# **AGROMETEOROLOGIA**

Aplicação da Meteorologia para Maximizar a Produção Agrícola 2. Edição

## JOSÉ PAULO DE MELO E ABREU



#### AUTOR

#### José Paulo de Melo e Abreu

TÍTULO

#### Agrometeorologia – Aplicação da Meteorologia para Maximizar a Produção Agrícola – 2.ª Edição

**EDIÇÃO** 

Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda. Praça da Corujeira n.º 38 · 4300-144 Porto

Tel. 220 939 053 · E-mail: geral@quanticaeditora.pt · www.quanticaeditora.pt

CHANCEL A

Agrobook – Conteúdos de Agronomia e Engenharia Alimentar

DISTRIBUIÇÃO

Booki – Conteúdos Especializados

Tel. 220 104 872 · Fax 220 104 871 · E-mail: info@booki.pt · www.booki.pt

REVISÃO

Quântica Editora - Conteúdos Especializados, Lda.

DESIGN GRÁFICO

avawise

Delineatura – Design de Comunicação (2.ª Edição)

IMPRESSÃO

Dezembro, 2022

DEPÓSITO LEGAL

505556/22



A cópia ilegal viola os direitos dos autores.

Os prejudicados somos todos nós.

Copyright © 2022 | Todos os direitos reservados a Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.

A reprodução desta obra, no todo ou em parte, por fotocópia ou qualquer outro meio, seja eletrónico, mecânico ou outros, sem prévia autorização escrita do Editor, é ilícita e passível de procedimento judicial contra o infrator.

Este livro encontra-se em conformidade com o novo Acordo Ortográfico de 1990, respeitando as suas indicações genéricas e assumindo algumas opções específicas.

CDU

551.5 Meteorologia

631 Agricultura em geral

ISBN

Papel: 9789899101494 E-book: 9789899101500

Catalogação da publicação

Família: Agronomia Subfamília: Clima e Solos

# Índice

Prefácios	XV
Agradecimentos	xix
Lista de símbolos, abreviaturas e acrónimos	xxi
1. Introdução	1
1.1. Definições e conceitos	1
1.2. A atmosfera terrestre	2
1.3. Âmbito e objetivos da Agrometeorologia	5
1.3.1. Âmbito	7
1.3.2. Objetivos da Agrometeorologia	7
1.4. Fontes de dados meteorológicos	10
1.5. Pressupostos para a compreensão do livro	12
1.6. Opções, nomenclatura, unidades, símbolos, abreviaturas e acrónimos	13
1.7. Referências	14
2. Radiação solar e terrestre	15
2.1. Introdução	15
2.2. Conceitos básicos da radiação	16
2.3. Leis fundamentais da radiação	19
2.4. Fatores orbitais, posição do Sol e medição do tempo	25
2.4.1. A medição do tempo	
2.4.2. Ângulos solares, nascimento e ocaso do Sol, e duração do dia	28

2.5. Radiação solar recebida na Terra (atmosfera exterior)	31
2.6. Propagação da radiação na atmosfera terrestre	33
2.7. Balanço da radiação na superfície do globo terrestre e suas componen	tes 35
2.7.1. Radiação solar global	36
2.7.2. Estimativa de $S\!\downarrow$ e sua partição (passo diário)	38
2.7.3. Estimativa do curso diurno de $S\downarrow$	39
2.7.4. Radiação solar refletida	42
2.7.5. Radiação da atmosfera	45
2.7.6. Radiação da superfície	46
2.7.7. Balanço dos grandes comprimentos de onda	47
2.8. Balanço da radiação da Terra	48
2.9. Medição da radiação e da insolação	49
2.9.1. Medição da radiação solar e do fluxo fotónico na PAR	51
2.9.2. Medição da radiação da atmosfera e da superfície terrestre, rac	liação
total e radiação líquida	53
2.9.3. Exemplos de instalações radiométricas	
2.9.4. Medição da insolação	55
2.10. Problemas propostos	
2.11. Referências	58
2. A term continue de cor de colo	50
3. A temperatura do ar e do solo	
3.1. Introdução	
<ul><li>3.3. Curso diurno e anual da temperatura na atmosfera e no solo</li><li>3.4. Influência da temperatura no desenvolvimento fenológico e no</li></ul>	01
crescimento	<i>C /</i>
3.5. Danos provocados por temperaturas baixas e altas	
3.6. Medição da temperatura	
3.6.1. Medição nas estações convencionais	
3.6.2. Medição com termopares e resistores	
3.7. Referências	
5.7. Referencias	73
4. Humidade do ar e estabilidade atmosférica e orvalho	75
4.1. Grandezas que medem a humidade do ar e grandezas relacionadas	76
4.2. Curso temporal da humidade do ar	80
4.3. Ocorrência de orvalho e sua duração	82
4.4. Medição da humidade e do orvalho	82
4.5. Geração de variáveis de humidade	85
4.6. Processos adiabáticos e estabilidade na atmosfera	86

