área de estudo, para avaliar o potencial para as diferentes actividades náuticas, para interpretação dos diferentes tipos de nuvens, e para a observação de efeitos de vento não registados pelas estações meteorológicas. O trabalho de campo concentrou-se essencialmente na área do Guincho e na Ericeira. Em 2015, foi igualmente utilizada informação partilhada nas redes sociais, num grupo de cerca 100 praticantes de windsurf, que comunicam as condições do tempo observadas nas praias estudadas e avaliam as condições para a prática da modalidade, o que permitiu reunir relatórios das condições meteorológicas observadas, em simultâneo, em várias praias.

4.1.4 Sondagens aerológicas

Foram utilizadas as sondagens aerológicas de Lisboa, efectuadas diariamente às 12h e disponibilizados pelo IPMA. De acordo com a informação disponível no sítio internet do IPMA, as radio-sondagens correspondem ao lançamento de balões meteorológicos com radiossonda RS92-SGP, e que permitem medir, de 10 em 10m, aproximadamente, a pressão atmosférica, a temperatura, a humidade relativa do ar e a velocidade e direcção do vento, desde a superfície até à altura de rebentamento do balão, que em geral é superior a 30km.

4.1.5. Imagens de satélite

Para observar a nebulosidade na área de estudo, foram utilizadas as imagens do satélite Aqua disponíveis através do *website* da agência aeroespacial americana NASA (<https://worldview.earthdata.nasa.gov/>). Correspondem a imagens do sensor MODIS (MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer) com resolução de 500m, baseadas nas bandas 1, 4 e 3. Os dados do MODIS são fornecidos já corrigidos para efeitos atmosféricos. Existe uma imagem por dia, ilustrando a nebulosidade sobre a área de estudo pelas 12h30 hora local de verão.

4.1.6. Modelos de previsão

No capítulo 2, foi mencionada a importância dos modelos numéricos regionais para a previsão das condições meteorológicas nas praias em estudo e sua utilização sistemática pelos praticantes de actividades náuticas. Neste trabalho, foram utilizados vários modelos numéricos para fins distintos: os dados do vento a 850hPa do modelo americano global GFS para a caracterização dos regimes de vento no capítulo 5. Os modelos de previsões disponibilizadas pela *Predictwind* e pela *Windguru*, ferramentas muito utilizadas no âmbito da náutica de recreio, serão avaliadas e comparadas com as observações *in situ* no capítulo 6.

Predictwind

Predictwind (www.predictwind.com) é uma empresa de previsão meteorológica desenvolvida por Jon Bilger, antigo meteorologista da *Alinghi*, a equipa de vela da Nova Zelândia durante a *America's Cup*, em 2003 e 2007. *Predictwind* disponibiliza as previsões do modelo *Conformal-Cubic Atmospheric Model*, da entidade australiana *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation* (CSIRO), nas escalas global (100 e 60 km de resolução), regional (8 km) e local (1 km). É um modelo de referência no âmbito dos desportos náuticos. Os modelos de 60 e 8km simulam o tempo para os 7 dias seguintes, enquanto o modelo local faz simulações para 2 dias. No período analisado, o modelo corre com os dados meteorológicos iniciais americanos (*Global Forecast System*, GFS) e canadianos (*Canadian Meteorologic Center*, CMC), o que permite obter 2 previsões.

Modelo regional de previsão *Weather Research and Forecast*, WRF

O modelo numérico regional divulgado pela *Windguru* para a área de estudo é o modelo de mesoscala da PSU/NCAR (*Pennsylvania State University/National Centre for Atmospheric Research*), denominado *Weather Research and Forecast* (WRF), com resolução de 9km e que simula o tempo para 4 dias.

Modelo *Global Forecast System* (GFS)

O modelo americano GFS é desenvolvido pelo *National Centers of Environmental Prediction* (NCEP). Corresponde a um modelo de previsão acoplado do mundo inteiro, composto de 4 modelos separados (modelo atmosférico, modelo oceânico, modelo de ocupação de solo e um modelo de gelo), actualizado de 6 em 6 horas e disponível com uma resolução horizontal de 1^o. Serão utilizados os dados do vento a 850hPa das 6h UTC, o que corresponde às 7h locais na área de estudo, no verão. O vento a 850 hPa permitirá classificar os dias por quadrantes.

4.2 Metodologias de análise

4.2.1. Descrição de procedimentos

A primeira parte do estudo consiste na definição dos padrões de vento em cada praia, na época quente, através uma análise estatística dos dados meteorológicos acima referidos. Foi efectuada uma primeira comparação do vento à superfície de todas as estações meteorológicas da área às 6, 9, 12, 15, 18 e 21h. Numa segunda fase, foram classificados em 4 grupos os dias segundo a direcção e intensidade do vento sinóptico a 850 hPa, uma classificação adaptada de Azorin-Molina (2007, 2011) e de Steele *et al.* (2015). Foram igualmente consideradas a situação sinóptica e a nebulosidade, para estabelecer uma relação entre o vento à superfície e em altitude e, desta forma, verificar se a teoria dos quadrantes descrita anteriormente (Adams, 1999; Bernot, 2007; Herlédant, 2011) podia ser aplicada na área de estudo. Para cada grupo, foi feita a caracterização da evolução diurna da direcção e da intensidade do vento, registada nas diferentes estações meteorológicas.

A validação dos resultados foi feita através de trabalho de campo, para distinguir as particularidades climáticas locais e microclimáticas das praias estudadas e as suas possíveis diferenças em relação às estações meteorológicas mais próximas. Foi assim possível avaliar as condições das praias para o turismo e a náutica de recreio, possibilitando uma melhor percepção dos padrões locais de vento.

A segunda parte da análise tem por objectivo avaliar as previsões de vento existentes, desenvolvendo uma análise comparativa entre observações *in situ* e resultados dos vários modelos de previsão. Foram utilizados os dados de previsão de vento (direcção e intensidade) e comparados através de uma análise de correlação com observações *in situ* das estações meteorológicas. Foram obtidos dois grandes grupos: os casos em que a previsão corresponde ao vento observado e os casos em que tal não acontece. Para cada grupo, foram identificados os parâmetros meteorológicos e o tipo de dia definido na primeira parte da análise (classificação das condições do vento em função dos quadrantes). Em consequência, foi possível estabelecer uma metodologia (detalhada no capítulo 6) para corrigir as previsões existentes, baseadas nas conclusões obtidas na primeira parte da análise.

4.2.2. Uniformização da base de dados e selecção dos dias a analisar

Para a criação de uma base de dados homogénea, foi necessário proceder a uma uniformização dos dados, que se obtiveram em diferentes formatos de ficheiro, unidades de medida e escalas temporais. Foi criada uma base de dados composta por 2 ficheiros principais: um ficheiro que reagrupa dados sobre a situação sinóptica, tal como o vento a 850hPa e a nebulosidade e um ficheiro que corresponde às observações de vento em superfície.

A primeira filtragem da base de dados com a direcção e intensidade do vento médio consistiu em considerar unicamente as horas de luz, ou seja, médias de 10 minutos entre as 06h e as 22h, entre 1 de Maio e 30 de Setembro de 2013, 2014 e 2015, o que correspondeu a 96 momentos de observação diários para 459 dias. Esta primeira filtragem justifica-se pelo facto das actividades náuticas serem praticadas durante o dia. Os dados das estações meteorológicas utilizadas foram agrupados num ficheiro único, o que necessitou, nalguns casos, de uma transformação. No que diz respeito aos dados de velocidade do vento das estações do IPMA (Cabo Carvoeiro, Santa Cruz, Cabo da Roca, Cabo Raso e a Praia da Rainha) foi apenas necessário uma conversão de m/s em nós. No entanto, para a importação dos dados das estações meteorológicas *Predictwind* (Peniche, Ericeira e Guincho) e *Windguru* (Cascais) foi preciso transformar os dados por minutos (às vezes de dois em dois minutos) em médias de 10 em 10 minutos, através de um código em Java.

Quadro 4.2 – Disponibilidade dos dados de vento por estação

Ano	2013					2014					2015				
Mês	5	6	7	8	9	5	6	7	8	9	5	6	7	8	9
Baleal															
Cabo Carvoeiro															
Sta. Cruz															
Ericeira															
Cabo da Roca															
Guincho															
Cabo Raso															
Cascais															
Praia da Rainha															
	Não disponível				Dados com falhas				Dados completos						

A segunda filtragem, feita em Java, consistiu em considerar os dias “completos”. Considerando que cada dia contabiliza 96 valores por estação, foi definido como “completo” aquele para o qual se dispunha de pelo menos metade das amostras para cada estação, ou seja 48 valores de direcção e intensidade do vento. A seguir, os dados foram importados para Excel para visualizar o período, contabilizando-se um máximo de estações meteorológicas com dias completos (quadro 4.2). Constata-se que não existem estações com dados totalmente completos nos três verões monitorizados. Como se necessita do máximo de estações meteorológicas completas de Peniche até à Costa da Caparica para realizar a análise dos regimes de vento locais, optou-se por considerar na análise apenas os dias em que se dispõe de dados sem falhas para as 7 estações meteorológicas (Peniche, Santa Cruz, Ericeira, Cabo da Roca, Guincho, Cascais, Praia da Rainha), o que correspondeu a 102 dias, entre 22 de maio e 29 de Setembro de 2015.

Capítulo 5: Os regimes do vento nas diferentes praias seleccionadas

Este capítulo desenvolve uma análise dos 102 dias de 2015, para os quais existem dados para **todas** as estações meteorológicas: Baleal, Santa Cruz, Ericeira, Cabo da Roca, Guincho, Cascais e Praia da Rainha. Tem por objectivo a caracterização da evolução do vento ao longo do dia, nos diferentes locais.

5.1 Análise global do vento médio, à superfície, ao longo do dia, na área de estudo

A primeira análise permitiu obter uma imagem global do vento em cada local, sua intensidade e direcção, durante os 102 dias considerados. A caracterização do vento é feita a partir da figura 5.1. As rosas de vento na figura 5.1 foram elaboradas a partir do vento médio durante 10 min às 6, 9, 12, 15, 18 e 21h. Para realizar a caracterização do vento a superfície, foram definidas classes. A direcção do vento é subdividida em 16 sectores: N, NNE, NE, ENE, E, ESE, SE, SSE, S, SSW, SW, WSW, W, WNW, NW e NNW. A velocidade do vento é subdividida em 7 grupos (quadro 2.1), tal como foi referido no capítulo 2 (secção 2.3). A decisão de não calcular médias horárias é

justificada pelo facto de, na prática de actividades náuticas, o vento ser apenas representativo numa escala temporal curta.

5.1.1 Vento às 6h

Globalmente observa-se uma predominância dos rumos NW, NNW, N, NNE e NE às 6h, em todas as praias consideradas (fig. 5.1). No entanto, no que diz respeito à velocidade do vento, existem variações consideráveis.

No Baleal, o vento predominante observado é de N (33 dias) e NNE (25 dias), soprando, em alguns casos, com velocidades moderadas (22 dias) e fortes (7 dias). Em dias de vento muito fraco ou fraco, a direcção do vento é variável, mas raramente de N ou NNW. Há 6 dias de calmas.

Em Santa Cruz, o vento apresenta velocidades médias mais baixas em comparação com o Baleal, ultrapassando 10 nós, somente em 7 dias. O rumo predominante é N (40 dias de ocorrência), NNW (12 dias) e NNE (8 dias). Relativamente ao Baleal, existem mais dias com vento muito fraco soprando de terra. Há 5 dias de calmas.

Na Ericeira, os ventos dominantes sopram de N (48 dias) e NNE (15 dias), com velocidades médias fracas (40 dias) e moderadas (23 dias). Os dias com vento de E, SE, S, SW e W são pouco frequentes e fracos (7 dias).

O Cabo da Roca, 30km a sul da Ericeira, é claramente o local mais ventoso, contabilizando 27 dias com vento superior a 17 nós, soprando dos rumos NNW, N e NNE. Os ventos moderados (10-17 nós) correspondem a um terço (36) dos 102 dias considerados na análise. Dias com vento muito fraco (1-4 nós) são quase inexistentes (5 dias) e somente ocorreu um dia de calma.

O Guincho é a estação mais variável no que diz respeito à direcção do vento, com um número considerável de dias com vento E (8 dias), ESE (7 dias) e SE (8 dias) fracos e muito fracos. O Guincho é também a única estação da área de estudo que apresenta um número considerável de dias com vento muito forte (6 dias), de rumo NW e NNW. No entanto, apenas se dispõe de 67 dias de registos às 6h no Guincho, o que pode enviesar os resultados.

Em Cascais, o vento predominante é de N (27 dias) e NNW (23 dias), soprando muito fraco e fraco. A velocidade do vento é geralmente fraca, com 26 dias de calmas e 65 dias com vento inferior a 10 nós. Ventos moderados representam apenas 8 dias e existe apenas 1 dia de vento forte.

A praia da Rainha corresponde à estação que apresenta as velocidades do vento mais baixas da área de estudo. Há 48 dias de calmas, com vento inferior a 1 nó e 43 dias em que o vento não ultrapassa os 4 nós. Não existem casos em que o vento ultrapasse 10 nós. Os rumos dominantes são NNW, N, NNE e NE.

5.1.2 Vento às 9h

Às 9h, no Baleal, observa-se um ligeiro reforço dos ventos N, W e NNW, relativamente às 6h. O rumo dominante é N, com 57 dias de ocorrência, seguido do NNW (19 dias). Há menos dias de vento muito fraco, entre 1 e 4 nós (4 dias) e mais dias com vento médio entre 4 e 10 nós. No entanto, em comparação com as 6h, há menos dias com vento forte, entre 17 e 25 nós (11 dias).

Em Santa Cruz, os ventos de N também se reforçam e, tal como no Baleal, os ventos de E, SE e S são inexistentes às 09h. Em comparação com as 06h, observa-se uma maior frequência do vento NNW (28 dias), que sopra fraco, entre 4 e 10 nós.

Na Ericeira, o vento de N e NNE roda para a esquerda e reforça-se, soprando sobretudo com velocidades fracas ou moderadas do quadrante NNW (46 dias) e N (26 dias). A velocidade média às 09h é de 9 nós.

Também no Cabo da Roca, os ventos de NNE e NE são substituídos, às 9h, pelos dos rumos NNW (22 dias) e N (48 dias). Os restantes quadrantes são pouco significativos.

O Cabo da Roca surge como local muito ventoso, contabilizando 30 dias com vento médio superior a 17 nós (dos quais 4 superior a 25 nós) e uma velocidade média de quase 13 nós, no período considerado.

No Guincho, os rumos dominantes são NW (25 dias), WNW (14 dias), NNW (11 dias). Nos dias de vento muito forte (10 dias), o vento sopra sobretudo de NW (4 dias) e de NNW (4 dias). Os ventos de SE, SSE, S, SSW e SW representam 21 dos dias considerados e correspondem geralmente a vento fraco ou muito fraco.

Em Cascais, o vento predominante é de N (29 dias), tal como às 6h. No entanto, observam-se alguns casos em que o vento é muito fraco ou fraco, soprando de SSE, S e SSW (29 dias). Em comparação às 6h, o vento é mais forte, contabilizando apenas 10 dias de calmas e 5 dias são fortes.

Na praia da Rainha, nota-se um aumento da velocidade do vento relativamente às 6h. As calmas passaram de 48 para apenas 2 casos. O rumo dominante é NNW com 19 dias de ocorrência. A frequência dos ventos de N, NNE e NE diminui comparativamente às 6h e observa-se um número considerável de dias (28) com vento muito fraco e fraco soprando de S, SSW, SW, WSW, W e WNW.

5.1.3 Vento às 12h

Às 12h, no Baleal, o vento dos quadrantes N (57 dias) e NNW (13 dias) é dominante (fig. 5.1). A velocidade do vento é mais forte do que de manhã cedo, contabilizando-se 50 dias de velocidade moderada e 7 dias forte (entre 17 e 25 nós). A velocidade média do vento às 12h nos 102 dias considerados é de 11,6 nós. Os ventos fracos, inferiores a 4 nós, são inexistentes, assim como os ventos matinais de terra (NE, E, SE e S). Nos dias em que o vento não sopra de N ou NNW, provém dos rumos W (6 dias), WNW (5 dias) e NW (7 dias), fraco ou moderado.

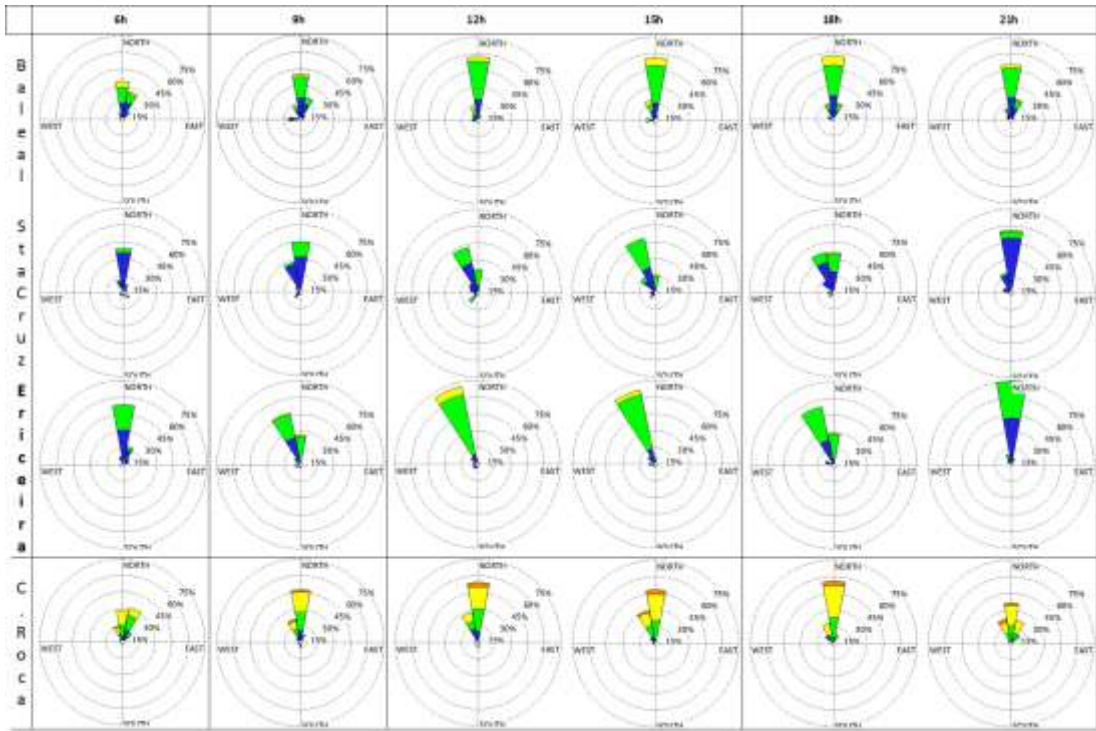
Em Santa Cruz, observa-se igualmente um reforço do vento, com 36 dias de vento moderado, entre 10 e 17 nós, soprando dos rumos N, NNW e, em alguns casos, de SW (5 dias). O rumo dominante às 12h, ao contrário das 6h e 9h, é o NNW (42%, 43 dias), enquanto o vento N só contabiliza cerca de 22 casos. Tal como no Baleal, os ventos de NE até SSW são inexistentes e os ventos SW (11 dias), WSW (3 dias), W (4 dias), WNW (8 dias) e NW (11 dias) são fracos.

Na Ericeira, 70 dias indicam um vento de NNW, soprando maioritariamente com velocidades moderadas (54 dias) ou, mais raramente (9 dias), com fraca velocidade. Os outros rumos são inexistentes no período analisado, ou não atingem sequer 5% (SSW, WSW, W, WNW). Ao contrário de Baleal e Santa Cruz, o vento N é quase inexistente (4 dias), mas indica uma velocidade moderada ou forte.

No Cabo da Roca, os dois rumos dominantes correspondem aos ventos de rumo N (55 dias) e NNW (28 dias), dos quais 56 dias têm velocidades médias entre os 10 e os 25 nós. Ao contrário das estações localizadas mais a norte, o vento forte (17-25 nós) de N e NNW é frequente (29 dias). No entanto, só há 4 dias em que o vento ultrapassa os 25 nós. Nos dias em que o vento sopra de outros rumos, este apresenta velocidades fracas.

O Guincho é a praia a mais ventosa da área de estudo, com 70% dos dias com vento moderado (31 dias), forte (21 dias), ou muito forte (21 dias). Os rumos dominantes são WNW, NW e NNW e, tal como nas outras praias analisadas, não se regista vento de terra (entre NNE e E). O vento provém dos rumos entre S e W nos poucos dias em que sopra fraco. Tal como na Ericeira, observa-se uma muito menor frequência de vento N em comparação com as outras praias.

Em Cascais, às 12h, embora o vento dominante soprar de N (25 dias) e de NNW (15 dias), existe um número considerável de dias soprando de SSE- WSW (31 dias) em que a velocidade do vento é muito fraca ou fraca.



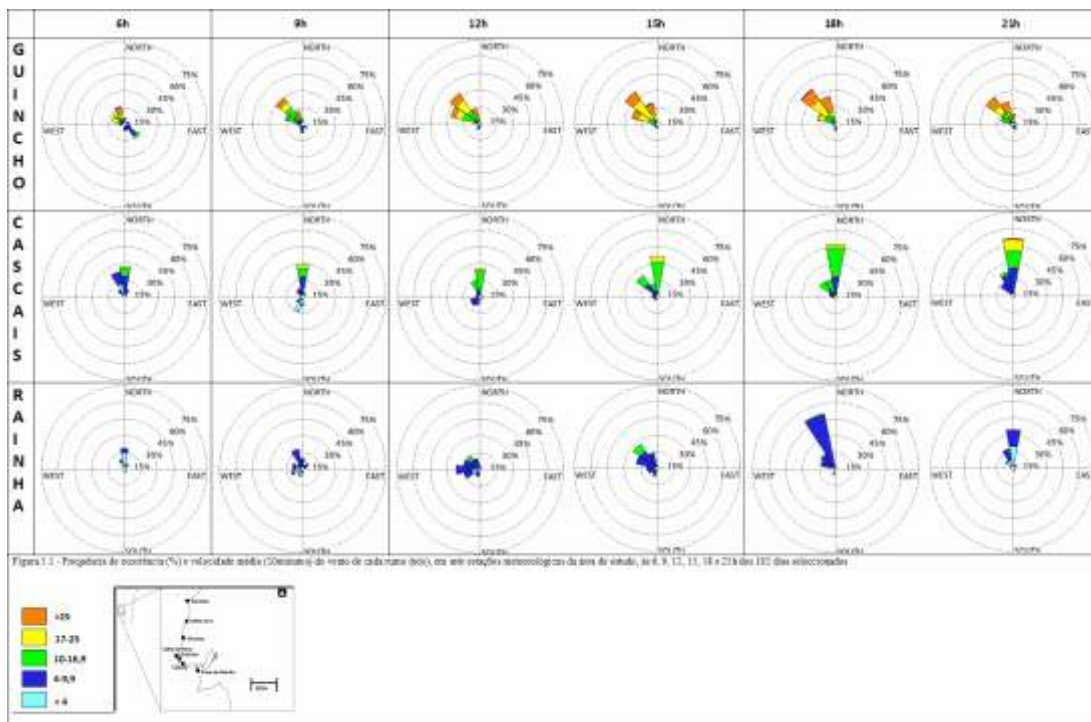


Figura 1.1 - Frequências de ocorrência (%) e velocidade média (0,0m/s) de vento de cada ramo (800), em seis estações meteorológicas da área de estudo, às 6, 9, 12, 15, 18 e 21h das 100 dias subsequentes

Na praia da Rainha nota-se igualmente um aumento da velocidade do vento em relação às 9h (vento médio: 5,7 nós). Contudo, em comparação com as outras praias, o vento é muito mais fraco, ultrapassando os 10 nós em apenas 6 dias (NW: 5 dias; NNW: 1 dia). O rumo dominante na praia da Rainha é W (22 dias). Os ventos entre os quadrantes S e W são mais frequentes do que nas outras praias da área de estudo, contabilizando a metade dos dias analisados, mas sempre abaixo de 10 nós. Observa-se a quase ausência de vento de N (3 dias), sendo o vento de NNW igualmente pouco frequente (11 dias), em comparação com as outras praias.

5.1.4 Vento às 15h

A rosa de vento no Baleal evoluiu pouco em comparação com as 12h, notando-se um ligeiro reforço da velocidade do vento (fig. 5.1). Observa-se igualmente um aumento de ocorrência do vento NNW (19 dias). O vento moderado contabiliza 51 dias. Contudo, o vento muito forte, superior a 25 nós, é inexistente, tal como o vento muito fraco.

Em Santa Cruz, 45 dias apresentam vento moderado. Nota-se um reforço da velocidade do vento NNW e NW. De resto, tal como no Baleal, a situação evoluiu pouco relativamente às 12h.

Na Ericeira, as características do vento evoluem pouco comparativamente com as 12h. O vento dominante continua a soprar do NNW (67 dias).

No Cabo da Roca, 75 dos 102 casos analisados apresentam velocidades superiores a 10 nós, dos quais 42 acima de 17 nós. Os rumos dominantes continuam a ser N e NNW. Nos poucos dias (menos de 20%) em que o vento é fraco, sopra de WSW, W, WNW ou NW.

No Guincho, existem 82 dias de vento igual ou superior a 10 nós, dos quais 36 são fortes, 26 são muito fortes e 1 é violento. Os rumos dominantes, apresentando igualmente as velocidades mais altas, são WNW, NW e NNW. Nos poucos dias em que o vento sopra N, as velocidades médias ultrapassam 25 nós.

Em Cascais, Os ventos de S, SE e E, presentes ainda às 12h, são inexistentes às 15h. Nota-se um aumento de dias em que o vento sopra fraco de NNW (23 dias). Nota-se um aumento da velocidade do vento, com mais de 48 dias com vento superior a 10 nós, dos quais 5 são fortes, entre 17 e 25 nós.

Na praia da Rainha, o reforço do vento é igualmente notável, com 8 dias de NW e 1 dia NNW igual ou superior a 10 nós. Constata-se uma rotação para a direita da direcção do vento em comparação com as 12h. De facto, o rumo dominante passou de W às 12h

para NW às 15h. No entanto, a praia da Rainha continua a ser o local mais abrigado da área de estudo.

5.1.5 Vento às 18h

No Baleal, observa-se uma rotação para a direita, com uma diminuição de ocorrência do vento de NNW (19 para 14 dias) e um aumento de ocorrência do vento de NNE (4 para 15 dias). Os rumos NNW, N e NNE representam 85 dos 102 dias analisados. Existem 4 dias com vento W e 5 com vento WNW fraco.

A rotação para a direita do vento às 18h também é observada em Santa Cruz, onde a frequência do fluxo de N passou de 15% (16 dias) às 15h, para 35% (36 dias) de ocorrência às 18h. A velocidade do vento diminuiu ligeiramente.

Na Ericeira, a rotação para a direita também é óbvia. O vento de NNW passa de 67 dias para 54 dias, e observa-se 29 dias em que o vento sopra de N. Observa-se uma ligeira diminuição da velocidade do vento relativamente às 15h (velocidade média: 10 nós).

No Cabo da Roca, a rotação do vento para a direita é menos marcada, apesar de haver menos vento de NNW e mais vento de N. Na maioria dos casos a velocidade do vento no Cabo da Roca é moderada e forte.

Na praia do Guincho, o vento apresenta pouca evolução em comparação às 15h, com vento de NWN, NW e NNW.

Em Cascais, nota-se pouca evolução do regime do vento entre as 15 e as 18h, somente a rotação para a direita do vento, o que se traduz pelo ligeiro aumento de frequência do vento N.

Na praia da Rainha, observa-se igualmente uma rotação do vento, com um aumento de ocorrência do vento NNW de apenas 15 dias às 15h para 52 dias às 18h. a velocidade do vento é mais fraca, com apenas 2 dias de vento moderado. Assim, 79 correspondem a vento fraco, entre 4 e 10 nós.

5.1.6 Vento às 21h

No Baleal, apesar do vento dominante soprar de N (49 dias) a tendência de rotação para a direita continua com um aumento de ocorrência de vento NNE (19 dias) e alguns casos de NE (4 dias). A velocidade do vento diminui globalmente, com 50 dias de vento fraco e apenas 35 dias de vento moderado. Existem 5 dias de vento forte e 1 dia de vento muito forte.

Em Santa Cruz, o vento de N é dominante às 21h, contabilizando 56 dos 102 dias considerados. A velocidade do vento diminui e a rosa de vento das 21h é comparável com a rosa das 06h. Em 9 dias, o vento ultrapassa 10 nós.

Na Ericeira, 75 dias indicam um vento soprando de N. Observa-se uma diminuição da velocidade do vento (velocidade média: 9 nós).

No Cabo da Roca, a tendência da rotação para a direita é mais marcada às 21h do que às 18h, com mais dias de vento NNE (22 dias) e NE (10 dias), em comparação com as 18h e menos ocorrência de vento NW (4 dias). Contabilizam-se 83 dos 102 casos considerados acima de 10 nós, dos quais 41 dias acima de 17 nós e 5 acima de 25 nós.

No Guincho, registam-se 5 dias com a velocidade do vento médio acima dos 25 nós, soprando dos rumos dominantes NW e NNW. Existem mais dias com vento de N comparativamente às 18h, soprando moderado, forte, ou muito forte. No entanto, observa-se igualmente a aparição de casos com vento fraco de E, SE, S e SW (17 dias).

Em Cascais, na quase totalidade dos dias considerados, o vento sopra de N (51 dias), NNW (22 dias) ou NW (14 dias). Embora a velocidade média do vento ter diminuído em relação às 18h, existem 10 dias de vento forte e um dia de vento muito forte, soprando de N.

Na praia da Rainha, o vento “morre” às 21h, com apenas 30 dias dos 102 considerados em que a velocidade do vento é igual ou superior 4 nós. Aqui também, a rotação para a direita é óbvia, com menos casos de WNW, NW e NNW e mais vento do rumo N (35 dias) e com algumas situações de vento de SE, SSE e S muito fraco.

5.1.7 Síntese: análise do vento à superfície nos 102 dias seleccionados

Através da análise pormenorizada, que se expôs nesta primeira parte do capítulo, verificou-se que os locais considerados têm características de vento bastante diferentes, durante o verão.

Nas estações a N da Serra de Sintra (Baleal, Santa Cruz e Ericeira) e no Cabo da Roca, dominam ventos de N e NNW (quadro 5.1). A rotação do vento ao longo do dia não é importante, oscilando os rumos entre NNE e NNW. A sul da Serra de Sintra, a direcção do vento é mais variável. No Guincho, os rumos dominantes são NW, WNW e NNW, enquanto em Cascais, embora o rumo N seja dominante, existem bastantes dias em que ocorre vento de SSW e SW de manhã e NW à tarde. Finalmente, na praia da Rainha, o

rumo dominante varia muito com a hora do dia. A rotação do vento ao longo do dia é importante.

Os ventos de maior velocidade ocorrem em redor da Serra de Sintra (quadro 5.2), sobretudo na vertente sul. No Cabo da Roca e no Guincho houve, respectivamente, 31 e 61 dias em que o vento médio de 10 minutos foi muito forte (igual ou superior a 25 nós). Nesta área, foram raros os dias em que o vento médio não atingiu 17 nós. Pelo contrário, Cascais é, claramente, mais protegido, contabilizando apenas 4 dias em que o vento médio foi muito forte.

A norte da Serra de Sintra, em Peniche, Santa Cruz e Ericeira, a maioria dos dias analisados apresentam ventos moderados e fortes, respectivamente 101, 86 e 89 dias dos 102 considerados. Nestes locais, são quase inexistentes (0-1 dia) os dias de vento igual ou superior a 25 nós. A sul do estuário do Tejo, na praia da Rainha, não existem dias com vento médio igual ou superior a 17 nós. No entanto, as datas dos dias em que os valores de vento mais fortes foram registados não são as mesmas, tal como indica o quadro 5.3.

Quadro 5.1 - Rumos dominantes do vento, às diferentes horas, nas 7 praias estudadas.

Hora	Baleal	Sta. Cruz	Ericeira	C Roca	Guincho	Cascais	P Rainha
6	N, NNE	N	N, NNE	NNE, N	NNW, SE, NW,	N, NNW	N
9	N, NNE	N, NNW	NNW, N	N, NNW	NW, WNW, NNW	N, SSE	NNW,W SW
12	N	NNW, N	NNW	N, NNW	NW, WNW, NNW	N, NNW, SW	W
15	N, NNW	NNW, NW, N	NNW	N, NNW	NW, WNW, NNW	N, NW	NW, WNW
18	N	NNW e N	NNW, N	N, NNW	NW, NNW, WNW	N, NW, NNW	NNW
21	N, NNE	N	N	N, NNW, NNE	NW, NNW	N, NNW, NW	N, NNW

Quadro 5.2 - Número de dias de vento de diferentes velocidades (nós), nos sete locais em estudo (médias de 10 minutos, das 6h às 21h50, 102 dias seleccionados).

	Muito fraco (0-3)	Fraco (4-9)	Moderado (10-16)	Forte (17-25)	Muito forte (25-40)	Violento (>40)
Peniche	0	0	68	33	1	0
Santa Cruz	0	15	75	11	1	0
Ericeira	0	13	57	32	0	0
Cabo da Roca	0	6	23	42	31	0
Guincho	0	2	18	21	48	13
Cascais	1	16	51	30	4	0
Praia da Rainha	0	53	49	0	0	0

Quadro 5.3 - Identificação dos dias de vento mais forte por local
(médias de 10 minutos, das 6h às 21h50, 102 dias seleccionados)

Estação meteorológica	Dias de vento mais forte	Velocidade do vento médio, em nós nestes dias	Direcção do vento nestes dias	Número de ocorrências em que a velocidade máxima foi atingida
Peniche-Baleal	2/9	25-28	NNW	15
Santa Cruz	8, 11, 13, 15, 24/7; 7, 10/8, 23/9	20-27	NNW, N, SSW	11
Ericeira	31/5; 2, 7/6; 25, 27, 28/7; 7, 8, 18/8; 23/9	20-25	NNW, N	54
Cabo da Roca	29/5; 10, 11, 27/7, 7/8	≥30	NNW, N, NNE	48
Guincho	29-31/5; 1/6; 5, 12/7; 28/7; 7/8; 18/8	≥41, ≥48	NW, NNW, N	106
Cascais	26, 28/7, 7/8, 18/8	25-29	NNW, N	16
Praia da Rainha	22- 24/5, 31/7, 7, 13, 14, 17/8, 2, 4, 10/9	12-15	NW, N, NNE, ENE	38

A primeira análise dos 102 dias considerados permitiu obter uma imagem global do vento nas diferentes praias estudadas (rosas de vento da figura 5.1). Para uma análise de maior pormenor será desenvolvida uma classificação dos dias em função do vento sinóptico na secção 5.2.

5.2 Classificação dos dias seleccionados em função do vento sinóptico a 850hPa, às 6h UTC

Vários autores verificaram a importância da direcção e da intensidade do vento sinóptico de madrugada para o regime do vento à superfície (Adams, 1997; Miller et al.,

2003; Bernot, 2007, Steele et al., 2015). Neste sentido, foi levada a cabo uma classificação dos dias seleccionados, segundo a intensidade e a direcção do vento sinóptico (vento 850hPa) às 7h (6h UTC). O vento a 850 hPa (cerca 1500m acima do solo) corresponde ao vento induzido pela situação sinóptica, sem considerar as modificações do fluxo devido a efeitos topográficos ou térmicos. A classificação foi baseada nos dados do modelo GFS (descrito na secção 4.1.6.3), porque os dados reais da sondagem de Lisboa apenas existem para as 12h e é de importância considerável conhecer as características do vento a 850hPa no início do dia, antes que os efeitos térmicos ocorrem devido ao aquecimento diurno. Considerando que a linha de costa principal da área de estudo está orientada de Norte para Sul, a direcção do vento de cada dia foi classificada por quadrante segundo a teoria de Bernot (2007), descrita na secção 3.1.3.2 e tal como se indica na figura 5.2.

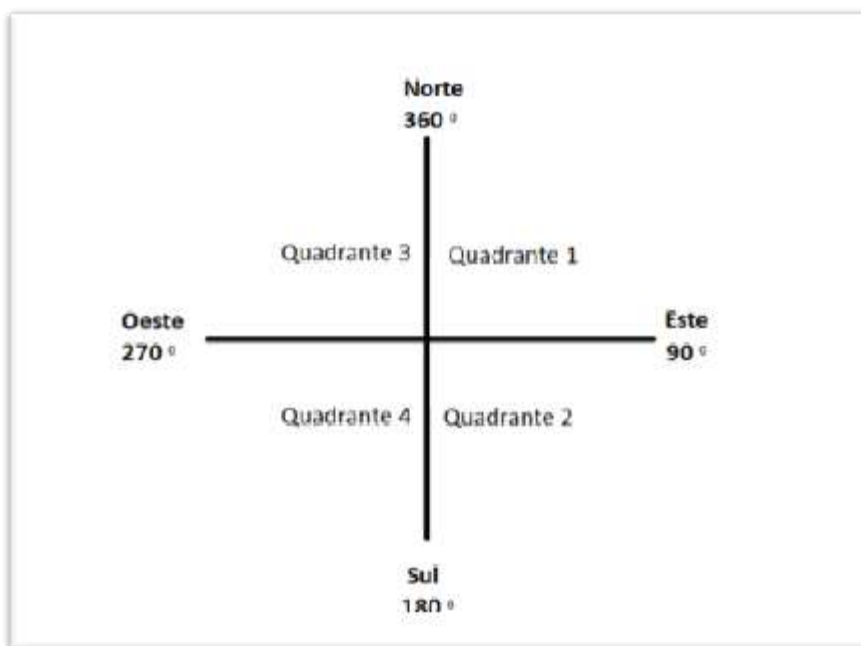


Figura 5.2 - Classificação do vento sinóptico a 850 hPa por quadrante (segundo Bernot, 2007; Herlédant, 2011)

Ao longo dos 102 dias considerados, observam-se todas as direcções de vento representadas (quadro 5.4). Contabilizaram-se 25 dias do quadrante 1, 24 dias do quadrante 2, 34 dias do quadrante 3 e 19 dias do quadrante 4. Globalmente, o vento a 850hPa não sopra particularmente forte durante os dias considerados, contabilizando-se apenas 5 dias com velocidades oscilando entre 17 e 24 nós e somente 1 dia em que o vento foi igual ou superior a 25 nós. A análise por quadrante destes resultados será retomada adiante, começando pelos quadrantes 2 e 4, pois os ventos destas direcções estão menos expostos a modificações provocadas pela serra de Sintra.

5.2.1 Vento nos dias do quadrante 2

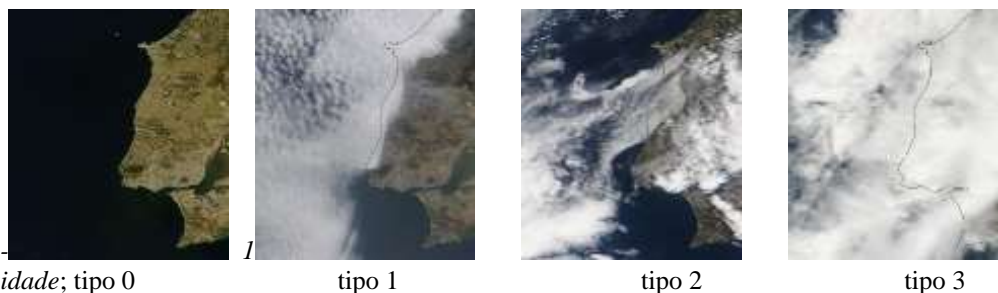
Nos dias em que o vento a 850 hPa sopra do quadrante 2, a probabilidade de estabelecimento da brisa do mar no litoral ocidental é grande (Adams, 1997, Miller et al., 2003, Bernot, 2007, Herlédant, 2011), tal como se verificou. Dos 23 dias com vento sinóptico do quadrante 2, houve 20 dias em que o vento soprou igual ou superior a 17 nós na área de estudo, dos quais 19 dias no Guincho, 6 dias na Ericeira, 5 dias em Cascais e 4 dias no Baleal (quadro 5.4). No que diz respeito a nebulosidade (quadro 5.4), existem 11 dias sem nuvens (tipo 0), 8 dias em que a área localizada a norte da serra encontra-se nublada (tipo 1) e 3 dias em que o céu está parcialmente nublado, sem fenómeno definido (tipo 2).

5.2.1.1 Vento à superfície ao longo do dia (fig. 5.4)

Através da figura 5.4, observam-se similitudes no que diz respeito à direcção e intensidade do vento em cada local considerado nos dias do Quadrante 2. Segue uma análise da dinâmica do vento na área de estudo por local.

Quadro 5.4 - Repartição dos 102 dias considerados (2015) em função do quadrante e algumas características do estado do tempo

Legenda: Data em negrito. Entre parêntesis: direcção do vento sinóptico a 850 hPa às 6UTC, em graus; velocidade em nós (modelo GFS); nebulosidade de tipo 0, 1, 2 ou 3, ver figura abaixo



Quadrante 1	Quadrante 2	Quadrante 3	Quadrante 4
22/5 (42, 15; 0)	25/5 (91, 8; 0)	30/5 (325, 6; 1)	10/6 (211, 7; 3)
23/5 (65, 19; 0)	28/5 (104, 10; 0)	31/5 (343, 6; 0)	11/6 (247, 13; 3)
24/5 (67, 13; 0)	2/6 (99, 4; 0)	23/6 (277, 9; 3)	12/6 (263, 12; 2)
26/5 (48, 13; 0)	3/6 (115, 6; 1)	2/7 (320, 7; 0)	22/6 (208, 12; 3)
27/5 (63, 11; 0)	4/6 (133, 5; 1)	7/7 (336, 0; 1)	24/6 (237, 3; 0)
29/5 (11, 5; 0)	7/6 (145, 8; 2)	10/7 (282, 9; 2)	1/7 (233, 9; 3)
1/6 (16,7; 2)	25/6 (114, 4; 0)	15/7 (359, 7; 1)	3/7 (195, 12; 0)
28/6 (76, 3; 0)	27/6 (134, 3; 0)	18/7 (280, 11; 3)	9/7 (261, 0; 1)
5/7 (18, 5; 2)	29/6 (148, 8; 1)	21/7 (311, 7; 2)	17/7 (207, 1; 3)
8/7 (1, 6; 1)	30/6 (180, 6; 1)	22/7 (337, 9; 0)	3/8 (223, 14; 2)
11/7 (2, 9; 0)	6/7 (136, 7; 0)	23/7 (338, 10; 0)	10/8 (184, 1; 1)
12/7 (12, 6; 1)	2/8 (180, 9; 0)	24/7 (306, 17; 2)	12/8 (231, 11; 3)
13/7 (14, 5; 1)	9/8 (111, 5; 0)	26/7 (348, 4; 1)	26/8 (242, 10; 2)
14/7 (18, 5; 1)	20/8 (104, 12; 1)	27/7 (325, 7; 0)	27/8 (245, 16; 3)
16/7 (22, 3; 0)	21/8 (93, 5; 1)	28/7 (360, 13; 1)	28/8 (222, 5; 0)
25/7 (14, 14; 0)	29/8 (178, 12; 2)	29/7 (326, 13; 1)	30/8 (186, 18; 3)
1/8 (40, 7; 0)	5/9 (115, 2; 3)	30/7 (296, 9; 2)	31/8 (237, 12; 2)
7/8 (45, 2; 0)	6/9 (116, 5; 0)	31/7 (335, 5; 2)	8/9 (202, 2; 2)
8/8 (40, 8; 0)	7/9 (97, 3; 0)	11/8 (295, 7; 2)	9/9 (239, 11; 2)
18/8 (9, 8; 1)	25/9 (138, 4; 0)	13/8 (308, 19; 2)	13/9 (270, 25; 3)
19/8 (77, 9; 0)	26/9 (116, 2; 1)	14/8 (348, 17; 2)	
25/8 (22, 7; 0)	28/9 (132, 7; 1)	15/8 (335, 18; 3)	
1/9 (25, 3; 1)	29/9 (130, 6; 2)	16/8 (298, 13; 3)	
24/9 (3, 3; 1)		17/8 (342, 14; 2)	
27/9 (86, 7; 1)		22/8 (277, 11; 1)	
		23/8 (278, 18; 0)	
		24/8 (290, 13; 0)	
		2/9 (336, 3; 2)	
		3/9 (358, 12; 1)	
		4/9 (336, 9; 0)	
		10/9 (273, 7; 0)	
		12/9 (298, 10; 2)	
		14/9 (288, 11; 2)	
		23/9 (358, 12; 0)	
Total: 25	23	34	20

Baleal

O vento predominante entre as 6 e as 21h50 sopra de N (33%), NNE (14%) e NNW (10%). A velocidade do vento (fig. 5.3) é fraca (em 43% dos casos) e moderada (em 42%). O vento forte é pouco frequente (2%).

