

## INSOLAÇÃO E TEMPERATURA EM COIMBRA

### Regimes médios e prováveis na estação meteorológica do IGU

Nuno Ganho\*

#### Resumo

*O conhecimento do regime dos elementos climáticos de estações meteorológicas existentes num determinado espaço da superfície da Terra, constitui uma base necessária aos estudos de climatologia local aplicada, nomeadamente, ao planeamento urbano desse espaço.*

*Nesta perspectiva caracterizam-se os regimes normais e prováveis de insolação e temperaturas (mínimas e máximas médias e absolutas mensais e anuais) na estação meteorológica do Instituto Geofísico da Universidade de Coimbra (IGU), a partir da análise de parâmetros de tendência central, de dispersão, e de calendários de probabilidades, de séries seculares destas variáveis.*

*Palavras chave: Insolação. Temperatura. Regimes.*

#### Resumé

*La connaissance du régime des éléments climatiques des stations météorologiques dans un espace donné de la surface de la Terre constitue un support essentiel des études de climatologie local appliquée, notamment pour la planification urbaine de cet espace.*

*Sous cette perspective, on caractérise les régimes normaux et probables d'insolation et températures (minimum et maximum moyennes et absolues mensuelles et annuelles) à la station météorologique de l'Instituto Geofísico da Universidade de Coimbra (IGU), à partir de l'analyse de paramètres de tendance centrale, de dispersion et de calendriers de probabilités de séries séculaires de ces variables.*

*Mots clés: Insolation. Température. Régimes.*

#### Abstract

*The knowledge of the regimen of the climatic elements of meteorological stations in a particular space of the Earth surface, is a necessary basis for the local climatology studies, applied, namely, to the urban planning of that space.*

*Normal and probable regimens of insolation and temperatures (average minimum and maximum and extrem monthly and annual temperatures) were determined for the Instituto Geofísico da Universidade de Coimbra (IGU). These determinations were based on features of central tendency, of dispersion, as well as in calendars of probabilities in secular series of these variables.*

*Key words: Insolation. Temperatures. Regimens.*

---

\* Instituto de Estudos Geográficos, Faculdade de Letras, Universidade de Coimbra

## INTRODUÇÃO

A descrição dos regimes normais dos elementos climáticos de estações meteorológicas, baseada em parâmetros de tendência central e de dispersão de séries climáticas mais ou menos longas, constitui o objectivo principal de uma climatologia dita "tradicional", eminentemente descritiva, largamente praticada até aos anos 50 do presente século. As tendências actuais, pelo contrário, cada vez mais privilegiam os estudos à escala local, objectivados no sentido da sua aplicação a domínios como a agricultura, a medicina, o turismo, a localização industrial, o traçado de vias de comunicação e os transportes, ou o planeamento urbano. As metodologias de investigação para aplicação são necessariamente diferentes: a perspectiva estática do clima quando descrito somente por parâmetros estatísticos abstractos, é substituída por uma perspectiva dinâmica, alicerçada na análise quotidiana de combinações dos elementos climáticos e nas suas causas sinópticas, a uma escala maior, de maior pormenor.

Os dados fornecidos pelas estações meteorológicas dos organismos oficiais, pelo seu distanciamento espacial, por si só não se adequam aos estudos de pormenor. Estes exigem uma maior resolução espacial através de observações dos elementos no terreno, necessariamente ao longo de períodos de observação muito mais curtos do que os convencionados nos estudos tradicionais. No entanto, a validação dos elementos observados no terreno exige frequentemente a sua comparação, directa ou indirecta, com as observações efectuadas em estações meteorológicas locais, de forma a que possam ser devidamente dimensionados no espaço e no tempo e contextualizados na realidade climática em que se inserem. Torna-se assim evidente a importância de que se reveste a caracterização dos regimes dos elementos climáticos nos estudos aplicados, contemplando os valores médios das variáveis em análise, a sua variabilidade intra e interanual, as situações extremas. A conjugação destes parâmetros estatísticos com as combinações diárias das variáveis em função das suas causas sinópticas, constitui a base onde assentam e donde devem partir os estudos de climatologia local ou regional que se quer (cada vez mais) aplicada. É nesta perspectiva que se apresenta este trabalho<sup>1</sup> de