	4.6.1. Expansao e compressao adiabatica do ar. Taxas de arrefecimento com a altitude	87
	4.6.2. Estabilidade atmosférica	
4.7.	Problemas propostos	
	Referências	
5. Vento	)	95
5.1.	Variação espacial e temporal do vento	96
5.2	Medição do vento	99
5.3.	Referências	101
6. Preci	pitação	. 103
	Formação de nuvens e precipitação	
6.2	. Tipos de precipitação	. 105
	Variabilidade espacial e temporal	
	Medição da precipitação	
6.5.	Referências	. 109
	pração	
7.1.	Medição da evaporação e da evapotranspiração	
	7.1.1. Medição da evaporação	
	7.1.2. Medição da evapotranspiração	
7.2.	Referências	116
	os não-radiantes e balanço energético.	
	das transferências de calor e de massa	
	Processos de transporte de calor e massa	
	Transporte molecular e unidimensional de energia e massa	119
8.3	Transporte através de camadas limite desenvolvidas sobre superfícies	
	isoladas	
	8.3.1. Camada limite	
	8.3.2. Números adimensionais	
	8.3.3. Critério para a determinação do tipo de convecção: forçada ou livre	
	8.3.4. Cálculo das resistências no ar	
	8.3.5. Resistores em série e em paralelo	
8.4.	Transferências de calor e de massa em superfícies extensas e uniformes	
	8.4.1. Perfil logarítmico do vento	
	8.4.2. Transporte turbulento	
8.5	Relações entre resistências	. 134

8.6. Casos de estudo	135
8.6.1. Difusão através de tegumentos	135
8.6.2. Superfícies isoladas	136
8.6.3. Superfícies extensas	139
8.7. Problemas propostos	142
8.8. Referências	144
9. Cálculo da Evapotranspiração de referência e da Evapotranspiração cultural	
a partir de dados meteorológicos	
9.1. Evapotranspiração de referência	
9.1.1. Definição de evapotranspiração de referência ( $ET_o$ )	
9.1.2. Fórmula de Penman-Monteith para passo diário	
9.1.3. Fórmula de Hargreaves para passo diário	
9.2. Evapotranspiração cultural	
9.3. Referências	152
10. Balanço hídrico	153
10.1. Equação do balanço hídrico e simplificações	153
10.2. Capacidade de água disponível	154
10.3. Balanço hídrico climatológico	155
10.3.1. Cálculo do armazenamento de água no solo	156
10.3.2. Balanço hídrico climatológico normal	
10.3.3. Balanço hídrico climatológico sequencial	161
10.4. Referências	162
11. Índices e classificações climáticas	163
11.1. Índices climáticos, de produção e temáticos	163
11.1.1. Exemplos de índices climáticos	164
11.1.2. Exemplos de índices de produção	165
11.2. Classificações climáticas	167
11.2.1. Classificação climática de Köppen	167
11.2.2. Classificação climática de Thornthwaite	170
11.3. Clima de Portugal	173
11.3.1. Situação sinóptica de Portugal Continental	174
11.3.2. Classificação do clima de Portugal	176
11.3.3. Distribuição espacial dos principais elementos climáticos	177
11.4. Referências	177

12. Desenvolvimento fenológico. Processos e sua previsão	179
12.1. Tempo térmico e sua normalização	180
12.1.1. Funções f(T) lineares	183
12.1.2. Funções f(T) curvilíneas	184
12.1.3. Parâmetros do tempo térmico para algumas culturas	185
12.2. Vernalização e necessidades de frio	189
12.2.1. Unidades de frio	191
12.3. Resposta fotoperiódica	193
12.3.1. Tipos de resposta	193
12.3.2. Modelos de simulação da resposta fotoperiódica	195
12.4. Influência de outras variáveis ambientais no desenvolvimento	196
12.5. Referências	197
13. Crescimento e produção vegetal	199
13.1. Introdução	199
13.2. Captura da radiação pelo coberto vegetal	. 200
13.2.1. Transmissão da radiação solar e PAR	201
13.2.2. Interceção e absorção da radiação	202
13.3. Estimativa da produção de biomassa	203
13.3.1. O modelo épsilon (ɛ)	. 204
13.3.2. A temperatura e o crescimento	205
13.3.3. A concentração de CO <sub>2</sub> atmosférico e o crescimento	. 206
13.4. Crescimento limitado pela água	207
13.5. Partição dos assimilados pelas partes da planta	. 209
13.6. Referências	212
14. Geadas e danos por resfriamento	213
14.1. Introdução	213
14.2. Conceitos, classificação e condições de ocorrência	214
14.2.1. Definições	215
14.2.2. Classificação das geadas. Caracterização dos diferentes tipos	
de geada	215
14.2.3. Situações sinópticas que provocam a ocorrência de geadas em	
Portugal	219
14.2.4. Caracterização do processo de arrefecimento noturno	221
14.2.5. Diferenças entre os processos de arrefecimento que causam	
geadas brancas e negras	223
14.2.6. Relação entre a topografia e a frequência e severidade das geadas	225