Às 6h (fig. 5.4), o vento sopra dos quadrantes E e N, geralmente fraco e, ao longo da manhã, observa-se um reforço da velocidade do vento, acompanhado de uma rotação para a esquerda. Assim, às 12h, o vento dominante é de N (17 dias) e NNW (4 dias), fraco ou moderado. No fim da tarde, o vento roda para NNE e NE e a sua velocidade diminui.

Santa Cruz

O vento predominante em Santa Cruz sopra de N (30%), NNW (37%) e NW (12%) e a sua velocidade é mais fraca do que no Baleal, com 70% dos dias de vento fraco e apenas 17% de vento moderado. O vento nunca atinge 17 nós.

Às 6h, o vento é muito fraco (12 dias) ou fraco (9 dias), soprando geralmente de N, NNE ou NE. Ao fim da manhã, o vento roda para NNW, NW e WNW, mas a velocidade do vento aumenta pouco. Às 12h, o vento é moderado em apenas 6 dos 24 dias e, às 15h, o número de dias sobe para 10. Às 18 e 21h, observa-se uma diminuição da velocidade do vento, acompanhado por uma rotação para a direita, não tão pronunciada como no Baleal. Às 21h, o vento sopra geralmente de N (17 dias).

Ericeira

Na Ericeira, o vento predominante sopra de NNW (60%) e de N (25%). A velocidade do vento é mais forte do que no Baleal e em Santa Cruz, com 45% de vento moderado e 3% de vento forte.

Às 6h, o vento sopra de NNE ou de N (14 dias), geralmente fraco (8 dias). Tal como em Santa Cruz e no Baleal, observa-se uma rotação do vento para a esquerda, com vento de NNW (16 dias) a partir das 9h, reforçando-se ao longo da manhã. Às 12h, contabilizam-se 19 dias de NNW, dos quais 16 apresentando uma velocidade igual ou superior a 10 nós. Corresponde ao momento do dia em que o vento é o mais forte. Ao longo da tarde, o vento diminui em intensidade e o vento roda para N no fim do dia, às 21h

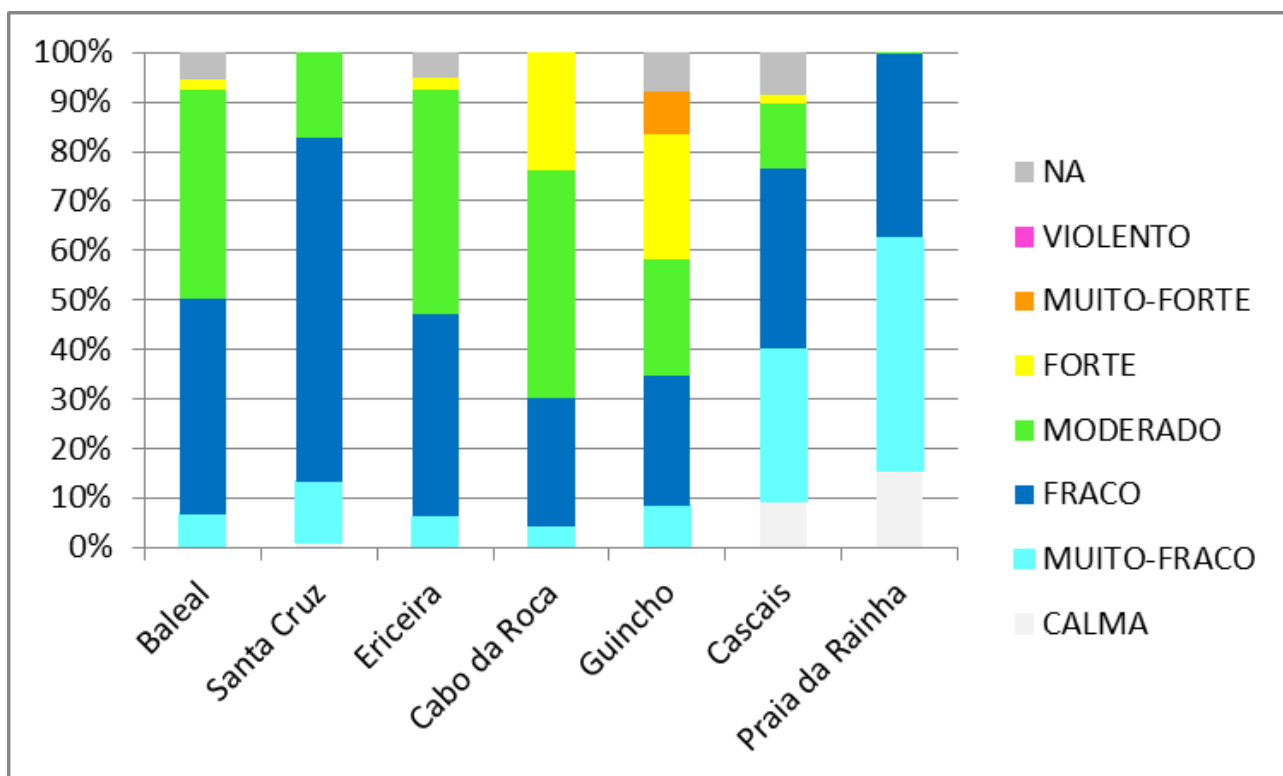
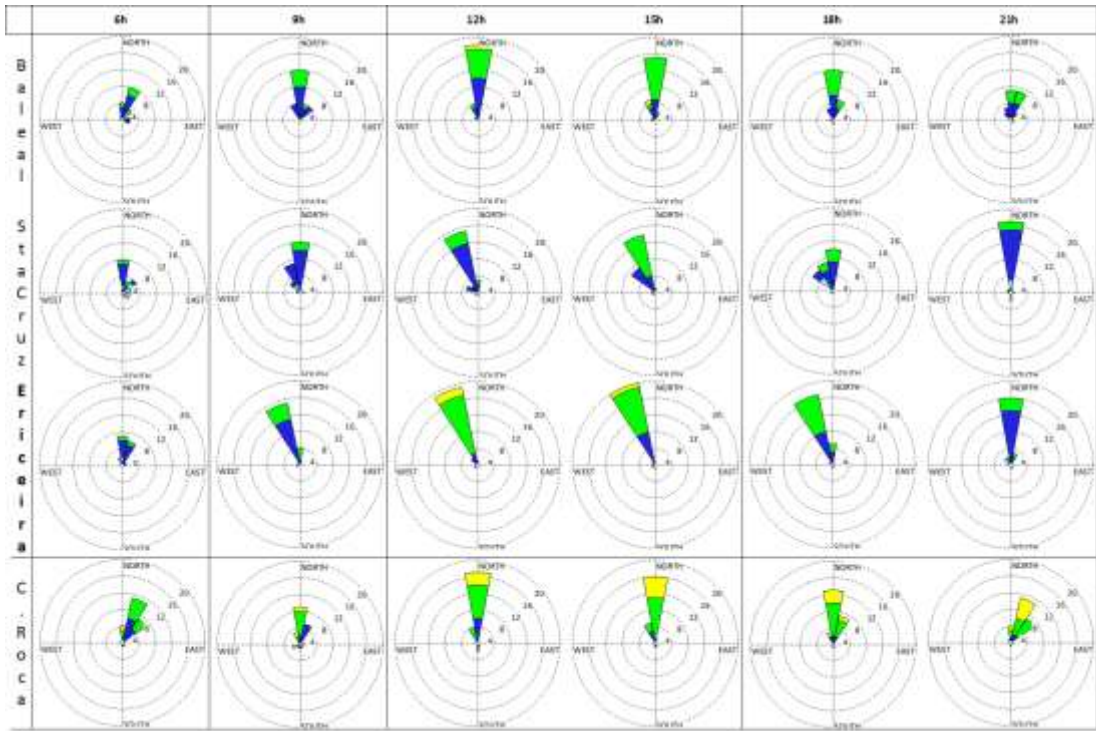


Figura 5.3 – Frequência (em %) de classes de velocidade do vento em dias com vento do quadrante 2 a 850hPa. São consideradas todas as horas da observação (23 dias, das 6 às 21h50, vento médio de 10 em 10 minutos)

Quadro 5.5 - Número de dias com vento médio por classes de velocidade, em nós, para os 23 dias com vento a 850 hPa do quadrante 2 (médias de 10 minutos, das 6h às 21h50).

	Muito fraco	Fraco	Moderado	Forte	Muito forte	Violento
	(0-3)	(4-9)	(10-16)	(17-25)	(25-40)	(>40)
Peniche	0	1	18	4	0	0
Santa Cruz	0	8	15	0	0	0
Ericeira	0	3	14	6	0	0
Cabo da Roca	0	0	9	13	1	0
Guincho	0	0	4	7	12	0
Cascais	0	6	11	5	0	0
Praia da Rainha	0	19	4	0	0	0



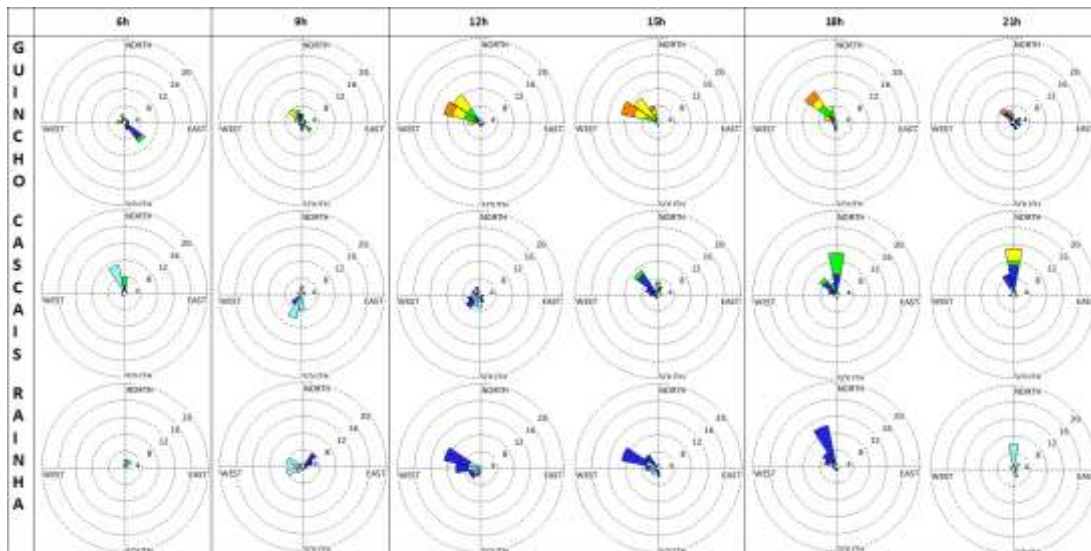
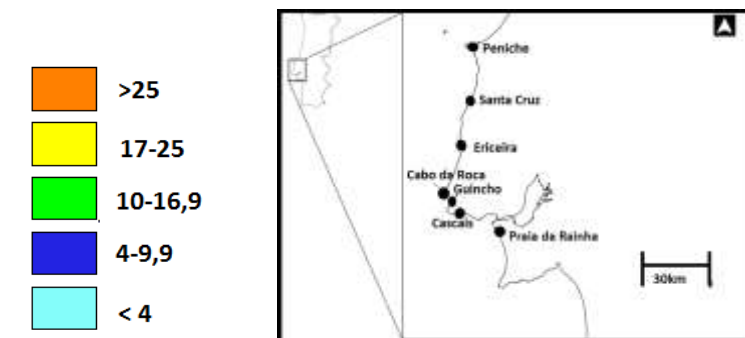


Figura 5.4 – Frequência de ocorrência (dias) e velocidade média de cada rumo (em nós), em sete estações meteorológicas da área de estudo, às 6, 9, 12, 15, 18 e 21h, para 23 dias com vento a 850 hPa do quadrante 2



Quadro 5.6: A rotação do vento ao longo do dia por classes, em graus,

para os 23 dias com vento a 850hPa do quadrante 2 (considerando às médias de 10 minutos, das 6 às 21h50)

	Rotação muito fraca <15°	Rotação fraca 15-45°	Rotação moderada 45-90°	Rotação forte 90-150°	Rotação muito forte >150°
Baleal	0	6	7	8	2
Santa Cruz	0	3	9	3	8
Ericeira	0	4	14	3	2
Cabo da Roca	0	3	12	2	6
Guincho	0	0	2	2	19
Cascais	0	0	0	0	23
P. da Rainha	0	0	0	0	23

Cabo da Roca

No Cabo da Roca, o vento predominante sopra de N (46%), NNE (22%) e NNW (12%) entre as 6 e as 21h. A sua velocidade é fraca (26%), moderada (46%) ou forte (24%). Existe apenas 1 valor de vento muito forte, atingindo 25 nós.

Às 6h, o vento é geralmente fraco ou moderado de N (4 dias), NNE (11 dias) ou de NE (7 dias). Durante a manhã, o vento roda ligeiramente para a esquerda e reforça-se. Às 12 e às 15 horas, o vento sopra, moderado ou forte, de N (17 dias) ou NNW (5 dias) em 22 dos 24 dias considerados. Ao fim da tarde, observa-se uma rotação para a direita, com vento moderado ou forte de NNE e NE às 18 e 21h.

Guincho

No Guincho, as características do vento entre às 6 e às 21h são diferentes das outras praias. O vento dominante sopra de WNW (23% dos casos), NW (27%) e NNW (14%); é também mais forte com 26% dos dias de vento fraco, 24% moderado, 25% forte e 9% de vento muito forte.

Às 6h, o vento é geralmente fraco e a sua direcção é variável, soprando com maior frequência de SE (6 dias). Ao longo da manhã, o vento roda cerca 180° e reforça-se consideravelmente. Às 12h, o vento provém, na maioria dos dias, de NW (8 dias), de WNW (9 dias) ou de W (3 dias). Contabilizam-se 6 dias de vento moderado, 9 de vento forte e 2 de vento muito forte. Às 15h, observa-se um reforço do vento, com apenas 3 dias com velocidade inferior a 10 nós. Relativamente à direcção, observa-se uma rotação para a direita, com vento WNW (9 dias), NW (6 dias) e NNW (5 dias), dos quais 11 correspondem a ventos fortes e 4 a muito fortes. Às 18h, a velocidade do vento diminui (apenas 6 dias de vento forte e 2 muito forte) e continua a rodar para a direita, com menos ocorrência de vento de WNW (3 dias) e mais vento de NW (9 dias). No fim do dia, às 21h, o vento é geralmente fraco (13 dias), soprando de terra (NE, ENE, ESSE, SSE). Observam-se, no entanto, 2 dias em que o vento é muito forte.

Cascais

Em Cascais, tal como no Guincho, as características do vento são claramente diferentes das outras praias da área de estudo. Observa-se entre as 6 e as 21h um vento dominante de N (25%), NNW (14%) e NW (12%). No entanto, a percentagem de dias com vento de S (5%), SSW (7%) e SW (8%) é considerável. A velocidade do vento é variável. Existe uma quantidade assinalável de calmas (9%), mas o vento é geralmente muito

fraco (31%) ou fraco (36%). Apenas 2% das horas consideradas regista um vento forte, soprando de N.

Às 6h, o vento é muito fraco na maioria dos dias considerados (11 dias), dos quais 7 com rumo NNW. Também há 8 dias de calmas (velocidade inferior aos 1 nó). Às 9h, o vento roda para S (4 dias), SSW (6 dias) ou SW (3 dias), com uma velocidade muito fraca (12 dias). A situação evolui pouco às 12h, embora já não existam calmas. Durante a tarde, observa-se uma rotação do vento. Às 15h, a direcção predominante do vento é NW (7 dias), WNW (3 dias) e N (3 dias). Constata-se um ligeiro aumento da velocidade do vento, com 14 dias de vento fraco e 3 dias moderados. Ao fim da tarde, às 18h, a quase totalidade dos dias do quadrante 2 apresentam um vento soprando entre o rumo WNW e N (20 dias). Corresponde ao momento do dia em que o vento é mais forte, com 7 dias de vento moderado. Finalmente, às 21h, o vento sopra de NNW (5 dias) ou de N (11 dias). A velocidade é geralmente inferior a 10 nós (18 dias), mas em 4 dias, houve ocorrência de vento N muito forte.

Praia da Rainha

Na praia da Rainha, o vento dominante entre as 6 e as 21h, nos dias do quadrante 2 a 850 hPa, sopra de W (13%) e WNW (17%). Esta baixa percentagem de vento dominante é devida à frequência de 15% de calmas. A velocidade do vento é muito fraca (47%) ou fraca (37%). Apenas 0,3% das observações correspondem a vento moderado.

Às 6h, o vento é inexistente na maioria dos dias, com 17 dias de calmas. Nos restantes dias, o vento é muito fraco, soprando de N, NNE ou NE. Ao longo da manhã, o vento reforça-se e roda para SW, WSW, W e WNW, com valores de velocidade muito fraca. Ao meio dia, de todos os dias do quadrante 2 a 850 hPa, o vento sopra de rumos entre o SSW e o WNW. A velocidade do vento aumenta progressivamente e, às 15h, 10 dias registaram vento muito fraco e 14 vento fraco. O vento continua a sua rotação para a direita, com 4 dias de vento de NW, 8 de WNW e 4 dias de vento W. Nos outros dias, o vento sopra ainda entre S e WSW. Às 18h, a rotação continua, com 10 dias com vento de NNW, 4 dias de vento NW e 3 dias de vento WNW. No fim do dia, às 21h, o vento diminuiu e apenas 1 dia tem vento fraco, igual ou superior a 4 nós. A direcção do vento é variável, embora o vento N seja dominante, com 6 dias de ocorrência.

5.2.1.2 Síntese: regime do vento nos dias do quadrante 2

Nestes dias, as sondagens às 12h do aeroporto de Lisboa indicam que a velocidade do vento, que provém globalmente de rumos entre os 100 e os 200°, é relativamente baixa nos primeiros 2000 metros de altitude. A temperatura à superfície é alta, rondando os 25°C, e o perfil vertical apresenta uma ligeira inversão térmica entre 500 e 1000m.

Da nossa análise, pode-se concluir que os regimes de vento na área de estudo com vento sinóptico do quadrante 2 (entre E e S) são caracterizados pela rotação do vento ao longo do dia, mais marcada nas praias a sul da Serra de Sintra, onde a rotação do vento atinge ou ultrapassa 180°.

Dos 23 dias com vento sinóptico do quadrante 2, foram identificados 19 dias nos quais, à superfície, o vento rodou à tarde para rumos entre WNW e N em todas as estações consideradas, mas mais forte na Ericeira (vento NNW), no Cabo da Roca (vento N) e no Guincho (WNW e NW). Contabilizam-se 8 dias em que a área a norte da Serra de Sintra apresenta nebulosidade (quadro 5.4 e 5.5).

Nestes dias, no Guincho, o vento é fraco e de direcção variável de madrugada e, ao longo da manhã, observa-se a formação de uma área de vento ao largo, aproximando-se da praia durante a manhã ou ao início da tarde. O vento *onshore** (WNW, NW) é frequente. No entanto, foi observado, durante o trabalho de campo, que o vento na parte norte da praia do Guincho pode ser muito irregular, com vários dias sem vento na área de rebentação, fenómeno denominado de “bolha” (2/6, 4/6, 25/6, 6/7, 26/9) pelos praticantes de windsurf e kitesurf. Na metade Sul do Guincho e na praia da Cresmina (fig. 2.3.a) o vento soprou mais forte. No fim do dia, observou-se uma diminuição do vento na maioria dos dias, ao contrário do que a maior parte dos modelos prevêem, como se verá no capítulo 6. Apenas em 1 dia na Ericeira (4/6/2015), 4 dias em Cascais (2/6, 27/6, 21/8 e 7/9/2015) e 4 dias no Guincho (2/6, 4/6, 27/6 e 21/8), se observou uma velocidade forte do vento de N, o que não se enquadra nos regimes de vento dos outros dias referidos acima. Nestes 4 dias, a velocidade do vento sinóptico foi muito fraca, inferior a 5 nós.

Finalmente, em 4 dos 23 dias do quadrante 2, o vento não alcançou 17 nós no Guincho (9/8/2015, 29/8/2015, 5/9/2015 e 29/9/2015). Alguns deles correspondem a dias nublados (9/8/2015, 5/9/2015, 29/9/2015). A 29/8/2015, observa-se a ocorrência de vento de velocidade mais alta foi registado no Baleal.

5.2.2 Vento nos dias do quadrante 4

Os dias do quadrante 4 (ventos de S a W) correspondem geralmente a dias inadequados para o estabelecimento da brisa (Adams, 1997; Bernot, 2007; Herlédant, 2011; Steele et al., 2015). Na área de estudo, os dias do quadrante 4 são os que têm menos ventos fortes ou muito fortes, sendo 8 dias no Cabo da Roca e 10 dias no Guincho (quadro 5.7) e a rotação do vento ao longo do dia é considerável em todas as estações (quadro 5.8). Os dias nublados são frequentes, com 9 dias nublados (tipo 3, quadro 5.4) e 6 dias parcialmente nublados (tipo 2). Existem apenas 2 dias com nebulosidade do lado Norte da Serra e 3 dias sem nuvens,

5.2.2.1 Vento à superfície ao longo do dia.

Baleal

No Baleal, o vento dominante nos dias do quadrante 4 sopra de N (22%), de NNW (15%) e de W (16%). Observa-se que o vento de NNE e de NE é muito pouco frequente (6%) e não há ventos de E e de SSE. A velocidade do vento (fig. 5.5) é geralmente fraca (47%) ou moderada (37%). Os ventos fortes menos frequentes (6%).

Às 6h (fig. 5.6), o vento é muito fraco (inferior a 10 nós) em 16 dias dos 19 dias, não se distinguindo um vento dominante. A partir do meio-dia, observam-se dois padrões de direcção. Os dias em que o vento moderado sopra do rumo N, NNW ou NW (8 dias); e os dias em que o vento sopra dos rumos SSW, SW, WSW ou W (9 dias). Estes dois padrões são confirmados ao longo da tarde, havendo às 18 horas uma ligeira rotação para a direita, com 8 dias com vento entre o rumo SW e NW e 11 dias de vento NNW ou N.

Santa Cruz

Com vento sinóptico do quadrante 4, em Santa Cruz, a velocidade do vento é claramente mais fraca do que no Baleal (fig. 5.5), com apenas 9% de casos de vento moderado e 77% de vento fraco. Não ocorrem dias de vento forte. SW (22%) e NNW (22%) são os rumos mais frequentes. O restante do tempo, o vento sopra de WSW, W, WNW, NW e N.

Às 6h (5.6), a direcção do vento é variável. Tal como no Baleal, distinguem-se dois grupos, quanto à direcção do vento: os dias de rumo NNW, N e NNE (5 dias) e os dias de rumo SE, S, SSW e WSW (11 dias). Ao longo da manhã, o vento reforça-se ligeiramente e, no que diz respeito à direcção do vento, tal como de madrugada e no Baleal, observa-se bastantes dias (7) de rumo NNW e N e 11 dias de vento soprando

entre os rumos SSW e WNW. Às 12h, a velocidade do vento aumenta ainda mais, contabilizando-se 5 dias de vento moderado, dos quais 3 de SW, 1 de NNW e 1 de N. A partir da tarde, constata-se uma diminuição da velocidade do vento. Continua a haver uma distinção entre os dias de SW, WSW e W (9 dias) e os do rumo NW, NNW e N (9 dias), mantendo-se até ao fim da tarde. No final do dia, o vento é geralmente fraco, soprando entre o rumo WNW e N.

Ericeira

Na Ericeira, embora o vento dominante soprar de NNW (25 %) e N (14%), existe uma quantidade considerável de vento soprando entre o rumo S e NW (50%). A velocidade do vento é geralmente fraca (49%) ou muito fraca (33%).

Às 6h, existe apenas 1 dia em que a velocidade do vento é moderada. Nos outros 19 dias, o vento é fraco ou muito fraco, de direcção variável. Ao longo da manhã, define-se 2 grupos de dias, tal como no Baleal e em Santa Cruz: os dias em que o vento sopra de NNW a partir das 9h e os dias com vento fraco soprando de S, SSW, SW, WSW e W. Nos dias em que o vento sopra de NNW, a velocidade do vento máxima nunca atinge 17 nós. No fim da tarde, observa-se uma rotação do vento para a direita, contabilizando 12 dias fracos, soprando de N às 21h.

Cabo da Roca

No Cabo da Roca, a velocidade do vento é geralmente fraca (54%) ou moderada (26%). Também aqui, a ocorrência de vento forte em situações de vento sinóptico do quadrante 4 é menos frequente do que com vento sinóptico do quadrante 2 (apenas 8% de ocorrência). No entanto, as características da direcção do vento são diferentes relativamente às estações a Norte da Serra de Sintra: os rumos de NNW (24%), N (19%), NNE (8%) e NW (10%) são aqui os mais frequentes. Os rumos entre o SSE e WNW ocorrem o restante do tempo.

Às 6h, o vento é geralmente fraco e ultrapassa apenas 10 nós em 5 dias dos 19 considerados. Sopra entre os rumos NNW e NE (12 dias), ou sopra de SE a SW (6 dias). As 9h, observa-se que o vento tem um rumo mais próximo do norte do que a norte da Serra de Sintra, com 9 dias de NNW, N e NNE. Da mesma forma, os dias em que o vento sopra de SW a norte da Serra, sopra de SSE e S no Cabo da Roca. Essas características mantêm-se ao meio-dia. Durante a tarde, o vento de rumo NNW e N reforça-se e o vento S roda para WSW, WNW e NW, mantendo-se fraco. Ao longo do fim da tarde, nos dias em que o vento sopra do rumo NNW e N, a sua velocidade

aumenta registando-se 6 dias de velocidade moderada e 5 dias de ventos fortes. Nos dias em que o vento sopra dos outros rumos (SSW, W, NW), a velocidade é fraca

Guincho

Com vento sinóptico do quadrante 4, a direcção do vento dominante provém de WNW (21%) e de NW (22%), moderado ou forte. No entanto, em cerca de 26% dos dias, o vento provém de SSE, de S ou de SSW, fraco e às vezes moderado. Todavia, em 39% dos dias de quadrante 4, o vento é fraco, 23% das ocasiões, o vento é moderado, 15% forte e apenas 2% muito forte.

De madrugada, o vento é fraco, soprando entre os rumos SE e S ou entre W e N. Ao longo da manhã, o vento reforça-se ligeiramente. Ao meio-dia, observam-se dois grupos, os dias em que o vento sopra de S, fraco; e os dias de WNW e NW, apresentando uma velocidade do vento moderada ou forte. Ao longo da tarde, o vento de S roda para a direita e o vento soprando de WNW e NW reforça-se. Às 18h, 7 dias registam vento moderado, 2 dias vento fortes e 1 dia muito forte, soprando de WNW, de NW ou de NNW. Às 21h, 10 dias indicam uma velocidade de vento moderada ou forte, soprando de WNW, NW ou NNW.

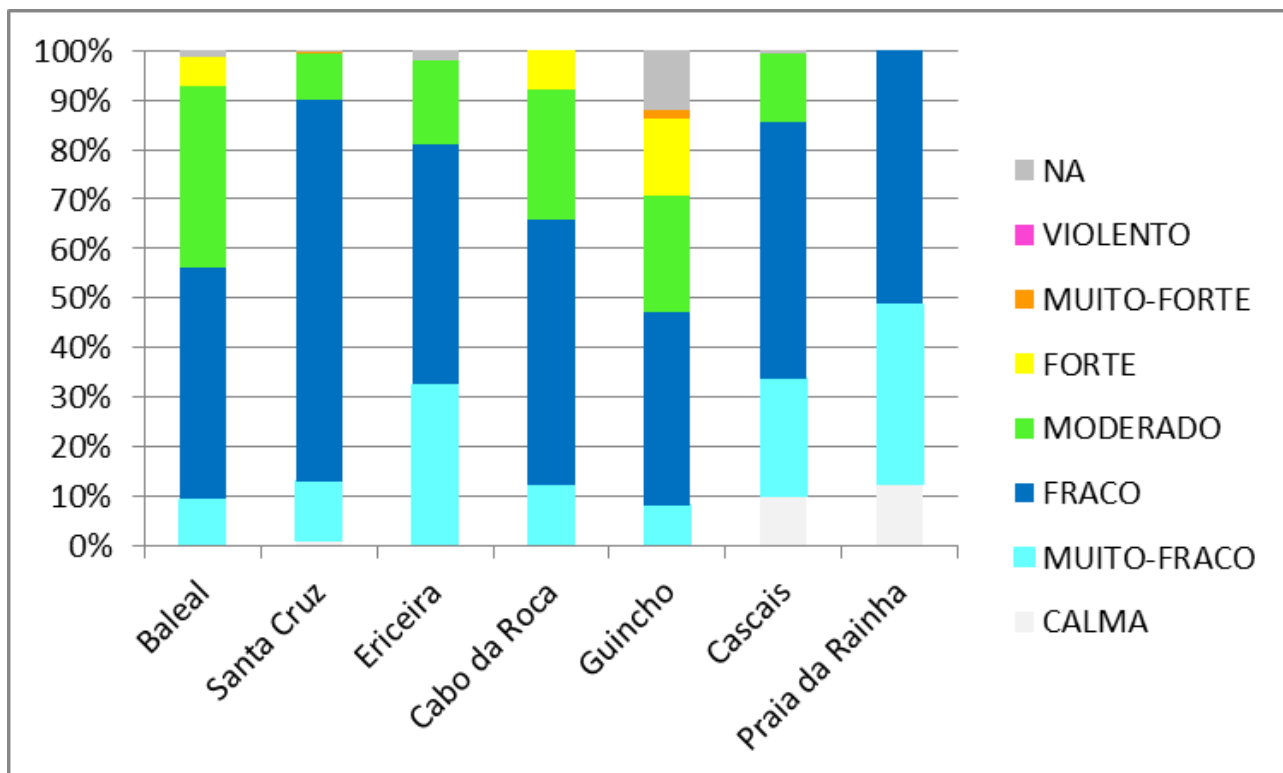
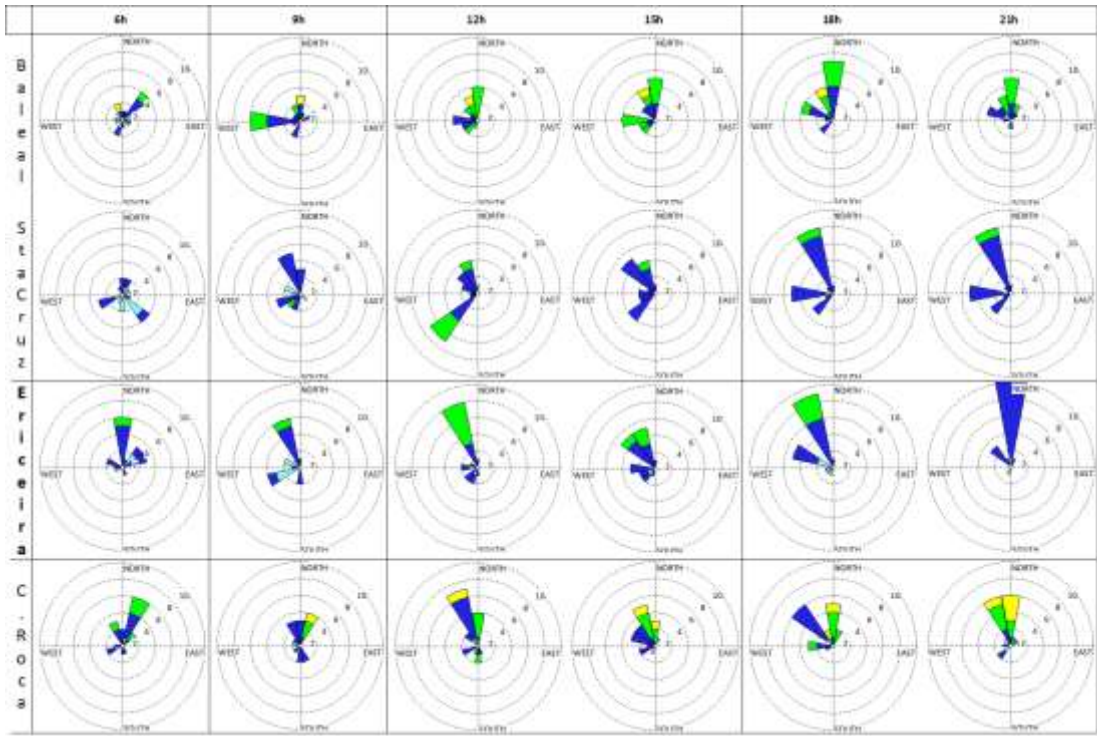


Figura 5.5 - Frequência (em %) de classes de velocidade do vento em dias com vento do quadrante 4 a 850hPa. São consideradas todas as horas da observação (20 dias, das 6 às 21h50, vento médio de 10 em 10 minutos).

Quadro 5.7 - Número de dias com vento médio por classes de velocidade, em nós, para os 20 dias com vento a 850 hPa do quadrante 4 (médias de 10 minutos, das 6h às 21h50).

	Muito fraco (0-3 nós)	Fraco (4-9 nós)	Moderado (10-16 nós)	Forte (17-25 nós)	Muito forte (25-40 nós)	Violento (>40 nós)
Peniche	0	0	15	5	0	0
Santa Cruz	0	7	11	1	1	0
Ericeira	0	6	14	0	0	0
Cabo da Roca	0	5	7	8	0	0
Guincho	0	1	9	4	6	0
Cascais	0	7	12	1	0	0
Praia da Rainha	0	18	2	0	0	0



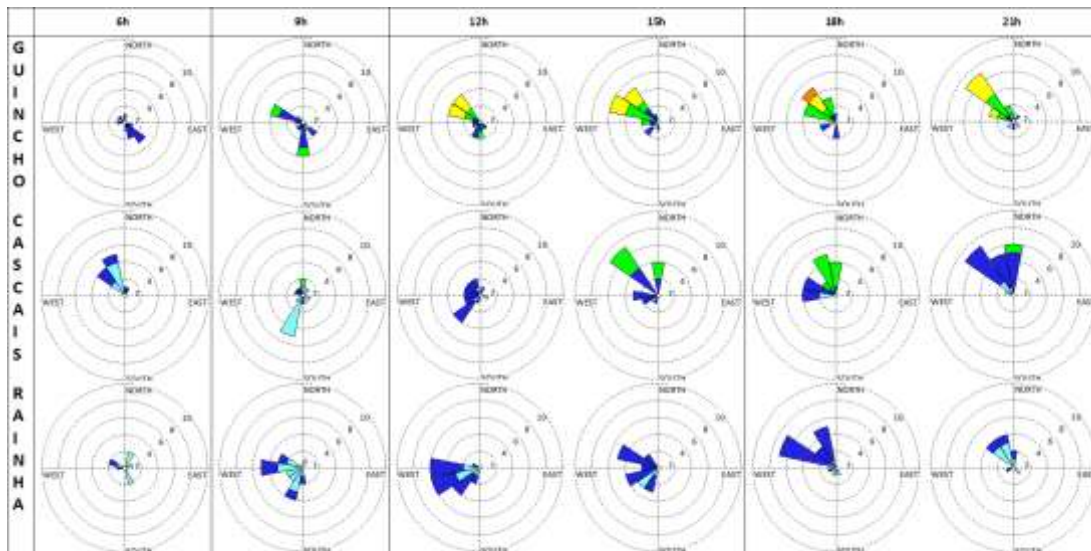
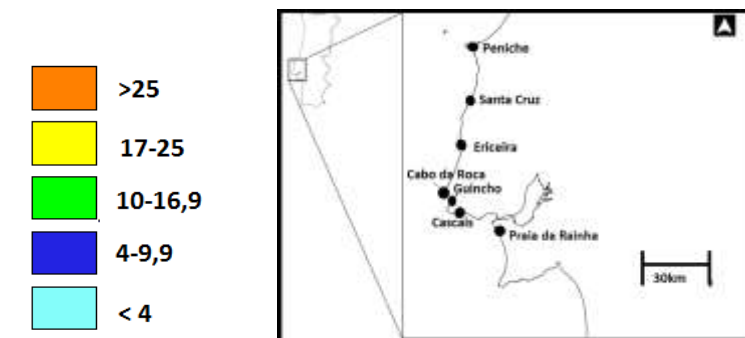


Figura 5.6 – Frequência de ocorrência (dias) e velocidade média de cada rumo (em nós), em sete estações meteorológicas da área de estudo, às 6, 9, 12, 15, 18 e 21h, para 20 dias com vento a 850 hPa do quadrante 4



Quadro 5.8 - a rotação do vento ao longo do dia por classes, em graus, para os 20 dias com vento a 850hPa do quadrante 4 (considerando às médias de 10 minutos, das 6 às 21h50)

	Rotação muito fraca	Rotação fraca	Rotação moderada	Rotação forte	Rotação muito forte
	<15°	15-45°	45-90°	90-150°	>150°
Baleal	0	2	4	8	6
Santa Cruz	0	0	6	0	14
Ericeira	0	1	5	3	11
Cabo da Roca	0	0	5	2	13
Guincho	0	1	5	3	11
Cascais	0	0	2	1	17
P. da Rainha	0	0	2	2	16

Cascais

Em Cascais, o vento dos dias do quadrante 4 são geralmente fracos (52%), muito fracos (24%) e as calmas representam 10%. O vento apenas é moderado em 14% dos dias. Os rumos dominantes são NW (21%), NNW (12%) e N (13%). Cerca de 30% das ocorrências indicam um vento entre os rumos SSW e WNW.

De madrugada, o vento é muito fraco, com 8 dias de calmas, 6 dias de vento muito fraco e 5 dias fraco. Ao contrário dos outros locais, o vento sopra de NW, NNW, N e NNE. No entanto, ao longo da manhã, a velocidade do vento aumenta muito ligeiramente, rodando para W. Ao meio dia, 4 dias registam vento de SW, soprando o vento de rumos entre WSW e NNW nos outros 11 dias de vento sinóptico do quadrante 4. A partir da tarde, podem-se distinguir os dois grupos, tal como nas outras estações meteorológicas. Por um lado, existem 6 dias de rumo NW e 4 dias de rumo N, em alguns casos de vento moderado. Noutras ocasiões o vento sopra, fraco, de rumos entre SSW e W. Ao fim da tarde, o vento roda para a direita e, nos 8 dias em que o vento sopra de NNW e N, o vento é moderado. Ao anoitecer, às 21h, a velocidade do vento diminui e, em todos os dias, o vento sopra de rumos entre WNW e N.

Praia da Rainha

Na praia da Rainha, o vento sopra essencialmente de W (17%) e NW (17%), e em menor número de dias de todos os outros rumos entre NNW e SSW. Ventos entre o rumo NE e SE são inexistentes. A velocidade do vento em nenhum caso atinge os 10 nós. Entre às 6h e às 21h50, 51% de ocorrência corresponde a vento fraco, 37% muito fraco e em 12% dos casos não atinge 1 nó (calmas)

De madrugada, o vento é ainda mais fraco do que em Cascais, com 10 dias de calmas e apenas 2 dias de vento superior a 4 nós. Ao longo da manhã, o vento reforça-se e sopra de rumos entre S e W. Às 15h, observam-se 7 dias em que o vento rodou para WNW e NW, enquanto nos restantes 12 dias, o vento continua a soprar de rumo entre SSW e W. No fim da tarde, às 18h, há 12 dias de vento fraco, soprando de WNW, de NW ou de NNW. Finalmente, às 21h, a velocidade do vento diminui e sopra de norte. Há 7 dias de calmas.

5.2.2.2 Síntese: regime do vento nos dias do quadrante 4

Os dias do quadrante 4 (S a W) são caracterizados por vento fraco ou moderado, com uma velocidade do vento médio não ultrapassando os 17 nós. Correspondem globalmente aos dias que não foram adequados para a prática de windsurf ou kitesurf.

No período analisado, ocorreram 11 dias (10/6, 22/6, 1/7, 3/7, 9/7, 12/8, 26/8, 27/8, 30/8, 9/9, 13/9/2015), em que o vento não ultrapassou os 17 nós em nenhuma estação meteorológica, com exceção de 2 dias com vento forte em Santa Cruz (10/8, 13/9) com vento de SW e NW. O céu nestes dias é nublado, sem nenhum fenómeno particular.

Por outro lado, houve 9 dias com vento moderado ou forte na área de estudo à tarde ou no fim da tarde. Estes dias ocorrem geralmente quando o vento sinóptico é fraco (24/6, 17/7, 10/8 e 8/9/2015), com nebulosidade fraca ou nula.

5.2.3 Vento nos dias do quadrante 1

Vento sinóptico do quadrante 1 é favorável para o estabelecimento da brisa térmica, como foi verificado no capítulo 3. No entanto, os regimes de vento são mais complexos em comparação com os dias com vento sinóptico do quadrante 2 ou 4, porque a sobreposição de diferentes efeitos meteorológicos pode ocorrer a escalas espaciais diferentes e os efeitos topográficos são consideráveis. Durante o período analisado, existem 25 dias em que o vento sinóptico soprou do quadrante 1. Em todos os dias, a velocidade do vento a superfície atinge ou supera os 17 nós pelo menos numa praia da área de estudo. Nos dias do quadrante 1, constata-se geralmente um céu limpo (15 dias), ou indicando nebulosidade no lado Norte da Serra de Sintra (8 dias). Nos restantes 2 dias, o céu está parcialmente nublado, sem nenhum fenómeno específico. (quadro 5.4, tipo 2).

5.2.3.1 Vento à superfície ao longo do dia.

Baleal

Com vento a 850 hPa do quadrante 1, observa-se entre as 6 e as 21h50 uma predominância do vento N (70%) e NNE (20%). Nos restantes 10 %, o vento provém de NNW, de NW e de NE. O vento é geralmente fraco (31%) ou moderado (51%). Apenas 14% das ocorrências correspondem a vento forte (quadro 5.9).

Às 6h, o vento é geralmente moderado (15 dias), ocorrendo apenas 2 dias de vento forte de N ou de NNE e 3 dias de vento muito fraco ou calmas. Às 9h, não ocorrem ventos muito fracos nem muito fortes. O vento sopra fraco (12 dias) ou moderado (13 dias), de N (12 dias) ou de NNE (10 dias). A partir do meio-dia e durante a tarde, o vento roda para N (20 dias) e reforça-se, com velocidade superior a 10 nós em 18 dos dias de vento sinóptico do quadrante 1. Às 15h, 5 dias são de vento forte. A partir do fim da tarde,

observa-se uma diminuição da velocidade do vento (em 11 dos dias) e rotação para a direita, com 6 dias de vento NNE. No entanto, observam-se ainda 4 dias com vento forte de N. Ao anoitecer, o vento dominante é de N e de NNE.

Santa Cruz

Em dias de vento sinóptico do quadrante 1, o vento à superfície em Santa Cruz provém de N (57%) ou de NNW (36%), e é geralmente fraco (57%) ou moderado (38%), mas raramente forte (inferior a 1%).