caracterização dos regimes normais e prováveis de insolação e temperatura em Coimbra, a partir dos dados referentes à estação meteorológica do Instituto Geofísico da Universidade (IGU), que constitui uma (pequena) parcela da base ou referência necessária a um estudo que se vem desenvolvendo sobre o clima urbano de Coimbra.

Esta base existe já contemplada noutros trabalhos de caracterização dos elementos climáticos do IGU (A. F. CARVALHO, 1922; A. B. PEREIRA, 1942, 1945; J. C. MORAIS, 1954) mas em moldes diferentes: estudo de séries mais curtas, menos actuais e baseada em metodologias diferentes.

A estação meteorológica do IGU localiza-se num interflúvio do sector oriental de Coimbra (fig. 1), num dos pontos mais elevados da cidade, à cota de 141 metros. Efectua observações desde o dia 1 de Maio de 1864, mas só a partir de 1866 com carácter regular (A. F. CARVALHO, 1922), procedendo a observações horárias de todos os elementos.

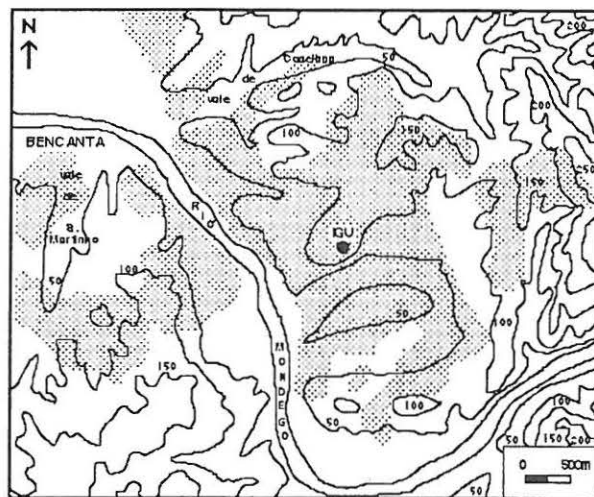


Fig. 1 - Localização da estação meteorológica do IGU no contexto da topografia e da mancha de povoamento urbano de Coimbra (linhas a cheio: curvas de nível; equidistância das curvas de nível: 50m; ponteados: área urbanizada)

A topografia acidentada da cidade e a heterogeneidade de coeficientes de ocupação do solo e da morfologia urbana impõem uma

<sup>1</sup> Este trabalho constitui uma parte do primeiro capítulo da dissertação de Mestrado sobre o Clima Urbano de Coimbra

(N. GANHO, 1992a), completado com a introdução de novos dados.

diversidade climática local, especialmente nos seus aspectos térmicos (N. GANHO, 1992a, 1992b, 1993), que não permite uma generalização, no pormenor, dos regimes térmicos do IGU a toda a aglomeração. Estes, no entanto, constituem a referência necessária para a compreensão dessa diversidade climática local.

## 1. O REGIME MÉDIO

### 1.1. Metodologia

Para a caracterização do regime médio de insolação, começam por analisar-se os valores médios anuais e mensais do período de 1961-90 de radiação global, directa e difusa, e da insolação em número de horas e em percentagem<sup>2</sup>, que se completam com os da nebulosidade pelas suas evidentes inter-relações.

Os valores "normais" da razão de insolação e das temperaturas mínimas e máximas comparam-se com os valores médios e medianos destes elementos, calculados para a série secular de 1891 a 1990.

Analisa-se também a sua variabilidade com base nos desvios-padrão, nos intervalos de variação e nas frequências relativas simples.