14.3. Danos causados pelas geadas nos tecidos e órgãos vegetais	. 226
14.3.1. Congelação extracelular	228
14.3.2. Congelação intracelular	230
14.4. Variações da resistência das plantas à geada. Temperaturas críticas	231
14.4.1. Plantas anuais e bienais	231
14.4.2. Fruteiras de folha caduca e vinha	233
14.4.3. Citrinos e oliveira	235
14.5. Métodos de luta contra as geadas	237
14.5.1. Seleção e melhoramento	238
14.5.2. Seleção do local de cultura	238
14.5.3. Utilização da espécie ou variedade adequada ao local selecionado	
e escolha apropriada da época de desenvolvimento	
14.5.4. Modificação da paisagem com o fim de atuar sobre o microclima	. 240
14.5.5. Sistemas de condução e podas a dois tempos	. 242
14.5.6. Atuações sobre o solo, supressão de infestantes e "mulches"	. 242
14.5.7. Utilização de coberturas	243
14.5.8. Utilização de nevoeiros artificiais (e fumos)	. 244
14.5.9. Aquecimento direto do ar	. 244
14.5.10. Mistura do ar com ventiladores	. 245
14.5.11. Rega por aspersão por cima das copas	248
14.5.12. Rega por aspersão sobre as coberturas	252
14.5.13. Rega por aspersão sob as copas	. 252
14.5.14. Novos métodos: considerações gerais	253
14.6. Referências	. 254
15. Proteção contra o Escaldão	255
15.1. Medidas de proteção	256
15.2. Referências	. 257
16. Proteção das plantas contra o vento	259
16.1. Efeitos do vento	259
16.2. Critérios para a instalação de quebra-ventos	. 260
16.2.1. Orientação	261
16.2.2. Altura	261
16.2.3. Porosidade (permeabilidade)	261
16.2.4. Comprimento	262
16.2.5. Distância	. 262
16.3. Vantagens e inconvenientes dos quebra-ventos (naturais)	. 262
16.4. Referências	264

17. Proteção contra o granizo e saraiva	265
17.1. Métodos de proteção utilizados	266
17.2. Referências	267
18. Exigências climáticas das culturas e zonagem agroclimática	269
18.1. Introdução	269
18.2. Sistema para a zonagem de culturas: CSS_Zoner	270
18.3. Exigências das culturas de regiões temperadas	274
18.3.1. Culturas temporárias de inverno	275
18.3.2. Culturas temporárias de primavera	278
18.3.3. Culturas permanentes	280
18.4. Exigências de culturas de regiões tropicais	283
18.5. Referências	284
19. Alterações climáticas: Conceitos, provas da sua existência, causas,	
impactos, adaptação e mitigação	285
19.1. Introdução	285
19.2. Evidência de alterações climáticas	289
19.3. Causas das alterações climáticas	291
19.4. Cenários de alterações climáticas	291
19.5. Projeções sobre o clima do século XXI	292
19.6. Impactos das alterações climáticas futuras na Agricultura	293
19.6.1. Datas de ocorrência dos eventos fenológicos	293
19.6.2. Produção limitada pela água	296
19.6.3. Infestantes, pragas, doenças e eficiência de pesticidas	299
19.6.4. Produtividade de culturas e florestas, e produções animais	300
19.6.5. Impactos económicos e sociais	301
19.7. Medidas de adaptação na Agricultura	302
19.8. Referências	302
Apêndices	CCCV
Índice Remissivo	ccclv

## Introdução

#### 1.1. Definições e conceitos

A *Meteorologia* é um ramo das ciências atmosféricas, que inclui a química e a física atmosférica, e que tem como objetivos estudar os fenómenos atmosféricos e fazer a previsão das condições meteorológicas. A estas condições, que são caracterizadas pelos elementos meteorológicos em determinado momento ou período curto e em determinado local ou região, chama-se o tempo meteorológico, estado do tempo ou, abreviadamente, tempo<sup>a</sup>. A *Climatologia* estuda o *clima*<sup>b</sup>, que se refere ao estado físico característico da atmosfera, durante um período alargado de tempo, geralmente, 30 anos ou superior. Normalmente é descrito por estatísticas tais como médias e medidas de dispersão dos valores dos *elementos meteorológicos* (temperatura e humidade do ar, radiação, insolação, nebulosidade, velocidade e direção do vento, etc.). Em sentido mais lato, contudo, abrange o estado do sistema climático e as descrições estatísticas do mesmo<sup>c</sup>. O tempo meteorológico e o clima, em sentido restrito, são, portanto, conceitos relacionados, mas distintos.