Às 6h, o vento sopra de N (15 dos 25 dias) e é fraco (moderado apenas em 2 dias). Nos restantes 10 dias, o vento é muito fraco de SE ou há calmas. Ao longo da manhã, a velocidade do vento aumenta e vento proveniente de NW e de NNW é mais frequente. Às 12h, existem mais dias com vento de NNW (13) do que de N (11). Nos dias em que o vento sopra de N, a velocidade é moderada, ao passo que o nos dias com vento de NNW é fraca. Ao longo da tarde, a direcção do vento evolui pouco, mas constata-se um aumento da velocidade, com 18 dias de vento moderado e 1 dia de vento forte. A tendência de diminuição da velocidade do vento confirma-se no final do dia; esta é acompanhada por uma rotação do vento para a direita. Às 21h, existem 21 dias de vento N, dos quais 18 registam vento fraco e apenas 1 forte.

Ericeira

Na Ericeira, o vento sopra a quase totalidade do tempo de NNW (52%) e N (45%), apresentando uma velocidade geralmente moderada (65%) ou fraca (20%). Existe 14% do tempo em que a velocidade do vento é forte.

Às 6h, tal como em Santa Cruz, o vento sopra de N (20 dias), apresentando no entanto uma velocidade mais elevada (12 dias moderados). Ao longo da manhã, o vento reforça-se e roda para NNW. Às 12h, contabilizam-se 23 dias de NNW e 1 dia de N, indicando todos um velocidade superior a 10 nós. Esta situação mantém-se ao longo da tarde. No fim da tarde, observa-se uma rotação do vento para N e uma ligeira diminuição da velocidade do vento. Às 21h, o vento tem características parecidas com as 6h.

Cabo da Roca

Em dias de vento sinóptico do 1º quadrante, o Cabo da Roca é muito mais ventoso do que o norte da Serra de Sintra. A velocidade do vento é superior a 10 nós em mais de 90% dos casos entre as 6 e as 21h, com 30% de ocorrências de vento moderado, 53% de

vento forte e 7 % de vento muito forte. O vento sopra apenas de 4 rumos: de N (73%), de NNW (14%) de NNE (2%) e NE (1%).

Às 6h, o vento dominante provém de NNE (11 dias) e de N (9 dias). Os dias de vento forte de N (7 dias) são mais frequentes do que os de NNE (3 dias). Ao longo da manhã, o vento roda para esquerda, com maior frequência de NNW às 9h (6 dias). Ao meio-dia, em 24 dos 25 dias o vento é de N, forte em 10 destes dias e muito forte em 2. Às 15h, regista-se 6 dias com vento de NNW. Observa-se um aumento da velocidade, com 14 dias de vento forte e 3 dias muito forte. Às 18h, o vento volta a rodar para a direita, com 23 dias soprando de N. Não existem dias de vento forte. O vento continua a perder intensidade até ao anoitecer, com “somente” 13 dias de vento forte e 1 dia muito forte às 21h.

Guincho

No Guincho, ao contrário dos outros locais, o vento sopra de NNW (30%), de NW (36%) e de WNW (15%). É no Guincho que há a maior ocorrência de vento muito forte, com 37 % do tempo considerado. Tal como no Cabo da Roca, o vento inferior a 10 nós apenas representa 11% das ocorrências.

De madrugada, embora faltem registos de 9 dias, existem vários padrões no que diz respeito à direcção do vento. Em alguns casos, o vento sopra de WNW, NW NNW ou N (11 dias) e é forte. Nos dias em que o vento sopra de terra, a velocidade é fraca ou muito fraca. Ao longo da manhã, o vento é fraco e sopra de S, SSW ou WSW em 4 dias, enquanto nos dias de vento moderado, este provém de NW. Os ventos fortes ou muito fortes sopram de NNW ou de N. A partir do meio-dia, não existem dias com vento de S ou de SW. Todos os dias indicam um vento entre o rumo W (1 dia) e N 2 dias), sobretudo soprando de WNW, NW ou NNW. Apenas 6 dias registam vento inferior a 17 nós, enquanto existem 11 dias com vento muito forte. Este reforço do vento acentua-se ao longo da tarde, com apenas 1 dia de velocidade inferior a 17 nós às 15h. No fim do dia, às 21h, observa-se uma ligeira rotação para a direita do vento muito forte. Quando sopra de N (4 dias) a velocidade do vento é muito forte. Nos dias em que o vento sopra de NW, existem mais dias com vento forte, entre 17 e 25 nós. Finalmente, 3 dias indicam um vento SSE fraco ou moderado.

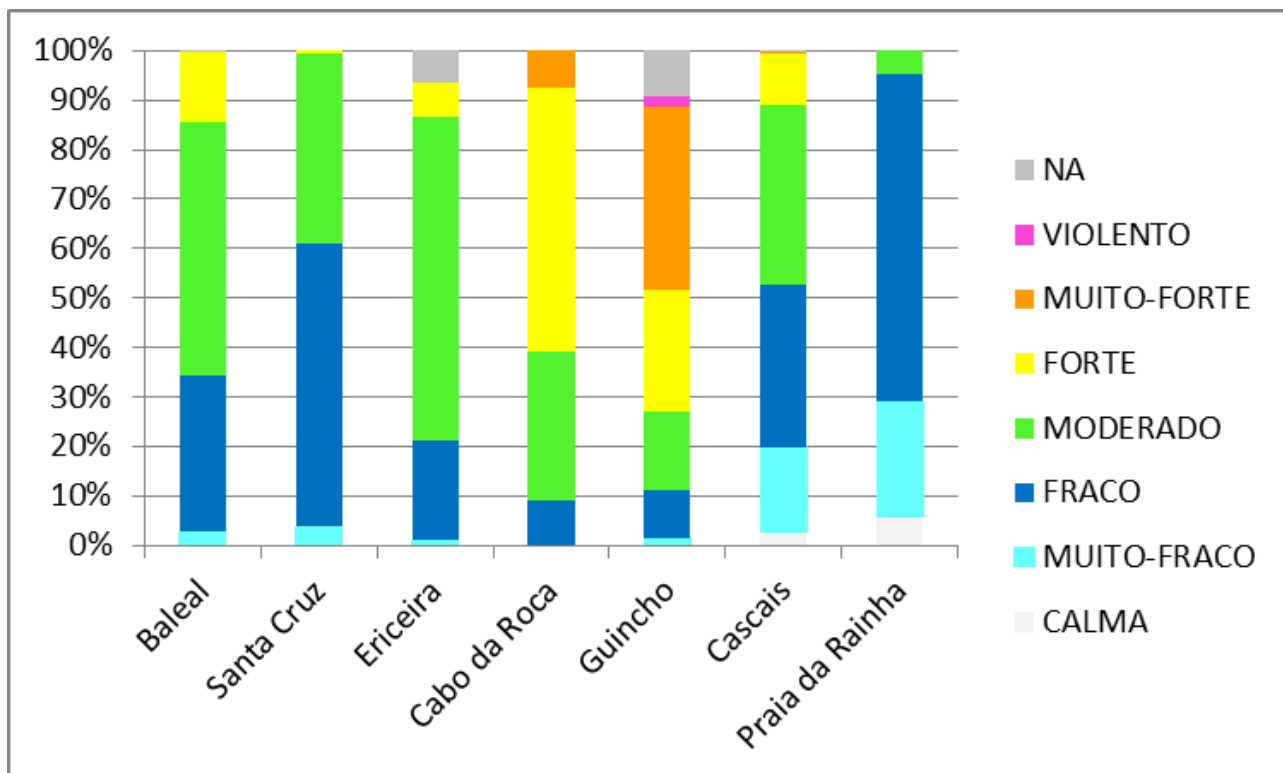
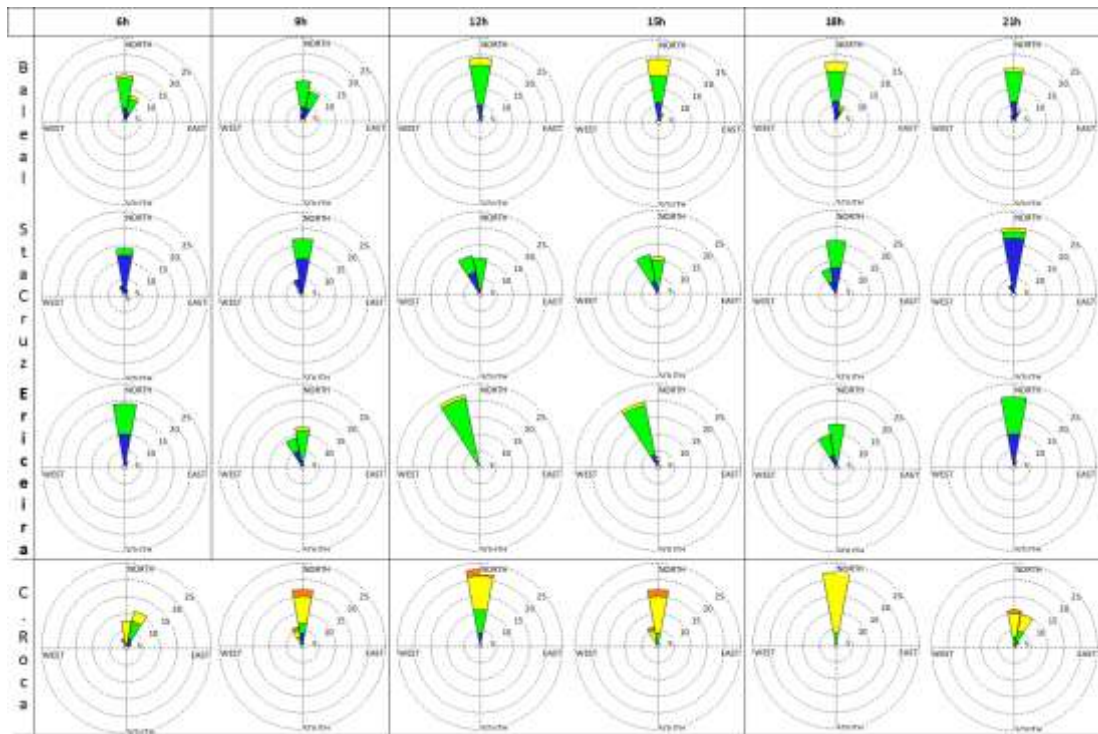


Figura 5.7 – Frequência (em %) de classes de velocidade do vento em dias com vento do quadrante 1 a 850hPa. São consideradas todas as horas da observação (25 dias, das 6 às 21h50, vento médio de 10 em 10 minutos)

Quadro 5.9 - Número de dias com vento médio por classes de velocidade, em nós, para os 25 dias com vento a 850 hPa do quadrante 1 (médias de 10 minutos, das 6h às 21h50).

	Muito fraco	Fraco	Moderado	Forte	Muito forte	Violento
	(0-3 nós)	(4-9 nós)	(10-16 nós)	(17-25 nós)	(25-40 nós)	(>40 nós)
Peniche	0	1	12	12	0	0
Santa Cruz	0	1	19	5	0	0
Ericeira	0	0	12	12	0	0
Cabo da Roca	0	0	2	10	13	0
Guincho	0	0	0	2	15	8
Cascais	0	2	9	13	1	0
Praia da Rainha	0	10	15	0	0	0



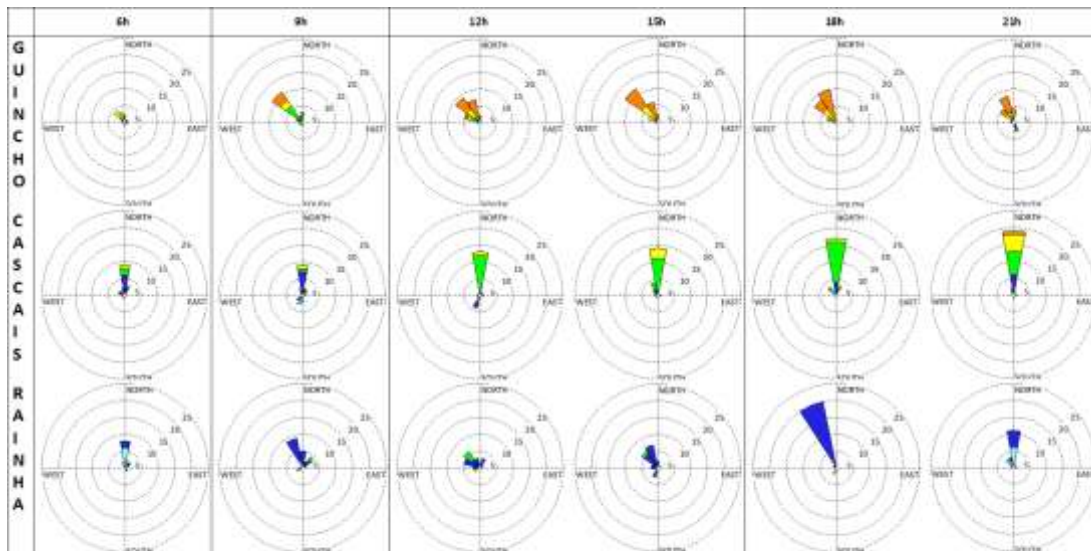
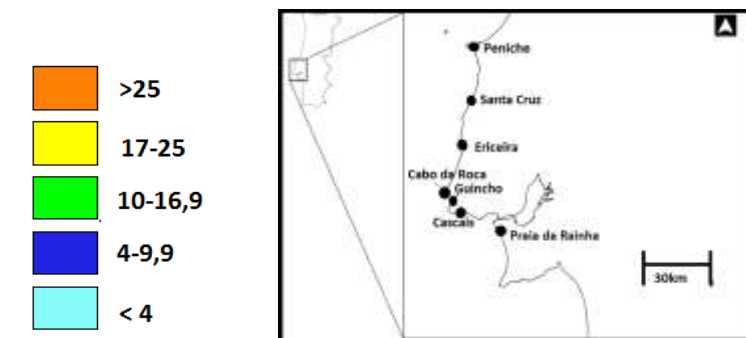


Figura 5.8 – Frequência de ocorrência (dias) e velocidade média de cada rumo (em nós), em sete estações meteorológicas da área de estudo, às 6, 9, 12, 15, 18 e 21h, para 25 dias com vento a 850 hPa do quadrante 1



Quadro 5.10 – Rotação do vento ao longo do dia por classes, em graus, para os 25 dias com vento a 850hPa do quadrante 1 (considerando às médias de 10 minutos, das 6 às 21h50)

	Rotação muito fraca	Rotação fraca	Rotação moderada	Rotação forte	Rotação muito forte
	<15°	15-45°	45-90°	90-150°	>150°
Baleal	1	14	5	4	1
Santa Cruz	0	14	3	1	7
Ericeira	1	16	5	3	0
Cabo da Roca	0	12	13	0	0
Guincho	0	3	8	4	10
Cascais	0	2	5	2	16
P. da Rainha	0	1	6	5	13

Cascais

Em Cascais, o vento dominante em dias do quadrante 1 sopra de N, com quase 60% de ocorrência. Há 10% de ocorrência de vento NNW. Todos os outros rumos ocorrem igualmente, mas com frequência inferior a 5%. No que diz respeito à velocidade do vento, observa-se 10% de vento forte, 36% de vento moderado, 33% de vento fraco e 3% de calmas.

Às 6h, a velocidade do vento é geralmente fraca, sendo superior a 10 nós em apenas 4 dias e soprando de N ou NNE. Observam-se 2 dias de vento muito fraco ou muito fraco de S e 3 dias de W. A partir das 9h, ocorrem dois tipos de dias: aqueles em que o vento é (muito) fraco de S, SSW e SW (7 dias), por um lado, e os dias do quadrante N (NNW, N, NNE e NE) por outro. A partir do início da tarde, o vento de N reforça-se, com 13 dias de vento moderado e 3 dias forte às 15h. O vento que soprava de manhã de S e SW roda para NW e NNW. Às 18h, o vento N sopra em 18 dos dias e começa a diminuir em intensidade. Apenas 1 dia tem vento muito forte. Existem 3 dias em que o vento sopra de NW. Às 21h, observa-se um reforço do vento N em alguns dias, com 5 dias de vento forte e 1 dia muito forte. Nos outros xx dias, a velocidade do vento diminui no início da noite.

Praia da Rainha

Nos dias de vento sinóptico do quadrante 1, o vento sopra à superfície, na praia da Rainha, de NNW (34%) e de N (17%). O restante do tempo provém de W, WNW, NW, NNE e NE. Os ventos de rumo SSW, SW e WSW têm uma frequência de ocorrência inferior a 6%. A praia da Rainha surge como o local mais abrigado, com apenas 5% de ocorrência de vento moderado. O vento é geralmente fraco (66%) ou muito fraco (23%). Existem 6% de calmas.

Às 6h, o vento sopra em 15 dias dos 25 dias do quadrante N (N, NNW, NNE e NE) com uma velocidade muito fraca ou fraca. Dois dias registam vento de SE ou SSE muito fraco. Nos dias restantes existem calmas. Às 9h, observam-se 3 padrões: os dias em que o vento é muito fraco de SW, WSW ou W (4 dias); os dias em que o vento, fraco, sopra de NNW ou N; e os dias em que o vento sopra de NE ou ENE, moderado. Estes 3 padrões evoluem ligeiramente ao meio-dia, mas mantêm-se. Observa-se uma rotação do vento NNW, N e NE para a esquerda. É às 18h que 21 dias registam um vento de NNW. Observam-se 2 dias com vento de SSE muito fraco. No fim do dia, às 21h, o vento enfraquece e roda para a direita, com 12 dias de vento N.

5.2.3.2 Síntese: regime do vento nos dias do quadrante 1

Os dias do quadrante 1 (ventos de N a E) podem dividir-se em dois grupos principais.

Por um lado, os dias em que se observa uma rotação considerável do vento. Dos 25 dias considerados, existem 13 dias (23, 24, 26, 27, 29/5; 28/6; 14, 16/7; 1, 19, 25/8; 24, 27/9) em que o vento em Cascais e na praia da Rainha apresenta uma rotação de 180^o ao longo do dia, rodando de N ou NE de manhã, para SW e W a tarde e NNW e N no fim do dia.

Nestes dias, o vento a Norte da Serra é moderado ou forte, soprando de NNW na Ericeira e de N no Baleal. Vários dias apresentam características semelhantes aos dias do quadrante 2.

Por outro lado, existem um certo número de dias (7 em Cascais e na Praia da Rainha, 12 no Guincho), em que a rotação do vento ao longo do dia é moderada, ou fraca, sem ocorrência de vento de S, SSW, SW e WSW a sul da serra de Sintra. Destes dias, destacam-se 5 dias em que o vento é particularmente acelerado no Guincho (1/6, 5/7, 12/7, 7/8, 18/8/2015), apresentando valores de vento médio (em dez minutos) igual ou superior a 41 nós, soprando de NW, NNW ou N. Nestes dias, o vento nas outras estações da área de estudo é moderado ou forte. Nos restantes 6 dias (22/5, 8/7, 11/7, 13/7, 25/7, 8/8, 1/9/2015), a aceleração do vento no Guincho não é tão pronunciada, embora o vento seja mais forte do que nas restantes estações consideradas.

Os dois cenários podem ocorrer sucessivamente num mesmo dia, como se constata a 29/5.

5.2.4 Vento nos dias do quadrante 3

O quadrante 3 (ventos de W a N) corresponde ao grupo com maior número de ocorrências: 34 dias. Tal como nos dias do quadrante 1, a influência da Serra e respectivos efeitos topográficos são importantes. A nebulosidade é frequente, podendo ocorrer todos os tipos de nebulosidade definidos no quadro 5.4. O céu limpo verificou-se apenas em 10 dos 34 dias. Os dias em que há nebulosidade parcial, sem fenómeno definido, são consideráveis (12 dias).

5.2.4.1 Vento ao longo do dia

Baleal

No Baleal, o vento predominante sopra de N (50%), seguido de NNW (18%) e NNE (11%). Vento de W, WNW e NW representam cerca de 15% de ocorrência. A

velocidade do vento é fraca (40%) ou moderada (33%), por vezes forte (11%). Os dias com vento muito forte representam menos de 1% das ocorrências.

Às 6h, o vento sopra geralmente de N (14 dias) ou NNE (7 dias). Nos dias restantes, o vento é fraco e é variável na sua direcção. Há 3 dias de calmas. Às 9h, observa-se uma rotação para a esquerda, com menos dias com vento NNE (5 dia) e mais dias soprando de NNW (7 dias). O vento de N é o mais frequente (13 dias). Existem 6 dias em que o vento é fraco, soprando de W (5 dias) e WSW (1dia). Contabilizam-se 18 dias de vento fraco no total e apenas 3 dias são de vento forte. No início da tarde, a velocidade do vento aumenta nos casos em que o vento sopra de NNW ou N. Nos dias de vento W, o vento mantém-se fraco. Existem 18 dias de vento moderado e 4 dias de vento forte. No final da tarde, o vento roda ligeiramente para a direita, com menos vento de NNW e maior frequência de vento N (20 dias) e 3 dias com vento NNE. O vento tem tendência a diminuir com maior número de dias de vento fraco (15 dias). Existe uma excepção em que o vento aumenta, com a ocorrência de 1 dia indicando vento muito forte às 21h.

Santa Cruz

Em Santa Cruz, o vento dominante sopra de NNW (40%), de N (28%) e de NNW (10%) o restante das ocorrências indicam um vento entre o rumo SW e WNW. O vento é fraco (65%) na maioria dos dias da amostra e registaram-se apenas 25 % de dias com vento moderado. O vento forte é inferior a 1% dos casos.

Às 6h, verificaram-se 15 dias com vento de N, 7 dias de NNW e 2 de NE, e restantes dias o vento soprou de SSW ou SW. Existem apenas 3 dias com vento moderado às 6h. A partir das 9h, constata-se, pelo menos, 2 padrões na direcção de vento, os dias de SW ou W com fraca velocidade (6 dias) e os dias de NNW e N (24 dias). Observam-se estes dois tipos de dias no que diz respeito à direcção ao longo do dia. A velocidade do vento aumenta ao longo do dia para atingir o seu máximo no meio da tarde.

Ericeira

Na Ericeira, o vento predominante sopra de NNW (47%) e de N (29%), o restante do tempo, o vento sopra de NW, W e WNW. A velocidade do vento é moderada (49%) ou fraca (33%). Ocorrência de vento forte é pouco frequente (3%).

Às 6h, o vento fraco sopra de N, NNW ou NNE (25 dias). Ao longo da manhã, distingue-se, tal como nas outras estações, 2 tipos de dias. Por uma lado, os dias em que o vento moderado sopra de NNW e por outro lado, dias em que o vento é fraco e que sopra de W, WNW ou NW. Quando o vento sopra desses últimos rumos, o vento não se

reforça ao longo do dia, enquanto em dias em que o vento sopra NNW, observa-se um aumento do vento durante a tarde. No fim da tarde, nota-se a rotação do vento para N.

Cabo da Roca

No Cabo da Roca, o vento sopra mais forte do que a Norte da Serra de Sintra, com uma ocorrência de vento forte em 45% dos dias e 7% com vento muito forte. O vento sopra essencialmente de NNW (38%) e de N (43%). Com menor frequência, observa-se vento de NW (9%) e NNE (3%). Ventos de rumo SSW, WSW, W e WNW representam 5 % das ocorrências.

Às 6h, o vento é geralmente moderado (10 dias) ou forte (15 dias), soprando de N, NNE ou NNW. Nos dias em que o vento sopra de outros rumos, a velocidade do vento é fraca. Às 9h, observa-se uma rotação para a esquerda do vento de NNE, que roda para N e NNW, representando 27 dos 34 dias. Ao meio-dia, nos dias em que o vento sopra de N (11 dias), o vento é moderado, forte, ou muito forte. Nos dias com vento de NNW este sopra com intensidade variável e os restantes rumos são fracos. A situação mantém-se ao longo da tarde, com apenas uma rotação para a direita nos dias com vento fraco de SW e WSW para W. No fim do dia, a partir das 18h, observa-se um reforço do vento, com 15 dias com vento forte e 4 dias muito forte, soprando de NNW e N.

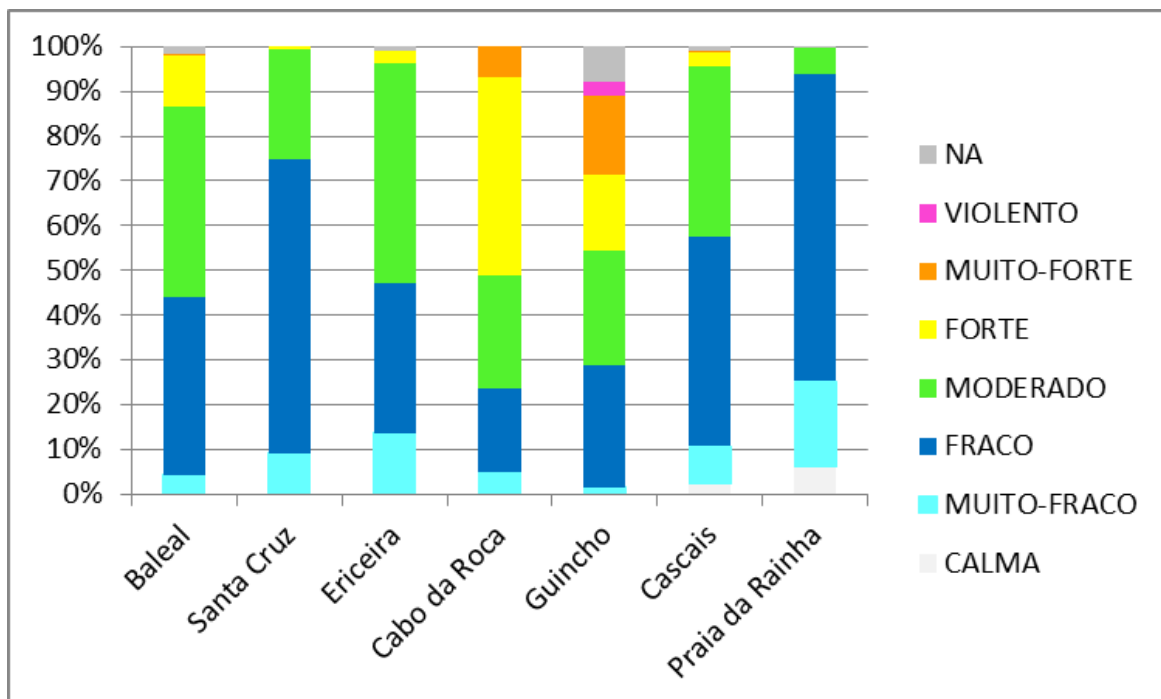
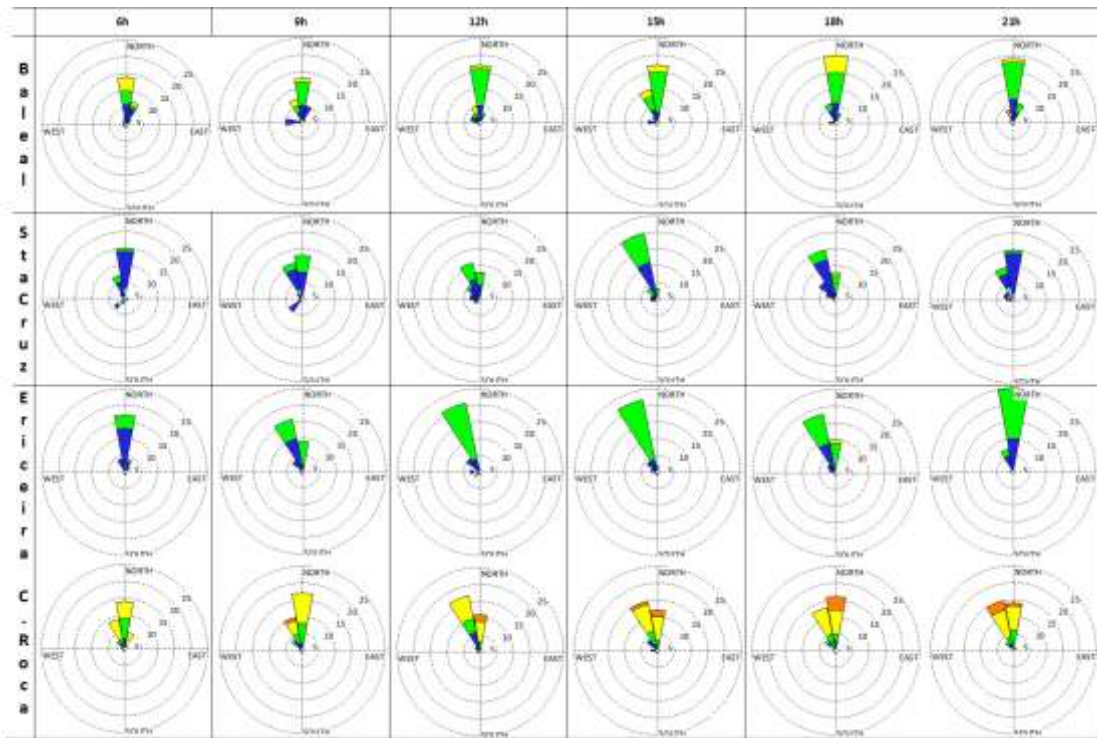


Figura 5.9 – Frequência (em %) de classes de velocidade do vento em dias com vento do quadrante 3 a 850hPa. São consideradas todas as horas da observação (34 dias, das 6 às 21h50, vento médio de 10 em 10 minutos)

Quadro 5.11 - Número de dias com vento médio por classes de velocidade, em nós, para os 34 dias com vento a 850 hPa do quadrante 3 (médias de 10 minutos, das 6h às 21h50).

	Muito fraco (0-3 nós)	Fraco (4-9 nós)	Moderado (10-16 nós)	Forte (17-25 nós)	Muito forte (25-40 nós)	Violento (>40 nós)
Peniche	0	0	25	8	1	0
Santa Cruz	0	7	22	5	0	0
Ericeira	0	5	20	9	0	0
Cabo da Roca	0	2	6	10	16	0
Guincho	0	1	5	10	13	5
Cascais	0	2	22	9	1	0
Praia da Rainha	0	14	20	0	0	0



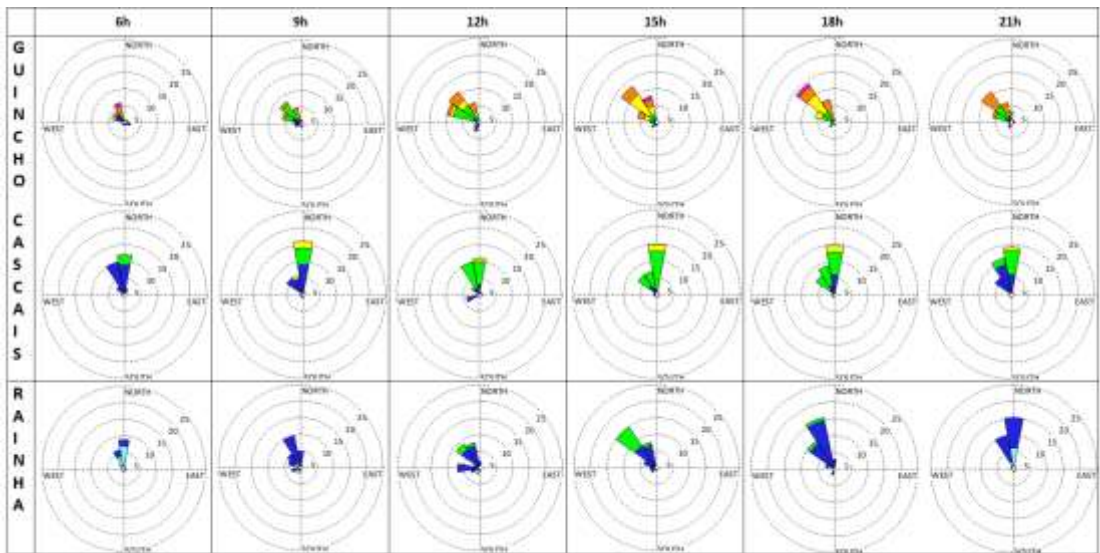
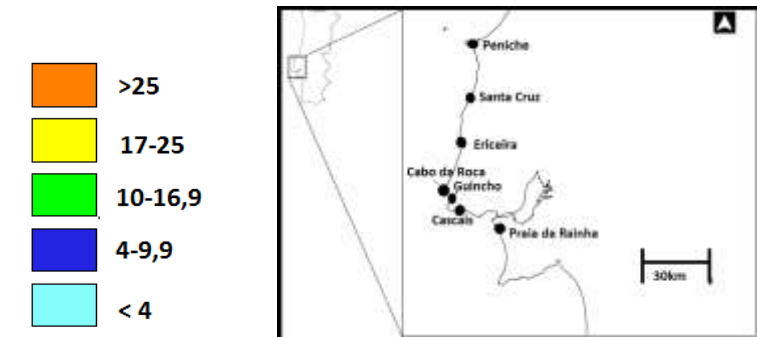


Figura 5.10 – Frequência de ocorrência (dias) e velocidade média de cada rumo (em nós), em sete estações meteorológicas da área de estudo, às 6, 9, 12, 15, 18 e 21h, para 34 dias com vento a 850 hPa do quadrante 3



Quadro 5.12: a rotação do vento ao longo do dia por classes, em graus, para os 34 dias com vento a 850hPa do quadrante 3 (considerando às médias de 10 minutos, das 6 às 21h50)

	Rotação muito fraca	Rotação fraca	Rotação moderada	Rotação forte	Rotação muito forte
	<15°	15-45°	45-90°	90-150°	>150°
Baleal	1	12	10	6	5
Santa Cruz	0	14	7	6	7
Ericeira	0	13	9	5	7
Cabo da Roca	0	15	14	2	3
Guincho	2	5	8	10	9
Cascais	0	3	10	6	15
P. da Rainha	0	1	8	8	17

Guincho

No Guincho, o vento sopra sobretudo de WNW (21%), NW (34%) e NNW (21%). Em cerca de 20 % dos dias incluídos neste quadrante o vento sopra entre o rumo SSE e W. Nestes dias, o vento é fraco, enquanto quando sopra de WNW, NW ou N, a sua velocidade é variável, podendo ser fraca e moderada, mas igualmente forte e muito forte. Existem 3% de casos com vento superior a 40 nós. Quando o vento sopra de N, é sempre superior a 17 nós.

Às 6h, o vento é geralmente fraco, de direcção variável. No entanto, observam-se 3 dias com vento muito forte e um dia com vento violento. Às 9h, existe uma quantidade de dias com vento fraco, soprando de S (3 dias) e W; nos dias em que o vento sopra de WNW, NW ou NNW, o vento é fraco ou moderado e 4 dias tiveram vento muito fortes. Ao meio-dia constata-se um aumento da velocidade do vento, com 7 dias de vento muito forte. No entanto, em 8 dias, o vento é fraco, soprando entre o S e o W. Existe uma quantidade de dias de vento moderado de WNW e NW (12 dias). Ao longo da tarde, o vento continua a reforçar-se nos dias com vento de WNW, NW e NNW, enquanto os dias de quadrante S continuam apresentando vento fraco, rodando para a direita. No fim do dia, o vento roda ligeiramente para a direita.

Cascais

Em Cascais, o vento predominante nos dias do quadrante 3 sopra de N (40%), NNW (25%), NW (16%) e às vezes de NNE (4%). O vento entre o rumo SW e WNW é pouco frequente. A velocidade do vento é fraca (47%) ou moderada (38%) e às vezes forte (3%).

Às 6h, o vento é fraco e sopra sobretudo de N (12 dias), NNW (10 dias). Existem 5 dias de calmas. Ao longo da manhã, a situação evolui pouco, verificando-se apenas o desaparecimento das calmas e a aparição de vento muito fraco de S; observa-se igualmente 1 dia de vento forte de NNW e 2 de N. Às 15h, o aumento da velocidade do vento é considerável. Existem mais dias com vento moderado ou forte de NW, NNW ou N (24 dias). Tal como nos outros locais analisados, observa-se a existência de 4 dias em que o vento sopra de S, SW ou W. No fim da tarde, observa-se uma diminuição da velocidade do vento e uma rotação para a direita.

Praia da Rainha

Na praia da Rainha, os ventos mais frequentes sopram de NNW (32%), NW (20%) e N (13%). Nos restantes casos, o vento sopra entre o rumo SSW e WNW. O vento é globalmente fraco (69%) e ultrapassa os 10 nós em apenas 6% das ocorrências. Constata-se que é nos dias incluídos neste quadrante que o vento é mais forte na praia da Rainha.

Às 6h, o vento é geralmente muito fraco ou inexistente (30 dias), soprando de N (9 dias) ou NNW (6 dias). Ao longo da manhã, o vento reforça-se ligeiramente, ou roda ligeiramente para a esquerda e, tal como nos outros locais analisados, observa-se um conjunto de dias em que o vento sopra entre o rumo S e W (7 dias às 9h). Durante a tarde, a velocidade do vento continua a aumentar e roda para NW. Contabilizam-se 8 dias em que o vento é moderado, soprando de NW ou NNW.

5.2.4.2 Síntese: regime do vento nos dias do quadrante 3

Nos dias com vento sinóptico do quadrante 3 (entre W e N), existem diferentes regimes de vento

Em 6 dias, o vento sinóptico sopra de W ou WNW ($270-300^{\circ}$, 23/6, 18/7, 30/7, 16/8, 24/8) ou tem uma velocidade elevada (16/8). Estes dias apresentam características dos dias com vento sinóptico do quadrante 4. O céu está nublado (quadro 5.4) e o vento não ultrapassa os 17 nós nos locais analisados.

Noutro tipo de dia (14 dias), com vento sinóptico de quadrante 3 entre 270 e cerca de 335° (2/7, 10/7, 24/7, 29/7, 31/7, 11/8, 13/8, 14/8, 22/8, 23/8, 2/9, 10/9, 12/9, 14/9), o vento à superfície, moderado ou forte, sopra de NW ou NNW. No Guincho, o vento não sopra muito mais forte do que nas outras praias da área de estudo. Na maioria dos casos, o vento médio ronda os 17-24 nós, assim como no Cabo da Roca e em Cascais. Em vários dias (31/7, 24/8, 2/9 e 12/9), no Baleal, a velocidade média do vento ultrapassa 15 nós. Na Costa da Caparica, o vento nestes dias é moderado, atingindo 10 nós na praia da Rainha.

Finalmente, tal como no quadrante 1, existem 5 dias (30/5, 31/5, 7/7, 28/7, 1/9) em que o vento é muito acelerado no Guincho em comparação aos outros locais considerados na análise, com um vento violento, igual ou superior a 41 nós. Nestes dias, embora haja um vento forte em Cascais, observa-se a ocorrência de vento soprando de S durante alguns momentos do dia, o que pode corresponder a “rotors”.

Essa aceleração do vento no Guincho acontece igualmente noutros dias com vento sinóptico do quadrante 3, embora menos “exagerado”. Assim, observa-se uma ligeira aceleração do vento NW e NNW à tarde ou ao fim da tarde (21/7, 27/7, 17/8, 3/9).

Com vento sinóptico do quadrante 3, a dinâmica do vento na área de estudo pode alterar –se muito rapidamente, sendo que o vento pode aumentar e diminuir de velocidade muito rapidamente (22/7, 26/7).

5.3 Conclusão

Os registos de vento das estações meteorológicas utilizadas, em 7 locais distintos do litoral, entre Peniche e a Caparica, revelou a existência de características estivais (diurnas) semelhantes, mas também a grande diversidade de regimes locais, não só no que diz respeito aos rumos dominantes, mas também à velocidade do vento e à sua rotação durante o dia. Verificou-se a predominância do vento NW, NNW e N. No entanto, foram identificados casos em que a direcção do vento apresenta uma rotação importante ao longo do dia, outros em que, localmente, ocorre uma importante aceleração, outros ainda em que esta não tem lugar.

Nas estações a N da Serra dominam os ventos de N e NNW, com fraca rotação durante o dia. A sul da Serra de Sintra, pelo contrário, o rumo dominante tem uma componente de W mais marcada (NW, W, e mesmo SW) e a rotação diurna do vento é mais frequente. Os ventos mais velozes ocorrem no Cabo da Roca e a sotavento da Serra de Sintra, ou seja a Sul da mesma, particularmente no Guincho, devido a efeitos térmicos e orográficos. A sul do estuário do Tejo, na Praia da Rainha, o vento é mais fraco e de direcção mais variável.

Dada a importância da direcção e da intensidade do vento sinóptico para o regime do vento à superfície, foi feita uma classificação baseada no rumo do vento a 850hPa, às 6h UTC. Os rumos foram classificados em quadrantes, utilizando a classificação proposta por Bernot (2007) e Herlédant (2011), tendo sido analisado o vento à superfície, em função do vento sinóptico de cada um dos quadrantes.

Nos quadrantes 2 e 4, a acção da Serra de Sintra no vento é menor do que nos quadrantes 1 e 3.

Com vento sinóptico do quadrante 2 (E a S), os regimes de vento na área de estudo são caracterizados pela rotação do vento ao longo do dia, mais marcada nas praias a sul da Serra de Sintra, onde aquela atinge ou ultrapassa 180^o. Estes dias são indicados para as diferentes actividades náuticas, consoante a modalidade e o local. O windsurf e o

kitesurf podem ser praticados à tarde no Guincho ou, em alguns casos, na Ericeira. As atividades requerendo menos vento podem ser praticadas idealmente de madrugada ou de manhã, quando o vento é mais fraco e sopra de terra.

Os dias do quadrante 4 (S a W) são caracterizados por nebulosidade e vento fraco ou moderado, com uma velocidade do vento média inferior a 17 nós, e não são adequados para a prática de windsurf ou kitesurf. No entanto, a velocidade do vento pode aumentar bastante durante a tarde ou no fim da tarde em dias de céu limpo.

Nos dias do quadrante 1 (ventos de N a E) pode existir, ou não, uma rotação considerável do vento. No primeiro caso, embora o vento sopra de N e de NNW a N da Serra, existe rotação do vento a Sul da mesma: por exemplo em Cascais e na Praia da Rainha podem ocorrer fenómenos de brisa com rotação do vento até 180°. No segundo caso, praticamente não há modificação do rumo do vento durante o dia, sendo ausentes os rumos S, SSW, SW e WSW a sul da serra de Sintra, e podendo o vento ser bastante forte à tarde no Guincho. Estes dias são favoráveis para a prática de windsurf e kitesurf em vários locais da área. O Guincho surge como o local mais indicado no que diz respeito ao vento, mas existem igualmente dias adequados na Ericeira e em Peniche, durante a tarde.

Finalmente, nos dias com vento sinóptico do quadrante 3 (entre W e N), existem diferentes regimes de vento. Em frequentes casos, o vento pode ser muito forte de NW ou NNW, particularmente na praia do Guincho, embora com grandes flutuações de velocidade ao longo do dia. Em comparação com os dias do quadrante 1, estes dias não são todos favoráveis para a prática de windsurf e kitesurf, sendo que existem casos em que a velocidade do vento não alcança os 17 nós. Pelo contrário, noutros dias de vento muito forte mencionados acima, existe a possibilidade de praticar estas modalidades igualmente na Ericeira, no Baleal e, em alguns casos, na Costa da Caparica.

Dos diversos tipos de dias estudados, referiremos aqui três, em maior pormenor: dias com importante rotação do rumo do vento à superfície, dias de vento fraco (inferior a 17 nós) e o caso particular dos dias de vento sinóptico no limite entre os quadrantes 1 e 3 (330°-20°)

5.3.1 Dias com importante rotação do rumo do vento à superfície

Os dias com vento sinóptico dos quadrantes 2 e 1 são caracterizados por uma rotação do vento ao longo do dia. A sul da Serra de Sintra, a rotação do vento é mais importante do que nas praias a Norte da mesma.