Para cada um dos meses dos anos de 1891 a 1990 anotou-se a temperatura máxima mais elevada bem como a temperatura mínima mais baixa e, para as séries assim obtidas, utilizando a mesma metodologia, calcularam-se parâmetros de tendência central e de dispersão, a partir dos quais se analisam os valores médios e a variabilidade interanual. As frequências relativas não se calcularam para as temperaturas máximas e mínimas absolutas por estas não constituírem médias, mas valores reais, tratados em termos frequenciais quando se analisam os regimes prováveis.

Os dados dos elementos tratados foram extraídos dos registos existentes no IGU<sup>3</sup>, embora

os dos anos mais recentes estejam publicados nos ANUÁRIOS CLIMATOLÓGICOS DE PORTUGAL.

### 1.2. Insolação

#### Valores médios

A radiação global "normal" (quadro 1), como seria de esperar pela posição latitudinal de Coimbra, é elevada (média anual de 370 cal/cm<sup>2</sup>/dia), especialmente no semestre de Abril a Setembro em que os valores médios são superiores a 400 cal/cm<sup>2</sup>/dia. O mês que conta com maior radiação global é Julho (575 cal/cm<sup>2</sup>/dia) e o que conta com menor valor é Dezembro (160 cal/cm<sup>2</sup>/dia).

A radiação directa média anual (232 cal/cm<sup>2</sup>/dia) contribui para quase dois terços da radiação global, sendo aproximadamente o dobro da radiação difusa (132 cal/cm<sup>2</sup>/dia). No entanto, porque mais directamente dependentes da nebulosidade, a sua repartição pelos meses do ano não evolui paralelamente. Enquanto os máximos e mínimos da radiação directa correspondem aos máximos e mínimos de radiação global, a radiação difusa atinge os maiores valores médios em Maio e Junho, respectivamente com 197 e 203 cal/cm<sup>2</sup>/dia. Assim, a subida dos valores de radiação difusa de Dezembro a Maio é mais rápida do que o seu decréscimo de Junho a Dezembro, enquanto, a descida da radiação directa de Agosto a Dezembro se faz mais rapidamente do que o seu incremento de Dezembro a Julho. Desta forma, para o aumento primaveril dos valores de radiação global, contribui de forma significativa a radiação difusa, mas os elevados valores estivais resultam principalmente de elevados valores de radiação directa.

Estes factos não podem ser dissociados da evolução mensal dos valores de nebulosidade e de razão de insolação. A nebulosidade média é relativamente elevada ao longo de todo o ano (6 a 7 décimos, com uma média anual de 6 décimos), embora com uma brusca diminuição de Julho a Setembro para 4 a 5 décimos. Note-se a permanência, até Junho, de valores iguais aos inverniais, o que explica a importância que a radiação difusa assume - em relação à radiação

<sup>2</sup> Embora genericamente designadas por insolação, estabelece-se a distinção entre duração de insolação, expressa em número de horas de sol descoberto, e razão de insolação, isto é, a relação entre o número de horas de sol descoberto e o número máximo possível na ausência total de nebulosidade, expressa em percentagem.

<sup>3</sup> Os meus agradecimentos ao Prof. Doutor António Ferreira Soares que, na sua qualidade de Director do IGU, incondicionalmente me abriu as portas daquela instituição, ao Dr. José Vilela, da secção de Meteorologia, e à Sr<sup>a</sup> D.

Maria da Graça Cristo, pelas facilidades concedidas no acesso a todo o tipo de registos meteorológicos de que necessitei.

directa - na Primavera, muito maior do que no Verão.

O regime intra-anual da razão de insolação acompanha o da nebulosidade e traduz os seus valores. A média anual não é muito elevada, situando-se nos 55%. Os valores mensais oscilam entre o mínimo de 46% em Janeiro e o máximo de 71% em Agosto, sendo de destacar um aumento primaveril muito mais lento do que a diminuição outonal.