A *Agrometeorologia* é a ciência interdisciplinar que identifica, descreve, explica e aplica as relações da *meteorologia* e *climatologia* com a *agricultura*, tendo como objetivo melhorar a quantidade e qualidade das produções vegetais e animais, preservando a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

Sob uma perspetiva agronómica, os principais elementos meteorológicos são a temperatura e a humidade do ar, a velocidade e direção do vento, a insolação, a radiação, a precipitação e a evaporação.

1

a Ing.: weather.

<sup>&</sup>lt;sup>b</sup> Ing.: climate.

<sup>&</sup>lt;sup>c</sup> Por vezes, neste livro utilizamos esta aceção mais lata de "clima".

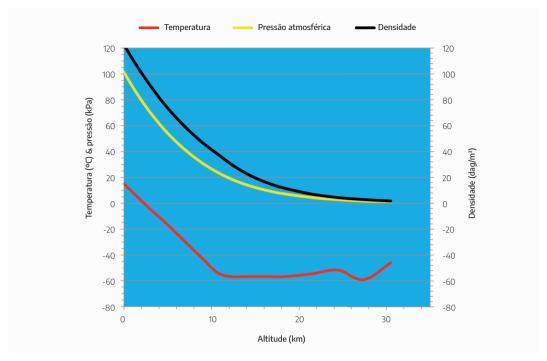


Fig. 1.2 Temperatura, pressão atmosférica e densidade (massa volúmica) em função da altitude numa atmosfera padrão. Note-se que a densidade (massa volúmica) está em decagramas por metro cúbico para facilitar a visualização das três grandezas no mesmo gráfico.

#### 1.3. Âmbito e objetivos da Agrometeorologia

Muitos sectores da economia são, diretamente ou indiretamente, grandemente influenciados pelo estado do tempo e pelo clima. A Agricultura em sentido lato, abrange a produção vegetal e pecuária, quer em céu aberto quer sob a forma protegida, e é a atividade mais afetada pela meteorologia e clima. Contudo, muitas outras atividades são também influenciadas pela meteorologia/clima, como por exemplo o turismo, transportes e comunicações, produção de energias renováveis, saúde e o conforto humanos.

Muitas variáveis do ambiente físico dos seres vivos condicionam o seu desempenho. As oscilações normais dos elementos meteorológicos resultam numa variabilidade interanual das produções.

As plantas utilizam a energia do Sol para assimilar o dióxido de carbono atmosférico, pelo que a radiação solar é uma variável importante para o seu crescimento. A temperatura, humidade e vento regulam muitos processos físicos e fisiológicos que afetam direta ou indiretamente as plantas. A precipitação é, no sequeiro, a entrada principal do balanço hídrico do solo, pelo que resulta crucial para o crescimento vegetal. Por outro

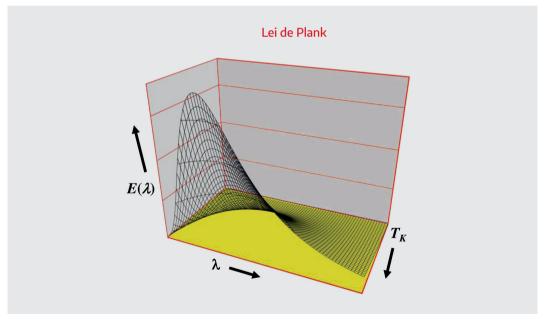
A energia radiante emitida por um corpo negro aumenta, em todos os comprimentos de onda, com o aumento da sua temperatura. A *Lei de Planck* relaciona a emitância espectral com a temperatura e comprimento de onda. Assim, a emitância espectral,  $E(\lambda, T_K)$ , dum corpo negro descreve-se pela equação:

$$E(\lambda, T_K) = \frac{2 \pi h c^2}{\lambda^5 \left[ \exp\left(\frac{h c}{k \lambda T_K}\right) - 1 \right]} \quad [\text{W m}^{-3}]$$
 Eq. **2.6**

onde h é a constante de Planck, c é a velocidade da luz no vácuo, k é a constante de Boltzmann (1.3805 x  $10^{-23}$  J K<sup>-1</sup>), e  $T_{\kappa}$  é a temperatura em kelvins.