Nos dias do quadrante 2, a velocidade máxima do vento ocorre à tarde, entre as 12 e as 15h, diminuindo depois ao fim do dia. É pouco frequente existir vento forte no fim do dia na área de estudo, com a excepção de alguns casos isolados no Guincho e em Cascais. Enquanto a direcção ao longo do dia a norte da serra e no Cabo da Roca oscila entre os rumos NE e NW, no Guincho, o vento passa de SE de madrugada para WNW à tarde. Em Cascais e na Praia da Rainha, quase todos os rumos ocorrem ao longo do dia. Pelo contrário, com vento sinóptico do quadrante 1, nos dias em que existe uma rotação considerável do vento ao longo do dia, verificou-se regularmente a ocorrência de vento forte de rumo N, ao fim do dia no Guincho e em Cascais. A norte da Serra, observa-se uma velocidade do vento superior à dos dias do quadrante 2, atingindo uma velocidade moderada ou forte à tarde.

Finalmente, com vento sinóptico do quadrante 4, verificou-se a existência de dias em que o vento apresenta uma rotação considerável e um reforço da velocidade à tarde. Correspondem a dias em que o vento a 850 hPa é muito fraco. Num trabalho anterior (Vermeersch, 2011), corresponderiam aos grupos, M, N, O e P.

5.3.2 Dias de vento fraco (< 17 nós)

Neste grupo, distinguem-se os dias em que o vento médio não ultrapassou 17 nós em nenhuma estação meteorológica e correspondem globalmente aos dias que não foram adequados para a prática de windsurf ou kitesurf. No período analisado, ocorreram 22 dias deste tipo.

São na maioria dias em que o vento a 850hPa sopra do quadrante 4 (10/6, 22/6, 3/7, 9/7, 12/8, 26/8, 27/8, 31/8, 9/9 e 13/9). Os dias do quadrante 3, próximo do limite do quadrante 4, ou seja 270^0 (23/6, 30/7, 16/8, 22/8, 23/8), ou quando o vento aos 850hPa sopra com mais intensidade do quadrante 3 não são favoráveis à ocorrência de ventos moderados ou fortes à superfície (15/8). Há dias nublados neste grupo, que correspondem igualmente a dias de vento fraco (18/7, 30/7, 9/8, 5/9, 29/9).

5.3.3 Dias de vento sinóptico no limite entre os quadrantes 1 e 3 (330^0 - 20^0)

Nestes casos, na parte Norte da área de estudo, existe fraca rotação ao longo do dia do rumo do vento (moderado ou forte) . O vento sopra paralelamente ao litoral; neste caso, a serra de Sintra é um importante obstáculo ao fluxo, fazendo um ângulo recto com a direcção do vento. Os efeitos topográficos são importantes e existem diferentes cenários observados a sul da Serra, que podem evoluir rapidamente.

Vento muito acelerado no Guincho durante a maior parte do dia

No período analisado, existem 13 dias em que o vento soprou particularmente forte no Guincho, registando uma velocidade média (10min) superior a 40 nós, dos quais 2 dias em que o vento ultrapassou 48 nós. Nesses dias, as outras estações indicam um vento moderado entre 10 e 17 nós. Também no Cabo da Roca, a velocidade do vento é claramente inferior à registada no Guincho (20-30 nós). A direcção do vento no Guincho varia pouco, soprando de NNW (330-340°). Nas outras estações meteorológicas, a direcção é igualmente constante, variando pouco ao longo do dia. Consoante o dia e o sítio, a direcção varia entre os 330 e os 360°. Estes dias correspondem aos dias classificados no grupo A e B por Vermeersch (2011).

As sondagens de Lisboa às 12h indicam um vento Norte moderado perto da superfície, variando pouco com a altitude. Constata-se um aumento da velocidade do vento nos primeiros 500m. As temperaturas perto da superfície variam entre 20 e 25°C durante o dia, mas existe sempre uma inversão entre 500 e 700m.

Vento muito acelerado no Guincho de madrugada e no fim do dia.

Em vários dias com vento sinóptico do limite dos quadrantes 1 e 3, observa-se uma acentuada aceleração do vento no Guincho no decurso da noite. Com efeito, analisando somente o vento nas horas de luz, entre as 6 e as 22h, nota-se uma forte diminuição do vento, simultaneamente com o aquecimento diurno. A diminuição do vento é acompanhada por uma rotação para a esquerda, passando de N ou NNW para NW possivelmente por efeito térmico. Nas outras estações da área de estudo, a evolução do vento ao longo do dia é muito menos brusca, com um vento de NNW ou N moderado ou forte. Estes dias correspondem aos dias do grupo C de Vermeersch (2011).

Vento pouco acelerado no Guincho

Alguns dias com vento sinóptico no limite dos quadrantes 1 e 3, nos quais não existe uma aceleração óbvia no Guincho. Nestes dias, o vento em toda a área de estudo sopra de NW, NNW ou N e observa-se pouca rotação ao longo do dia.

Os regimes de vento identificados neste capítulo serão comparados com diferentes modelos de previsão de forma a avaliá-los e obter uma melhor compreensão dos diversos fenómenos meteorológicos, que actuam a várias escalas espaciais e temporais.

Capítulo 6: Avaliação dos modelos numéricos de previsão

A análise realizada no capítulo 5 permitiu identificar vários padrões das características do vento em cada praia, consideradas em função do vento sinóptico às 6h. Neste capítulo, será desenvolvida uma metodologia experimental aplicável à prática de actividades náuticas, para a verificação das diferentes simulações do vento e para a detecção e interpretação de eventuais erros de simulação face à realidade observada. Serão avaliadas a qualidade das previsões meteorológicas calculadas pelos modelos numéricos e da previsão do vento à superfície pelos modelos disponibilizados pela *Windguru* (*Weather, Research and Forecasting*, WRF 9km,) e pela *Predictwind* (*Predictwind*, corrido com as condições iniciais do modelo canadiano CMC; PWC 1km, *Predictwind*, corrido com as condições iniciais do modelo americano GFS PWG 1km), apresentados e descritos no capítulo 4. A avaliação dos modelos será feita para os locais seguintes: Baleal, Ericeira, Guincho, Cascais e Praia da Rainha, onde se pratica vela, kitesurf, ou windsurf durante o verão e para os quais existe maior volume de dados de observação anotados pelo autor deste trabalho e adicionalmente fornecidos por praticantes dos referidos desportos. Estão descritos no capítulo 2.

Para a validação de um modelo numérico, são geralmente utilizados indicadores estatísticos tais como o erro quadrático médio (*root mean square error*, RMSE) e o

enviesamento (BIAS) (de Foy *et al.*, 2009; Herlédant, 2011; Steele *et al.*, 2015) para avaliar a precisão e a fiabilidade das simulações.

Constata-se, através do quadro 6.1, que os modelos PWC e PWG indicam globalmente uma previsão mais fiável do que o modelo WRF para os locais localizados a sul da Serra de Sintra.

Quadro 6.1 Erro quadrático médio (RMSE) e enviesamento (BIAS) da velocidade (nós) e direcção (graus) do vento para 1520h entre Maio e Setembro de 2015 (95 dias entre as 6 e as 21h).

PWC – modelo Predictwind 1km, corrido com as condições iniciais do modelo CMC
 PWG – modelo Predictwind 1km, corrido com as condições iniciais do modelo GFS
 WRF – modelo *Weather Research and Forecasting* 9km

Local	Modelo	Velocidade		Direcção	
		RMSE	BIAS	RMSE	BIAS
Baleal	PWC	19,7024	0,894658		38,45467
	PWG	19,10211	0,090898		38,01106
	WRF	20,30609	1,071829		-25,3188
Ericeira	PWC	23,09261	3,473519		-14,5645
	PWG	19,46872	3,075423		-11,0156
	WRF	12,95902	1,723031		-104,937
Guincho	PWC	65,59655	-2,32789		-31,6911
	PWG	90,97832	-2,22816		-37,1048
	WRF	60,67236	-2,96382		-84,886
Cascais	PWC	22,27581	2,431127		5,96289
	PWG	22,26593	2,372605		6,222137
	WRF	40,64825	4,867145		-23,5376
P. Rainha	PWC	36,55722	5,071804		-14,1964
	PWG	37,17057	5,12351		-18,7849
	WRF	34,46409	4,968445		-21,0129

No entanto, o RMSE e o BIAS, para a totalidade das amostras, não permitem identificar as falhas de cada modelo ao longo do dia (quadro 6.1). Por este motivo, foi também desenvolvida uma avaliação experimental para identificar os erros da previsão em função da hora do dia. Tal como na secção 5.2, a comparação e a avaliação dos modelos foi feita por classes de dias, agrupados em função do vento sinóptico à mesma hora (6h UTC).

6.1 Metodologia da avaliação dos modelos de previsão

Para avaliar os diferentes modelos de previsão de forma metódica, foram definidas 5 classes para avaliar a velocidade do vento prevista e 4 classes para avaliar sua direcção. Para a avaliação da velocidade do vento simulado, foi adaptada a metodologia de

Germann and Zawadzki, 2004 e Katzfey *et al.*, 2009 que considera classes de intervalo crescente da velocidade do vento. São utilizadas as mesmas classes definidas no Capítulo 5, mas, para evitar a separação de valores próximos do limite da classe, foram estabelecidas classes sobrepostas (quadro 6.2). Se a velocidade do vento observada e a velocidade do vento simulada ficarem na mesma classe, a previsão é avaliada como correcta. Se a velocidade do vento simulada estiver uma classe acima/abaixo, a previsão é definida como *sobrestimada/subestimada*. Se o vento simulado estiver duas ou mais classes acima/abaixo, a previsão é definida como muito *sobrestimada/ muito subestimada*. Esta avaliação torna-se muito útil para o desportista, porque permite identificar erros repetidos pelos diferentes modelos às várias horas dos dias considerados. Esta identificação dos erros pode permitir antecipar uma previsão errada, evitando a deslocação para a praia em casos em que a previsão indica vento forte, ou pelo contrário, antecipar dias com bom potencial para a prática da modalidade, enquanto a previsão não é indicada.

Quadro 6.2 Classificação da velocidade do vento para a avaliação das simulações.

Inspirado de Katzfey *et al.*, 2009.

Velocidade do vento em nós	Classe
0-5	1
3-11	2
8-19	3
15-28	4
22-46	5
≥33	6

Para a avaliação da previsão da direcção do vento, foi estabelecida uma classificação, descrita no quadro 6.3, que permitiu determinar o grau de erro das diferentes previsões. Se o ângulo entre o vento observado e o vento previsto for inferior a 15° , a simulação é considerada “*correcta*”. Se o ângulo entre o vento observado e o vento previsto estiver compreendido entre -16 e -60° , a previsão é avaliada como “*mais à direita*”. Se o ângulo entre o vento observado e o vento simulado for entre 16 e 60° , a previsão é avaliada como “*mais à esquerda*”. Finalmente, se a diferença for superior a 60° , a previsão da direcção do vento é considerada “*errada*”.

Quadro 6.3 - Avaliação da previsão da direcção do vento à superfície: diferença (em graus) entre o vento observado nas estações meteorológicas e o vento previsto.

Inspirado de Katzfey et al., 2009.

Observação-previsão	Qualidade da previsão
-15 a 15 ^o	Correcta
-60 a -15 ^o	Mais à direita
15 a 60 ^o	Mais à esquerda
Superior a 60 ou inferior a -60 ^o	Errada

6.2 Avaliação dos modelos numéricos em função do vento a 850hPa

6.2.1 A previsão nos dias com vento sinóptico do quadrante 2 (vento a 850hPa entre E e S)

A previsão nos dias com vento sinóptico do quadrante 2 (vento a 850hPa entre E e S) Os dias do quadrante 2 são caracterizados por uma rotação do vento ao longo do dia. Várias constatações foram feitas na secção 5.2.1. A rotação é fraca ou moderada entre os rumos NE e NNW no Baleal e na Ericeira ao longo do dia, com velocidade máxima geralmente registada à tarde. A Sul da Serra, a rotação do vento é mais pronunciada, observando-se uma evolução semelhante na velocidade do vento ao longo do dia, com a velocidade máxima do dia igualmente registada à tarde.

Baleal (Peniche)

Os modelos simulam relativamente bem a velocidade do vento para o Baleal (quadro 6.4), obtendo-se valores relativamente próximos das observações *in situ*, com uma alta percentagem de simulação correcta, entre 67 e 90%. De manhã, quando o vento é fraco ou moderado (figura 5.4), observa-se uma subestimação da velocidade do vento (cerca de 15%), mais frequente para o modelo PWG (28%). À tarde e no fim do dia, todos os modelos simulam adequadamente a velocidade do vento, geralmente moderada, com a velocidade correctamente simulada em 90% dos casos.

Quadro 6.4 – Avaliação das simulações ao longo do dia para 20 dias do quadrante 2.

Velocidade do vento: OK – Correcta; SUB – Subestimada; MSUB – Muito subestimada; SOBR – Sobrestimada; MSOBR – Muito Sobrestimada.

Direcção do vento: OK – Correcta; ESQ – Esquerda; DIR – Direita; INC – Incorrecta
PWC – *Predictwind* CMC; PWG – *Predictwind*; WRF – *Weather Research Forecasting*

Local	Hora	Modelo	Velocidade do Vento					Direcção do vento			
			OK	SUB	MSUB	SOBR	MSOBR	OK	ESQ	DIR	INC
Baleal	Manhã	PWC	81	14	0	4	2	46	9	35	11
		PWG	67	28	0	4	2	37	11	26	26
		WRF	74	17	1	5	2	53	10	20	17
	Tarde	PWC	88	5	0	8	0	53	11	8	29
		PWG	84	8	1	8	0	50	12	10	29
		WRF	86	7	0	7	0	56	17	8	19
	Fim do dia	PWC	87	1	0	11	0	43	10	15	32
		PWG	90	1	0	9	0	54	14	17	15
		WRF	90	1	0	9	0	60	7	21	13
Ericeira	Manhã	PWC	88	10	0	2	0	19	4	52	25
		PWG	79	15	2	4	0	15	13	37	35
		WRF	82	12	4	2	0	16	6	58	20
	Tarde	PWC	90	1	0	9	0	56	8	30	6
		PWG	91	2	0	6	0	63	7	24	6
		WRF	92	6	0	2	0	39	8	50	2
	Fim do dia	PWC	81	0	0	17	3	58	5	18	19
		PWG	85	1	0	11	3	58	5	22	15
		WRF	93	4	0	3	0	35	1	61	3
Guincho	Manhã	PWC	40	36	24	0	0	11	22	15	52
		PWG	38	37	24	1	0	15	27	11	47
		WRF	72	9	6	11	2	8	5	20	67
	Tarde	PWC	64	22	4	7	2	28	13	50	8
		PWG	62	27	4	5	1	35	16	41	8
		WRF	65	24	2	8	0	8	6	64	23
	Fim do dia	PWC	51	4	0	37	8	11	5	42	41
		PWG	46	6	0	32	15	5	7	48	40
		WRF	59	8	0	27	6	3	4	48	45
Cascais	Manhã	PWC	82	2	0	16	0	27	12	19	42
		PWG	78	6	0	16	0	16	19	20	46
		WRF	58	2	0	37	2	17	7	15	60
	Tarde	PWC	74	1	0	22	3	29	20	21	30
		PWG	77	1	0	19	3	26	33	18	22
		WRF	57	0	0	34	9	17	2	30	51
	Fim do dia	PWC	59	0	0	36	6	44	10	13	33
		PWG	60	0	0	30	10	46	4	15	35
		WRF	59	0	0	36	6	47	6	32	15
P. Rainha	Manhã	PWC	47	0	0	52	1	18	13	26	43
		PWG	59	0	0	41	0	18	10	28	44
		WRF	59	0	0	40	1	12	9	16	63
	Tarde	PWC	70	0	0	28	1	22	34	11	34
		PWG	64	0	0	35	1	26	34	15	26
		WRF	46	2	0	46	6	7	4	41	48
	Fim do dia	PWC	3	0	0	79	18	29	14	11	46
		PWG	8	0	0	72	21	39	6	11	44
		WRF	81	4	0	15	0	8	5	28	59

A direcção do vento só é bem simulada em cerca de 50% das horas consideradas (quadro 6.4). Os modelos indicam percentagens de erros similares, embora o modelo WRF sugira uma simulação ligeiramente melhor.

Ericeira

Na Ericeira, a velocidade do vento nos dias do quadrante 2, tal como no Baleal, é bem simulada pelos modelos considerados. Observa-se (quadro 6.4) apenas uma ligeira subestimação da velocidade do fluxo durante a manhã, respectivamente 10% para o modelo PWC, 15% para o modelo PWG e 12% para o modelo WRF. Pelo contrário, nota-se uma sobrestimação do vento no fim do dia, de uma média de 10%.

A previsão da direcção apresenta falhas mais importantes. De manhã, a percentagem de direcção do vento bem simulado é baixa, cerca de 15-20% dos casos e a simulação aponta para uma direcção do vento mais à direita. À tarde, observam-se melhores resultados, sobretudo para os modelos PWC (56%) e PWG (63%), sendo modelizada a rotação para NNW, tal como realmente acontece (figura 5.4). O modelo WRF apenas acerta em 35% das horas do período da tarde. Os três modelos simulam tendencialmente um vento mais à direita, ou seja, mais próximo de N do que o efectivamente verificado na estação meteorológica. No fim do dia, a avaliação indica resultados similares aos da tarde.

Guincho

A velocidade do vento é pior simulada no Guincho do que a norte da serra de Sintra. De manhã, a velocidade é subestimada ou muito subestimada, sobretudo pelos modelos PWC e PWG. O modelo WRF é mais fiável, com 72% das simulações aprovadas. À tarde, as simulações são mais fiáveis no conjunto, com cerca de 65% de vento correctamente simulado para os 3 modelos, embora os valores indiquem uma subestimação de cerca de 25%. Ao fim do dia (quadro 6.4), ao contrário da manhã e da tarde, nota-se uma sobrestimação (forte em alguns casos) da velocidade do vento, sobretudo pelos modelos PWC (45%) e PWG (47%). Enquanto a figura 5.5 indica uma diminuição do vento, no fim do dia, os três modelos simulam uma velocidade do vento muito mais elevada.

A avaliação da direcção do vento indica simulações pouco fiáveis, com erros frequentes de manhã e no fim do dia. De manhã, a taxa de sucesso é de apenas 11% para o modelo PWC, 15% para PWG e 8% para WRF. No entanto, os modelos PWC e PWG assinalam um erro absoluto menor do que o modelo WRF, que indica uma simulação incorrecta

em 67% dos casos. À tarde, as simulações indicam resultados ligeiramente melhores para os modelos PWC (28%) e PWG (35%), enquanto o modelo WRF simula apenas uma direcção correcta em 8% dos casos. As simulações dos 3 modelos têm tendência para prever um vento mais à direita, ou seja, um rumo mais próximo de NNW ou de N do que o rumo WNW e NW observado. No fim do dia, essa tendência mantém-se e os erros de simulação superiores a 60° são consideráveis (> a 40%).

Cascais

Em Cascais, as simulações da velocidade do vento dos modelos PWC e PWG são melhores do que no Guincho e, pelo contrário, o modelo WRF tem uma menor percentagem de sucesso. De manhã e no que diz respeito à velocidade do vento, os modelos PWC e PWG simulam, respectivamente, de modo correcto, 82 e 78% dos casos, contra 58% pelo modelo WRF. Existe uma tendência em sobrestimar a velocidade do vento, essencialmente no caso das simulações WRF. Esta sobrestimação é igualmente visível à tarde e no fim do dia.

No que diz respeito à simulação da direcção do vento, os modelos PWC e PWG são ligeiramente mais fiáveis do que o modelo WRF de manhã e à tarde. No entanto, tal como no Guincho, existe uma percentagem considerável de amostras com simulação errada, entre 20 e 60% em função do modelo. No fim do dia, a taxa de sucesso para os 3 modelos é cerca de 45%.

Praia da Rainha

Na praia da Rainha, tal como no Guincho e em Cascais, a simulação da velocidade do vento é menos precisa do que a norte da Serra. De manhã e à tarde, a velocidade do vento é relativamente bem simulada, com uma taxa de sucesso de 46 a 70%, dependendo do modelo. O vento fraco é sobrestimado em muitos casos pelos modelos numéricos. Essa sobrestimação da velocidade do vento é sistemática no fim do dia, no caso dos modelos PWC e PWG, que indicam uma sobrestimação, em alguns casos importante, da velocidade em 97 e 93% dos casos, respectivamente. O modelo WRF é muito mais fiável no que diz respeito à simulação da velocidade do vento no fim do dia (81% de previsões correctas).

Constata-se que a direcção do vento simulada na praia da Rainha não apresenta elevadas percentagens de sucesso, sendo inferior a 39%. Globalmente, observa-se uma melhor simulação dos modelos PWC e PWG, embora simulem um vento mais à direita de

manhã e um vento mais à esquerda à tarde. O modelo WRF tem uma baixa percentagem de sucesso todo o dia.

6.2.2 Avaliação da previsão do vento à superfície nos dias com vento sinóptico do quadrante 4 (vento a 850hPa entre S e W)

Os dias do quadrante 4 são caracterizados por uma velocidade do vento mais fraca na área de estudo, comparativamente aos outros quadrantes, sendo assim menos favoráveis para desportos náuticos, que requerem um vento mais forte (windsurf, kitesurf),

Baleal

No Baleal, a velocidade do vento é simulada de forma correcta, com uma taxa de sucesso de 80-90% ao longo do dia (quadro 6.5). O modelo PWG indica uma ligeira subestimação da velocidade do vento de manhã e à tarde. O modelo WRF dá uma previsão ligeiramente menos fiável de manhã, com apenas 66% de taxa de sucesso, valor que aumenta para 78% à tarde.

No que diz respeito à direcção do vento, a previsão tem falhas consideráveis, com uma taxa de sucesso entre 25 e 40%, em função do modelo. No fim do dia, o modelo WRF destaca-se, com uma percentagem de sucesso mais elevada (57%) do que os modelos PWC (33%) e PWG (37%).

Ericeira

Na Ericeira, tal como no Baleal, os modelos simulam correctamente a velocidade do vento, com uma percentagem de sucesso de cerca de 80%. Apenas no fim do dia, os modelos PWC e PWG são menos fiáveis, com 67% de vento correctamente simulado. O vento é sobrestimado pelos 3 modelos o restante do tempo.

No que diz respeito à direcção do vento na Ericeira, o modelo PWG indica resultados mais fiáveis do que os outros modelos, embora apenas acerte em metade das horas avaliadas. Observa-se que o modelo WRF apresenta frequentemente uma simulação mais à direita do que o vento observado

Guincho

No Guincho, a percentagem de sucesso dos modelos é mais baixa do que no Baleal e na Ericeira, rondando os 70%. De manhã, aqueles têm tendência em subestimar a velocidade do vento. À tarde, o vento tanto pode ser subestimado como sobrestimado (quadro 6.5). No fim do dia, os modelos PWC e PWG sobrestimam a velocidade do

vento nos casos incorrectos (24%), enquanto o modelo WRF é ligeiramente mais fiável, com 84% de sucesso.

No que diz respeito à direcção do vento, a percentagem de erro é muito mais elevada em comparação com os locais a norte da Serra de Sintra, com uma taxa de sucesso apenas entre 11 e 29% e uma percentagem elevada de simulações erradas, entre 22 e 54% segundo o modelo e a hora do dia. De manhã, a percentagem de erro é mais alta do que à tarde e ao fim do dia, com metade das amostras indicando um erro superior a 60°. À tarde e ao fim do dia, a simulação da direcção é mais correcta pelos modelos PWC e PWG, do que pelo modelo WRF. No entanto, todos os modelos simulam regularmente um vento mais à direita do que as observações *in situ*.

Quadro 6.5 – Avaliação das simulações ao longo do dia para 19 dias do quadrante 4.

Velocidade do vento: OK – Correcta; SUB – Subestimada; MSUB – Muito subestimada; SOBR – Sobrestimada; MSOBR – Muito Sobrestimada.

Direcção do vento: OK – Correcta; ESQ – Esquerda; DIR – Direita; INC – Incorrecta
PWC – *Predictwind* CMC; PWG – *Predictwind*; WRF – *Weather Research Forecasting*

Local	Hora	Modelo	Velocidade do Vento					Direcção do vento			
			OK	SUB	MSUB	SOBR	MSOBR	OK	ESQ	DIR	INC
Baleal	Manhã	PWC	84	7	0	9	0	25	29	20	27
		PWG	86	11	2	2	0	36	32	13	20
		WRF	66	9	3	18	4	34	21	12	33
	Tarde	PWC	86	8	0	5	0	35	25	17	23
		PWG	86	11	1	2	1	43	23	17	17
		WRF	78	15	0	6	1	42	32	20	6
	Fim do dia	PWC	84	3	0	13	0	33	27	23	17
		PWG	89	7	0	4	0	37	23	16	24
		WRF	81	7	0	12	0	57	11	23	9
Ericeira	Manhã	PWC	80	2	0	18	0	16	21	38	25
		PWG	79	5	0	16	0	30	20	25	25
		WRF	80	1	0	18	1	22	11	37	31
	Tarde	PWC	81	0	0	18	2	38	21	28	12
		PWG	84	1	0	15	1	55	10	26	9
		WRF	80	0	0	18	2	42	4	42	12
	Fim do dia	PWC	67	0	0	28	5	47	18	12	22
		PWG	67	1	0	30	1	47	16	8	29
		WRF	82	0	0	18	0	50	7	28	16
Guincho	Manhã	PWC	77	17	5	2	0	15	14	17	54
		PWG	78	14	6	2	0	12	8	32	48
		WRF	67	20	0	9	4	13	9	34	44
	Tarde	PWC	74	13	1	10	2	27	5	37	31
		PWG	70	15	1	13	2	29	6	43	22
		WRF	67	19	1	11	2	15	1	52	32
	Fim do dia	PWC	73	3	0	23	2	20	6	45	29
		PWG	74	2	0	24	0	26	3	41	30
		WRF	84	10	1	4	0	11	6	53	30
Cascais	Manhã	PWC	72	4	0	22	2	12	18	14	57
		PWG	67	6	0	27	1	18	14	17	51
		WRF	59	0	0	36	5	23	18	21	38
	Tarde	PWC	80	0	0	18	2	24	34	16	26
		PWG	77	0	0	22	1	23	31	26	20
		WRF	73	0	0	24	3	36	7	39	19
	Fim do dia	PWC	75	0	0	24	1	37	33	20	11
		PWG	68	0	0	32	0	46	24	21	10
		WRF	74	0	0	25	1	45	7	43	5
P. Rainha	Manhã	PWC	78	0	0	22	0	7	14	30	49
		PWG	77	3	0	20	0	22	11	24	42
		WRF	75	1	0	20	4	27	15	19	39
	Tarde	PWC	63	0	0	34	3	38	25	31	6
		PWG	60	0	0	38	2	50	18	26	6
		WRF	53	0	0	44	3	36	8	47	9
	Fim do dia	PWC	15	0	0	72	13	40	22	15	22
		PWG	24	0	0	64	13	51	14	15	19
		WRF	41	0	0	58	1	33	5	42	20

Cascais

Em Cascais, a simulação da velocidade do vento é razoável, com uma taxa de sucesso entre 60 e 80%. O modelo WRF é ligeiramente menos fiável de manhã e à tarde. Quando as previsões dos modelos são incorrectas, sobrestimam a velocidade do vento. A simulação da direcção do vento, ao contrário da velocidade, é mais precisa pelo modelo WRF, sobretudo de manhã e à tarde. De manhã, os modelos PWC e PWG apresentam uma percentagem importante de direcção mal simulada (50-55%).

Praia da Rainha

Na praia da Rainha, a qualidade das simulações para a velocidade do vento degrada-se ao longo do dia. De manhã, os modelos fazem uma simulação correcta em cerca de 75% dos casos. À tarde, a percentagem de sucesso diminui para 53-63% e, no fim do dia, a velocidade do vento corresponde raramente às observações, com apenas 15 e 24% de sucesso para os modelos PWC e PWG, respectivamente. O modelo WRF é mais fiável, com 41% de sucesso ao fim do dia. A velocidade do vento é regulamente sobrestimada pelos modelos, nunca é subestimada.

No que diz respeito à direcção, os modelos apresentam valores mais fiáveis à tarde e ao fim do dia, do que de manhã, em que se observa uma percentagem de erro importante (40-50%).

6.2.3 Avaliação da previsão do vento à superfície nos dias com vento sinóptico do quadrante 1 (vento a 850hPa entre N e E)

Foi verificado anteriormente que os dias em que o vento a 850hPa do quadrante 1, ou seja, com proveniência entre N e E., a velocidade do vento é geralmente mais forte do que nos dias dos quadrantes 2 e 4. A norte da Serra de Sintra, existe mais frequência de ocorrência de vento moderado e forte. No Guincho, existem dias em que o vento é violento. Foi verificado que existem dias em que a rotação do vento é importante ao longo do dia, sobretudo a Sul da Serra de Sintra. Quando a velocidade do vento à superfície é moderada ou forte, a rotação ao longo do dia é menor.

Baleal

Nos dias com vento sinóptico do quadrante 1, a velocidade do vento é correctamente simulada de manhã e à tarde pelos 3 modelos avaliados, com uma percentagem de

sucesso entre 80 e 90% (quadro 6.6.). O modelo WRF, quando erra, sobrestima a velocidade do vento. Ao fim do dia, a percentagem de sucesso diminui ligeiramente, havendo uma tendência de todos os modelos em sobrestimar a velocidade do vento. Comparativamente aos outros quadrantes e locais, a simulação da direcção do vento para o Baleal é correcta entre 50 e 80% dos casos. O modelo WRF é mais fiável, sobretudo à tarde e no fim do dia, com cerca de 80 % de sucesso, enquanto os modelos PWC e PWG apresentam uma taxa de sucesso de 50-60%, simulando o vento mais à direita de manhã e um erro superior a 60^o em cerca 30% dos casos à tarde e no fim do dia.

Ericeira

Na Ericeira, a velocidade do vento é bem simulada no caso dos ventos do quadrante 1, com uma taxa de sucesso entre 83 e 98% ao longo do dia (quadro 6.6.). O modelo WRF tem percentagens de avaliação ligeiramente superiores aos outros dois. Os modelos PWC e PWG sobrestimam a velocidade do vento no fim do dia em alguns casos (17 e 11% respectivamente).

No entanto, o modelo WRF apresenta resultados menos precisos no que diz respeito à simulação da direcção do vento, com apenas 25% de simulações correctas de manhã, 26% à tarde e 59% ao fim do dia, simulando uma direcção mais à direita. Os modelos PWC e PWG geraram previsões bem mais satisfatórias, sobretudo à tarde e ao fim do dia, com uma percentagem de sucesso rondando 75%.

Quadro 6.6 – Avaliação das simulações ao longo do dia para 24 dias do quadrante 1.

Velocidade do vento: OK – Correcta; SUB – Subestimada; MSUB – Muito subestimada; SOBR – Sobrestimada; MSOBR – Muito Sobrestimada.

Direcção do vento: OK – Correcta; ESQ – Esquerda; DIR – Direita; INC – Incorrecta
PWC – *Predictwind* CMC; PWG – *Predictwind*; WRF – *Weather Research Forecasting*

Local	Hora	Modelo	Velocidade do Vento					Direcção do vento			
			OK	SUB	MSUB	SOBR	MSOBR	OK	ESQ	DIR	INC
Baleal	Manhã	PWC	82	10	0	8	0	68	3	22	7
		PWG	90	6	0	4	0	67	3	17	14
		WRF	85	2	0	13	0	61	2	32	5
	Tarde	PWC	86	5	0	9	0	59	6	2	33
		PWG	87	4	0	10	0	54	5	5	36
		WRF	80	2	0	19	0	82	3	8	7
	Fim do dia	PWC	64	5	0	28	2	51	12	5	33
		PWG	68	5	0	24	2	52	11	7	31
		WRF	69	0	0	29	2	79	3	14	3
Ericeira	Manhã	PWC	92	3	0	5	0	51	0	43	6
		PWG	91	3	0	6	0	43	0	43	14
		WRF	96	0	0	4	0	25	0	64	11
	Tarde	PWC	91	1	0	8	0	69	4	23	4
		PWG	97	0	0	3	0	77	0	17	6
		WRF	98	0	0	2	0	26	0	73	1
	Fim do dia	PWC	83	0	0	17	0	77	3	5	14
		PWG	89	0	0	11	0	79	3	8	10
		WRF	97	0	0	3	0	59	0	41	0
Guincho	Manhã	PWC	69	13	8	9	1	8	4	53	35
		PWG	63	11	17	8	1	5	6	47	42
		WRF	68	18	3	9	1	1	2	56	41
	Tarde	PWC	57	38	3	2	0	22	3	69	7
		PWG	61	31	5	3	0	22	3	67	7
		WRF	57	41	0	1	0	2	0	91	7
	Fim do dia	PWC	81	8	0	10	1	12	0	74	13
		PWG	88	0	0	11	1	8	0	79	13
		WRF	51	39	0	9	1	1	0	85	14
Cascais	Manhã	PWC	80	2	0	18	0	44	2	18	36
		PWG	73	5	1	20	1	37	5	29	29
		WRF	48	0	0	43	8	44	4	23	29
	Tarde	PWC	85	2	1	10	3	58	6	7	29
		PWG	82	4	1	13	0	51	7	12	29
		WRF	62	0	0	33	5	48	3	11	39
	Fim do dia	PWC	76	0	0	20	4	76	7	4	13
		PWG	75	1	0	21	3	68	9	7	15
		WRF	62	0	0	33	5	68	3	24	4
P. Rainha	Manhã	PWC	60	0	0	39	1	37	0	44	19
		PWG	62	0	0	35	3	36	3	46	16
		WRF	60	3	0	34	3	39	2	43	17
	Tarde	PWC	72	2	0	25	1	44	10	33	13
		PWG	69	1	0	30	1	42	11	32	16
		WRF	63	1	0	34	2	37	2	48	12
	Fim do dia	PWC	17	0	0	68	15	69	4	10	17
		PWG	16	0	0	68	17	55	3	20	22
		WRF	24	0	0	63	13	41	2	46	11

Guincho

No Guincho, a simulação da velocidade do vento é menos precisa do que a norte da Serra de Sintra, com uma taxa de sucesso entre 57 e 69% de manhã e à tarde. Em caso de falha na simulação, o vento é mais frequentemente subestimado. No fim do dia, os modelos PWC e PWG indicam valores mais fiáveis (81 e 88% respectivamente), enquanto o WRF tem tendência em subestimar a velocidade do vento e apresenta uma taxa de sucesso de apenas 51%.

A direcção simulada no Guincho é muito pouco fiável. De manhã, os erros superiores a 60° são frequentes (cerca 40%) e, ao longo do dia, nota-se uma tendência de simular um vento mais à direita por todos os modelos, em particular pelo WRF.

Cascais

Em Cascais, os modelos PWC e PWG são bastante fiáveis ao longo do dia para a simulação da velocidade do vento, contabilizando uma taxa de sucesso entre 73 e 85%. Nos casos restantes, a velocidade é sobrestimada. Com o modelo WRF obtêm-se piores resultados, com uma percentagem de sucesso entre 48% de manhã e 62% a tarde e ao fim do dia, sendo a velocidade do fluxo também sobrestimada.

De manhã a direcção do vento não é particularmente bem simulada, sendo a taxa de sucesso dos modelos próxima de 40%. à tarde, os modelos PWC e PWG destacam-se positivamente do modelo WRF, que erra em 48% dos casos. No fim do dia, as simulações são mais fiáveis, com uma diminuição considerável dos erros superiores a 60°.

Praia da Rainha

A simulação da velocidade do vento na praia da Rainha é aceitável de manhã e à tarde, com uma percentagem de sucesso entre 60 e 72%. Observa-se a tendência de todos os modelos em sobrestimar a velocidade do vento. No entanto, no fim do dia, tal como acontecia nos casos do quadrante 2, todos os modelos indicam uma percentagem muito elevada (próxima de 70%) de sobrestimação do fluxo, particularmente no caso dos modelos PWC e PWG.

A direcção do vento simulada indica uma direcção mais à direita do que as observações *in situ*, sobretudo de manhã. Os modelos PWC e PWG têm resultados ligeiramente melhores do que o modelo WRF.

6.2.4 Avaliação da previsão do vento à superfície nos dias com vento sinóptico do quadrante 3 (vento a 850hPa entre W e N)

Baleal

No Baleal, a velocidade do vento é bastante bem simulada, indicando uma percentagem de sucesso alto para os 3 modelos avaliados ao longo do dia (84-94%). De manhã, observa-se uma sobrestimação da velocidade do vento por todos os modelos, em 10 a 16% dos casos. À tarde e no fim do dia, a velocidade do vento é correctamente simulada em 90-91% das amostras.

As simulações da direcção do vento são mais próximas da realidade do que nos casos de ventos dos quadrantes 2 e 4 e são semelhantes às dos ventos do quadrante 1, com uma percentagem de sucesso entre 48 e 71%. O modelo WRF apresenta resultados melhores do que os modelos PWC e PWG à tarde e no fim do dia, com uma simulação aceitável em 58% de manhã, 62% à tarde e 71% no fim do dia. A percentagem de erro dos modelos PWC e PWG é superior a 60° em 16 a 34% dos casos.

Quadro 6.7 – Avaliação das simulações ao longo do dia para 32 dias do quadrante 3.

Velocidade do vento: OK – Correcta; SUB – Subestimada; MSUB – Muito subestimada; SOBR – Sobrestimada; MSOBR – Muito Sobrestimada.

Direcção do vento: OK – Correcta; ESQ – Esquerda; DIR – Direita; INC – Incorrecta
PWC – *Predictwind* CMC; PWG – *Predictwind*; WRF – *Weather Research Forecasting*

Local	Hora	Modelo	Velocidade do Vento					Direcção do vento			
			OK	SUB	MSUB	SOBR	MSOBR	OK	ESQ	DIR	INC
Baleal	Manhã	PWC	85	2	0	13	0	58	15	5	22
		PWG	88	2	0	10	0	59	19	6	16
		WRF	84	1	0	16	0	58	16	11	15
	Tarde	PWC	94	1	0	4	0	52	19	9	20
		PWG	90	8	0	2	0	58	17	8	17
		WRF	91	6	0	3	0	62	11	14	13
	Fim do dia	PWC	90	1	0	9	1	48	16	8	29
		PWG	91	3	0	6	0	52	10	4	34
		WRF	90	2	0	8	0	71	8	8	13
Ericeira	Manhã	PWC	82	0	0	16	2	50	10	32	8
		PWG	87	1	0	11	1	49	11	28	12
		WRF	85	1	0	14	0	50	8	31	10
	Tarde	PWC	73	0	0	26	1	67	6	24	3
		PWG	83	0	0	17	0	67	5	23	4
		WRF	84	0	0	16	0	43	1	53	4
	Fim do dia	PWC	71	0	0	29	0	71	18	3	8
		PWG	75	0	0	24	2	75	11	5	8
		WRF	94	0	0	6	0	78	8	14	1
Guincho	Manhã	PWC	65	13	1	19	2	14	2	52	33
		PWG	66	10	4	17	3	13	2	52	34
		WRF	77	12	0	11	0	5	2	63	31
	Tarde	PWC	80	11	2	8	0	21	3	68	8
		PWG	75	13	3	9	0	23	2	64	11
		WRF	80	16	1	2	0	6	0	81	12
	Fim do dia	PWC	78	3	0	18	1	13	2	76	10
		PWG	78	4	0	17	2	16	3	73	9
		WRF	75	19	0	6	0	5	0	84	11
Cascais	Manhã	PWC	80	3	2	15	1	45	20	13	22
		PWG	77	10	1	12	1	44	18	13	25
		WRF	64	0	0	36	1	55	11	17	17
	Tarde	PWC	85	1	0	13	1	50	22	12	16
		PWG	81	1	0	15	1	44	28	11	17
		WRF	78	0	0	18	4	63	8	12	17
	Fim do dia	PWC	75	2	0	18	5	57	21	8	15
		PWG	75	2	0	20	3	57	17	9	17
		WRF	70	0	0	23	7	63	5	20	12
P. Rainha	Manhã	PWC	56	0	0	42	1	37	6	32	25
		PWG	67	2	0	32	0	37	5	35	23
		WRF	55	1	0	41	3	27	15	19	39
	Tarde	PWC	69	1	0	29	1	38	25	31	6
		PWG	68	0	0	31	0	50	18	26	6
		WRF	65	0	0	34	1	36	8	47	9
	Fim do dia	PWC	20	0	0	73	7	40	22	15	22
		PWG	24	0	0	69	6	51	14	15	19
		WRF	39	0	0	58	3	33	5	42	20

Ericeira

A velocidade do vento é globalmente bem simulada, com uma percentagem de sucesso entre 71 e 94% em função do modelo. Quando a simulação não corresponde às observações, observa-se uma sobrestimação da velocidade em todos os casos, para todos os modelos. De manhã e à tarde, os modelos WRF e PWG dão resultados mais fiáveis do que o modelo PWC. No fim do dia, o modelo WRF destaca-se dos outros, com uma percentagem de sucesso muito elevada (94%).

A avaliação da direcção do vento simulada, aceitável em geral, apresenta resultados melhores à tarde e no fim do dia para o modelo PWC e PWG (rondando os 70% de sucesso). Observa-se uma tendência de previsão de um vento mais à direita de manhã e à tarde, particularmente no caso do modelo WRF à tarde (53% de casos de desvio para a direita).

Guincho

A simulação da velocidade do vento em dias com vento sinóptico do quadrante 3 é correcta entre 65 e 80% dos casos ao longo do dia. De manhã, é o modelo WRF que atinge os melhores resultados (77%), enquanto à tarde e no fim do dia, a percentagem de sucesso é semelhante nos vários modelos (75 a 80%). No fim do dia, os modelos PWC e PWG têm tendência em sobrestimar a velocidade do vento, enquanto o modelo WRF a subestima.

A direcção do vento é mal simulada pelos diferentes modelos, com uma taxa de sucesso de apenas 5 a 23% ao longo do dia, dependendo do modelo considerado. Os modelos PWC e PWG têm resultados um pouco melhores, com uma taxa de sucesso entre 13 e 23%, enquanto o modelo WRF apenas acertou na direcção em cerca de 5% dos dias avaliados. Os modelos simulam uma direcção mais para a direita, atingindo 82% das amostras ao fim do dia pelo modelo WRF. A percentagem de direcção do vento mal simulado, com desvios de mais de 60° em relação ao vento observado, é alta de manhã (30-35% consoante os modelos), diminuindo à tarde e ao fim do dia para valores próximos de 10%

Cascais

Em Cascais, o modelo WRF é o menos fiável no período da manhã, tendo uma percentagem de sucesso menos elevada (64%) em comparação com os modelos PWC (80%) e PWG (77%). À tarde e ao fim do dia, as disparidades dos resultados dos

modelos são menores. Nos casos de erro, os modelos sobrestimam a velocidade do vento ao longo do dia, com excepção do modelo PWG, que indica apenas uma sobrestimação do fluxo de manhã em 102% das amostras.

Como nos outros casos, as simulações da direcção do vento são piores do que a norte da serra de Sintra. A direcção do vento simulado *versus* observado tem desvios importantes durante a manhã, com 17 a 22% da direcção mal simulada. Os resultados da avaliação indicam que as simulações da direcção do modelo WRF são ligeiramente melhores do que as dos modelos PWC e PWG (quadro 6.6.).

Praia da Rainha.

No que diz respeito à simulação da velocidade do vento na praia da Rainha em dias com vento sinóptico do quadrante 3, os resultados são similares aos outros quadrantes, analisados acima. De manhã e à tarde, as simulações são razoáveis, com uma percentagem de sucesso entre 55 e 69%. No entanto, no fim do dia, a percentagem de sucesso é baixa, essencialmente para os modelos PWC (20%) e PWG (24%).

Tal como em Cascais, a direcção do vento simulada de manhã tem uma taxa de sucesso menos alta (37%) e uma percentagem de erro considerável (25%). À tarde e no fim do dia, as simulações da direcção do vento são melhores, sobretudo no que diz respeito aos modelos PWC e PWG. Ao longo do dia, constata-se uma tendência de simulação do vento mais à direita comparativamente às observações *in situ*.