A duração de insolação evolui ao longo do ano no mesmo sentido do ritmo da razão de insolação. O mês em que há um menor número médio de horas de Sol descoberto é também Janeiro (4,4 h), valor quase igual ao de Dezembro (4,5 h) e muito próximo ao de Fevereiro (4,8 h).

Julho e Agosto contam com a maior duração de insolação, com 9,7 horas por dia. Em Abril nota-se uma quebra relativamente ao mês de Março superior a 1 hora de Sol descoberto, que não é evidenciada pelos valores percentuais da razão de insolação.

Quando comparados entre si, os valores médios anuais e mensais de razão de insolação dos períodos de 1961-90 e de 1891-1990 (quadros 1 e 2) não revelam senão diferenças pontuais. As médias anuais são idênticas, bem como as mensais, embora estas denotem valores da série curta ligeiramente superiores aos da série longa em Março, Maio, Novembro e Dezembro, praticamente iguais em Agosto e ligeiramente superiores nos restantes meses.

Quadro 1 - Valores médios (1961-90) de radiação, insolação e nebulosidade em Coimbra-IGU

média 1961-90	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Ano
rad. global cal/cm2/dia	177	238	359	442	510	553	575	531	410	288	198	160	370
rad. directa cal/cm2/dia	102	134	218	264	313	350	392	372	262	172	117	93	232
rad. difusa cal/cm2/dia	75	104	141	178	197	203	183	159	148	116	81	67	138
insolação nº horas	4,4	4,8	6,2	5,1	8,0	8,7	9,7	9,7	7,6	6,0	4,9	4,5	6,8
insolação %	46	45	51	51	56	58	66	71	61	53	49	48	55
nebulosidade 0-10	6	7	6	6	6	6	4	5	4	6	5	6	6

Quadro 2 - Parâmetros estatísticos de tendência central e de dispersão de razão de insolação (%) em Coimbra-IGU (1891-1990)

Insolação 1891-1990	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Ano
média	47,6	48,2	49,9	53,4	54,8	59,1	67,7	71,1	62,1	54,4	48,1	45,9	55,8
mediana	47,0	47,5	48,0	53,5	55,0	59,5	69,0	72,0	62,0	56,0	48,0	45,0	55,0
desvio-padrão	14,5	16,0	12,8	11,6	9,4	9,1	7,8	5,7	8,3	10,4	12,2	15,2	4,9
máximo	82	83	80	83	75	78	84	83	80	80	81	77	69
mínimo	18	17	20	31	31	39	42	53	42	25	18	13	45
interv. var.	64	66	60	52	44	39	42	30	38	55	63	64	24

O regime mediano (quadro 2) não se distancia muito do regime médio. As diferenças<sup>4</sup> positivas entre a média e a mediana observam-se para os valores anuais (+0,8%) e de Setembro a Março (exceptuando-se Outubro) sendo o maior valor pertença de Março com +1,9%, e negativas nos meses de Abril a Agosto e em Outubro com o maior valor de -1,6%. Estas diferenças, muito pouco significativas, revelam no entanto um ligeiro predomínio de razões de insolação abaixo da média em Julho e Outubro, e acima da média em Março, como o confirmam os histogramas de frequências que a seguir se analisam.

### Variabilidade interanual

A análise da distribuição do desvio-padrão e do intervalo de variação pelos diferentes meses do ano (quadro 2) permite verificar que a dispersão dos valores da razão de insolação é maior nos meses de Inverno do que no período estival. Os máximos correspondem aos meses de Fevereiro e Dezembro com desvio-padrão de 16,0 e 15,2% respectivamente, e o mínimo de 5,7% em Agosto. Este ritmo é determinado por uma maior variabilidade interanual do carácter da circulação atmosférica invernal relativamente ao Verão, período em que dominam quase sempre condições de abrigo aerológico (C. RAMOS, 1986), muito embora se possam verificar situações excepcionais (N. GANHO e A. MONTEIRO, 1989).