Na Fig. 2.1 pode-se verificar visualmente que à medida que a temperatura aumenta a emitância espectral aumenta também e que a crista da superfície desloca-se em direção aos c. d. o. menores.

Os corpos reais (i.e., corpos cinzentos) emitem menos do que os corpos negros pelo que a sua emitância espectral é  $e(\lambda) = \varepsilon(\lambda) E(\lambda)$ , onde  $0 \le \varepsilon(\lambda) \le 1$  é a emissividade espectral.



**Fig. 2.1** Gráfico 3-D da Lei de Planck. Note que, quando aumenta a temperatura ( $T_{\kappa}$ ), a superfície afasta-se do plano  $\lambda - T_{\kappa}$  e a crista da superfície desloca-se para a esquerda.

A irradiância numa superfície perpendicular aos raios solares colocada na base de um tubo apontado para o Sol, seria fundamentalmente  $radiação \, solar \, direta$  numa superfície perpendicular  $(S_p)$ . Utilizando a Lei do Coseno, podemos reportar esta radiação a uma superfície horizontal,  $S_b$ :  $S_b = S_p \cos \psi$ . Ao invés, se colocarmos um disco a ocultar o disco solar, a irradiância na zona sombreada, definida numa superfície horizontal, seria a radiação solar difusa  $(S_d)$ . A radiação solar global  $(S\downarrow)$ , como vimos, é a irradiância da radiação solar  $(0.3 < \lambda < 3.0 \, \mu\text{m})$  numa superfície plana e horizontal, pelo que  $S\downarrow = S_b + S_d$ .

Em dias de céu limpo, a quantidade de radiação global que chega à superfície do globo, numa superfície colocada ao nível do mar é, geralmente, menor do que 75% da radiação extraterrestre, que constitui o limiar superior em dias de céu limpo, baixa concentração de aerossóis e ângulo zenital baixo. Quando o céu está encoberto, não há radiação direta e toda a radiação global é difusa.

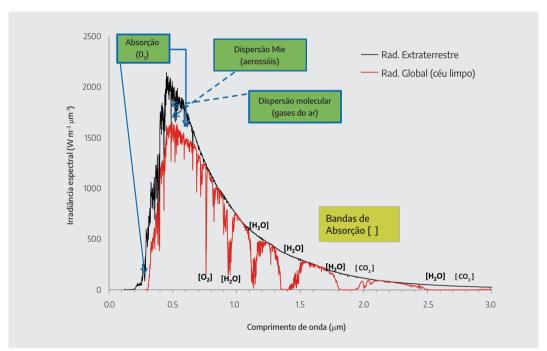


Fig. 2.8 Radiação solar extraterrestre e radiação solar global em dia de céu limpo (superfície do globo). Veja-se, também, as bandas espectrais em que ocorrem dispersão e/ou absorção e quais os principais constituintes atmosféricos envolvidos.

A medição de  $S\downarrow$  faz-se comodamente com um *piranómetro* associado a um *acumulador de dados*<sup>a</sup>. Hoje existem dezenas de estações meteorológicas e climatológicas em Portugal, onde se regista a radiação solar global horária e diária. No entanto, a informação

<sup>&</sup>lt;sup>a</sup> Ing.: Data logger ou datalogger.

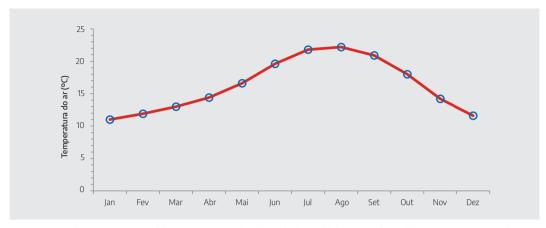


Fig. 3.3 Curso das temperaturas médias mensais em Lisboa (Tapada da Ajuda) (Normais Climatológicas 1960-1990, IPMA).

À medida que num solo a profundidade aumenta, as amplitudes térmicas diurnas diminuem e o desfasamento entre o curso das temperaturas à superfície e em profundidade aumenta. As variações diurnas da temperatura no solo raramente ultrapassam os 50 cm de profundidade, mas com grandes variações relacionadas com o tipo de solo, o teor de água e a cobertura (Fig. 3.4).

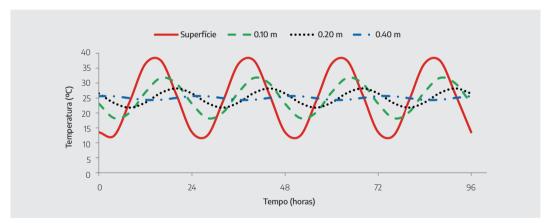


Fig. 3.4 Curso temporal da temperatura num solo argiloso em que a amplitude de variação à superfície é 30 °C. Note-se que os valores extremos da temperatura verificam-se tanto mais tarde quanto maior é a profundidade da medição.