6.3 Síntese

A avaliação dos diferentes modelos de previsão demonstra que a sua fiabilidade varia bastante consoante:

- a) O tipo de modelo
- b) O parâmetro modelizado: os modelos são bastantes mais eficazes na simulação da velocidade do vento, do que na previsão da sua direcção, em que os erros e as previsões incorrectas são mais frequentes.
- c) O rumo do vento a 850hPa e o momento do dia
- d) O local do litoral considerado. A fiabilidade dos modelos varia no espaço: as previsões de vento são mais fiáveis para os locais a Norte da Serra de Sintra, sobretudo no que diz respeito à velocidade. A Sul da Serra, a previsão é geralmente menos fiável.

Resumindo, não existe um modelo ideal para a área e as situações estudadas, pois, como se acabou de ver, o desempenho dos modelos não é o mesmo para a previsão da velocidade ou da direcção do vento e depende igualmente do rumo do vento a 850 hPa, do momento do dia e do local considerado. Enumeram-se seguidamente alguns erros-tipo em **função do modelo** e do **vento de cada quadrante a 850h**.

Verifica-se que os modelos **PWC** e **PWG** são mais eficazes, na maior parte dos casos para a previsão da velocidade do vento nas ocasiões de ventos a 850 hPa dos quadrantes 2 (com excepção do Guincho de manhã e praia da Rainha ao fim da tarde), quadrante 1 (à excepção do caso da Ericeira em que o modelo WRF tem um excelente desempenho todo o dia), quadrante 3 (excepto Ericeira no fim do dia) e quadrante 4

Para dias com vento do quadrante 2 a 850hPa, existe uma subestimação da velocidade do vento de manhã no Baleal e de manhã e à tarde no Guincho (quadro 6.3). Pelo contrário, os três modelos têm tendência de sobrestimar a velocidade do vento ao fim do dia no Guincho e na Ericeira, ao passo que, para a praia da Rainha, a sobrestimação é sistemática. É para esta praia que se observam os erros mais importantes da simulação da direcção do vento. A direcção do vento é pior estimada pelos 3 modelos de manhã em vários locais e, no caso do Guincho, também ao fim da tarde. As características de localização destas praias numa escala local, não sendo tomadas em conta pelo modelo, levarão a um agravamento dos erros em locais como o Guincho, em situação muito particular em relação à Serra de Sintra ou a praia da Rainha, neste caso talvez devido à posição relativamente mais distanciada do mar (0,5 km) ao sítio onde a estação meteorológica está implantada.

Para os dias com vento sinóptico a 850hPa do quadrante 4, a velocidade do vento é geralmente bem simulada, com alguns casos de sobrestimação na Ericeira, Guincho (à tarde) em Cascais e na Praia da Rainha. Pelo contrário, taxa de sucesso da previsão da direcção do vento do quadrante 4 pelos modelos é muito fraca.

Para os dias do quadrante 1 (entre N e E), existe em alguns casos uma sobrestimação do vento no fim do dia para o Baleal e Ericeira. No Guincho, pelo contrário, constata-se uma subestimação da velocidade de manhã e à tarde e projecções da velocidade do vento muito correctas ao fim da tarde. Ao fim do dia, o modelo WRF subestima a velocidade do vento, enquanto os modelos PWG e PWC são mais fiáveis. Em Cascais e na Praia da Rainha, a sobrestimação é sistemática. A simulação da direcção do vento

indica frequentemente um vento mais à direita do que as observações na Ericeira (manhã e tarde, fim do dia para WRF), no Guincho (dia todo), em Cascais (manhã) e na Praia da Rainha.

Com vento do quadrante 3, a velocidade do vento é bastante bem simulada para o Baleal, embora se constate uma ligeira sobrestimação de manhã. Na Ericeira, essa sobrestimação pode ocorrer o dia todo. No Guincho, no entanto, o tipo de erro é aleatório, podendo ocorrer situações de subestimação ou sobrestimação conforme os dias. Em Cascais e na Praia da Rainha, tal como nos outros quadrantes, constata-se uma sobrestimação da velocidade do vento. Como nos outros casos, a simulação da direcção do vento é consideravelmente mais fiável a norte da Serra de Sintra. No Baleal, constata-se uma ligeira tendência em prever um vento mais à esquerda, enquanto na Ericeira, a tendência é contrária (à direita) durante a manhã e a tarde. No Guincho, tal como para os quadrantes 1 e 2, observa-se uma previsão mais à direita com frequência. Os rumos de WNW, NW e NNW são menos frequentes na previsão (NNW e N) do que na realidade. Em Cascais e na Praia da Rainha, a previsão da direcção é pouco fiável.

Esta avaliação da previsão de 95 dias dos 102 dias analisados, permitiu identificar as forças e fraquezas de cada modelo, para os vários locais considerados. No próximo capítulo, as previsões do modelo PWG serão confrontadas com os dados observados em exemplos concretos. Serão também identificadas e descritas as causas geográficas de modificação do vento numa escala fina.

Capítulo 7: Dias representativos dos principais regimes dos ventos nas praias estudadas

Neste capítulo serão ilustrados regimes de vento de dias representativos de alguns padrões identificados no capítulo 5. Será feita uma análise através da comparação das observações meteorológicas com os resultados das previsões numéricas do campo de vento, à superfície, ao longo do dia, do modelo PWG. A escolha do modelo PWG justifica-se pelo facto de apresentar uma resolução mais alta (1km) comparativamente ao modelo WRF (9km) e ilustrar de forma mais detalhada os fenómenos locais do vento. Nos dias escolhidos, o modelo PWG foi escolhido ao detrimento do modelo PWC, devido a uma questão de disponibilidade de informação. O dia 3 de Junho de 2015 ilustra um dia com vento do **quadrante 2** (de E a S) a 850 hPa). À superfície, o vento é caracterizado por uma rotação importante ao longo do dia, particularmente acentuada a sul da serra de Sintra. Para ilustrar casos com vento 850hPa do **quadrante 1** (de N a E), foram escolhidos dois dias com padrões de vento diferente: o dia 24 de Maio (tipo 1) e o dia 1 de Agosto de 2015 (tipo 2). O dia 11 de Agosto corresponde a um dia com vento sinóptico do **quadrante 3** (entre W e N). Finalmente, será analisado o dia 28 de Julho de 2015, que corresponde a um dia com vento a 850 hPa **no limite entre os quadrantes 1 e 3**. Os dias do quadrante 4, menos favoráveis para a ocorrência de vento forte, não serão analisados em pormenor.

7.1 Dia com vento do quadrante 2 a 850 hPa (3 de Junho de 2015)

7.1.1 Situação sinóptica

Um anticiclone localizava-se sobre os Açores e estendia-se até a Europa Central (fig. 7.1) no dia 3 de Junho de 2015. À superfície, Portugal estava igualmente influenciado por um fluxo quente e seco, associado a uma depressão térmica, centrada no interior da Península Ibérica. Ao longo da tarde, observava-se a descida da pressão atmosférica sobre a Península Ibérica, devido ao aquecimento diurno. O modelo GFS indicava vento sinóptico de ESE, fraco (115°, 6 nós), às 7h (quadro 5.4), Existia nebulosidade na parte Norte da área de estudo, em Peniche e em Santa Cruz. O céu estava limpo da Ericeira para sul, com a exceção de uma área de nuvens no topo da Serra de Sintra (fig. 7.1.e). A sondagem de Lisboa (fig. 7.1.f) mostra que o vento junto à superfície soprava de N mas que, a partir de 150m acima do solo, rodava para ESE. O vento era fraco junto à superfície e a sua velocidade aumentava de forma constante com a altitude, soprando a 8 nós aos 1500m. A temperatura, relativamente alta junto à superfície (28°C), diminuía até 20°C nos primeiros 500m, antes de aumentar novamente entre 500 e 900m até 26-27°C (inversão térmica).

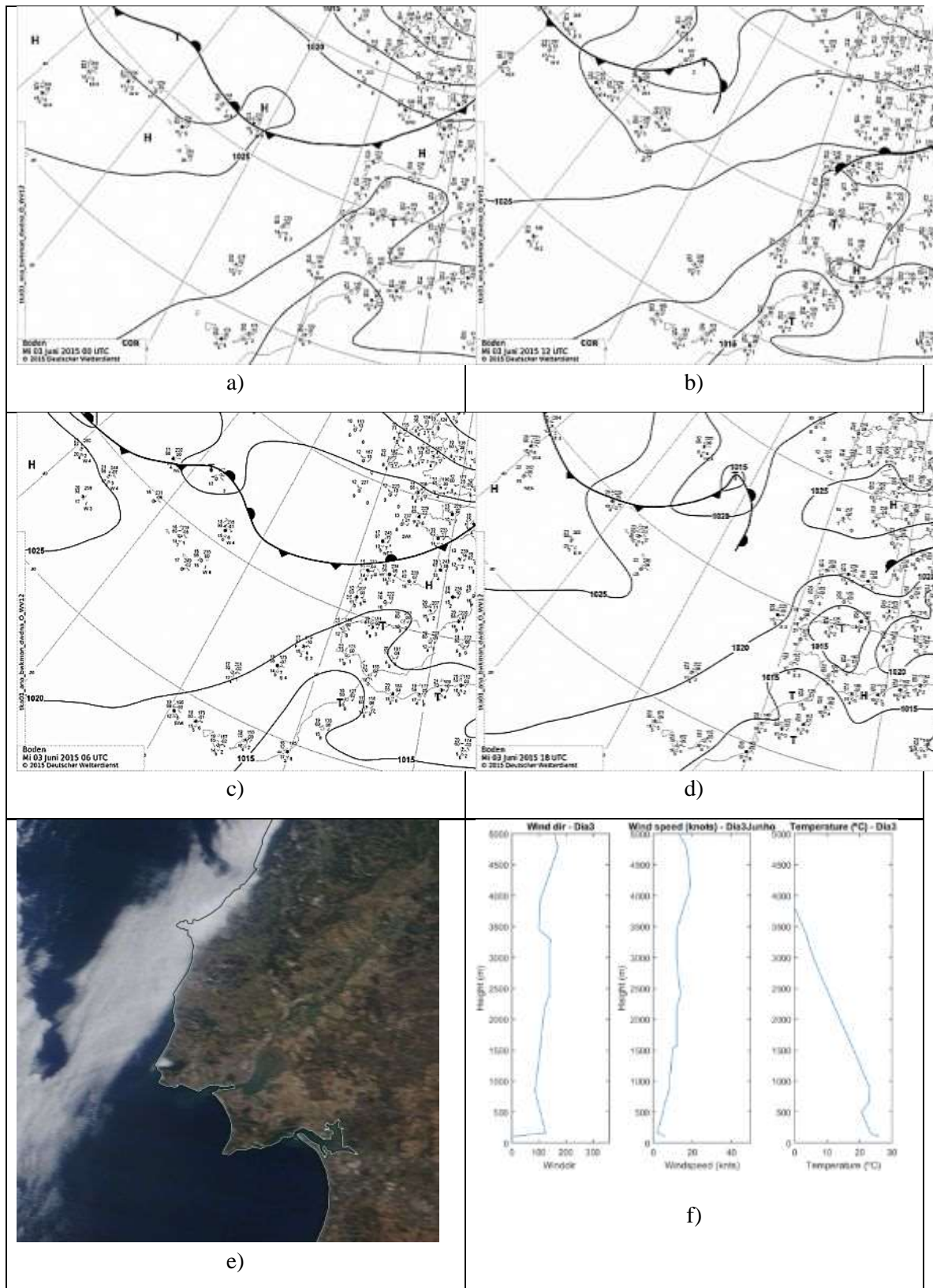


Figura 7.1 – Condições atmosféricas na área de estudo no dia 3 de Junho de 2015: a-d: Cartas sinóticas às 0, 6, 12 e 18h (Deutsche Wetterdienst); e: Nebulosidade (imagem satélite MODIS, às 12h30); f: Sondagem aerológica em Lisboa/Aeroporto (IPMA, 12h).

7.1.2 Dinâmica do vento na área de estudo

A 3 de Junho de 2015, 5 das 7 estações da área de estudo registaram vento forte, cuja velocidade atingiu ou ultrapassou 17 nós em certos momentos do dia. No Baleal, o vento apenas atingiu 17 nós pontualmente às 10h50, enquanto Ericeira apresentou um vento mais forte alcançando 18 nós entre as 10h30 e as 16h. Em Santa Cruz, o vento foi mais fraco, não ultrapassando 14 nós. No Baleal, o vento soprou de N ou NNE e, em Santa Cruz, de NNW ou N, com fraca rotação ao longo do dia. Na Ericeira, no entanto, a rotação ao longo do dia foi mais importante, tal como no Cabo da Roca, onde o vento NNW, N, ou NNE soprou entre 15 e 25 nós.

A Sul da Serra de Sintra, a rotação do vento foi ainda muito mais pronunciada, com mudanças de direcção superiores a 180°. Também no que diz respeito à velocidade, observaram-se variações consideráveis. No Guincho, o vento provinha, fraco, de WNW desde a madrugada, mas a sua velocidade aumentou ao longo da manhã. Entre as 10h30 e as 18h30, o vento oscilou entre 20 e 30 nós de forma irregular, e soprou de WNW, rodando para NW durante a tarde. Às 20h30, o vento rodou 180° e a sua velocidade diminuiu. Em Cascais, o vento fraco de madrugada soprou de direcção variável até às 9h, rodando depois para S. A partir do meio-dia, o vento virou no sentido horário para N e reforçou-se à tarde: atingiu 15-17 nós entre as 18 e as 20h, na altura em que o vento diminuiu de velocidade no Guincho. A partir das 20h30, o vento diminuiu em Cascais e a sua direcção tornou-se variável. Finalmente, a praia da Rainha surge como local com vento fraco, de direcção variável. Depois de uma situação de calma de madrugada, o vento muito fraco soprava de NE, antes de rodar para W a partir das 10h e se estabelecer nessa direcção até ao início da tarde. À tarde, o vento reforçou-se ligeiramente para atingir 8 nós, rodando para a direita e soprando de NW. No fim da tarde, o vento continuou a sua rotação para a direita e diminuiu em intensidade.

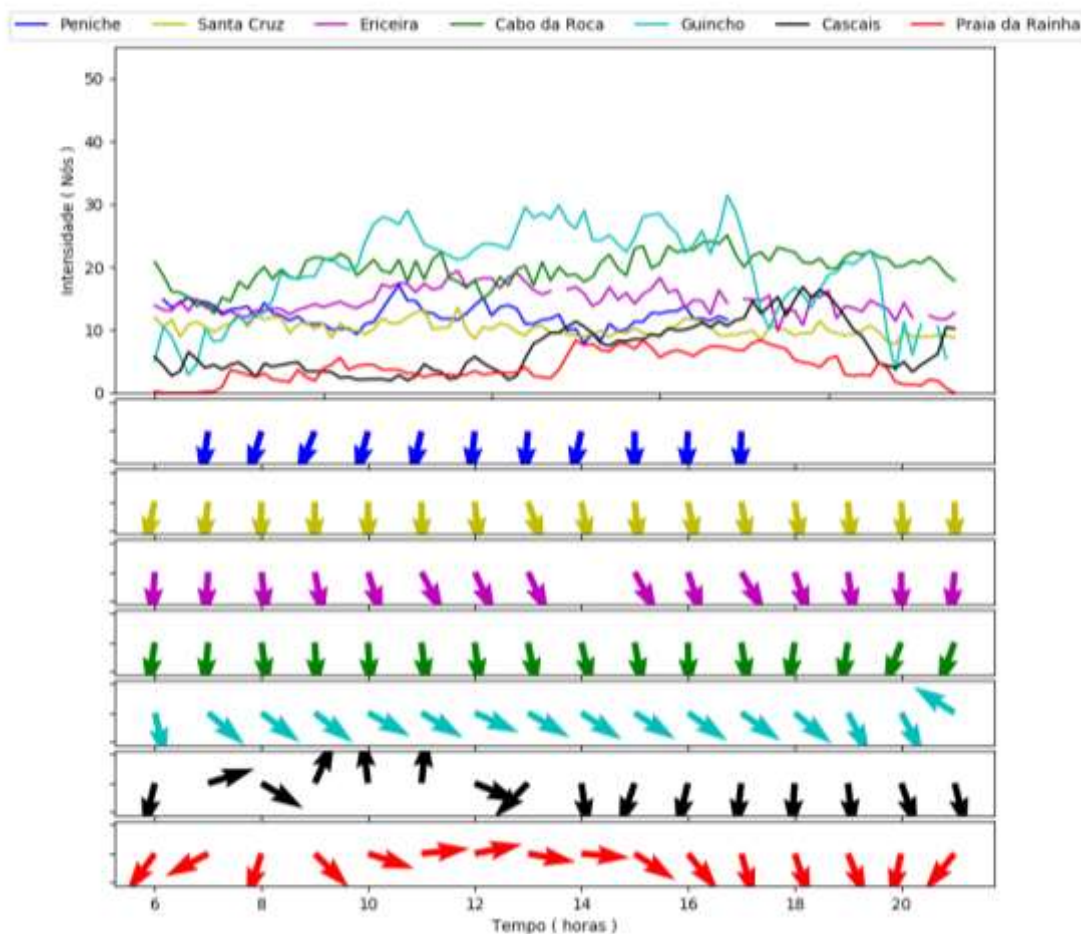
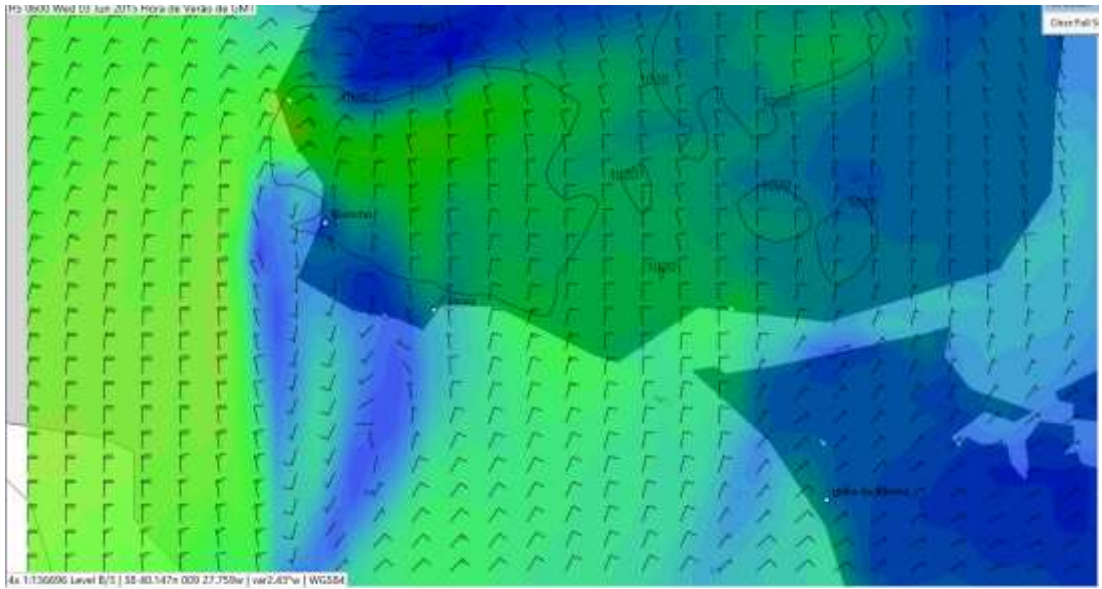


Figura 7.2 - Evolução horária da direcção e velocidade média do vento de 10 em 10 minutos, no dia 3 de Junho de 2015, na área de estudo, entre as 6h e as 21h.

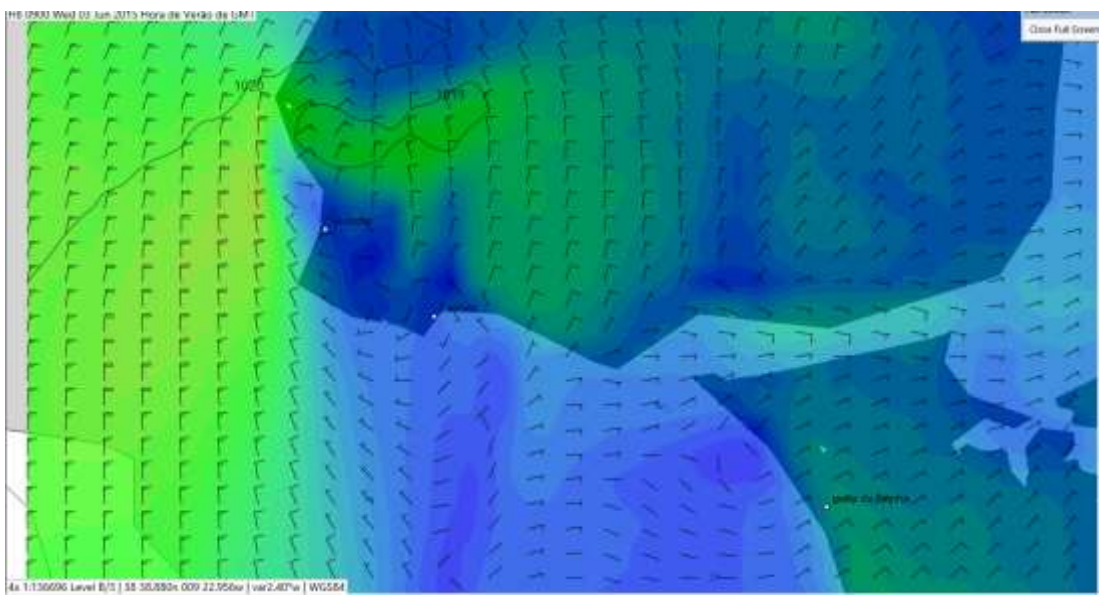
7.1.3 Análise do vento através do modelo PWG 1km na parte sul da área de estudo

O vento a 850hPa, indicado pelo modelo PWG 1 km, é fraco na área de estudo, sendo inferior a 10 nós e soprando de S às 6h e de SE às 15h.

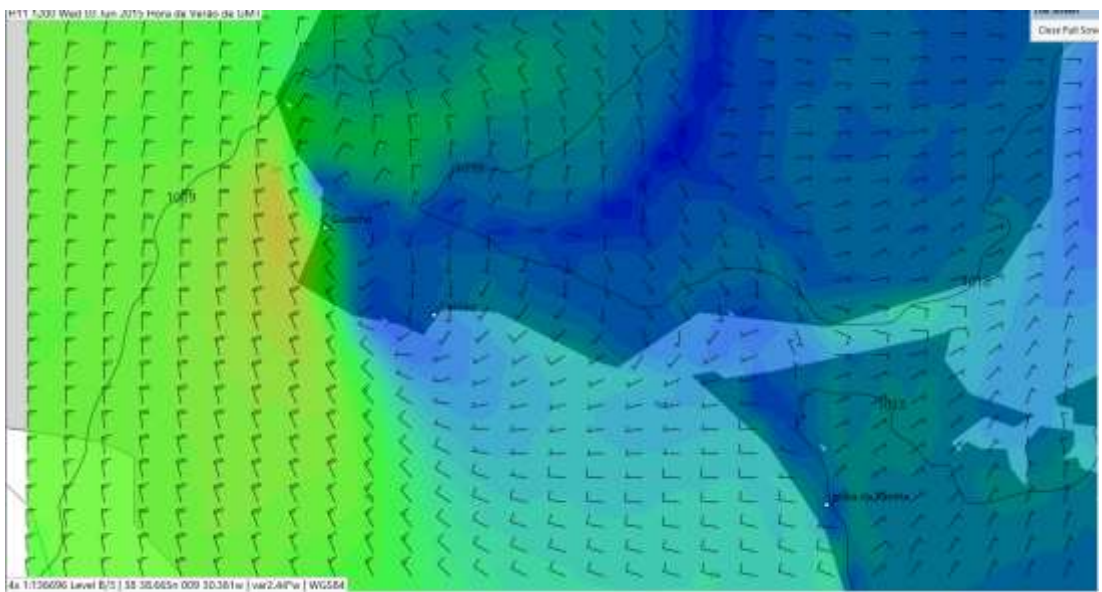
À superfície, de madrugada (às 6h) o vento é variável. As velocidades mais elevadas são identificadas pelo modelo ao largo, soprando o vento de N e NNE numa faixa orientada oeste-este na vertente Sul da Serra de Sintra. No entanto, entre o Guincho e Cascais, o vento é muito fraco, soprando de direcção variável. Na costa da Caparica, o vento fraco simulado sopra de NE (figura 7.3)



a



b



c

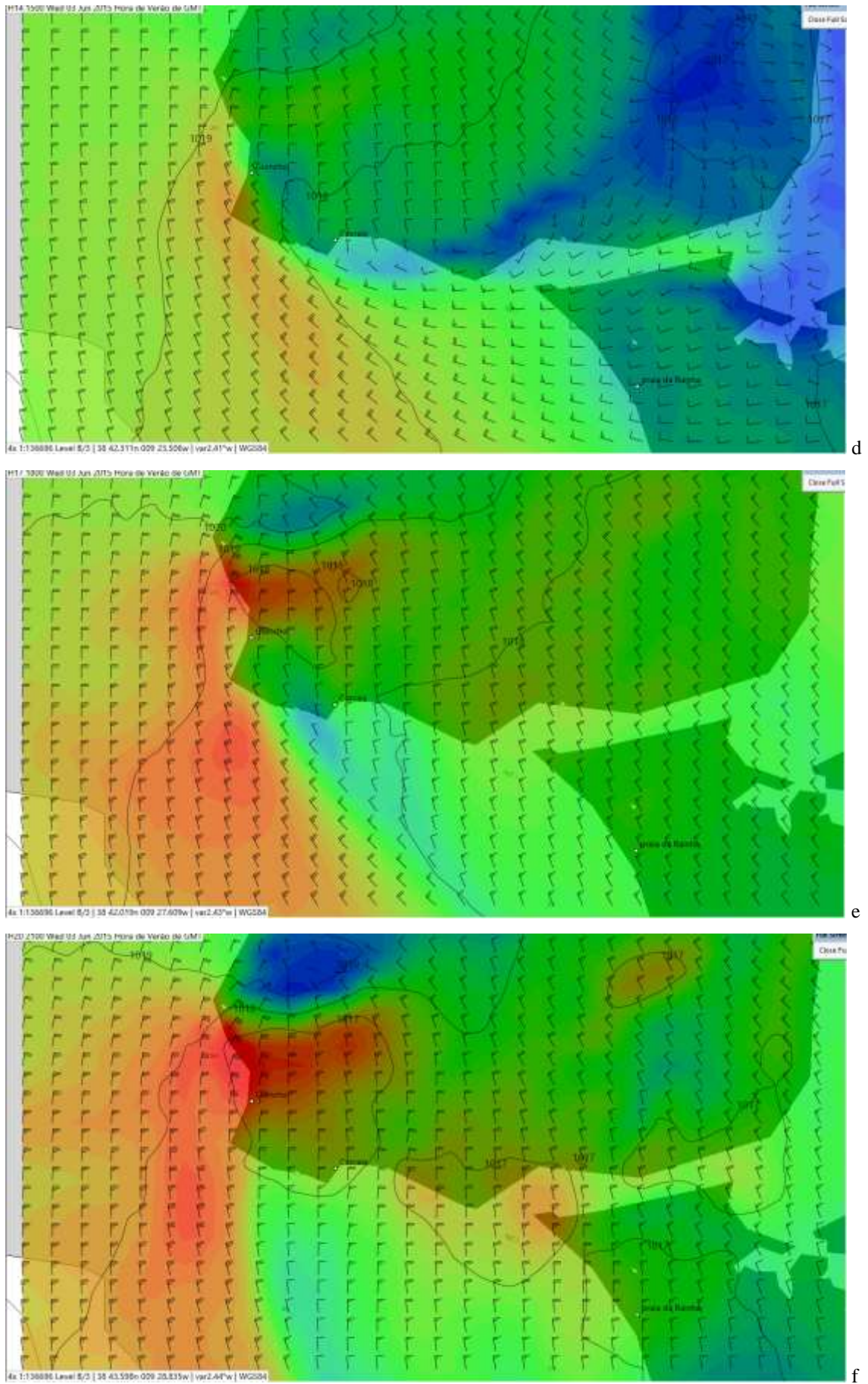


Figura 7.3 – Simulação PWG (0h de 3/6/2015) da direcção e intensidade do vento a 10m e da pressão atmosférica à superfície referente a 3/6/2015 às 6h (a), 9h (b), 12h (c), 15h (d), 18h (e) e 21h (f).

Às 9h, o vento moderado ao largo aproxima-se do litoral oeste, reforçando-se e rodando alguns graus para a esquerda. Nos locais analisados, o vento é fraco e de direcção variável (283^o no Guincho, 61^o na Praia da Rainha, 185^o em Cascais).

Às 12h, distingue-se um vento soprando de terra no interior da área de estudo, enquanto no litoral, o vento sopra do mar. A sul da Serra de Sintra, a brisa é visível na costa da Caparica (WNW), no litoral entre Cascais e Carcavelos (SW). No Guincho, a situação é mais complexa, localizando-se entre uma área de vento muito fraco a norte e uma área de vento forte (23 nós) a SW (figura 7.3c).

Às 15h, o vento mais forte ao largo do Guincho e em redor do Cabo Raso expande-se para S, observando-se uma rotação para NW e W no estuário do Tejo. Cascais localiza-se entre uma área de vento N (a norte) e WNW (a sul). A norte da serra de Sintra, o vento moderado penetra para o interior para sul, contornando o relevo pelo lado oriental e aproximando-se do estuário do Tejo.

Às 18h, o vento de NNW e NW generalizou-se na área e a velocidade do vento é moderada (10-17 nós), o que se confirma nas observações da figura 7.2. Na vertente sul da Serra de Sintra, observa-se uma diminuição da pressão atmosférica. O vento é reforçado e sopra de N. A área do Guincho caracteriza-se por fortes contrastes no que diz respeito à velocidade do vento (22 nós na praia, 28 nós ao largo).

Às 21h, o modelo simula um reforço considerável na área a sul da Serra de Sintra, contraditório com as observações da estação meteorológica do Guincho, que indica uma forte diminuição da velocidade do vento.

Constata-se que, globalmente, o modelo PWG simula correctamente a evolução do vento ao longo do dia. As rotações do vento em Cascais e na praia da Rainha são identificadas. No entanto, a partir do fim da tarde, observa-se uma sobrestimação considerável da velocidade do vento pelo modelo, confirmando as sobrestimações que já haviam sido notadas no capítulo anterior (quadro 6.4).

No dia 3 de Junho de 2015, as condições de vento permitiram a prática de diversas actividades náuticas ao longo do dia. De manhã, o vento fraco foi indicado para as actividades nas ondas não requerendo vento (surf, bodyboard, SUP). A partir do início da tarde, o aumento da velocidade no Guincho e na Ericeira já permitiu praticar windsurf e kitesurf até ao fim da tarde. Os modelos de previsão, ao contrário das observações, indicam um reforço da velocidade do vento no fim do dia, o que pode ser enganoso para o praticante. Em Peniche e Santa Cruz, o tempo foi nublado. Santa Cruz não apresentou condições adequadas para as actividades náuticas: para o surf,

bodyboard e SUP, o vento *side-onshore**, que apenas atinge a velocidade mínima para praticar kitesurf, desfaz as ondas; Em Peniche, a orientação da faixa costeira permitiu a acção de um vento de terra na praia de Supertubos, favorável para o surf e bodyboard.

7.2 Dia com vento do quadrante 1- tipo 1, a 850 hPa

(1 de Agosto de 2015)

7.2.1 Situação sinóptica

Um anticiclone, de fraca intensidade (1020 hPa; figura 7.4), localizava-se a oeste da Península Ibérica e estendia a sua influência até à Europa Central. Na figura 7.4, observa-se também a presença de uma depressão a oeste das Ilhas Britânicas. Ao longo do dia, formou-se uma depressão térmica sobre a Península ibérica (1010 hPa às 18h, sobre a Espanha). O quadro 5.4 indica um vento sinóptico fraco de NE (40°, 7 nós) às 6h.

A sondagem de Lisboa (fig. 7.4.f) revela uma temperatura não excessivamente alta, de cerca de 27°C perto da superfície. Não existiu nenhuma inversão. Observa-se apenas um ligeiro aumento da temperatura a cerca de 2000m. A velocidade do vento era fraca, atingindo cerca de 13-14 nós entre os 1500 e os 2000m. O rumo do vento variava entre o E e o N até aos 2500m.

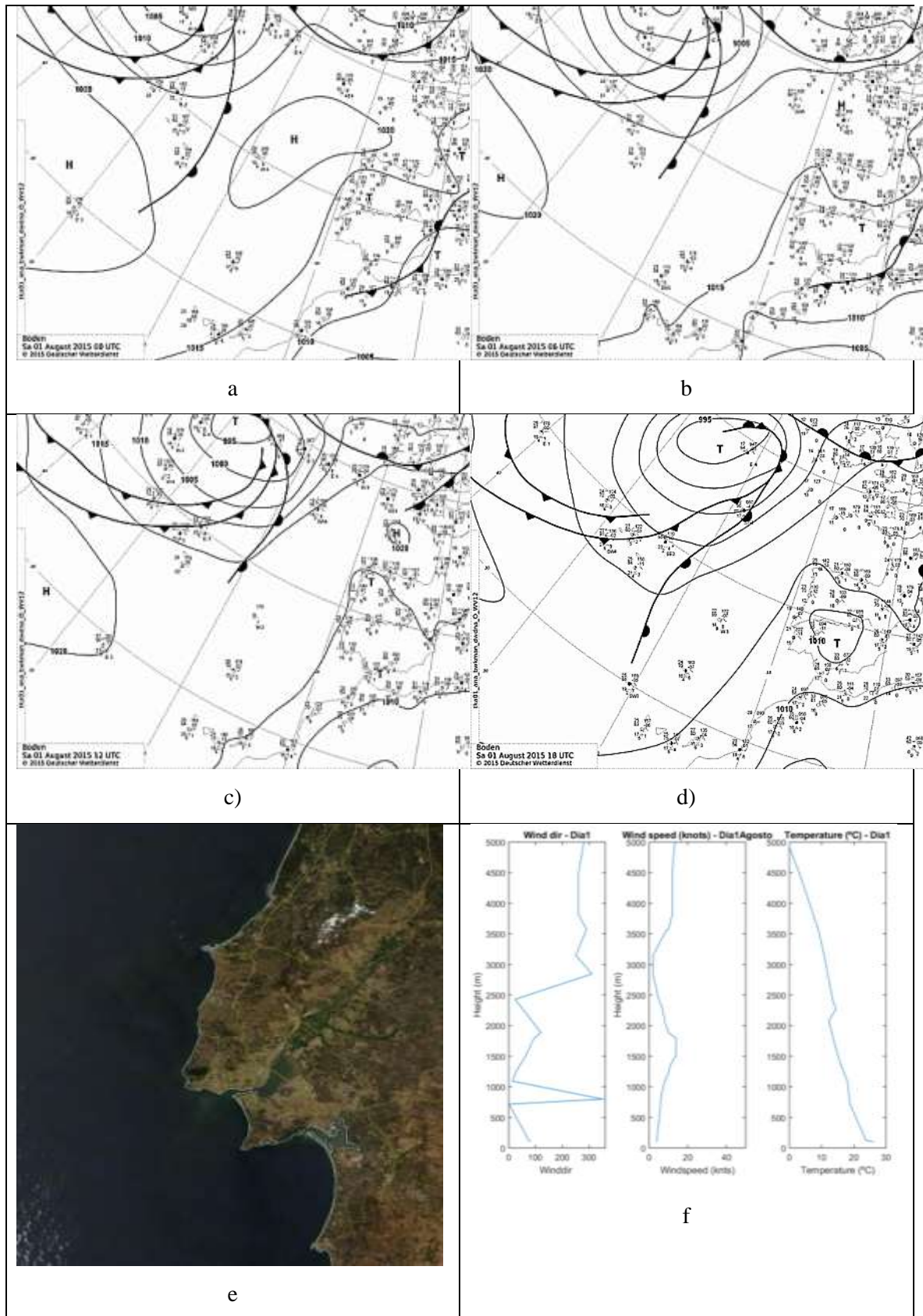


Figura 7.4 – Condições atmosféricas na área de estudo no dia 1 de Agosto de 2015: a-d: cartas sinóticas às 0, 6, 12 e 18h (Deutsche Wetterdienst); e: Nebulosidade (imagem satélite MODIS, às 12h30); f: Sondagem aerológica de Lisboa/Aeroporto (IPMA, 12h).

7.2.2 Dinâmica do vento na área de estudo

O dia 1 de Agosto de 2015 caracterizou-se por um vento fraco ou moderado na área de estudo, com excepção a praia do Guincho, onde o vento foi muito forte (25-30 nós) durante a tarde. No Baleal e em Santa Cruz, a direcção do vento (N) variou pouco ao longo do dia, com apenas uma rotação máxima de 18° para o Baleal e 35° em Santa Cruz. No Cabo da Roca, a rotação ao longo do dia foi moderada (54°) enquanto a Sul da Serra de Sintra, observaram-se rotações superiores a 180° . A norte da Serra, o vento foi mais fraco em Santa Cruz do que no Baleal e na Ericeira, onde o vento médio soprou entre 12 e 16 nós durante a tarde. No Cabo da Roca, o vento foi forte de madrugada, antes de diminuir de velocidade e rodar para a esquerda. Durante o dia, o vento oscilou entre 12 e 20 nós. A sul da Serra, observou-se vento muito forte no Guincho entre as 12 e as 16h, soprando de WNW. No fim da tarde, a velocidade do vento diminuiu e o vento rodou para a esquerda. Em Cascais e na Praia da Rainha, a direcção do vento foi variável de manhã. A partir as 10h, o vento, fraco, provinha de S em Cascais e de WSW na Praia da Rainha. É às 15h que o vento roda para N e NW, reforçando-se.

1/08/2015

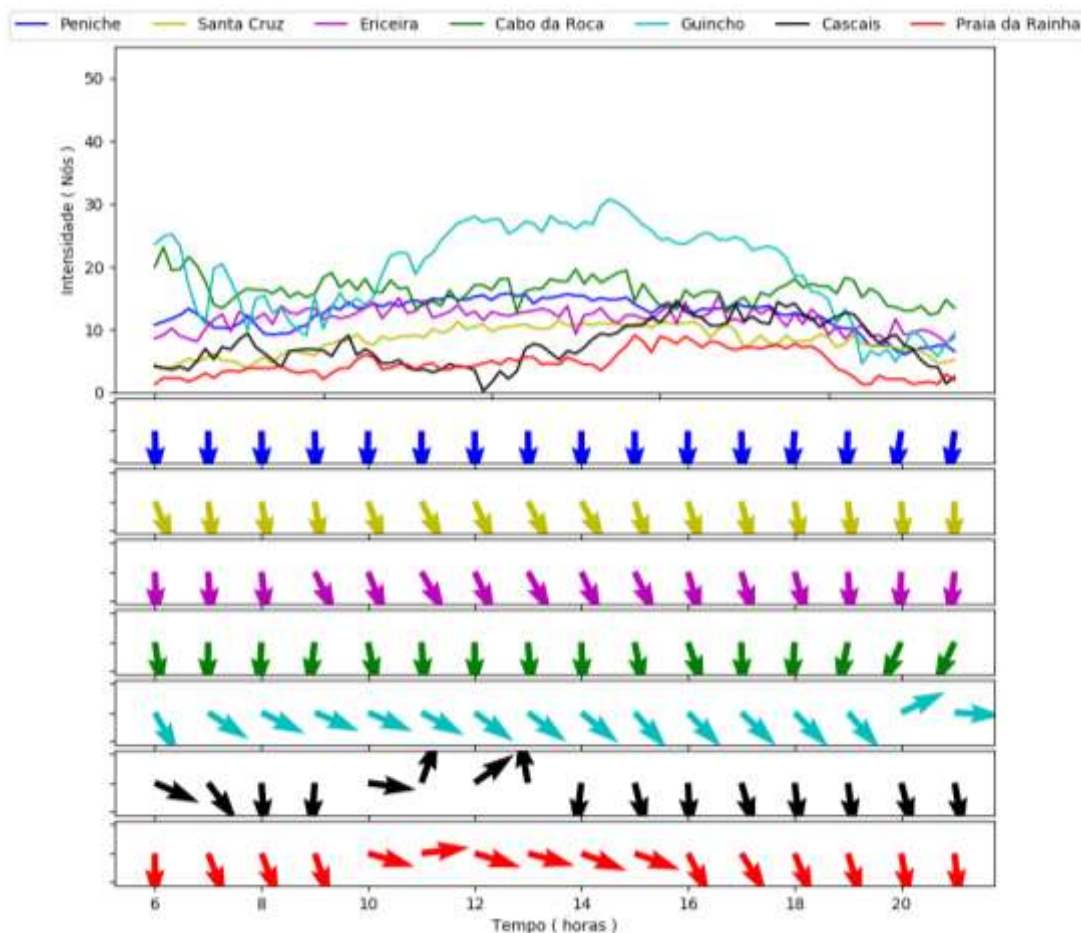
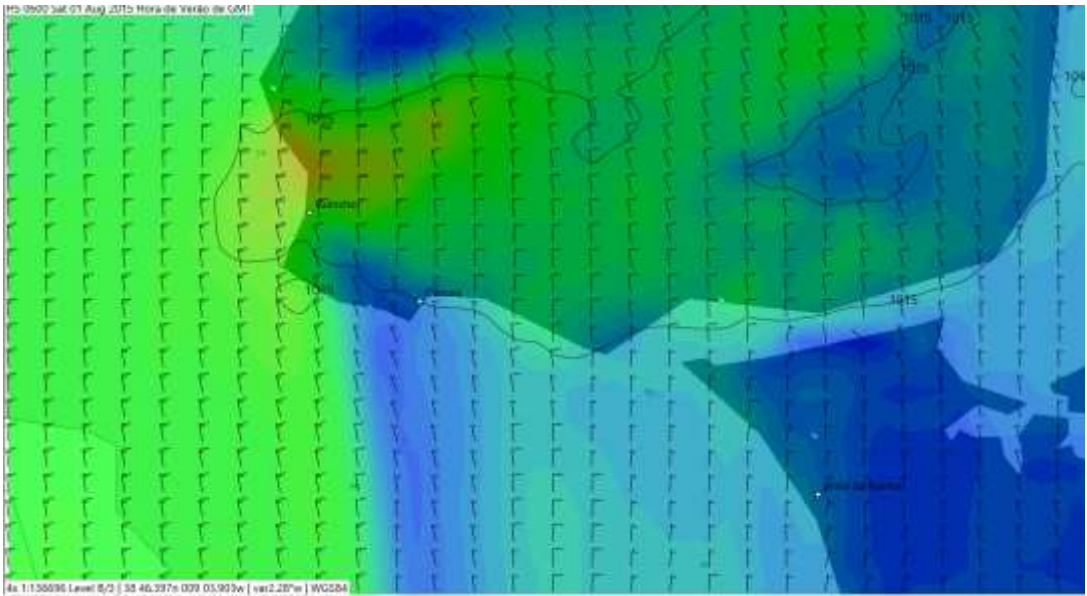


Figura 7.5 - Evolução horária da direcção e velocidade média do vento de 10 em 10 minutos, no dia 1 de Agosto de 2015, na área de estudo, entre as 6h e as 21h.