A repartição intra-anual do intervalo de variação acompanha a do desvio-padrão, mas é interessante notar que essa variação é determinada por um aumento dos mínimos estivais (como seria de esperar), mas não por uma diminuição dos máximos de Inverno. Quer dizer - extrapolando a partir do que se verificou de há um século para cá - podem ocorrer, embora extraordinariamente, meses de Inverno com valores de razão de insolação tão elevados como aqueles que se verificam no Verão.

<sup>4</sup> As diferenças média-mediana fornecem informações acerca da forma (simetria ou assimetria) das distribuições e consequentemente da significância da média. Nas distribuições simétricas, a mediana é igual à média e esta é significativa. Quanto maior for a diferença entre estes dois parâmetros, maior o grau de assimetria e menor significado tem a média. A diferença positiva denota uma assimetria positiva e um predomínio de efectivos abaixo da média. A diferença negativa revela uma assimetria negativa e um predomínio de efectivos de valor superior à média (R. ARLÉRIE *et al.*, 1973).

Os histogramas de frequências de razão de insolação do período de 1891-1990 (fig. 2) confirmam e pormenorizam o que se disse.

Em Dezembro, Janeiro e Fevereiro as frequências distribuem-se quase equitativamente, com valores rondando os 20, 25%, pelas classes de 30-40 a 60-70% de razão de insolação, aparecendo com igual importância - embora com efectivos inferiores (na ordem de 5 a 10%) aos das classes centrais - tanto elevados (70-80%) como baixos valores (20-30%).

Valores tão baixos deixam de aparecer de Abril a Setembro, em favor de um aumento gradual dos efectivos das classes centrais (50-60 e 60-70%) - mas não das classes superiores - de Abril a Junho, e de um brusco incremento da classe de 70-80% em Julho e especialmente em Agosto (61%), meses em que a distribuição apresenta uma assimetria fortemente negativa. Este último aspecto prende-se essencialmente com a brusca diminuição da ocorrência de gotas-frias, muito frequentes nas estações intermédias e instalação definitiva das condições de abrigo aerológico (J. VENTURA, 1986).

De Setembro a Dezembro a variabilidade interanual aumenta e diminui a assimetria da distribuição através da diminuição dos efectivos das classes de forte insolação, que descem bruscamente para valores inferiores a 10%, e do aparecimento de efectivos (de 1 a 8%) nas de fraca razão de insolação (10-20 e 20-30%). Note-se, no entanto, que a classe de 80-90% aparece sempre com frequências muito baixas (1 a 4%), mas generalizada à quase totalidade dos meses do ano (excepção para Maio, Junho e Dezembro).

As frequências anuais de razão de insolação denunciam uma menor variabilidade interanual - como seria de esperar pelas características inerentes às médias anuais, calculadas a partir de valores também médios, o que atenua as irregularidades intra e interanuais - e concentram-se na classe de 50-60% (69 em cada 100 anos), embora com uma ligeira assimetria, já denunciada pela diferença entre a média e a mediana.

### 1.3. Temperatura mínima

#### Valores médios

As médias de temperatura mínima em Coimbra, calculadas para o período de 1961-90 (quadro 3), permitem verificar que nunca se atingem valores muito baixos (média anual de 10,4°C), mesmo em pleno Inverno. O mês que