Algo de semelhante acontece com as variações anuais da temperatura, mas noutra escala temporal e espacial. O solo à profundidade de poucos metros mantém-se a uma temperatura quase invariável muito próxima da temperatura média dos últimos anos (Fig. 3.5).

valores acima do ponto de congelamento e permanece acima deste, exceto junto a superfície, ou numa camada muito fina acima desta superfície, onde a temperatura está muito abaixo do ponto de congelamento. Os cristais de gelo derretem no ar mais quente e, em seguida, congelam em contacto com a superfície.

*Granizo* (ing.: *ice pellets*) – Grãos de gelo transparentes ou translúcidos com diâmetro médio inferior a 5 mm. Geralmente, resultam da recongelação parcial ou total de chuva ou neve.

Saraiva (ing.: hail) – Glóbulos ou pedaços irregulares de gelo com diâmetro médio entre 5 e 50 mm. São sempre produzidas em cumulonimbos em que existem fortes correntes verticais e acompanham algumas trovoadas.

*Virga*<sup>a</sup> – Chuva que cai, podendo observar-se os rastos verticais ou inclinados da precipitação, em ar muito seco e evapora antes de atingir a superfície.

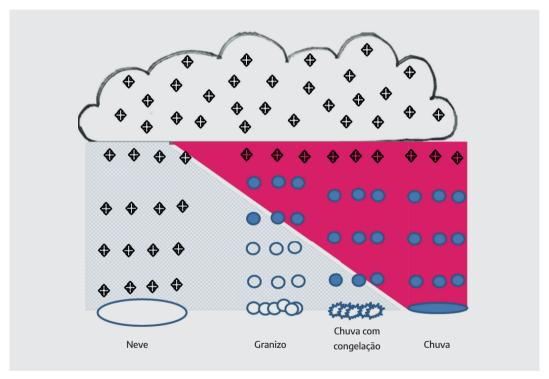


Fig. 6.2 Alguns tipos de precipitação e sua formação a partir de nuvem em que a água está no estado sólido. A área quadriculada (azul claro) representa ar frio (< 0 °C) e a área a cheio (avermelhada) refere-se a ar mais quente (> 0 °C).

a Virga: neste caso adotamos o anglicismo, de origem latina, mas também se poderia chamar "chuva fantasma".

#### Quadro 11.3 Cont.

1ª ordem	2ª ordem	3ª ordem	Características	Critério de classificação
С		a	Verão quente	Tmq > 22 °C; >4 meses com $Tm > 10$ °C
		b	Verão suave	Tmq < 22 °C; > 4 meses com $Tm > 10$ °C
		c	Verão fresco	Tmq < 22 °C; 1 a 3 meses com $Tm$ > 10 °C
			Frio (microtérmico)	<i>Tmf</i> < −3 °C; <i>Tmq</i> > 10 °C
	S		Verão seco	Pms (na estação quente) < 0.33 x Pmh (na estação fria); Pms (na estação quente) < 40 mm
D	w		Inverno seco	Pms (na estação fria) < 0.1 x $Pmh$ (na estação quente)
	f		Sem estação seca	outro caso (não s nem w)
		a	Verão quente	Tmq > 22 °C; >4 meses com $Tm > 10$ °C
		b	Verão suave	Tmq < 22 °C; 4 meses com $Tm$ > 10 °C
		c	Verão fresco	Tmq < 22 °C; 1 a 3 meses com $Tm$ > 10 °C
		d	Inverno rigoroso	<i>Tmf</i> < -38 °C
Е			Polar	<i>Tmq</i> < 10 °C
		F	Calores polares	Tmq < 0°C
		Т	Tundra	Tmq > 0°C

Na Fig. 11.2 apresenta-se um mapa mundial da classificação climática de Köppen. As fórmulas climáticas constam do Quadro 11.3.

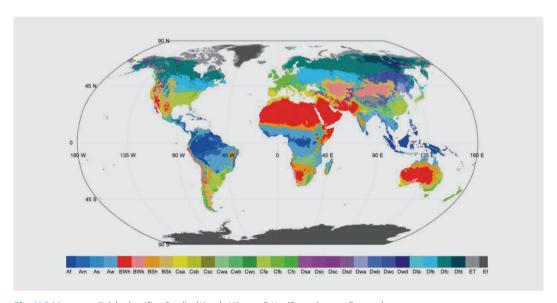
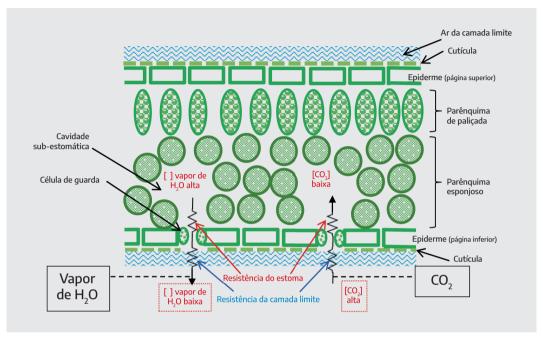


Fig. 11.2 Mapa mundial da classificação climática de Köppen (http://hanschen.org/koppen).