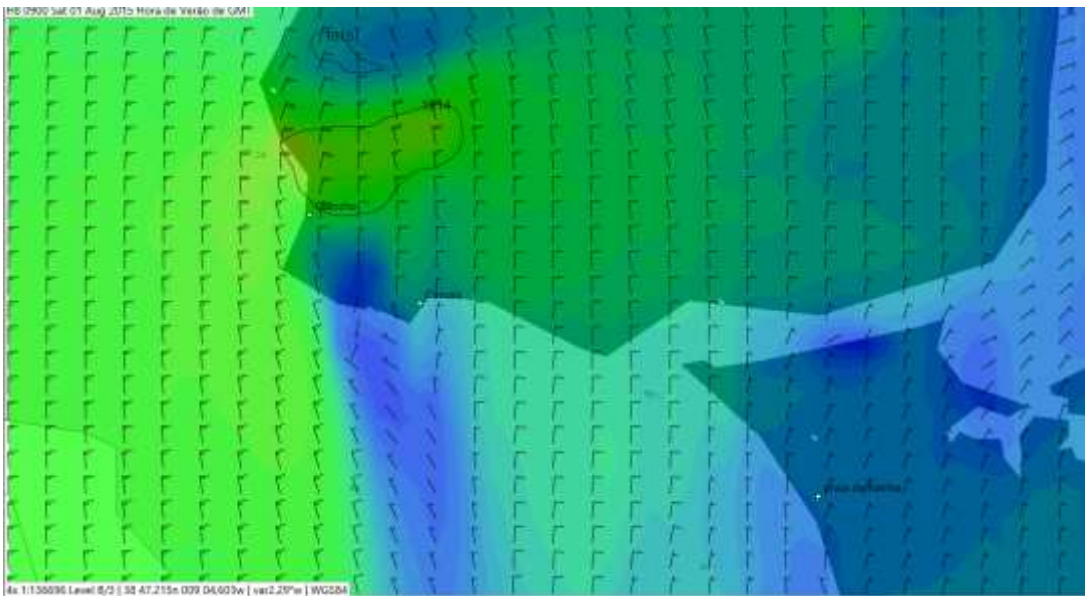
7.2.3 Análise do vento através do modelo PWG-1km na parte sul da área de estudo

Às 6h, o modelo indica fortes contrastes no que diz respeito à velocidade do vento. Na vertente sul da Serra de Sintra, entre o Cabo da Roca e as vertentes a norte do Guincho, a velocidade atinge 20 a 25 nós, enquanto entre o Guincho (17 nós) e Cascais (5 nós), se constata um forte contraste numa escala espacial muito pequena. Na área entre Cascais e a Praia da Rainha (5 nós), o vento é fraco ou muito fraco. O vento sopra de NNW, N ou NNE. Comparando a figura 7.5 e 7.6.a, pode-se deduzir que as observações correspondem globalmente ao vento simulado, sendo que a previsão indica um vento mais à direita no Guincho e em Cascais.

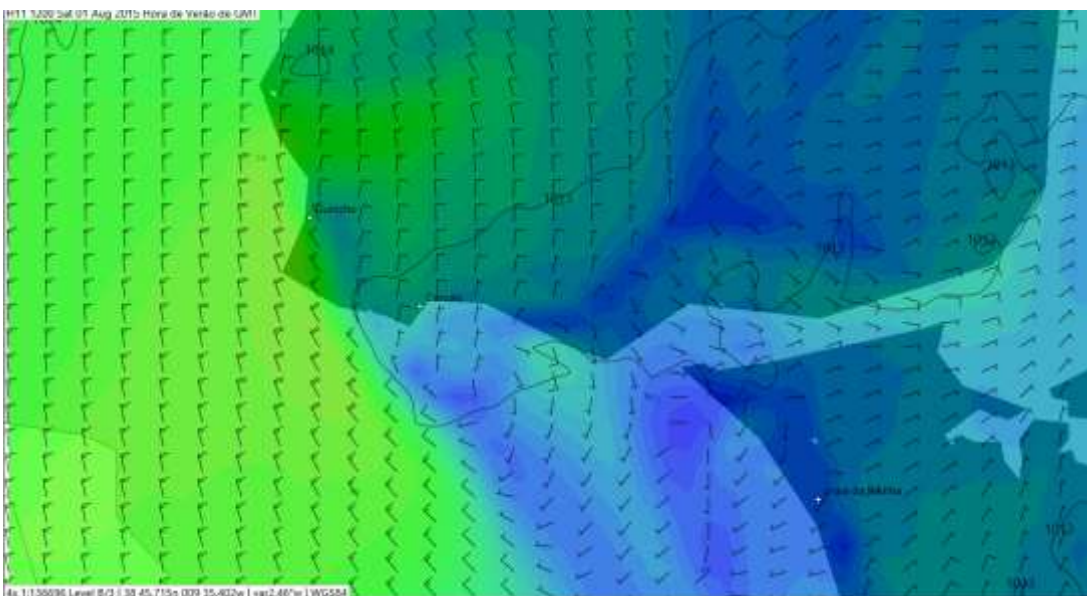
Às 9h, a velocidade do vento simulado na vertente sul da serra diminui ligeiramente (15-20 nós), tal como no Guincho (13 nós previstos, 10-15 nós observados). Em Cascais, o modelo indica um ligeiro aumento da velocidade, o que se confirma nas observações (fig. 7.5). a direcção do vento (WNW), continua a ser prevista mais à direita (N). O modelo simula uma rotação do vento para S entre as 12 e as 14h, mas a mesma ocorreu na realidade entre as 11 e as 13h. Na Praia da Rainha, a rotação do vento para WNW indicada pela estação meteorológica às 12h é simulada mais à esquerda (SW).



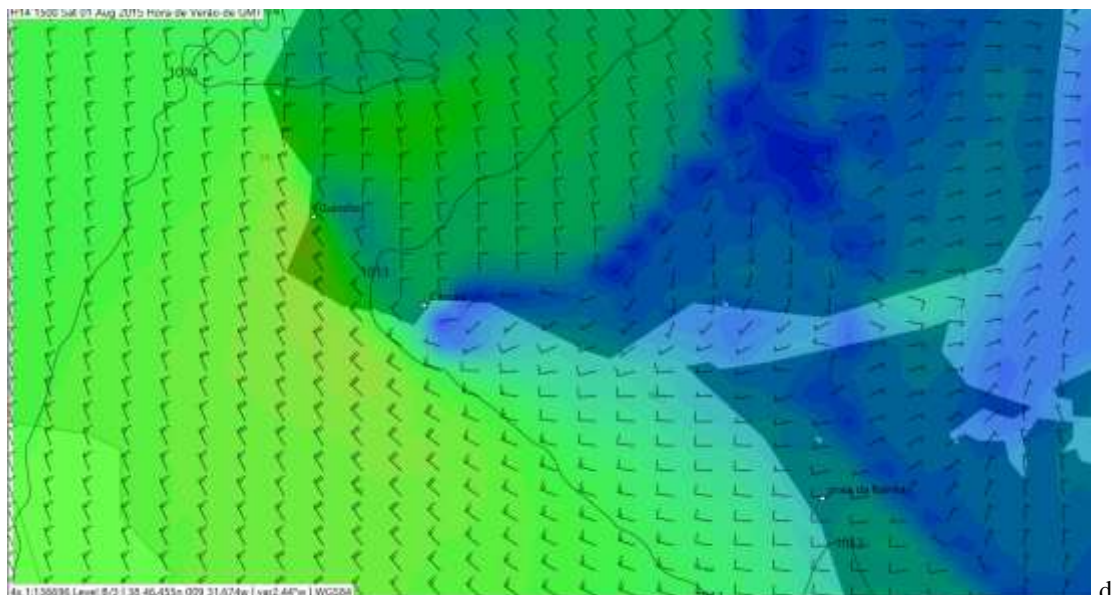
a



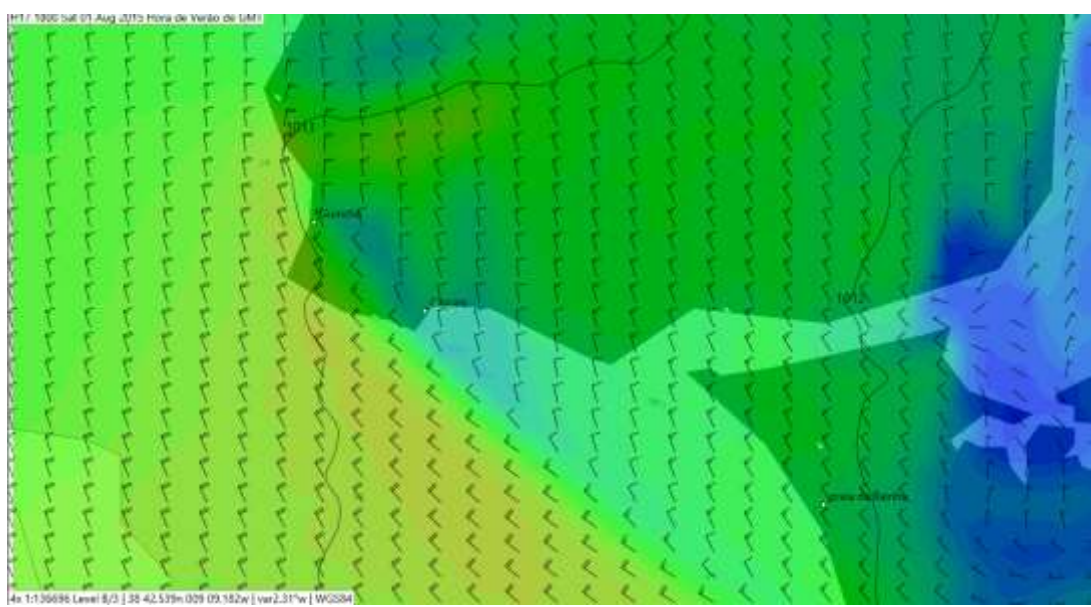
b



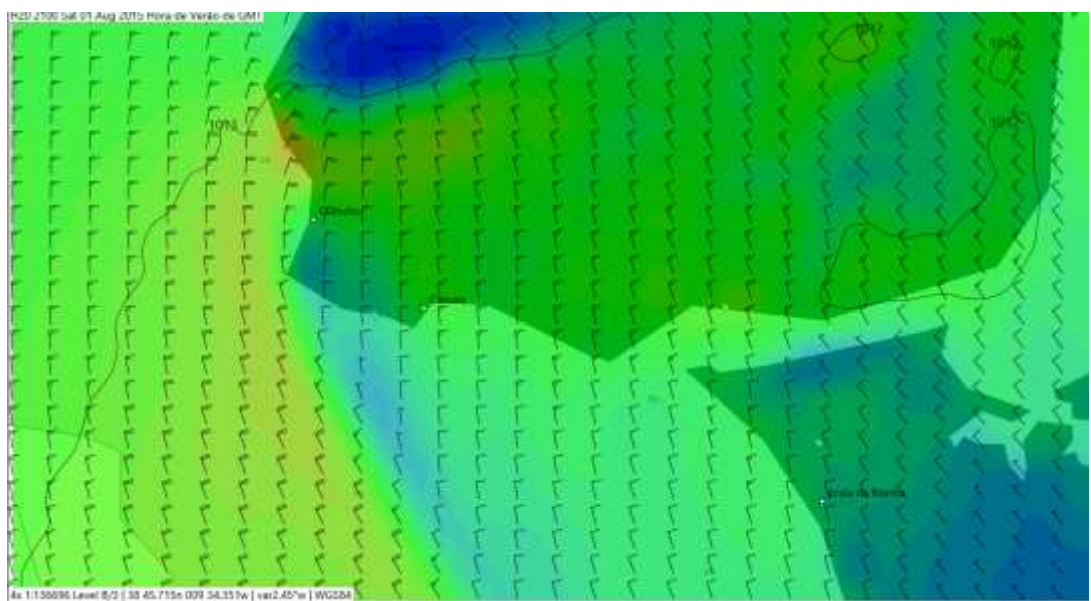
c



d



e



f

Figura 7.6 – Simulação PWG (0h de 1/8/2015) da direcção e intensidade do vento a 10m e da pressão atmosférica à superfície referente a 1/8/2015 às 6h (a), 9h (b), 12h (c), 15h (d), 18h (e) e 21h (f).

Durante a tarde, o Guincho posiciona-se no limite de uma área com vento mais fraco a Norte (10 nós) e vento mais forte a Sul, no Cabo Raso (20 nós). Em Cascais e na Praia da Rainha, é à tarde que o modelo indica uma velocidade do vento mais forte (10-15 nós), sendo sobrestimado para a Praia da Rainha. No que diz respeito à direcção, a rotação verificada na Praia da Rainha de WNW para NNW, entre às 15 e às 16h é simulada entre as 17 e as 18h.

Ao fim da tarde, às 18 e às 21h, observa-se uma diminuição da velocidade do vento no Guincho (16 nós às 18h, 13 nós às 21h) e um reforço na vertente sul da Serra. No Guincho, o modelo é bastante fiável, enquanto em Cascais e na Praia da Rainha, o modelo simula vento moderado, sobrestimando a velocidade real. No que diz respeito à direcção, o modelo simula uma rotação para direita, correspondendo às observações da figura 7.5 para Cascais e para a Praia da Rainha. No Guincho, pelo contrário, as observações indicam uma rotação para esquerda, passando de NW para SW às 20h e W às 21h, enquanto o modelo indica um rumo NNE às 21h.

No dia 1 de Agosto, o vento é globalmente bem simulado pelo modelo PWG. A rotação do vento em Cascais e na Praia da Rainha é considerada pelo modelo, sendo que existe um ligeiro desfazamento entre as observações e as previsões. No fim do dia, o modelo considerou a diminuição do vento no Guincho, mas não previu acertadamente a sua direcção

Tal como no exemplo do 3/6/2015, todas as actividades apresentadas no capítulo 2 reuniram condições favoráveis para sua prática. No Baleal, a velocidade do vento permitiu a prática do kitesurf e a orientação do litoral permitiu igualmente encontrar condições favoráveis para o surf, sup, ou bodyboard. Na Ericeira, o vento moderado permitiu a prática de kitesurf, enquanto era no limite para a pratica de windsurf. No Guincho, o vento muito forte a tarde permitiu a prática de kitesurf, e windsurf, enquanto em Cascais, o vento moderado a partir da tarde permitiu a prática de vela. Na Praia da Rainha, o vento observado não permitiu a prática de windsurf ou kitesurf.

7.3 Dia com vento do quadrante 1-tipo 2, a 850 hPa (24 de Maio de 2015)

7.3.1 Situação sinóptica

A pressão no centro do anticiclone localizado sobre os Açores e que se estendia até à Europa Ocidental era bastante elevada, atingindo 1035hPa. Observa-se uma zona de

baixa pressão sobre a África do Norte, prolongando-se até à Península Ibérica. A baixa pressão sobre a Península acentuou-se ao longo do dia devido ao aquecimento diurno, o que sugere a sua natureza térmica. O considerável gradiente pressão na margem ocidental Portuguesa traduziu-se por um vento sinóptico de ENE moderado (67°, 13 nós). Não existia nebulosidade sobre a área de estudo.

A sondagem de Lisboa indica um vento de N perto da superfície e de ENE a partir de 250m acima do solo. A velocidade do vento, cerca de 10 nós junto à superfície, aumentou rapidamente nos primeiros 500m, para atingir 20 nós. Entre os 500 e 1500m, observa-se uma diminuição do vento até cerca 12 nós. Acima de 1500m, a velocidade do vento aumentava.

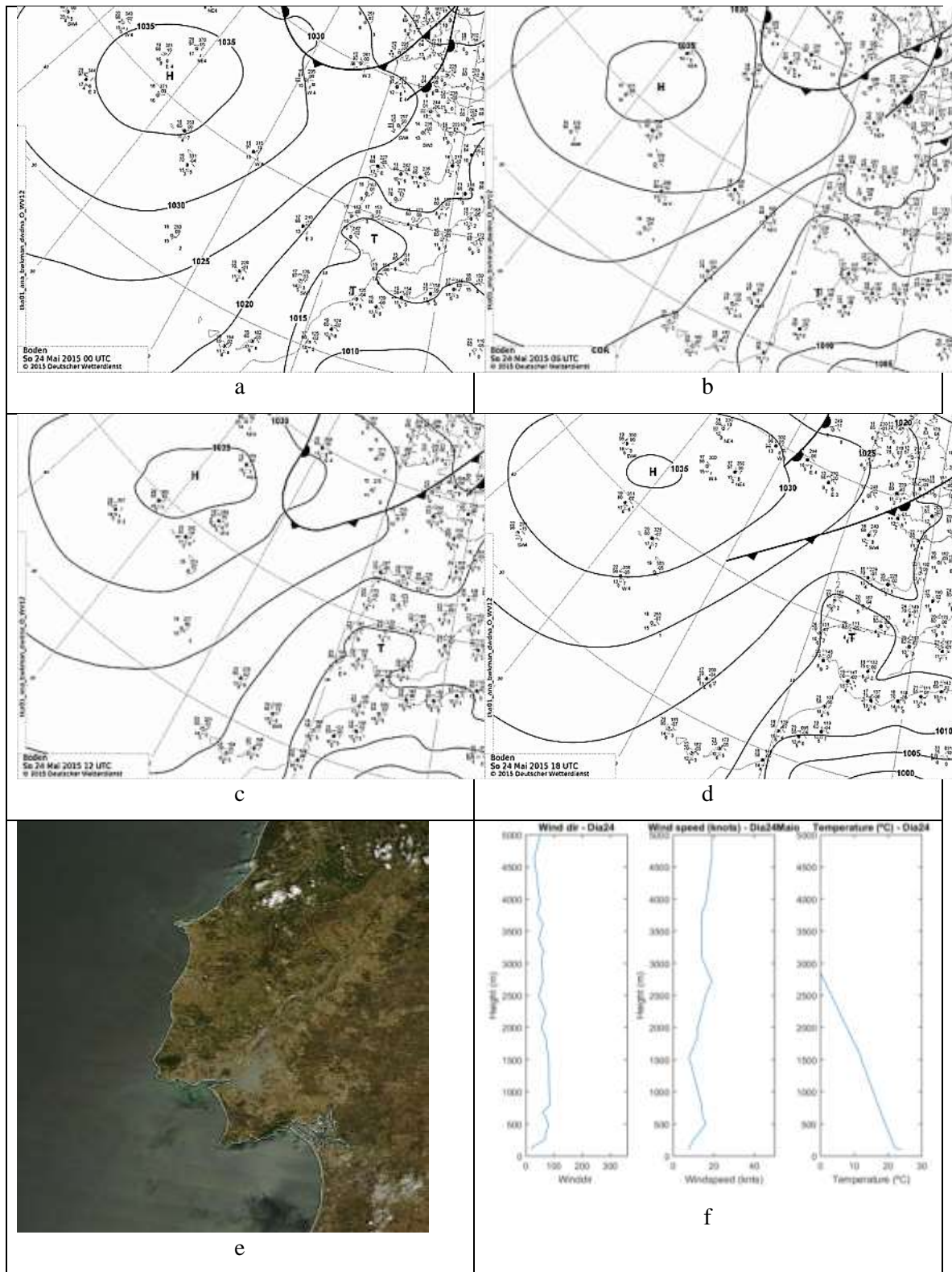


Figura 7.7 – Condições atmosféricas na área de estudo no dia 24 de Maio de 2015: a-d: cartas sinóticas às 0, 6, 12 e 18h (Deutsche Wetterdienst); e: Nebulosidade (imagem satélite MODIS, às 12h30); f: Sondagem aerológica de Lisboa/Aeroporto (IPMA, 12h).

7.3.2 Dinâmica do vento na área de estudo

Neste dia, o vento na área de estudo ultrapassou os 17 nós em 4 das 7 estações, sendo muito forte no Guincho. A rotação do vento ao longo do dia foi moderada ou forte. No Baleal e em Santa Cruz, o vento soprando globalmente de N atingiu um máximo de 15 nós e a rotação do vento ao longo do dia foi moderada (91°) no 1º caso e acentuada no 2º (163°). No Cabo da Roca, a rotação do vento ao longo do dia foi igualmente considerável (73°), sendo que o vento aqui foi ligeiramente mais forte, entre 17 e 20 nós, tal como na Ericeira. No Guincho, o vento foi fraco durante a manhã, com direcção variável entre E e SW. A partir do meio-dia, o vento rodou, soprando de W, para depois rodar para a direita ao longo da tarde e reforçando-se. A partir das 16h, o vento foi muito forte, entre 25 e 35 nós. Em Cascais, o vento de manhã foi fraco e soprou entre os rumos E e S. A partir das 12h, o vento rodou lentamente para a direita e reforçou-se. À tarde, o vento rodou, passando sucessivamente para SW, W, NW, NNW e N. O fim da tarde, entre as 17 e as 22h, correspondeu à altura de maior velocidade do vento (entre 17 e 19 nós). Na Praia da Rainha, o vento mais forte do dia foi observado entre as 7 e as 9h, soprando de NE, entre 10 e 15 nós. Ao longo da manhã, o vento perdeu intensidade e, ao meio dia, o rodou para S e enfraqueceu.

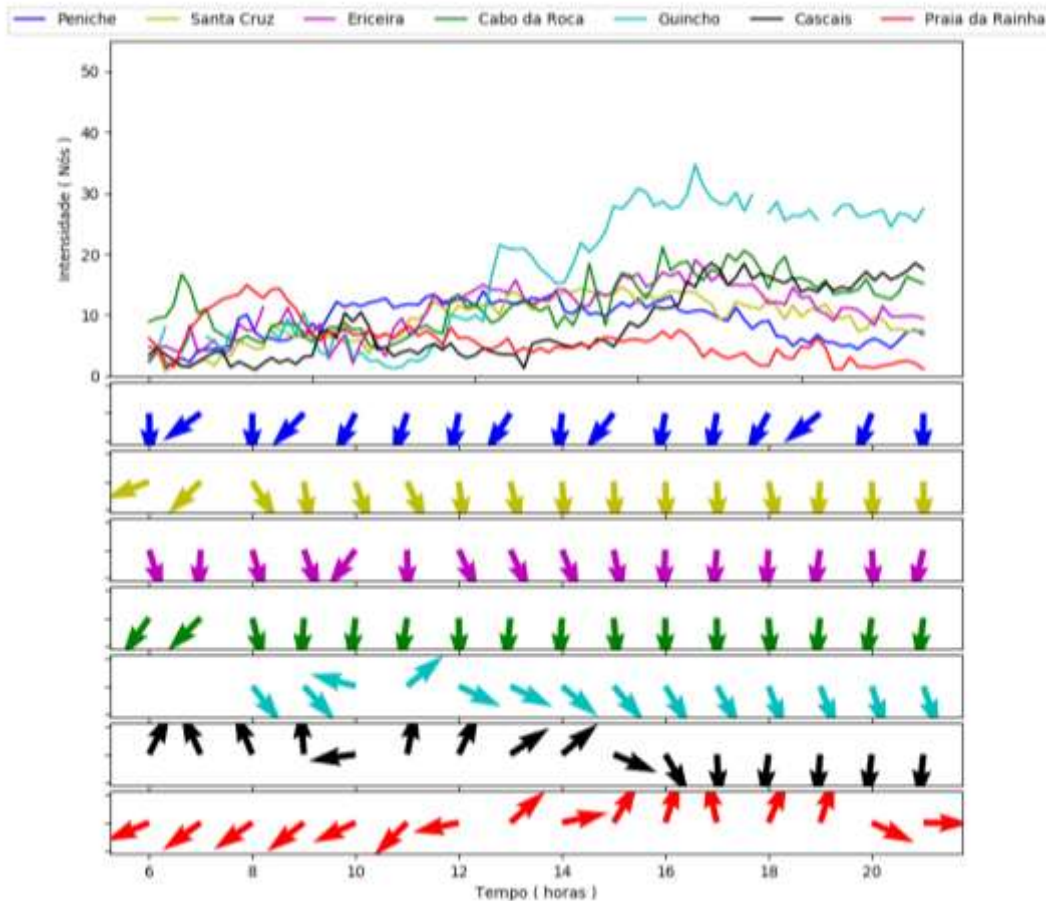


Figura 7.8 - Evolução horária da direcção e velocidade média do vento de 10 em 10 minutos, no dia 24 de Maio de 2015, na área de estudo, entre as 6h e as 21h.

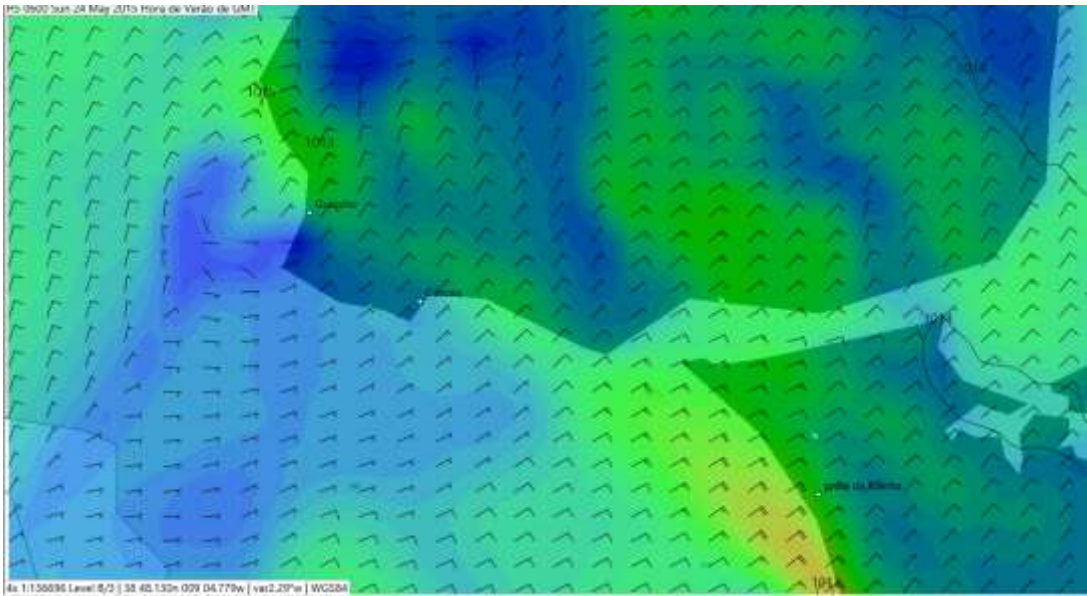
7.3.3 Análise do vento através do modelo PWG-1km na parte sul da área de estudo

Às 6h, o modelo indica 2 áreas no litoral com vento mais forte: uma na área do Cabo da Roca (15 nós) e outra na Costa da Caparica (15-20 nós), com um rumo de ENE e NE. A figura 7.8 mostra valores de observação similares. A velocidade registada nas estações meteorológicas diminui primeiro no Cabo da Roca (7h) e somente pelas 10h na Praia da Rainha, tal como previsto pelo modelo. No Guincho, o modelo indica um vento fraco *offshore* e rodando 180°, o que também se confirma na figura 7.8. Já em Cascais, durante a manhã, o modelo simula um vento de ENE, o que não se confirmou nos registos da estação meteorológica, à excepção das 10h: o rumo do vento teve uma componente de Sul marcada até às 14h.

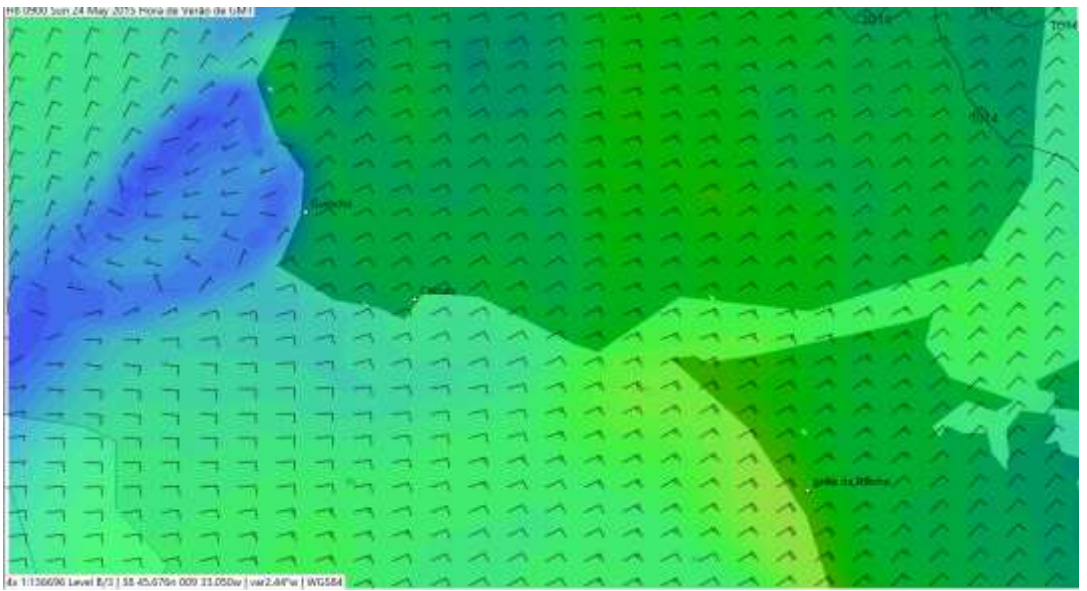
A partir das 12h, observam-se fortes contrastes no que diz respeito à velocidade e direcção do vento. Ao largo do Cabo da Roca, existe uma área com vento moderado de NNE; no Guincho, o vento é NE em terra e WSW no mar; na Praia da Rainha, observa-se uma diminuição do vento NE, aspectos confirmados nas observações.

Ao longo da tarde, o modelo indica uma intensificação do vento no litoral ocidental da península de Lisboa, enquanto na Costa da Caparica, o vento continua moderado de NE. Para as 15h, o modelo prevê vento de 18 nós para o Guincho (confirmado pelas observações) e vento mais forte alguns quilómetros para sul (25 nós para o Cabo Raso). Em Cascais, o modelo prevê a rotação para SSW e SW correctamente, tal como a rotação para NW e NNW durante a tarde.

Às 18h, o modelo indica um vento moderado e forte de NNW em toda área considerada, e muito forte na área do Guincho (25-30 nós). Ao contrário do dia 3 de Junho de 2015 (quadrante 2), o reforço da velocidade do vento foi comprovado nas observações das estações meteorológicas (figura 7.8). A diferença de pressão atmosférica entre a vertente norte e sul da Serra de Sintra é considerável. Na praia da Rainha, o modelo simula resultados contrários às observações, indicando um vento NE até às 16h e NNW até ao fim do dia, ao passo que se verificou vento de SSW entre as 15 e as 19h (figura 7.8).



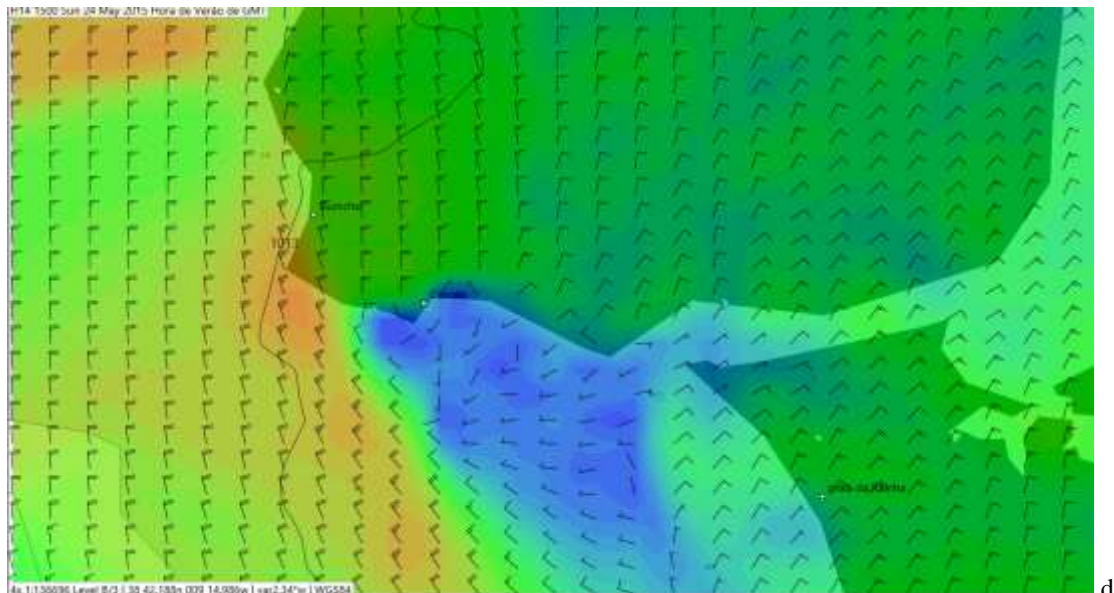
a



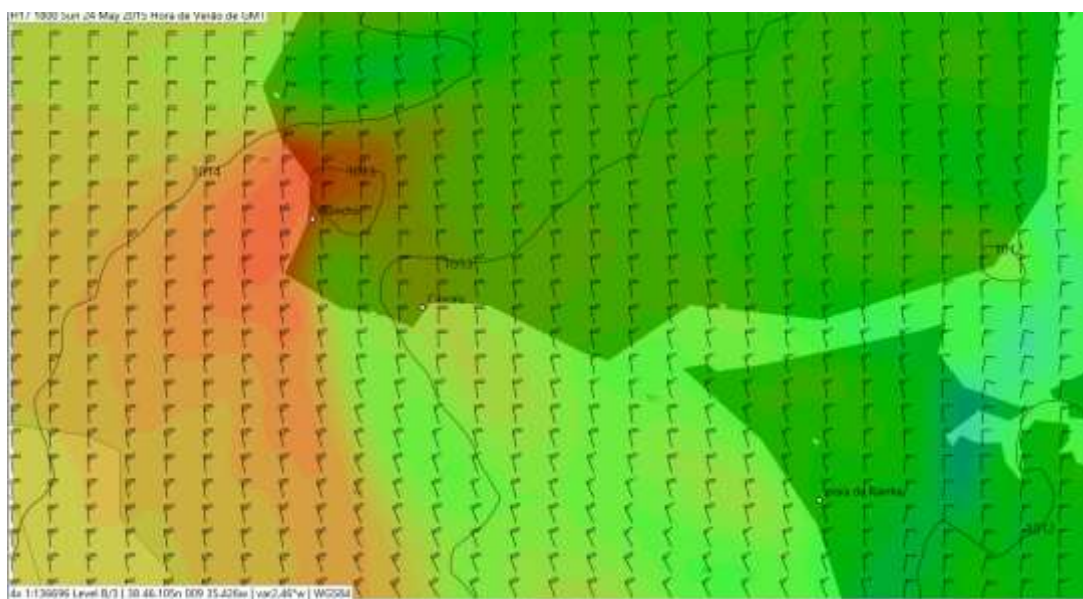
b



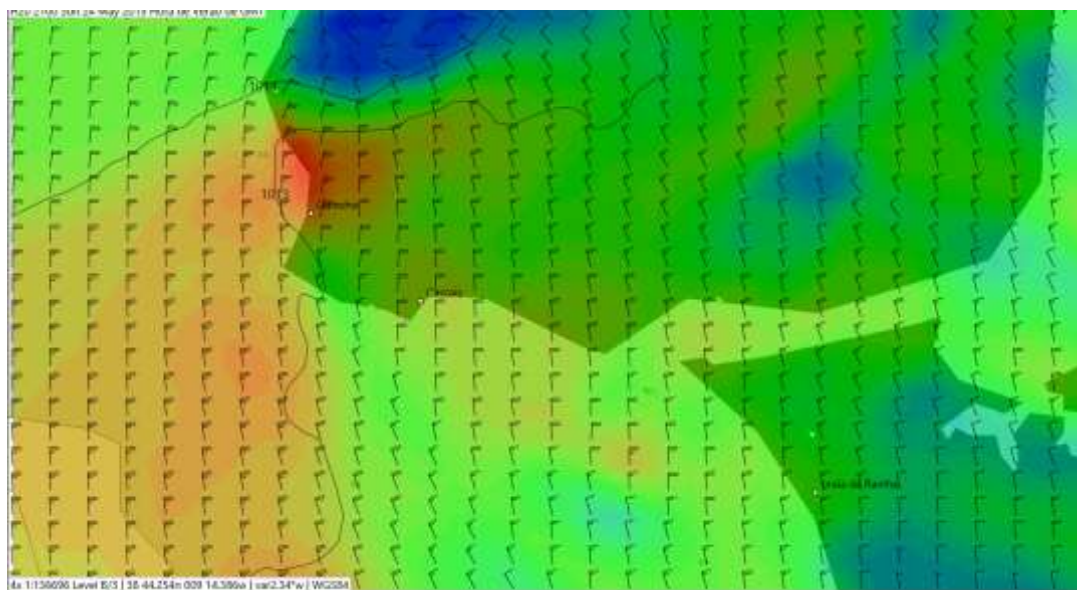
c



d



e



f

Figura 7.9 – Simulação PWG (0h de 24/5/2015) da direcção e intensidade do vento a 10m e da pressão atmosférica à superfície, referente a 24/5/2015 às 6h (a), 9h (b), 12h (c), 15h (d), 18h (e) e 21h (f)

Tal como o outro exemplo do quadrante 1, o modelo PWG dá uma previsão do vento globalmente correcta na área de estudo. O aumento da velocidade do vento durante a tarde na parte ocidental da área analisada foi comprovado pelas observações. Apenas a previsão da praia da Rainha a partir da tarde é contraditória com as observações, registadas na figura 7.8.

Para as actividades náuticas requerendo mais vento mais forte, o dia 24/5/2015 é favorável. Durante a manhã, o vento na Praia da Rainha é suficientemente forte para a prática de kitesurf, e embora o vento seja demasiado *offshore** para esta modalidade, há óptimas condições para o surf, SUP e bodyboard, quando a velocidade do vento diminui. A partir da tarde, o reforço do vento permite a prática de windsurf no Guincho e na Ericeira, enquanto em Santa Cruz e no Baleal, a velocidade do vento apenas foi suficiente para o kitesurf. Em Cascais, o vento é mais forte de manhã e à tarde, apresentando condições adequadas para a vela.

7.4 Dia com vento do quadrante 3 a 850 hPa (11 de Agosto de 2015)

7.4.1 Situação sinóptica

Um vasto anticiclone estava centrado a norte dos Açores (1030 hPa) e estendia a sua influência à área continental Portuguesa através da sua margem oriental (perturbada por uma frente pouco activa). Ao longo do dia, formou-se uma depressão térmica sobre a península Ibérica. Observa-se que a isóbara de 1015 hPa apenas era paralela ao litoral ocidental às 18h. Os dados do modelo GFS da NOAA (quadro 5.4) indicam um vento às 7h relativamente fraco (7 nós) de WNW (296°).

A sondagem de Lisboa indica um vento de N até 1000m. A altitude superior, o vento rodou para NW, W e SW. A velocidade perto da superfície era moderada (12-13 nós) e diminuiu até 4 nós entre os 700 e os 1500m. A temperatura junto ao solo é relativamente alta (27-28°C), decrescendo rapidamente (20°C aos 300m). Distingue-se uma inversão perto de 1000m.

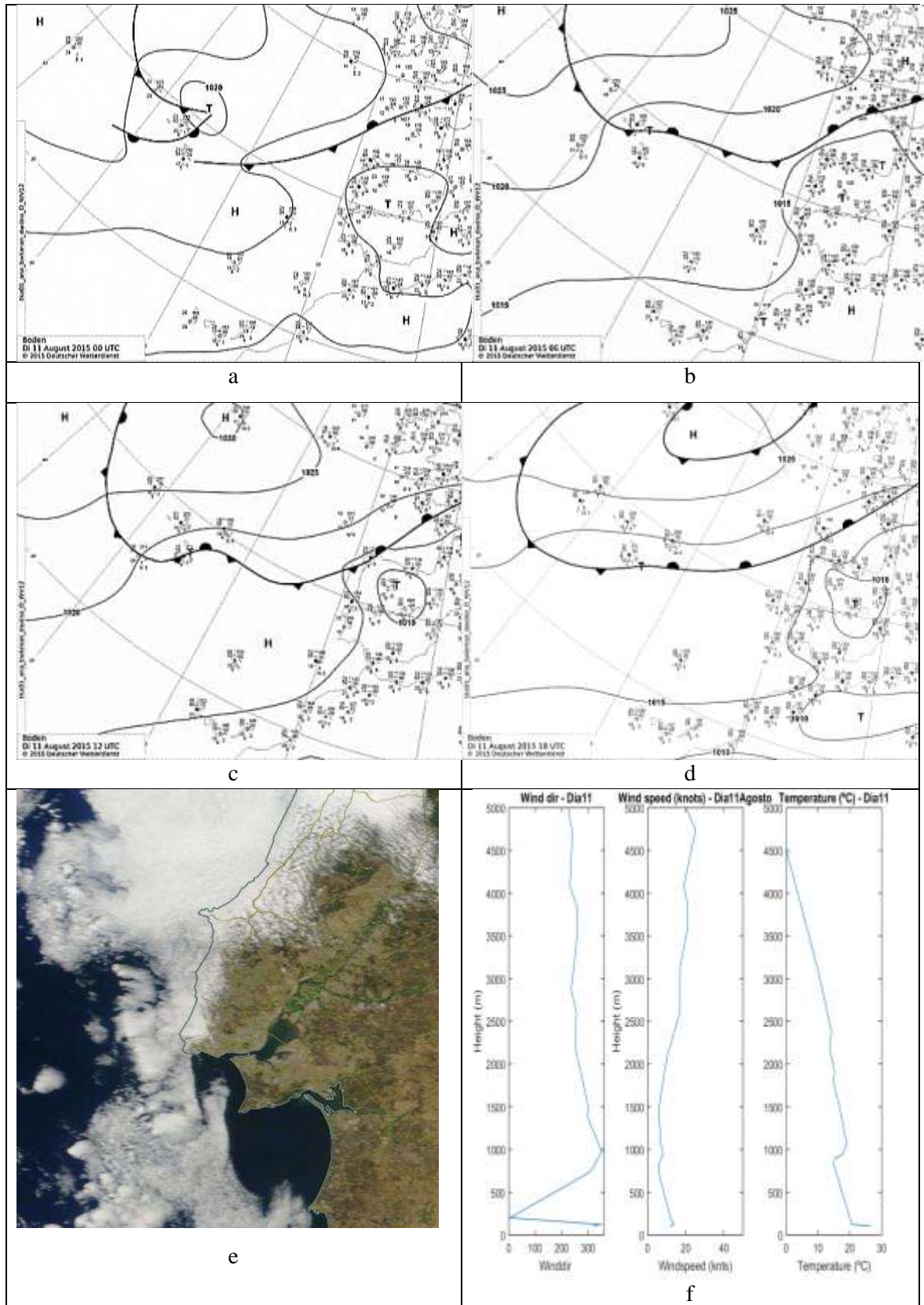


Figura 7.10 – Condições atmosféricas na área de estudo no dia 11 e Agosto de 2015: a-d: cartas sinópticas às 0, 6, 12 e 18h (Deutsche Wetterdienst); e: Nebulosidade (imagem satélite MODIS, às 12h30); f: Sondagem aerológica de Lisboa/Aeroporto (IPMA, 12h).

7.4.2 Dinâmica do vento na área de estudo

Este dia correspondeu a um dia de vento fraco e moderado, soprando entre o rumo W e NNE na área de estudo. A rotação do vento ao longo do dia foi moderada, sendo que a rotação máxima foi observada na praia da Rainha, com um vento W (265°) às 12h50 e NNE (12°) às 20h50. A norte da Serra de Sintra, o vento foi fraco, geralmente não ultrapassando 10 nós. A estação que registou o vento mais forte foi o Cabo da Roca (12-20 nós). O Guincho, ao contrário do habitual, apenas teve maior velocidade do vento do que Cascais e do que as outras praias entre as 15 e as 18h, à excepção de Cabo da Roca, que se manteve sempre com vento mais forte (com picos entre 15 e 20 nós). Na praia da Rainha e em Cascais, o vento atingiu 10 nós, sendo mais forte do que a norte da Serra.