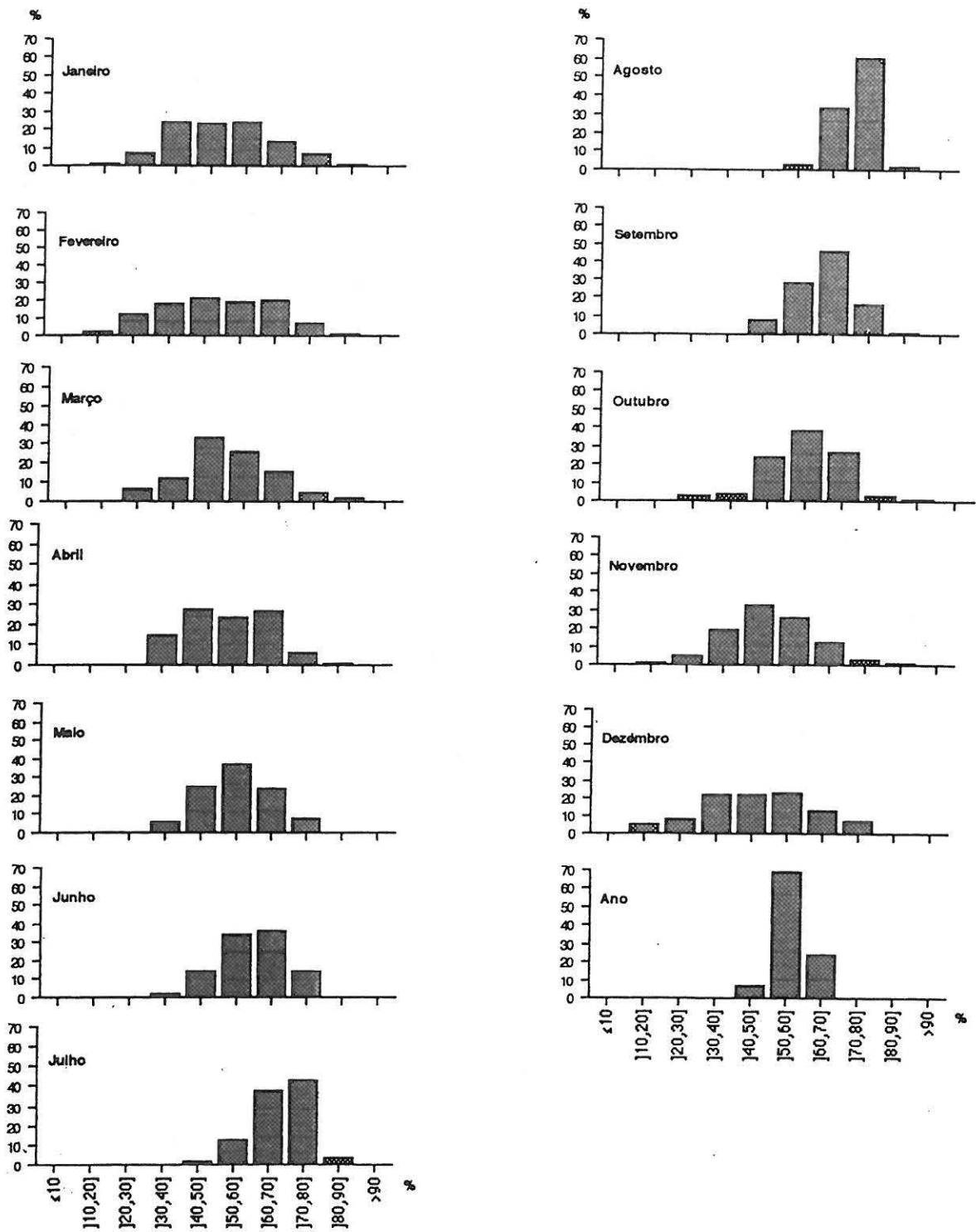


Fig. 2 - Histogramas de frequências relativas simples de razão de insolação em Coimbra-IGU (1891-1990)

estatisticamente conta com noites mais frias é Janeiro, com uma temperatura mínima média de 5,9°C. As mínimas médias mais altas ocorrem em Julho, seguido de muito perto por Agosto, respectivamente com 15,2 e 15,0°C.