#### 13.4. Crescimento limitado pela água

A água é essencial ao crescimento vegetal. As plantas crescem com o  ${\rm CO_2}$  que entra nos seus estomas, mas quando os estomas estão abertos, a água que envolve as cavidades subestomáticas vaporiza-se e encontra o seu caminho para a atmosfera (Fig. 13.3).



**Fig. 13.3** Esquema de uma folha, mostrando a sua estrutura, os fluxos de dióxido de carbono e vapor de água através dos estomas, e resistências envolvidas nestes fluxos [11].

Numa planta saudável, os estomas estarão abertos quando o fluxo radiante é suficientemente elevado, desde que o solo tenha um teor e qualidade de água apropriados e o fluxo de água que chega às folhas não seja limitante. Quando o solo tem um teor de água abaixo de determinado limiar, ou há um desequilíbrio entre a extração de água e a transpiração, os estomas fecham, total ou parcialmente. Se os estomas estiverem fechados, o fluxo de carbono interrompe-se e não há crescimento. No caso do fecho parcial dos estomas, o fluxo de  $\mathrm{CO}_2$  reduz-se e pode não ser suficiente para o crescimento ser potencial.

Do facto de os estomas serem simultaneamente as portas de entrada de  $\mathrm{CO}_2$  e as portas de saída de vapor de água, resulta que para que haja assimilação de carbono, portanto crescimento das plantas, tem de haver perda de água. Esta relação entre a assimilação de carbono e a transpiração representa um a oportunidade para a simulação do crescimento limitado pela água. Assim, Tanner & Sinclair (1983) [12] apresentam uma equação que permite calcular o crescimento (W) limitado pela água:



Fig. 15.1 Escaldão de frutos em julho ou agosto no Centro de Portugal: A) maçãs 'Galaxy'; B) Maçã 'Brokfield'; C) peras 'Rocha', onde se nota a existência de restos da aplicação de pó de caulino; D) nozes 'Hartley'. Fotografias: Rui Maia de Sousa.

#### 15.1. Medidas de proteção

Em grande parte do Território Português existem elevados níveis de radiação, temperatura e baixas humidades, variáveis que conjugados podem levar os órgãos vegetais a elevados níveis de stresse ou escaldão. Muitas vezes, é suficiente para evitar o escaldão recorre-se à orientação mais favorável das linhas de plantas (N–S), técnicas de condução e podas que favoreçam maior ensombramento dos frutos, manutenção de bom estado hídrico ou à fertilização adequada. Quando estas medidas são insuficientes pode recorrer-se ao sombreamento com redes ou telas, aplicação de caulino ou pulverização de água.

A solução mais óbvia, mas que pode ser economicamente mais desfavorável, consiste em colocar redes de sombreamento com ou sem estruturas de suporte. Nos locais onde existe também risco elevado da ocorrência de granizo/saraiva podem-se utilizar redes de dupla função. A fração da radiação intercetada pode ir desde cerca de 10 a 50% conforme as culturas a proteger e o nível de radiação atingido. Na proteção de frutos, as redes são, em geral, colocadas após a floração (Fig. 15.2).

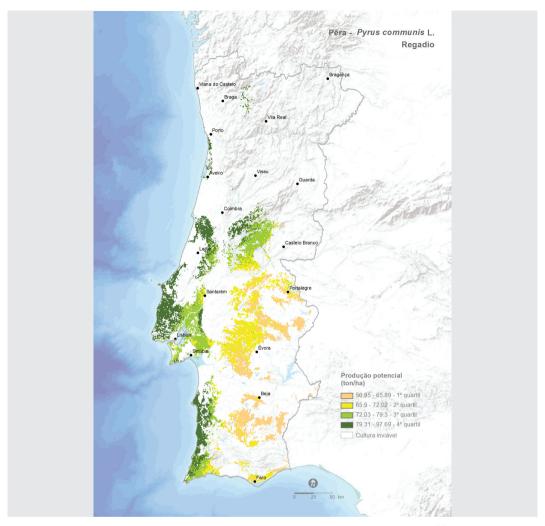


Fig. 18.2 Mapa da produtividade potencial da pera 'Rocha' em Portugal Continental. Mapa extraído de [1].