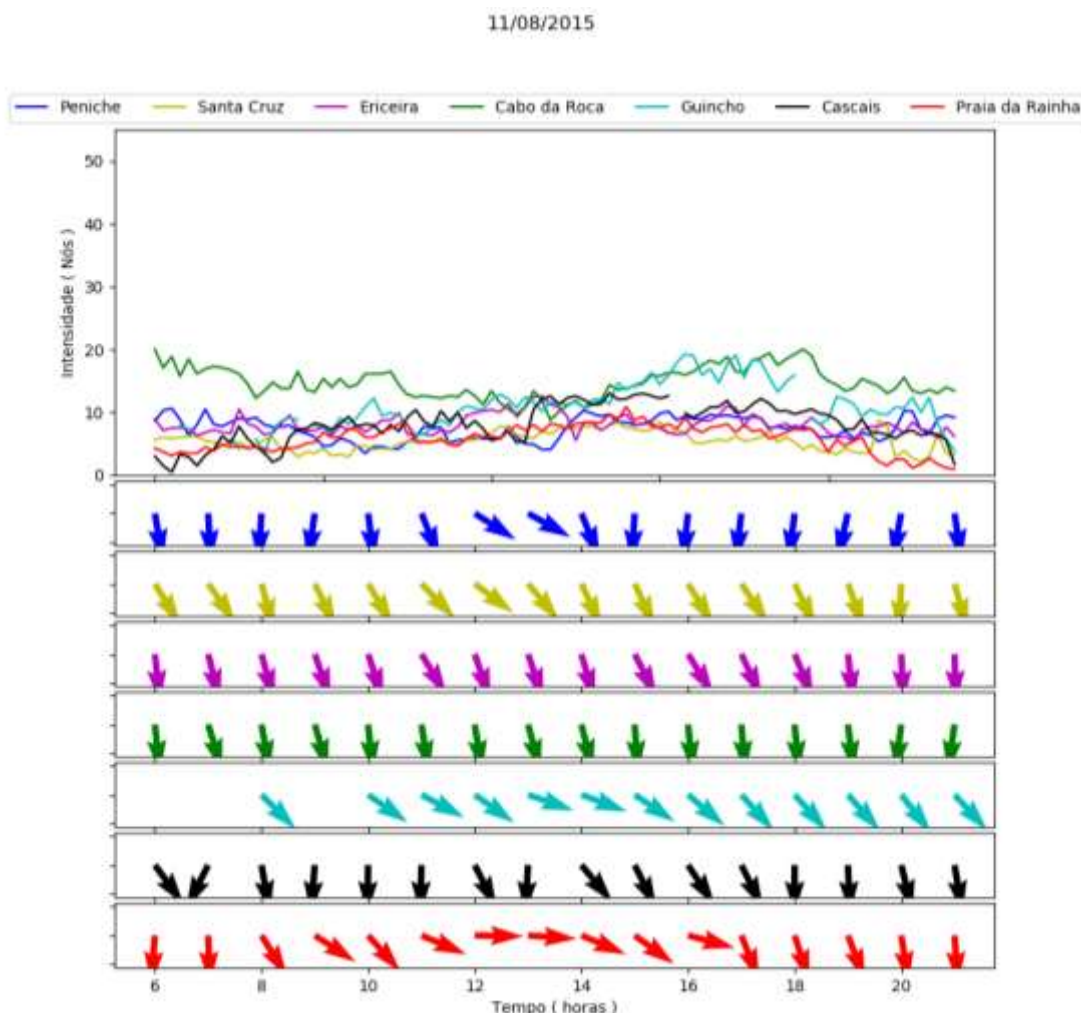


Figura 7.11 - Evolução horária da direcção e velocidade média do vento de 10 em 10 minutos, no dia 11 de Agosto de 2015, na área de estudo, entre as 6h e as 21h.

7.4.3 Análise do vento através do modelo PWG-1km na parte sul da área de estudo

Às 6h, tal como nos outros exemplos apresentados, observa-se que a velocidade mais forte é simulada na vertente sul da Serra de Sintra, entre o Cabo da Roca e o Cabo Raso (15 nós de rumo N e NW). No resto da área considerada, o vento é muito fraco, tal como é comprovado nas observações da figura 7.11. No entanto, a direcção do vento previsto (NW) é mais à esquerda do que o vento observado (N).

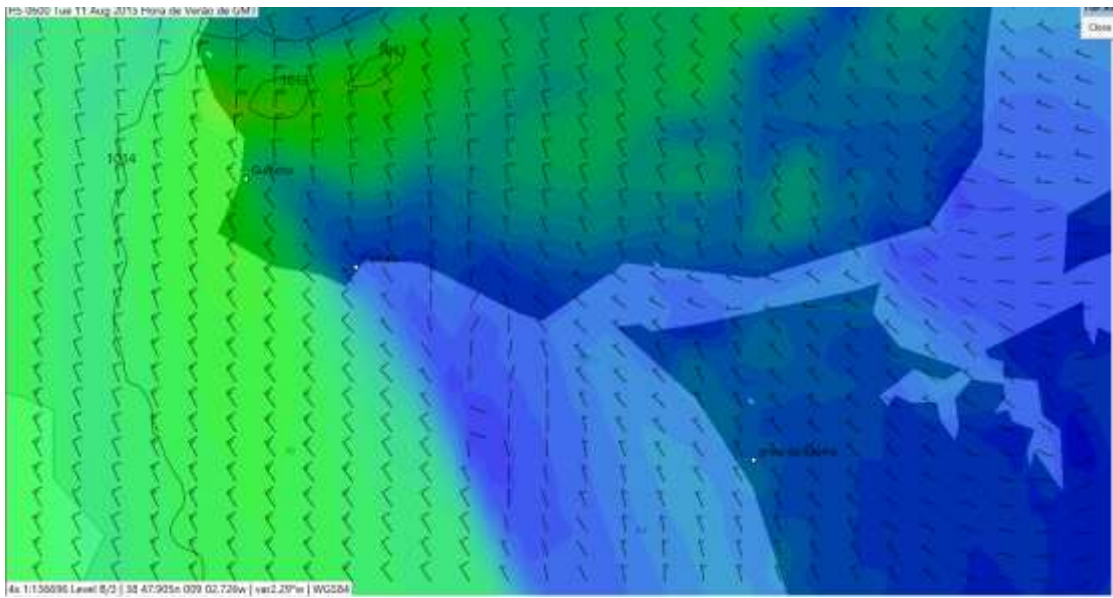
Às 9h, a previsão pelo modelo nem sempre está conforme à realidade. Em Cascais, é simulado um vento SE muito fraco, enquanto se verificou que o vento soprou de N com uma velocidade de 7 nós. Na praia da Rainha, o vento real registado foi de 5 nós, enquanto a simulação subestima a velocidade (inferior a 1 nó).

A partir do meio-dia, a área com vento mais forte estende-se e reforça-se. Em Cascais, o vento roda para NW e reforça-se, sendo mais à direita do que as observações (NNW). Na praia da Rainha, a simulação do vento S não corresponde às observações (W).

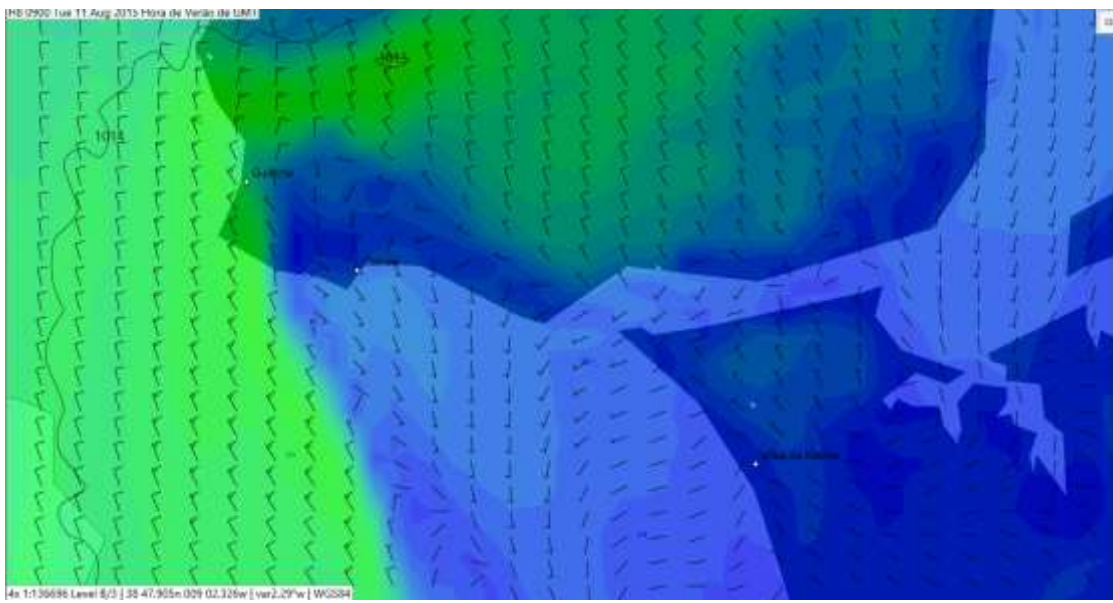
É apenas a partir das 15h que o modelo simula melhor o vento na praia da Rainha, indicando um vento de W moderado, enquanto as observações reais correspondem a um vento de WNW alcançando 10 nós. É a área entre Cascais e a praia da Rainha que apresenta velocidades de vento mais elevadas, atingindo 20 nós. Em Cascais, a previsão é ligeiramente sobrestimada, mas a direcção está correctamente simulada. No Guincho, o modelo simula um reforço do vento de NW, tal como observado (fig. 7.11).

Às 18h, o modelo simula uma ligeira rotação do vento para NW e NNW. Em Cascais e na praia da Rainha, observa-se uma diminuição da velocidade do vento. O modelo simula um vento mais à esquerda (NW) do que se verifica pelas observações na figura 7.11 (N). Este erro existe igualmente na praia da Rainha, embora menos acentuado.

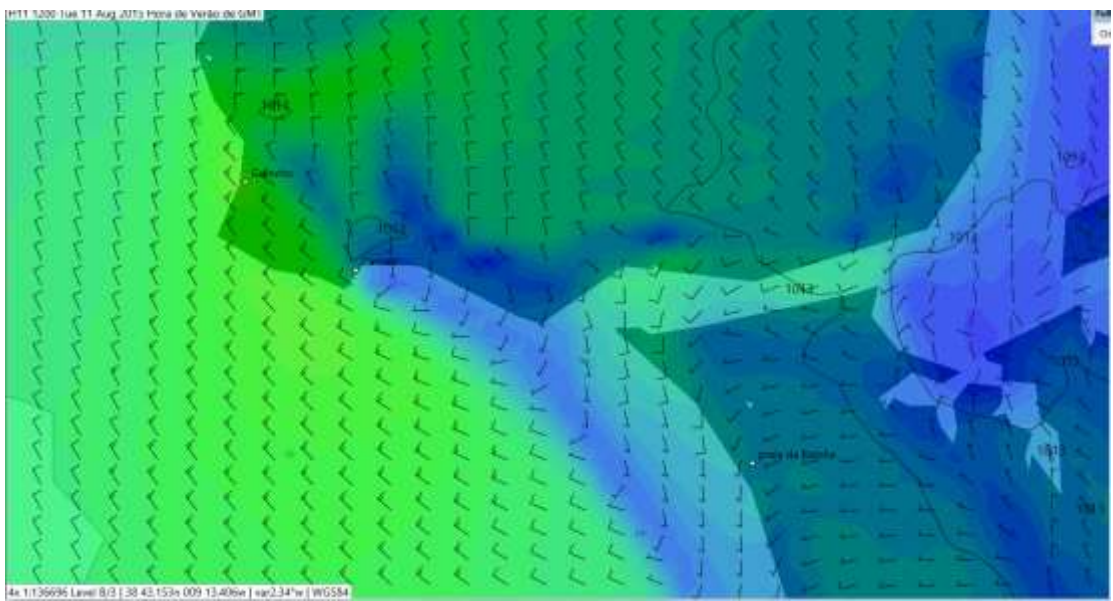
Ao fim do dia, o modelo simula uma diminuição da velocidade do vento na área entre Cascais e a praia da Rainha, acompanhado por uma rotação para NNW e N, o que se comprova pelas observações. Nas vertentes a norte do Guincho, observa-se um reforço do vento. No Guincho, a diminuição da velocidade do vento observada na figura 7.11 não é correctamente simulada.



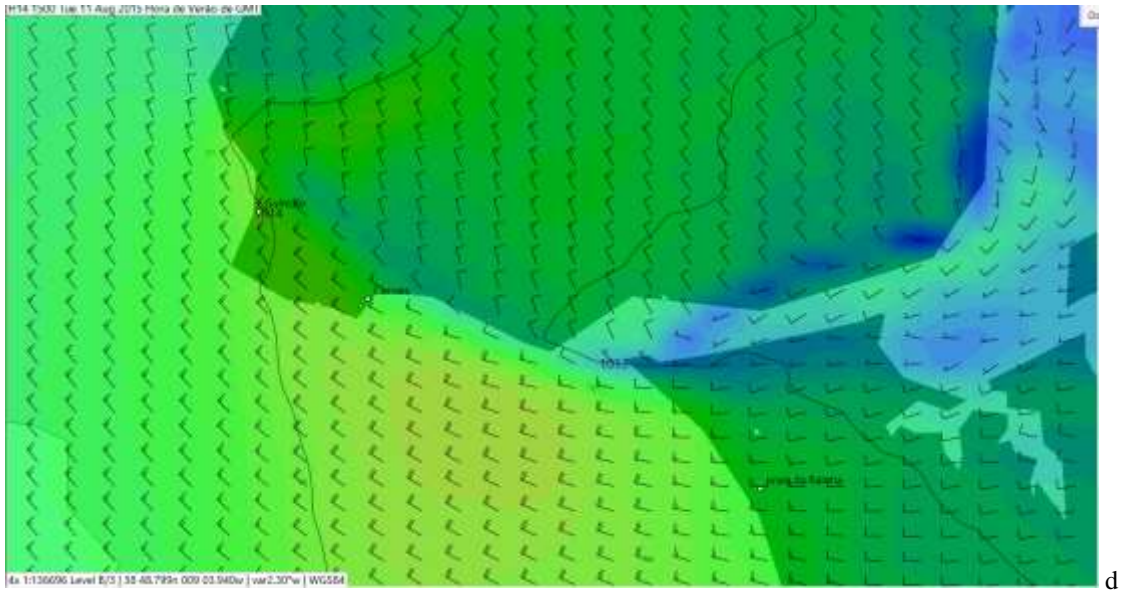
a



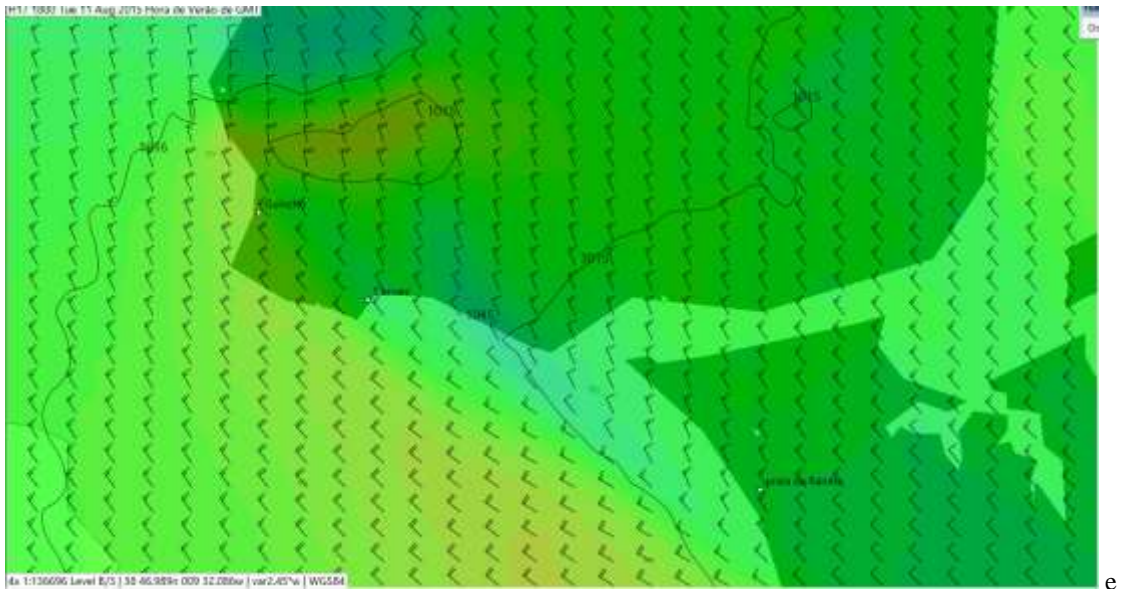
b



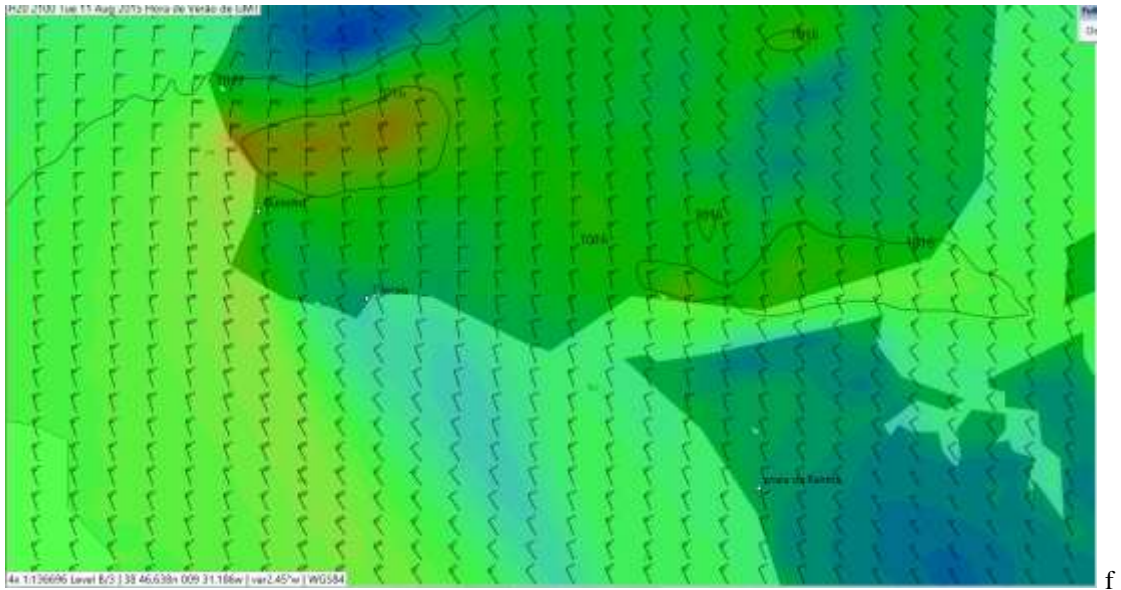
c



d



e



f

Figura 7.12 – Simulação PWG (0h de 11/8/2015) da direcção e intensidade do vento a 10m e da pressão atmosférica à superfície, referente a 11/8/2015 às 6h (a), 9h (b), 12h (c), 15h (d), 18h (e) e 21h (f).

No dia 11/8/2015, a previsão do modelo PWG é globalmente correcta, embora com algumas falhas. Observa-se uma rotação do vento para Sul em Cascais (não comprovada pelas observações) e a diminuição da velocidade do vento observada no Guincho (figura 7.11), não é simulada pelo modelo.

O vento soprando dos rumos NW, NNW e N na área de estudo não é indicado para o surf, bodyboard ou SUP, sendo *onshore** na maioria das praias. Apenas na praia do Supertubos e no extremo norte da Costa da Caparica ocorre uma direcção de vento mais favorável para essas modalidades. Também para o windsurf, as condições não são muito favoráveis, com apenas 20 nós à tarde no Guincho, que corresponde ao único lugar com vento forte (considerando que no Cabo da Roca não existe praia). No entanto, para a prática do kitesurf, a velocidade do vento é claramente suficiente. Na Costa da Caparica, embora a estação meteorológica não registe um vento superior a 10 nós, observou-se a prática de kitesurf, o que vem comprovar que a estação indica vento mais fraco do que na praia. Finalmente, as condições de vento, rodando os 12 nós são indicadas para a vela em Cascais.

7.5 Dia com vento no limite entre os quadrantes 1 e 3 a 850hPa (28 de Julho de 2015)

7.5.1 Situação sinóptica

Neste dia, existem grandes disparidades no que diz respeito à velocidade do vento na área de estudo. Trata-se de uma situação em que o vento foi muito acelerado no Guincho em comparação com as outras praias consideradas. Observando a situação sinóptica (figura 7.13.a-d), Portugal estava localizado na margem de um anticiclone (cerca 1025 hPa), centrado a oeste da Península Ibérica. A depressão térmica sobre a península Ibérica, embora presente, não era particularmente acentuada. A norte da península Ibérica, observa-se a passagem de ondulações frontais de fraca actividade. A situação sinóptica evoluiu pouco ao longo do dia. Na imagem satélite das 12h (fig. 7.13.e), observa-se nebulosidade a norte da Serra de Sintra, localizando-se a praia do Guincho no limite da “barra” de nuvens, enquanto em Cascais e na margem sul do Tejo, o céu estava limpo. O vento sinóptico era moderado de N (360°, 13 nós), segundo o modelo GFS da NOAA para às 7h (quadro 5.4).

A sondagem de Lisboa às 12h indica um vento de rumo geralmente de Norte nos primeiros 2000m acima do solo. A velocidade do vento era moderada perto do solo (12

nós), com um máximo (30 nós) a cerca de 800m. No que diz respeito às temperaturas, observa-se uma inversão entre 600 e 800m. Perto da superfície, a temperatura era de 28°C.

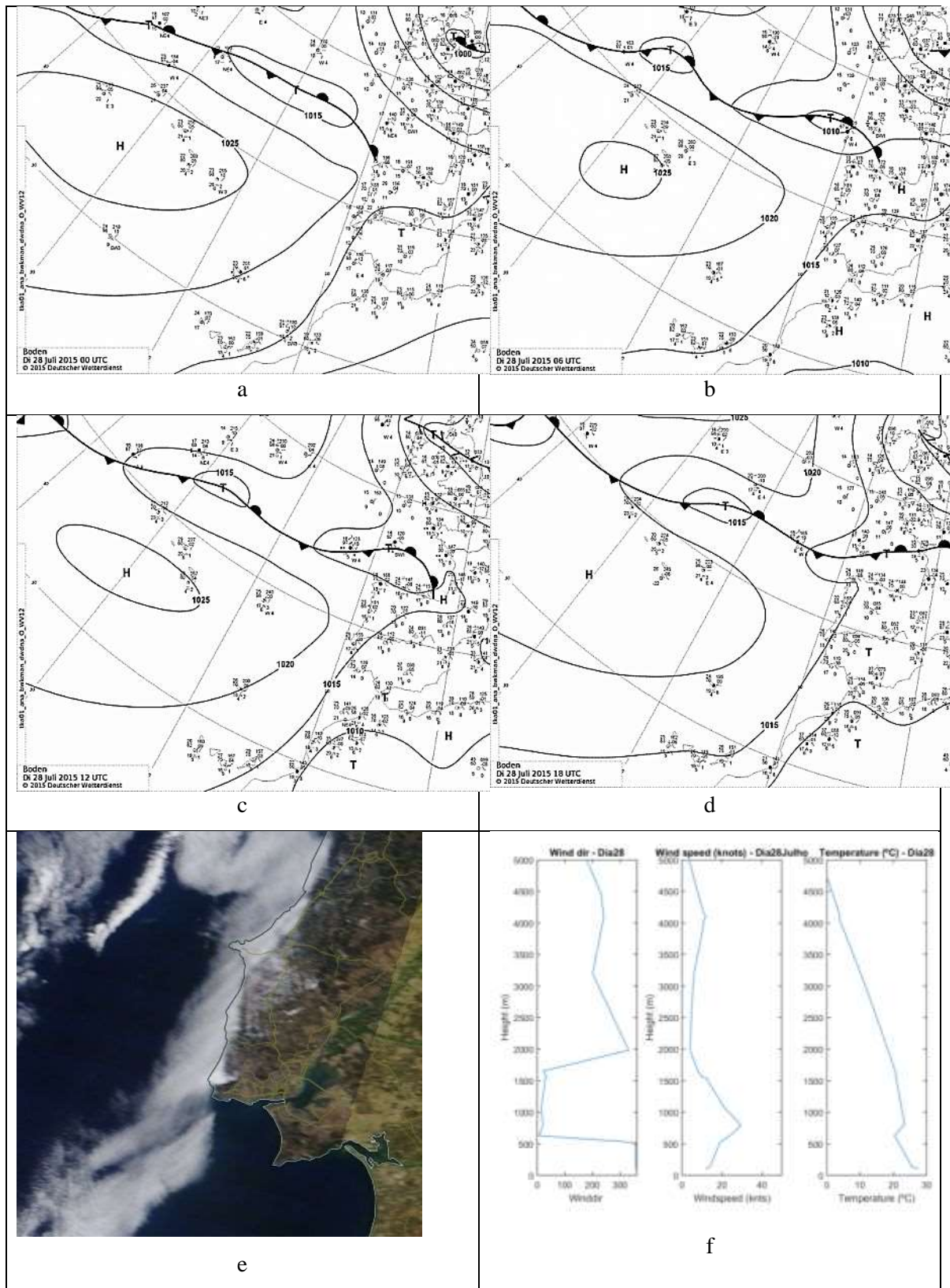


Figura 7.13 – Condições atmosféricas na área de estudo no dia 28 de Julho de 2015: a-d: cartas sinóticas às 0, 6, 12 e 18h (Deutsche Wetterdienst); e: Nebulosidade (imagem satélite MODIS, às 12h30); f: Sondagem aerológica Lisboa/Aeroporto (IPMA, 12h).

7.5.2 A dinâmica do vento

Neste dia, a direcção do vento em todas as estações consideradas foi de N com fraca rotação ao longo do dia, à excepção do Guincho, onde o vento soprou de NNW todo o dia. A velocidade do vento foi moderada na maioria das praias, com vento claramente mais fraco no Baleal e em Santa Cruz (velocidade média entre 8 e 13 nós ao longo do dia). Na Ericeira, o vento foi mais forte, oscilando entre 12 e 20 nós. Na Serra de Sintra, existiu um forte contraste entre o Cabo da Roca e o Guincho. O vento médio no Cabo da Roca variou entre 20 e 25 nós ao longo do dia, oscilando entre o rumo NNE de madrugada e rodando até ao N, enquanto no Guincho, o vento médio (de NNW) foi muito mais forte na maior parte do dia (entre 35 e 52 nós). No Guincho, durante a manhã, entre as 7 e as 10h30, observou-se uma diminuição da velocidade do vento e uma rotação de alguns graus para a esquerda (não visível na fig. 7.14). No mesmo momento, constatou-se um pico de vento no Cabo da Roca e em Cascais, perto de 30 nós. No resto do dia, o vento é moderado em Cascais, entre 8 e 20 nós, antes de diminuir ao fim da tarde e de rodar para Sul. Na Costa da Caparica, o vento médio, soprando do rumo NNE, aumentou de velocidade ao longo da manhã, mas apenas atingiu 10 nós entre as 12 e as 16h, tendo rodado para a esquerda (NNW). Ao fim da tarde, o vento rodou para a direita e a sua velocidade diminuiu.

28/07/2015

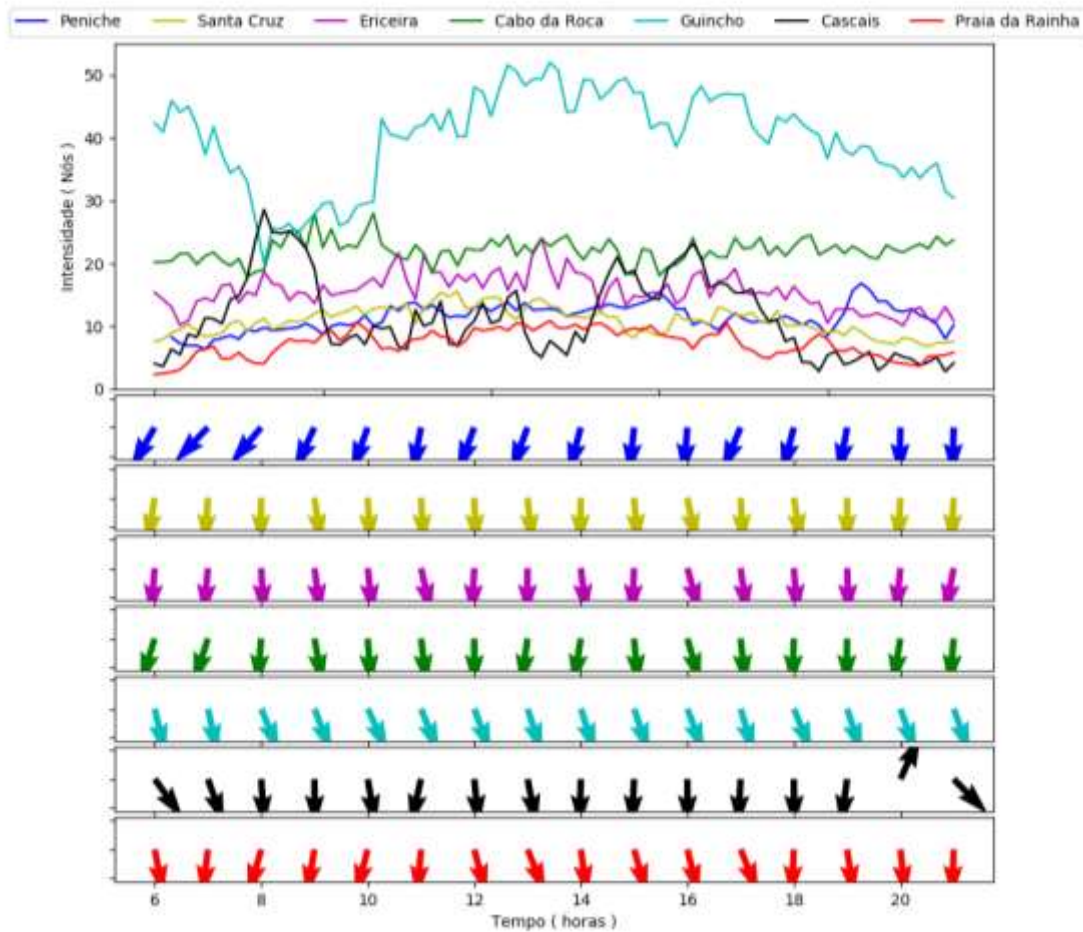


Figura 7.14 - Evolução horária da direcção e velocidade média do vento de 10 em 10 minutos, no dia 28 de Julho de 2015, na área de estudo, entre as 6h e as 21h.

7.5.3 Análise do vento através do modelo PWG-1km na parte sul da área de estudo

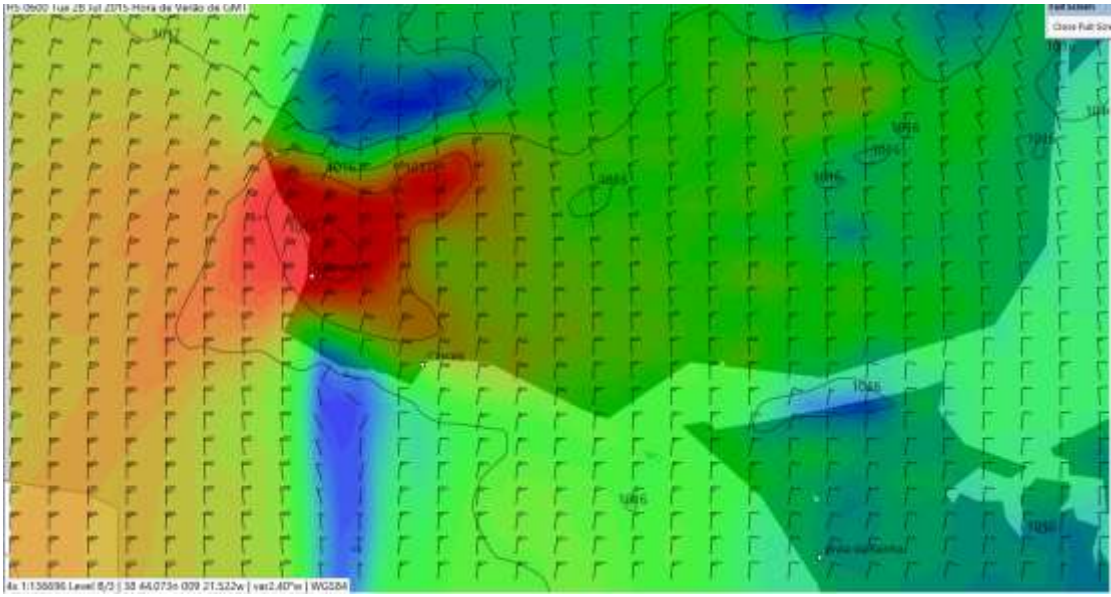
A simulação aos 850 hPa indica um vento sinóptico de N, globalmente moderado (15 nós), mais forte no litoral, a norte da serra de Sintra (20 nós) do que na vertente sul da serra. Ao longo da tarde, o vento sinóptico roda cerca de 20° para a esquerda.

No que diz respeito à superfície, o modelo simula uma forte aceleração do vento às 6h, na vertente sul da serra de Sintra, particularmente pronunciada na área do Guincho. No entanto, observa-se uma área de vento fraco entre Cascais e o litoral oeste, sugerindo a possibilidade da formação de um *rotor* ou *eddy* nesse local. A pressão atmosférica aparenta ser muito modificada pelo relevo, com a presença de uma depressão de origem orográfica bem pronunciada a sotavento (1014 hPa), enquanto a Norte da serra, a pressão atmosférica junto ao solo é de 1017 hPa. Ao longo da manhã, entre as 7 e as

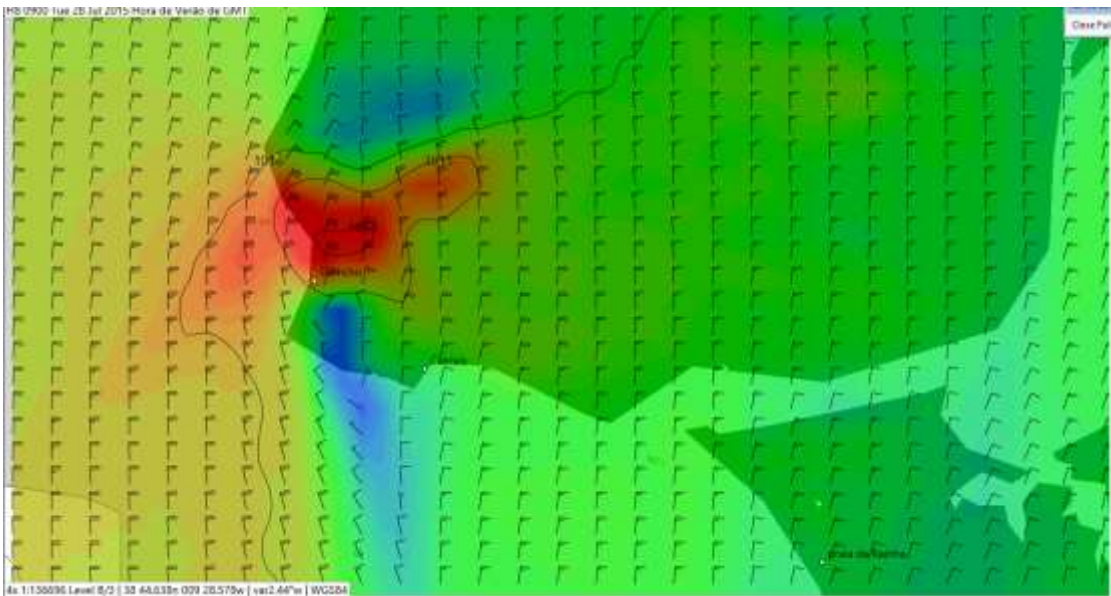
10h, o *rotor/eddy* ter-se-á aproximado do Guincho, provocando uma diminuição da velocidade do vento, visível nas observações.

A partir das 11h, a área sem vento desaparece e o vento muito forte (25 nós) da área a sul do Cabo da Roca expande-se para sul. Embora a velocidade simulada seja forte, as observações no Guincho indicam, ainda assim, uma subestimação considerável. Constata-se que o vento na Costa da Caparica é claramente mais fraco, com a “banda” de vento forte passando ao largo. O vento reforça-se alguns nós ao longo da tarde (12 nós às 11h, aumentando para 15 nós às 16h na praia da Rainha), sendo sobrestimado comparativamente às observações da figura 7.14.

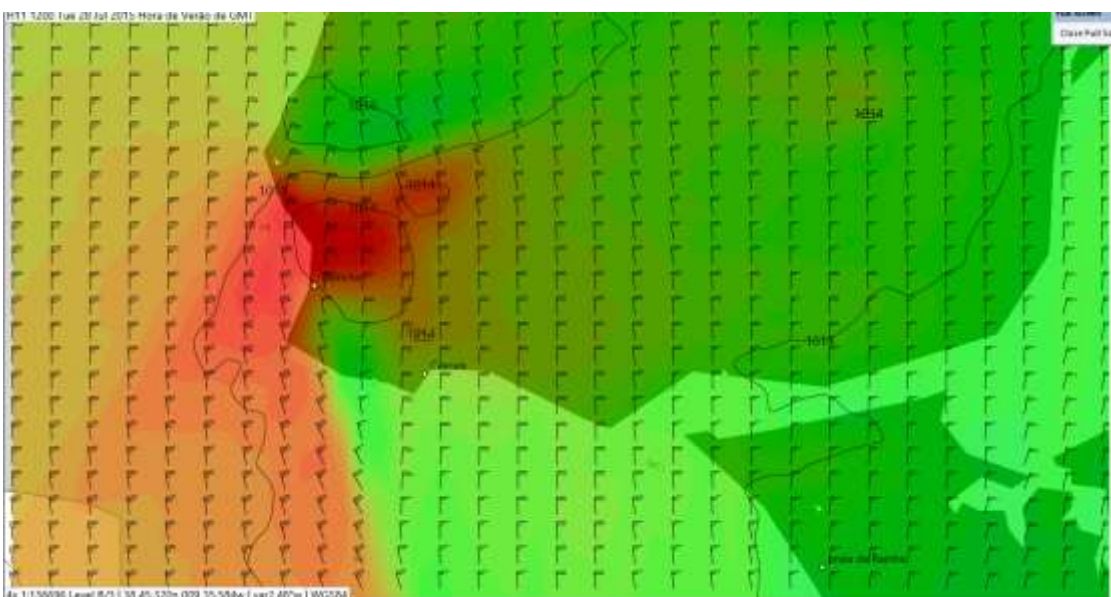
Ao fim do dia, as condições são parecidas às da manhã. Observa-se uma diminuição da velocidade do vento na área da costa da Caparica e a reaparição de uma área sem vento a SW de Cascais, onde a rotação para SSW e NW às 20 e 21h observada (figura 7.15) não é simulada pelo modelo. A norte da Serra de Sintra, observa-se, na figura 7.15.f, um vento de N moderado (15 nós), reforçando-se para 20 nós à tarde, antes de diminuir ao fim do dia.



a



b



c

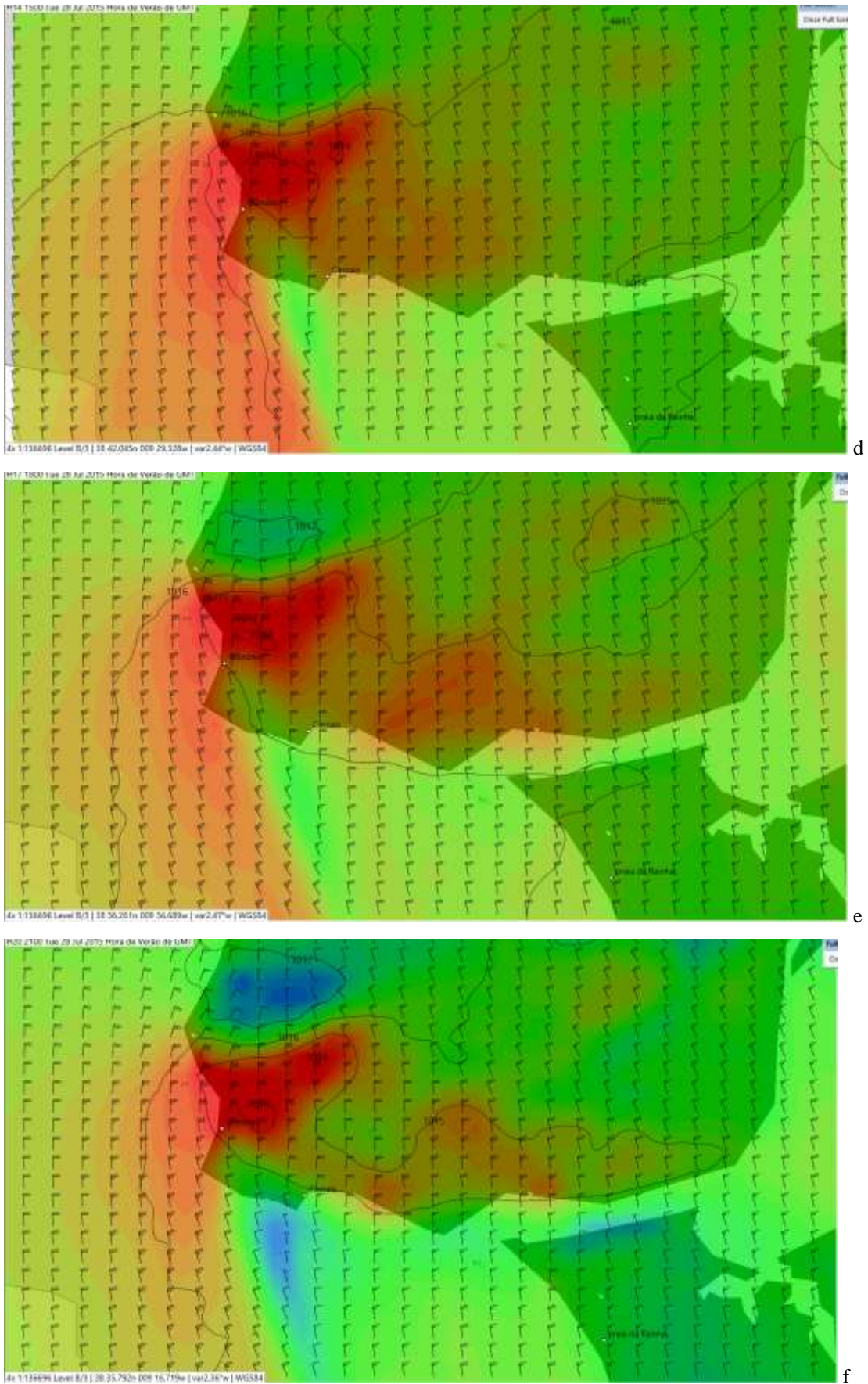


Figura 7.15 – Simulação PWG (0h de 28/7/2015) da direcção e intensidade do vento a 10m e da pressão atmosférica à superfície para o dia 28/7/2015 às 6h (a), 9h (b), 12h (c), 15h (d), 18h (e) e 21h (f).

A forte aceleração do vento no sotavento ocidental da serra Sintra no dia 28 de Julho, embora seja simulada pelo modelo PWC, é claramente subestimada no Guincho, enquanto é sobrestimada na praia da Rainha. A velocidade do vento observada no Guincho é globalmente duas vezes superior comparativamente ao Cabo da Roca e três vezes superior à das restantes estações consideradas. As flutuações da velocidade em Cascais ao longo do dia destacam-se das outras estações.

O vento forte no litoral ocidental obriga os praticantes de surf e bodyboard a escolherem um dos poucos locais abrigados, como por exemplo a norte da Costa Caparica, ou na praia dos Supertubos, em Peniche. No entanto, os praticantes de windsurf e kitesurf dispõem de vários locais possíveis para a prática da modalidade, em função da preferência do desportista por vento violento (Guincho), ou forte (Ericeira). Assinala-se, no entanto, que a prática de windsurf (ou kitesurf) em condições de vento alcançando 50 nós exige um domínio total da modalidade e não é aconselhado para qualquer praticante.

7.6 Conclusão

A partir destes exemplos, foi possível documentar de modo concreto alguns “dias-tipo”, confrontando as observações de rumo e velocidade do vento nas 7 estações meteorológicas utilizadas neste trabalho, com o modelo de previsão que nos pareceu mais adequado para ilustrar os contrastes a escala fina.

A eficácia de modelo varia no tempo e no espaço e a sua interpretação necessitará sempre de conhecimento do terreno e da complexa dinâmica dos ventos na área de estudo. No entanto, as suas previsões (discutidas no capítulo anterior) são um poderoso auxílio para os praticantes de desportos náuticos dependentes do vento.

Verificou-se que, no exemplo em situação de ventos do **quadrante 2** a 850hPa, o modelo PWG previu bem as rotações do vento nomeadamente em Cascais e na praia da Rainha, mas sobrestimou muito o vento à tarde no Guincho, podendo induzir em erro os praticantes das diferentes modalidades sobre as condições esperadas.

Pelo contrário, o modelo PWG foi bastante fiável em situações do **quadrante 1-tipo 1**, ao antecipar ventos fortes no Guincho à tarde. É aliás bastante correcto para o conjunto das praias/horas do dia, prevendo apenas às vezes as mudanças de rumo do vento com algum desfasamento temporário. Ao fim da tarde, o modelo sobrestima a velocidade do

vento em Cascais e na praia da Rainha. No caso **quadrante 1-tipo 2** o modelo também acerta na previsão de vento forte no Guincho e as observações confirmam igualmente os muito grandes contrastes espaciais, que ocorrem neste tipo de dias.

No caso do dia exemplificativo de situações do **quadrante 3**, o desempenho do modelo é fraco para a manhã, mas as previsões melhoram a partir das 15h. Também foi previsto pelo modelo PWG o reforço do vento de NW no Guincho à tarde, tal como observado. No entanto, a diminuição da velocidade do vento nesta praia ao fim da tarde não foi correctamente simulada.

O exemplo do dia 28/7/2015 ilustra os contrastes de velocidade que podem ocorrer na área de estudo com vento a 850hPa no **limite do quadrante 1 e 3**. O modelo, apesar de reflectir as variações observadas na figura 7.14, subestima a velocidade do vento no Guincho, enquanto na área da praia da Rainha, observa-se uma sobrestimação do fluxo.

Os exemplos dos quadrantes 2 e 1, caracterizados pela rotação do vento ao longo do dia a sul da Serra de Sintra e uma corrente de retorno favorável, apresentam características de brisa térmica. Pelo contrário, o exemplo no limite do quadrante 1-3, a aceleração do vento é claramente devido a efeitos topográficos.

Os dias ilustrados neste capítulo são na maioria adequados à prática das diferentes actividades náuticas consideradas. Verificou-se que as actividades praticadas são diferentes ao longo do dia. Enquanto Peniche se destaca pelas suas condições para o surf, existindo sempre um local com vento *offshore** devido à orientação das várias praias, a praia do Guincho é indicada para as actividades requerendo vento forte, tal como o kitesurf e o windsurf. Para a prática de surf, bodyboard ou SUP, o vento *onshore** não é favorável. No entanto, tal como se observa nos exemplos de 24/5, 1/8 ou 3/6/2015, o surf pode ser praticado de manhã ou no fim do dia, quando o vento é mais fraco.

Capítulo 8: Conclusão

O trabalho de investigação levado a cabo nesta dissertação tinha como principal objectivo monitorizar e analisar as características do vento estival em parte do litoral da Estremadura (entre Peniche e a Caparica) e verificar a sua adequação para a prática de desportos náuticos, enquadrando-se no âmbito da Climatologia Aplicada, como ramo da Geografia Física.

Cada uma das actividades náuticas praticadas na área de estudo requer condições meteorológicas específicas e, de facto, devido às características geográficas do troço litoral considerado (exposição, tipo de costa, etc.), são notórios os contrastes das características do vento e suas consequências na ondulação.

Nos capítulos em que são apresentados os principais resultados (capítulos 5, 6 e 7), foram introduzidas conclusões parciais, que serão aqui sucintamente retomadas, antes de se fazer um balanço da investigação agora concluída e de enumerar as questões que ficam ainda em aberto, como aliás é o objectivo deste tipo de trabalho, lançando algumas pistas para trabalhos futuros.

Assim, a apresentação das conclusões organizar-se-á em função de três tópicos:

- Síntese do regime do vento nas praias seleccionadas
- Avaliação do desempenho dos modelos de previsão numérica
- Adequação das diversas praias para os vários desportos náuticos

8.1 Regimes de vento nas praias estudadas

Foram instaladas três estações meteorológicas para complementar a rede existente e a análise do vento à superfície foi baseada em médias de 10 minutos de rumo e direcção do vento diurno, de sete locais junto ao litoral, próximo de sítios onde são praticados desportos náuticos. Do período de registo nos verões entre 2013 e 2015, estudaram-se

em maior pormenor 102 dias de registos comuns nas 7 estações. Tal como em todos os postos de observação meteorológica há características de “sítio” a ter em conta na interpretação dos resultados. Refira-se a altitude da estação do Cabo da Roca (150m), bastante mais elevada que as outras consideradas; o facto da estação da praia da Rainha se encontrar mais afastada do mar e localizada numa área arbórea e da estação do Guincho se encontrar numa área de fortes contrastes da velocidade e direcção do vento, o que aliás foi verificado através das simulações numéricas ilustradas no capítulo 7.

A análise dos 102 dias do verão de 2015 permitiu identificar os contrastes da velocidade e direcção do vento nas praias seleccionadas. A norte da serra de Sintra, no Baleal, Santa Cruz e Ericeira, e a variabilidade diurna e inter-diurna da direcção e da velocidade do vento é menos marcada do que a sul da serra. Os rumos oscilam entre N, NNE ou NE de madrugada e ao fim do dia e entre NNW e N desde o fim da manhã até a meio da tarde. A velocidade do vento é geralmente mais forte no Baleal e na Ericeira, que contabilizaram respectivamente 34 e 32 dias de vento forte (velocidade entre 17 e 24 nós), comparativamente a Santa Cruz, com apenas 12 dias.

A sul da serra, existem fortes contrastes no que diz respeito à velocidade e direcção do vento. As estações do Cabo da Roca (73 dias) e da praia do Guincho (82 dias) são muito mais expostas à ocorrência de dias com vento forte, muito forte (velocidade entre 25 e 40 nós) ou violento (velocidade superior ou igual a 41 nós) do que as estações de Cascais (34 dias de vento forte) e da praia da Rainha (nenhum dia). No Cabo da Roca e em Cascais, o vento sopra predominantemente de N e NNW, ao passo que no Guincho predomina vento de NNW e NW. Na praia da Rainha, o rumo dominante varia bastante. A rotação do vento ao longo do dia, frequentemente por causas térmicas, ocorre mais ao sul da serra, particularmente no Guincho, em Cascais e na praia da Rainha.

Foi verificado que, na época quente, o vento sinóptico a 850hPa é, durante a maior parte do tempo, inferior a 17 nós, o que é um factor favorável para a ocorrência de efeitos térmicos no campo de vento superficial, à escala local, referidos no capítulo 3. A direcção do vento a 850hPa (extraída da sondagem no Aeroporto de Lisboa) é variável nos 102 dias analisados. Estes foram classificados em função do “quadrante” do rumo do vento a 850 hPa. Através da análise, foi verificada a relação dos regimes de vento à superfície, nas sete praias estudadas, com o rumo do vento a 850hPa.

Nos dias com vento sinóptico do quadrante 2 (entre E e S), a velocidade do vento a norte da serra é fraca ou moderada, às vezes forte na Ericeira ao início da tarde, soprando de N no Baleal e de NNW em Santa Cruz e na Ericeira. O Cabo da Roca e o Guincho sobressaem sempre como os locais mais ventosos. No entanto, enquanto no Cabo da Roca, a direcção do vento oscila entre NNE e NE de madrugada e fim do dia e N durante o dia, as variações no vento são muito mais importantes no Guincho. À tarde, o vento é forte, soprando de WNW ou NW, enquanto de madrugada e no fim do dia, o vento é geralmente fraco, de direcção variável. Pode pôr-se a hipótese de que a rotação do vento e a sua aceleração durante a tarde seja o resultado combinado de dois mecanismos, um local e outro de mesoscala: desenvolvimento de brisas de mar (patente sobretudo no Guincho) e ocorrência de jactos costeiros (acima de 250-300m). Em Cascais e na praia da Rainha, a velocidade do vento é geralmente fraca, com uma rotação importante ao longo do dia. Constata-se em Cascais um reforço do vento, de N no fim da tarde, bem conhecido dos velejadores.

Com vento a 850 hPa entre S e W (quadrante 4), alguns dias são nublados e a velocidade do vento observada é mais baixa a Norte da Serra de Sintra, no Cabo da Roca e no Guincho. Em Cascais e na praia da Rainha, o vento é ligeiramente mais forte comparativamente às situações do quadrante 2. Existem menos dias de vento forte (mais de 17 nós) e os valores máximos da velocidade ocorrem à tarde na maior parte das estações e, ao fim do dia no Cabo da Roca. A frequência dos rumos de SW, W e NW é considerável, embora existam igualmente dias com vento N e NNW. Estes últimos ocorrem quando o vento a 850hPa é fraco.

Em dias com vento sinóptico a 850hpa do quadrante 1 (entre N e E) foi verificado que, a norte da serra de Sintra, o vento moderado, às vezes forte no Baleal e na Ericeira, é mais frequente do que no caso dos quadrantes 2 e 4. Os rumos N e NNW dominam ao longo do dia. A Sul da serra, observam-se valores de velocidade mais altos, soprando o vento sobretudo de N no Cabo da Roca e em Cascais. No Guincho, os ventos fortes, muito fortes e violentos sopram de NW, rodando para NNW ao longo do dia. Finalmente, na praia da Rainha, o vento apresenta menos rotação do que nos dias do quadrante 2, oscilando entre os rumos N e W.

Com vento a 850hPa do quadrante 3 (entre W e N), a ocorrência de dias com vento forte é menos frequente do que nos dias do quadrante 1. No Cabo da Roca, o vento sopra com

mais frequência de NNW, comparativamente aos quadrantes 2 e 1, sendo moderado ou forte e reforçando-se à tarde. No Guincho, embora existam dias de vento violento (5), tal como no quadrante 1, a ocorrência de vento forte ou muito forte é menos frequente.

A maior frequência de dias com vento muito forte verificada nos dias em que o vento sinóptico a 850 é do quadrante 1 (entre N e E) ou no limite entre os quadrantes 1 e 3, poderia ser explicada por uma maior ocorrência de jactos costeiros.

8.2 Avaliação dos modelos de previsão numérica

Para determinar, em tempo real, os locais que proporcionam as condições mais adequadas para os praticantes dos desportos náuticos, foram analisadas as previsões dos modelos numéricos de mesoescala, a que eles têm acesso (WRF, PWG e PWC). A qualidade das previsões destes modelos foi avaliada calculando parâmetros estatísticos que permitiram medir os erros-tipo, e também efectuando uma comparação caso a caso das previsões com dados de observação das estações meteorológicas e de trabalho de campo.

A avaliação dos diferentes modelos de previsão demonstra que a sua fiabilidade varia bastante em função do tipo de modelo, do parâmetro modelizado, do local considerado, do rumo do vento a 850hPa e do momento do dia. O desempenho dos modelos varia no espaço: as previsões de vento são melhores para os locais a Norte da Serra de Sintra, sobretudo no que diz respeito à velocidade. A Sul da Serra, a previsão é geralmente menos fiável. Por outro lado, no seu conjunto, os modelos são bastantes mais eficazes na simulação da velocidade do vento, do que na previsão da sua direcção, em que os erros e as previsões incorrectas são mais frequentes. Os modelos PWC e PWG são mais fiáveis no que diz respeito à previsão da velocidade do vento, mas o modelo WRF possui alguns resultados mais próximos da realidade no que diz respeito à direcção do vento. Enquanto o modelo WRF indica muito menos rotação do vento, provavelmente devido à sua mais fraca resolução (9km), os modelos PWC e PWG (resolução 1km) têm tendência em exagerar as variações do vento ao longo do dia, tal como foi verificado nas praias do sector norte da área de estudo (Peniche, Santa Cruz e Ericeira). A rotação do vento foi também verificada nas sondagens aerológicas de Lisboa, através das quais

se pode deduzir a existência de brisas térmicas a sul da Serra de Sintra, quando o vento a 850hPa sopra de terra vindo de terra, enquanto o vento à superfície provém do mar.

Na conclusão parcial do capítulo 6, é feita uma descrição de maior pormenor sobre o desempenho dos diferentes modelos em função do quadrante de proveniência do vento sinóptico a 850 hPa. Em resumo, verifica-se que os modelos PWC e PWG são mais eficazes, na maior parte dos casos, para a previsão da velocidade do vento nas ocasiões de ventos a 850 hPa dos quadrantes 2 (com excepção do Guincho de manhã e praia da Rainha ao fim da tarde), quadrante 1 (à excepção do caso da Ericeira em que o modelo WRF tem um excelente desempenho todo o dia), quadrante 3 (excepto Ericeira no fim do dia) e quadrante 4.

A avaliação da previsão dos dias de Verão seleccionados permitiu identificar as potencialidades e limitações de cada modelo, para os vários locais considerados. Esta verificação é concretizada no último capítulo da tese, em que as previsões do modelo PWG são confrontadas com os dados observados (em estações meteorológicas, na sondagem de Lisboa e em trabalho de campo); analisam-se exemplos concretos de dias de vento sinóptico de diversos quadrantes, sendo identificadas e descritas as causas geográficas de modificação do vento numa escala fina. Por exemplo, a 24/5/2015, 3/6/2015 e 1/8/2015 foi confirmada a existência de brisas térmicas, como acima referido. Por outro lado, em dias em que o vento sinóptico sopra entre 330° e 20°, em conjugação com a presença de uma inversão térmica a uma altitude próxima do topo da Serra de Sintra, os efeitos topográficos e térmicos em torno da Serra parecem ser muito importantes, podendo constatar-se uma forte aceleração do vento na área do Guincho, tal como descrito é no exemplo de 28/7/2015.

8.3 Desportos náuticos na área de estudo

A possibilidade de praticar diferentes actividades náuticas, que requerem diferentes condições de vento e de mar, demonstram a grande variabilidade espacial das condições meteorológicas estivais, na escala local, na área de estudo. Esta variabilidade depende das características geográficas das diferentes praias, tais como a localização, a exposição e a morfologia do troço de litoral considerado. O presente trabalho veio confirmar e trazer novos conhecimentos sobre este aspecto e veio ainda mostrar a

grande diversidade temporal das condições meteorológicas locais no verão e suas consequências no estado do mar.

Todas as actividades náuticas apresentadas no capítulo 2 (excepto a vela) podem ser praticadas em todas as praias estudadas, consoante o nível do praticante, e das condições de vento e de mar encontradas. No entanto, esta informação, conhecida de todos, é insuficiente para os praticantes de surf, bodyboard, SUP (Stand Up Paddle), windsurf, kitesurf e vela, que necessitam saber, em **tempo real**, onde (e a que momento do dia) poderão praticar o seu desporto preferido. Estas várias actividades náuticas, que requerem condições de vento diferentes, podem ser praticadas em alguns casos no mesmo local e no mesmo dia, em função da evolução das condições de vento e de mar, descritas nos capítulos 5 e 7. Os praticantes de desportos náuticos têm ao seu dispor diversas ferramentas, incluindo modelos numéricos de previsão, que consultam diariamente. Estes, no entanto, nem sempre estão adequados à escala fina e não conseguem exprimir a grande variedade de climas locais presentes na área de estudo, apresentando erros de simulação. Estes erros, identificados no capítulo 6 em função da direcção do vento a 850hPa, permitem estimar a fiabilidade dos diferentes modelos avaliados, como foi referido no ponto anterior e sintetizado nas conclusões parciais dos capítulos 6 e 7.

Com a informação obtida neste trabalho, poder-se-á já avançar numa previsão empírica, baseada no rumo do vento a 850 hPa às 6 UTC, que numa investigação futura poderá vir a ser integrada num modelo de previsão. Dão-se alguns exemplos baseados nos dias estudados em maior pormenor no capítulo 7. Por exemplo, a 3/6/2015, com vento do quadrante 2 (entre E e S) a 850 hPa, bem estimado pelo modelo PWG, é possível praticar surf, bodyboard e SUP de manhã, visto que são actividades não directamente dependentes do vento. À tarde, com o aumento de velocidade do vento, windsurf e kitesurf poderão ser praticados no Guincho e Ericeira, ao passo que Santa Cruz é uma má opção para desportos náuticos. Peniche, sendo uma península, é o único local, num raio de apenas alguns quilómetros que apresenta todas as orientações do litoral, existindo sempre um local abrigado da ondulação e outro exposto. Neste caso, é na praia de Supertubos, que estão reunidas condições favoráveis para a prática de surf e bodyboard. A 1/8/2015, dia do Quadrante 1-Tipo 1, há condições para a prática de kitesurf no Baleal, kitesurf e windsurf na Ericeira e de vela em Cascais. A previsão de aumento da velocidade do vento no Guincho à tarde não se verificou e pode ter induzido

em erro os desportistas, que não encontraram, nesta praia, condições para a prática de windsurf como esperavam. Já no dia 24/5/2015, do Quadrante 1-Tipo 2 o reforço do vento à tarde previsto pelo modelo foi comprovado e houve vento forte à tarde no Guincho e Ericeira, onde estavam reunidas boas condições para os windsurfistas. A Norte da Serra, houve menos vento, no Baleal e Santa Cruz só foi possível praticar kitesurf; na praia da Rainha houve boas condições para kitesurf. Em situações do Quadrante 3 (ventos entre W e N), o vento sendo *onshore** não é favorável para os desportos náuticos, excepto na praia abrigada de Supertubos e e na Caparica. Kitesurf foi possível no Guincho e na Caparica e a vela em Cascais. No limite entre os Quadrantes 1 e 3 (vento entre 330 e 20°), encontram-se situações muito favoráveis para windsurf e kitesurf no Guincho e na Ericeira, com vento muito forte. Na praia de Supertubos, abrigada, pode-se praticar surf e bodyboard.

Esta informação é importante por duas razões. Primeiro, por razões de segurança, pois um vento demasiado forte para a actividade pode ter consequências graves para os desportistas menos experientes. Por outro lado, a programação da prática das modalidades implica uma série de questões logísticas (escolher o tipo de prancha, a vela, etc.), que também podem ter resultados nefastos ou simplesmente implicações financeiras ou outras. Por outro lado, o crescimento da procura da prática das diferentes actividades náuticas na área de estudo tem tido como consequência au aumento de desportistas na água, o que implica que o ordenamento das actividades náuticas deva ser feito de forma planeada e sustentável, o que já acontece, por exemplo, na capitania do porto de Lisboa.

Remate

Os resultados do estudo dos regimes de vento no trecho central do litoral da Estremadura (cap. 5) puseram em evidência, entre outros aspectos, a acção muito importante da Serra de Sintra na modificação dos campos de vento, sugerida por contrastes notórios entre as suas características a Norte e a Sul daquele importante obstáculo orográfico, de posição relativamente saliente na costa. Fenómenos de deflexão e de forte aceleração na vertente sul da serra, já conhecidos de investigações anteriores, foram neste trabalho abordados a respeito das suas implicações para a prática de actividades náuticas de recreio, por exemplo junto aos areais do Guincho.

Por outro lado, a forte rotação na direcção do vento junto à superfície que caracterizou o regime diurno do vento um número considerável dos dias de Verão analisados, mais ou menos concomitante da intensificação dos contrastes no aquecimento das superfícies terrestre e marinha adjacente, foram elementos bem reveladores da ocorrência de mecanismos de brisa de mar, também neste caso mais especialmente notados em relação ao litoral a Sul da serra da Sintra. Os ritmos na evolução diurna da velocidade do vento nos dias de Verão analisados, como se referiu, revelam a importância da formação de ciclos de brisa marinha e a sua possível interacção com jactos costeiros (nortada), na baixa troposfera. Várias questões emergem da presente investigação: no litoral estudado, onde e quando se formam brisas? Qual é a sua estrutura e que ritmos modelam a sua actividade cíclica e intermitente? De que forma a ocorrência dos jactos costeiros, influencia a evolução do campo de vento junto à superfície? Quais os seus efeitos na ondulação junto à costa?

A presente investigação foi assente, sobretudo, em dados de observação, que constituem uma base de conhecimento que se espera poder ser muito útil não apenas do ponto de vista da sua aplicação à náutica de recreio e desportos de ondas, mas também como ponto de partida para trabalhos de natureza mais fundamental. Nesse âmbito, algumas questões aqui levantadas poderão ser retomadas no sentido de aprofundar as causas dinâmicas e os mecanismos físicos que poderão ajudar a explicar a diversidade espacial e os diferentes ritmos dos regimes estivais de vento nas praias do trecho litoral Peniche-Caparica. Essa investigação deverá fazer uso de dados atmosféricos adequados à análise do comportamento do vento na escala sinóptica e na mesoescala, neste caso, recorrendo necessariamente a modelos físicos. Nalgumas escolas nacionais de Física, há trabalhos científicos recentes e outros em curso debruçando-se sobre alguns dos fenómenos descritos e que estão estreitamente relacionados (upwelling costeiro, brisas, depressão térmica da península Ibérica, jactos costeiros das baixas camadas) que deverão trazer progressos nesta área científica.

Além disso, existe projecto pessoal de, a curto ou médio prazo, criar um site interactivo, com previsões em tempo real das condições para a prática dos diferentes desportos náuticos, nos diversos locais estudados, a partir dos ensinamentos colhidos no decurso desta investigação e de contactos com a comunidade de praticantes desses desportos.

Bibliografia

- ADAMS E (1997) Four ways to win the sea breeze game, *Sailing World*, March: 44–49.
- ALCOFORADO M J (1984) *Os ventos dominantes em torno da Serra de Sintra. A deformação das árvores*. Centro de Estudos Geográficos, Lisboa, 73p.
- ALCOFORADO M J (1987) Brisas estivais do Tejo e do Oceano na região de Lisboa. *Finisterra-Revista Portuguesa de Geografia*, vol. XXII (43): 71-112.
- ALCOFORADO M J (1988) *O clima da região de Lisboa: vento, nebulosidade e temperatura*. Tese de Doutoramento em Geografia Física. Universidade de Lisboa.
- ALCOFORADO M J (1993) *O clima da região de Lisboa: contrastes e ritmos térmicos*. Centro de Estudos Geográficos, Lisboa, 347p.
- ALCOFORADO M J, DIAS M H (2002) *Imagens climáticas da região de Lisboa. Enquadramento na Diversidade Climática de Portugal Continental*. CD-Rom, CEG, Lisboa. ISBN: 972-636-133-8.
- ALCOFORADO M J, LOPES A, ANDRADE H, VASCONCELOS J, VIEIRA R (2006) Observational studies on summer winds in Lisbon (Portugal) and their influence on daytime regional and urban thermal patterns. *Merhavim*, 6: 90-112.

- ALCOFORADO MJ, ANDRADE H, LOPES A, VASCONCELOS J (2009) Application of climatic guidelines to urban planning. The example of Lisbon (Portugal). *Landscape and Urban Planning*, 90(1-2): 56-65.
- ALCOFORADO MJ, ALEGRIA MF, RAMOS-PEREIRA A, SIRGADO C (2009) *Domínios bioclimáticos em Portugal, definidos por comparação dos índices de Gaussen e Emberger*. 3rd ed, Núcleo CliMA, 1, CEG, Lisboa. (ISBN: 978-972-636-193-0)
- AZORIN-MOLINA C (2007) *A climatological study of sea breezes in Alicante. Sea-breeze fronts over the Iberian Mediterranean area and the isle of Mallorca*. PhD thesis. University Institute of Geography, University of Alicante, Alicante: 280p.
- AZORIN-MOLINA C, MARTIN-VIDE J (2007) Methodological approach to the study of the daily persistence of the sea breeze in Alicante (Spain). *Atmosfera*, 20: 57–80.
- AZORIN-MOLINA C, BALDI M, DALU G (2008) An analytical study of the inland penetration of sea breezes in presence of complex topography. *Geophysical Research Abstracts*, 10: EGU2008-A-05678.
- AZORIN-MOLINA C, CHEN D (2009) A climatological study of the influence of synoptic-scale flows on sea breeze evolution in the Bay of Alicante (Spain). *Theoretical and Applied Climatology*, 96: 249–260.
- AZORIN-MOLINA C, CHEN D, TIJM S, BALDI M (2011) A multi-year study of sea breezes in a Mediterranean coastal site: Alicante (Spain), *Int. J. Climatol.*, 31: 468–486.
- BAGNOULS F, GAUSSEN H (1957) Les climats biologiques et leur classification. *Annales de Géographie*. Société de Géographie. 66: 193-220.
- BARRY R G (2008) *Mountain, Weather and Climate*. Cambridge University Press, 506p.
- BELTRANDO G, DAHECH S, MADELIN M (2008) L'intérêt de l'étude des brises thermiques: exemples des brises littorales et orographiques. *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, Société Géographique de Liège: 49-61.
- BERNOT J-Y (2004) *Météorologie et stratégie : croisière et course au large*. Fédération Française de Voile/Gallimard, Paris: 624p. (ISBN 978-2742412587)
- BERNOT J-Y (2006) *Prévisions météo. Voiles et voiliers*. 130 p. (ISBN 978-2951766235)
- BERNOT J-Y (2007) *Météo locale croisière et régates*. Fédération Française de Voile/Gallimard, Paris: 590p.
- BURK S D, THOMPSON W T (1996) The summertime low level jet and marine boundary layer structure along the California coast. *Monthly Weather Review*, 124 (4): 668-686

- CALADO (1994) *Da Ilha de Peniche*. ed. autor. 117p.
- CHIBA O, KOBAYASHI F, NAITO G, SASSA K (1999) Helicopter observations of the sea breeze over a coastal area. *Journal of Applied Meteorology*, 38: 481–492.
- COSTA P (2004) *Atlas do potencial eólico para Portugal Continental*. Tese de mestrado na Faculdade de Ciências Universidade Lisboa, 144p.
- DAHECH S, BERGES J-C, BELTRANDO G (2012) Localisation et dynamique du front de la brise au Maghreb oriental. *Climatologie*, vol 9: 59-81.
- DAVEAU S e colaboradores (1985) *Mapas Climáticos de Portugal. Nevoeiro e Nebulosidade. Contrastes Térmicos*, Centro de Estudos Geográficos, Memórias, 7, Lisboa, 84 p., 2 mapas fora do texto.
- DAVEAU S, RIBEIRO O, LAUTENSACH H (1988) *Geografia de Portugal II – O ritmo climático e a paisagem*. Sá da Costa, Lisboa: 335-623.
- DAVEAU S (2004) Estremadura, in FEIO M, DAVEAU, S (2004) *O relevo de Portugal. Grandes unidades regionais*. Associação Portuguesa de Geomorfólogos, volume II, Coimbra: 65-74.
- de Foy B, ZAVALA M, BEI N, MOLINA LT (2009) Evaluation of WRF mesoscale simulations and particle trajectory analysis for the MILAGRO field campaign, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 9: 4419-4438
- DROBINSKI P (1995) *Dynamique de la couche limite atmosphérique : de la turbulence aux systèmes de méso-échelle*. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI.
- DROBINSKI P, REDELSPERGER JL, PIETRAS C (2006) Evaluation of a planetary boundary layer subgrid-scale model that accounts for near-surface turbulence anisotropy, *Geophysical Research Letters*, 33: L23806
- FEIO M, DAVEAU, S (2004) *O relevo de Portugal. Grandes unidades regionais*. Associação Portuguesa de Geomorfólogos, volume II, Coimbra.
- FERREIRA D de BRUM (1981) *Carte Géomorphologique du Portugal*, Centro de Estudos Geográficos, Lisboa. 55p.
- FERREIRA D de BRUM (1984) L'upwelling ouest-ibérique. Régime et causes aérologiques, *Met-Mar*, Paris, nº123 : 4-16.
- FINKELE K, HACKER J M, KRAUS H, BYRON-SCOTT R. A. D. (1995) A complete sea-breeze circulation cell derived from aircraft observations. *Boundary-Layer Meteorology*, 25: 63-88.
- FISHER E L (1960) An observational study of the sea breeze, *Journal of Meteorology*, 17: 645–660.

- GAUSSEN H (1968-69) L'Indice Xérothermique au Portugal, *Boletim da Sociedade Portuguesa de Ciências Naturais*, 12, 2ª série:137-248.
- GERMANN U, ZAWADZKI I (2004), Scale dependence of the predictability of precipitation from continental radar images. Part II: Probability forecasts. *Journal of Applied Meteorology*, 43: 74-89.
- GRUPO DE TRABALHO DA NÁUTICA DE RECREIO (2012) *Náutica de Recreio em Portugal. Um Pilar de Desenvolvimento Local e da Economia do Mar. Propostas de Actuação e Planos de Acção*. Fórum Permanente para os assuntos do Mar. Sinapsis Editores. 113p.
- KÖPPEN W (1918) Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahresablauf. *Petermanns Geogr. Mitt.*, 64 : 193-203
- HERLÉDANT O (2011) *Etude numérique et expérimentale de la micro-météorologie des sites de régates côtières appliquée à la baie de Quiberon*. Thèse Phd. École Centrale de Nantes, 218p.
- HURRELL J, DESER C (2009) North Atlantic climate variability: the role of the North Atlantic Oscillation. *Journal of Marine Systems*, 78: 28-41.
- JENNINGS G (2009) *Water-based tourism, Sport, Leisure, and Recreation Experiences*, Elsevier, Oxford, 260p.
- KATZFEY JJ, MCGREGOR J, THATCHER M, EBERT B (2009) Verification of 1 km ensemble wind predictions. In *Anderssen, R.S., R.D. Braddock and L.T.H. Newham (eds) 18th World IMACS Congress and MODSIM09 International Congress on Modelling and Simulation. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand and International Association for Mathematics and Computers in Simulation*: 377-2383. ISBN: 978-0-9758400-7-8. https://www.mssanz.org.au/modsim09/J1/katzfey_J1.pdf
- LOPES A (1995) Drenagem e acumulação de ar frio em noites de arrefecimento radiativo. Um exemplo no vale de Barcarena (Oeiras), Finisterra, XXX (59-60):149-164.
- LOPES A (2003) *Modificações no clima de Lisboa como consequência do crescimento urbano. Vento, ilha de calor de superfície e balanço energético*, PhD thesis, Universidade de Lisboa, 375 p.
- LOPES A, OLIVEIRA S, FRAGOSO M, ANDRADE JA, PEDRO P (2009) Wind risk assessment in urban environments: the case of falling trees during windstorm events in Lisbon. In Strelcová K, Matyas C, Kleidon A, Lapin M, Matejka F, Blazenec M, Kvarenina J, Holec J (eds). *Bioclimatology and Natural Hazards*, Springer, Dordrecht: 55–74.
- LOPES A, FRAGOSO M, MENESES BM, MADEIRA J, FARIA LM, REUTER M (2010) Metodologias de análise do potencial eólico na região de Cascais In:

Figueiredo T, Frölen-Ribeiro L, Castro-Ribeiro A (eds) WSCRA2010 - II Workshop Internacional sobre Clima e Recursos Naturais nos Países de Língua Portuguesa, Bragança, Portugal: 297–305

LOPES A, SARAIVA J, ALCOFORADO MJ (2011) Urban boundary layer wind speed reduction in summer due to urban growth and environmental consequences in Lisbon. *Environmental Modelling & Software*, 26(2): 241-243.

LOPES A, LOPES S, MATZARAKIS A, ALCOFORADO MJ (2011) Summer sea breeze influence on human comfort during hot periods in Funchal (Madeira Island). *Meteorologische Zeitschrift*, 20(5): 553-564. doi:10.1127/0941-2948/2011/0248

MATOS ALVES C A (1964) Estudo petrológico do maciço eruptivo de Sintra. *Revista da Faculdade de Ciências de Lisboa*, série 2, XII: 123-289

MARTINS A F (1946) A configuração do litoral português no último quartel do séc. XIV, *Biblos*, XXII, Tomo 1 : 176-211

MAYENÇON R (1982) *Metéorologie marine*. Editions Maritimes et d’Outre-Mer, France, 308p.

MENESES BM, LOPES A (2017) An integrated approach for wind fields assessment in coastal areas, based on bioindicators, CFD modeling, and observations. *Theoretical and Applied Climatology*, 128: 301-310

MET OFFICE (2006) *Cloud types for observers*. Exeter, Met Office, 42p.

MILLER S T K, KEIM B D, TALBOT R W, MAO H (2003) Sea breeze, structure, forecasting and impacts, *Reviews of Geophysics*, vol. 43(3): 1-31.

MIRANDA P M A (2001) *Meteorologia e ambiente*. Universidade Aberta, Lisboa, 321p.

MORA C (2014) Sea breeze and local weather conditions in a coastal Mediterranean mountain setting. *Weather*, 69: 184-190.

MOREIRA M (2007) *Matriz de análise das tarefas desportivas. Sistema de classificação estrutural: Modelo taxinómico do surf*. Tese para obtenção do grau de doutor em Motricidade Humana na especialidade de Ciências do Desporto, Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Motricidade Humana, Lisboa.

NEVES M (2004) *Evolução actual dos litorais rochosos da Estremadura Norte: estudo de geomorfologia*. Tese de doutoramento. Faculdade de Letras Universidade Lisboa, 554p.

NEVES M (2006) *Os sistemas litorais da Estremadura. Classificação e caracterização geomorfológica*. Centro de Estudos Geográficos, Lisboa, 118p.

- NOGUEIRA M (2009) *Estudo de Brisas e Depressões Térmicas: Aplicação à Península Ibérica*. Tese de Mestrado em Ciências Geofísicas (Meteorologia), Faculdade de Ciências. Dep. de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia. Universidade de Lisboa. 59p.
- OKE T R (1987) *Boundary layer climates*. Routledge, London-NYC, 435p.
- OLIVER J E, FAIRBRIDGE R W (2005) Mountain and valley winds. In Oliver J E ed. *Encyclopedia of World Climatology*, Springer: 516-517.
- ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL (2010) – *Manual de Claves. Claves Internacionales*. Vol. I.1, Parte A – *Claves Alfanuméricas*, OMM n°306, 533p.
- RAMOS-PEREIRA A (1992) *A Geomorfologia da Margem Continental Portuguesa e a interdependência entre as Plataformas Continental e Litoral. Evolução do conhecimento e linhas de pesquisa*. L.A.G.F., rel. n°30, 85p.
- RAMOS-PEREIRA A (2001) *O(s) Oceano(s) e as suas Margens*. Cadernos de Educação Ambiental. Instituto de Inovação Educacional. 123p.
- RAMOS-PEREIRA A (2002) – *Património Litoral na Estremadura*. Actas do III Curso de Verão da Ericeira – Homem, Tempo e Ambiente: a Ericeira em foco, Mar de Letras Editora, Lisboa, 19-27.
- RAMOS-PEREIRA A, TRINDADE J, NEVES M (2005) *Portugal, Coastal Dynamics*, Sixth International Conference on Geomorphology, 69p.
- RANJHA R, SVENSSON G, TJERNSTRÖM M, SEMEDO A (2013) Global distribution and seasonal variability of coastal low-level jets derived from ERA-Interim reanalysis, *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 65(1):20412
- RIBEIRO O (1940) Remarques sur la morphologie de la région de Sintra et de Cascais. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, XI (3-4) : 203-218.
- RIJO N, SEMEDO A, MIRANDA P M A, LIMA D, CARDOSO R M, SOARES P M M (2017) Spatial and temporal variability of the Iberian Peninsula coastal low-level jet, *International Journal of Climatology*, 38(4) :1605-1622
- SEMEDO A (2004) *Measurements of the California low level coastal jet using radiosondes*. Cruise Report, Naval Postgraduate School, Monterey, CA
- SIMPSON J (1994) *Sea breeze and local winds*. Cambridge University Press, 234p.
- SOARES P M M, RITA M, CARDOSO R M, ÁLVARO SEMEDO A, MARIA J, CHINITAM J, RANJHA R (2014) Climatology of the Iberia coastal low-level wind jet: weather research forecasting model high-resolution results, *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 66:1

- STEELE C J, DORLING S R, VON GLASOW R, BACON J (2013) Idealized WRF model sensitivity simulations of sea breeze types and their effects on offshore windfields. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13:443–461.
- STEELE C J, VON GLASOW R, BACON J (2015) Modelling sea-breeze climatologies and interactions on coasts in the southern North Sea: Implications for offshore wind energy. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 141: 1821–1835.
- STULL R (2011) *Meteorology for Scientists & Engineers, 3rd Edition*. Univ. of British Columbia, 938 p.
- TIJM A B, HOLTSTAG A A M, VAN DELDEN A J (1999) Observations and modelling of the sea breeze with the return current, *Monthly Weather Review*, 127: 625–640
- TIJM A B, van DELDEN A J (1999) The role of sound waves in sea-breeze initiation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 125: 1997-2018
- TRIGO R, DACAMARA (2000) Circulation weather types and their influence on the precipitation regime in Portugal, *Journal of Climatology*, 20(13): 1559-1581.
- VASCONCELOS J (2006) *Avaliação climática para o planeamento urbano em Lisboa. Influência do crescimento urbano no sistema de brisas do estuário do Tejo*. Tese de mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- VERMEERSCH W (2011) *O vento no Guincho. Um estudo aplicado à prática de desportos náuticos*. Tese de mestrado, IGOT, Universidade de Lisboa, 138p.
- VERMEERSCH W, ALCOFORADO MJ (2013) Wind as a resource for summer nautical recreation. Guincho Beach study case, *Finisterra-Revista Portuguesa de Geografia*, XLVIII (95):105-122.
- WATTS A (2002) *Instant wind forecasting*. Sheridan House, New York, 119p.
- WATTS A (2011) *Instant weather forecasting*. Adlard Coles Nautical, London, 64p.
- WHITEMAN D (2000) *Mountain Meteorology: Fundamentals and Applications*, Oxford University Press
- WINANT C D, DORMAN C, FRIEHE C, BEARDSLEY R (1988), The marine layer off northern California: An example of supercritical channel flow, *Journal of Atmospheric Sciences*, 45, 3588 – 3605.

Fontes de Informação utilizadas

Dados de Vento

- Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), via Direcção-Geral de Política do Mar
- *Predictwind*
- Clube naval de Cascais
- Dados próprios

Sondagem aerológica

- Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA)

Imagens de satélite

- Satélite Acqua, através do *website* da agência aeroespacial americana NASA (imagens do sensor MODIS)

Boletins meteorológicos diários

- *Deutsche Wetterdienst*
- IPMA

Modelos de previsão

- *Predictwind* (www.predictwind.com)
- *Windguru* (www.windguru.com)
- *Weather Research and Forecast, WRF*

Glossário

No âmbito dos desportos náuticos, existe uma terminologia específica para descrever as condições meteorológicas e o estado do mar.

Por um lado, existe a terminologia específica relativamente a descrição das ondas, não só pelo seu tamanho, mas igualmente pela sua forma e pela maneira que a onda quebra. Uma onda pode ser mais ou menos cavada, pode quebrar para a esquerda, para a direita ou fechar sobre uma distância maior. Moreira, em 2007, desenvolveu a primeira Tese de doutoramento sobre o surf, detalhando a caracterização das ondas e sua terminologia (p. 72-99).

Por outro lado, existe uma terminologia específica para descrever as características do vento no âmbito das actividades náuticas, nomeadamente no que diz respeito a direcção do vento em função da linha de costa e da sua rotação de rumo ao longo do tempo (Bernot, 2007; Herlédant, 2011). Para descrever a evolução da direcção do fluxo, o observador posiciona-se sempre face a origem do vento. Assim, um vento que roda de NW para N, roda para a direita, ou seja, no sentido horário (fig. G.1).

O seguinte glossário permite ter uma melhor compreensão da terminologia específica.

terminologia específica nos desportos náuticos

Termos para descrever o estado do mar e ondulação (adaptado de Moreira, 2007)

Beach break: Tipo de fundo com a rebentação a ser iniciada nos bancos de areia

Point break: ondulação choca com uma extensão de terra, que penetra no mar, podendo ser um cabo ou promontório, surgindo uma rebentação muito regular, logo mais previsível, e com um deslocamento bastante longo, sendo por isso as ondas mais longas para o surf

Reef break: Rebentação em fundo de rocha ou coral.

Swell: Energia do mar, gerada pelos ventos, que proporcionam as ondas.

Uma onda direita: Sentido da rebentação, quando esta rebenta para o lado direito do surfista.

Onda esquerda: Sentido da rebentação, quando esta rebenta para o lado esquerdo do surfista.

Onda lenta, rápida: caracteriza a velocidade de rebentação da onda.

Onda curta, comprida: caracteriza a distancia de rebentação da onda

Cavada, tubular: uma rápida libertação de energia, com uma forte inclinação da parede e com a crista da onda a ser projectada para a frente, caindo junto da base e formando uma cavidade, denominada tubo

Mole: onda rebenta de uma forma mais suave, com a crista a descer pela parede da onda

Pico: Ponto a partir do qual a onda inicia a rebentação.

Inside: Na zona de surf mais próximo da costa.

Outside: Na zona de surf mais próxima da linha antes da rebentação.

Direcção do vento em função da costa (figura G.1)

Onshore: vento soprando do mar

Offshore: vento soprando de terra

Side onshore: vento soprando obliquamente, vindo do mar

Sideshore: vento soprando paralelamente ao litoral

Side offshore: vento soprando diagonalmente, vindo de terra

Rotação do vento para a direita: mudança do rumo no sentido horário

Rotação do vento para a esquerda: mudança de rumo em sentido anti-horário

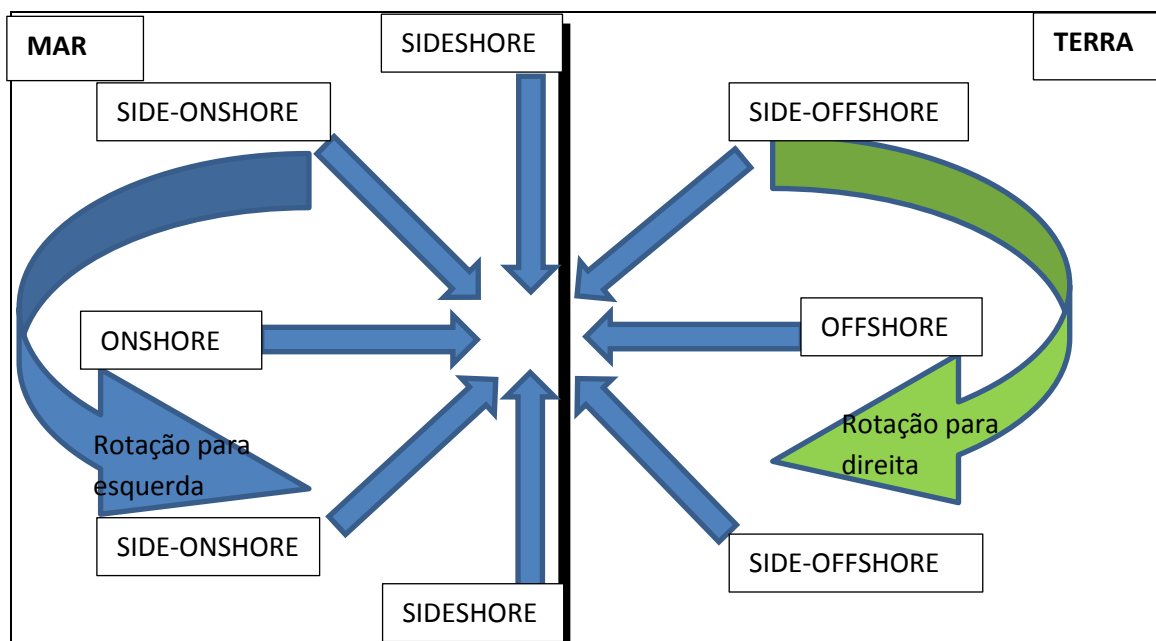


Figura G.1 – Denominação da direcção do vento em função da linha de costa e sua rotação.