#### 18.4. Exigências de culturas de regiões tropicais

As culturas de regiões tropicais são em geral muito sensíveis a baixas temperaturas, muito acima do ponto de congelação da água. Com efeito, os danos por resfriamento podem ocorrer a temperaturas logo abaixo de 12 °C em algumas culturas mais sensíveis (p. ex., bananeira, papaia, melão, manga). Estas plantas são, em geral, plantas de dias curtos ou plantas insensíveis ao fotoperíodo. Por outro lado, algumas plantas de origem tropical são sensíveis a níveis elevados de radiação e temperaturas muito altas, pelo que frequentemente necessitam de árvores de sombra para as proteger (p.ex., cafeeiro, cacaueiro).

### **AGROMETEOROLOGIA**

Aplicação da Meteorologia para Maximizar a Produção Agrícola 2. Edição

#### **SOBRE A OBRA**

A Agrometeorologia é a ciência interdisciplinar que identifica, descreve, explica e aplica as relações da meteorologia e climatologia com a agricultura, tendo como objetivo melhorar a quantidade e qualidade das produções vegetais e animais, preservando a sustentabilidade dos sistemas produtivos, através do aproveitamento do clima existente ou modificando-o.

As matérias tratadas neste livro são importantes para muitos profissionais, além de técnicos agrícolas e agricultores, nomeadamente biólogos, arquitetos paisagistas, e engenheiros ambientais. Nos capítulos iniciais do livro, apresentam definições e conceitos basilares, estudam-se os principais elementos climáticos e os métodos utilizados na sua medição, e as trocas de calor e de massa (p. ex., água e dióxido de carbono). Dois capítulos tratam de temas basilares da Hidrologia e Climatologia, que são imprescindíveis para compreender e calcular as necessidades hídricas das plantas e caracterizar os climas.

Os capítulos restantes destinam-se à aplicação prática, numa abordagem simples, mas sem se perder o rigor, o que permite apoiar os técnicos e agricultores nas suas decisões estratégicas e táticas. Aqui apresentam-se os assuntos mais importantes para a aplicação prática da Agrometeorologia. Tratam-se com detalhe adequado os temas que mais preocupam os agricultores e técnicos agrícolas, nomeadamente o desenvolvimento e crescimento vegetais, produção potencial e limitada pela disponibilidade de água, proteção contra as geadas, escaldão, vento e granizo. Um capítulo trata as necessidades agroclimáticas e a zonagem das culturas. No capítulo final, trata-se do tema das alterações climáticas e medidas de adaptação.

#### **SOBRE O AUTOR**

José Paulo de Melo e Abreu é professor aposentado do Instituto Superior de Agronomia (ISA), Universidade de Lisboa. Habilitado com licenciatura, doutoramento e agregação em Agronomia, coordenou e lecionou mais de uma dezena de disciplinas de todos os níveis de ensino, em Portugal e no Estrangeiro, com especial realce para a Agrometeorologia e a Modelação Agroambiental. Foi durante mais de uma década o representante de Portugal na European Society for Agronomy. Foi o coordenador da linha temática "Oliveira e Azeite" do LEAF. Tem representado o ISA em numerosos grupos de trabalho e associações. Por exemplo, foi o *Coordinating Expert* do *Focus Group* "Protecting fruit production from frost damage" da EIP-AGRI, European Comission, EU.

Desenvolveu grande parte da investigação na área da resposta das plantas ao ambiente físico, nomeadamente temperatura, radiação e stress hídrico. Liderou vários projetos nacionais e a participação portuguesa de alguns projetos internacionais, e participou em cerca de uma dezena de outros projetos. Desenvolveu modelos para duas dezenas de culturas arvenses e três culturas perenes. Ao longo dos anos tem publicado dezenas de artigos internacionais e alguns nacionais, e foi coautor de dois livros internacionais, que são referências mundiais nas áreas respetivas, sendo o livro de dois volumes da FAO traduzido em três línguas. Publicou, também, numerosos capítulos de livros internacionais e nacionais, e alguns artigos de divulgação. É membro do Editorial Board do European Journal of Agronomy e referee de dezenas de revistas internacionais e algumas nacionais.

Foi Diretor Técnico e Científico do maior programa de cooperação agrícola entre Portugal e Angola (Projeto NovoMilho). Foi durante vários anos agrícolas Diretor Técnico de uma exploração agrícola de 1200 ha no Alto Alentejo, onde projetou e dirigiu a construção de todo o aparelho de produção, incluindo uma barragem com dimensões próximas dos limites autorizados aos Engenheiros Agrónomos. Fez cerca de uma dezena de estudos técnicos. Realizou missões profissionais em mais de uma dezena de países.

Também disponível em formato e-book