De Janeiro a Abril, a subida da temperatura mínima faz-se a um ritmo lento (2,7°C), que aumenta significativamente de Maio a Julho (4,5°C). Em Julho, Agosto e Setembro a variação é inferior a 1°C, mas de Setembro a Dezembro a

diminuição atinge quase 6°C.

Quando comparadas entre si, as médias dos períodos de 1961-90 e 1891-1990 (quadros 3 e 4), verifica-se que os seus valores são muito aproximados (iguais no caso da média anual), com ligeiras diferenças pontuais. Estas tendem a ser positivas para a série curta relativamente à série longa nos meses de Inverno (Dezembro, Janeiro e Fevereiro) e negativas no resto do ano.

Quadro 3 - Valores médios (1961-90) de temperatura mínima (°C) em Coimbra-IGU

T. mín. 1961-90	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Ano
média	5,9	6,7	7,3	8,6	10,7	13,6	15,2	15,0	14,3	12,1	8,5	6,6	10,4

Quadro 4 - Parâmetros estatísticos de tendência central e de dispersão de temperatura mínima (°C) em Coimbra-IGU (1891-1990)

T. mín. 1891-1990	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Ano
média	5,6	6,3	7,7	9,0	11,2	13,8	15,2	15,2	14,5	11,9	8,6	6,4	10,4
mediana	5,5	6,5	7,7	8,9	11,2	13,8	15,2	15,2	14,4	11,9	8,7	6,6	10,4
desvio-padrão	1,4	1,7	1,3	1,2	1,2	0,9	1,1	1,0	1,2	1,4	1,5	1,8	0,6
máximo	9,7	9,9	10,8	12,4	13,9	16,0	18,0	17,8	17,2	16,6	12,8	11,0	12,2
mínimo	3,0	1,3	4,4	5,7	8,6	11,2	13,0	13,0	11,5	7,7	5,1	2,2	9,2
interv. var.	6,7	8,6	6,4	6,7	5,3	4,8	5,0	4,8	5,7	8,9	7,7	8,8	3,0

Pouco significativas são também as diferenças entre o regime médio e o regime mediano (quadro 4). Inclusivamente, a média e a mediana são iguais para o regime anual e para a maior parte dos meses do ano, o que revela a distribuição normal da variável, confirmada por anamorfose<sup>5</sup>, e a significância das médias.

No entanto, a média é ligeiramente superior à mediana em Janeiro, Abril e Setembro (+0,1°C) e inferior em Novembro, Dezembro e Fevereiro

(-0,2°C), denotando uma ténue assimetria positiva no primeiro caso e negativa no segundo.

#### Variabilidade interanual

O ritmo da variação do desvio-padrão ao longo do ano, evolui no sentido inverso da temperatura (quadro 4), denotando uma maior variabilidade interanual das temperaturas mínimas de Inverno do que nas de Verão. O valor máximo do desvio-padrão obtem-se para a série de Dezembro (1,8°C) logo seguido de Fevereiro (1,7°C) e Novembro (1,5°C). A Junho, Julho e Agosto correspondem os menores desvios-padrão, na ordem de 1°C.

A repartição do intervalo de variação pelos diferentes meses do ano acompanha o ritmo do desvio-padrão e, necessariamente, o dos extremos,

<sup>5</sup> Teste estatístico utilizado para confirmar a normalidade de uma distribuição. Os valores cumulativos da variável são transportados para papel gaussio-aritmético, de acordo com uma escala de ordenadas gaussiana para as frequências acumuladas e uma escala de abcissas aritmética para os valores da variável. Se a distribuição segue a lei de Gauss os pontos que a definem distribuem-se ao longo de uma recta (GROUPE CHADULE, 1974).

sendo de destacar a grande amplitude de variação para as séries de Outubro, Dezembro e Fevereiro, de valor superior a 8,5°C. O extremo mínimo é pertença de Fevereiro (1,3°C), logo seguido por Dezembro, embora com uma diferença de quase 1°C. O máximo extremo pertence a Julho (18,0°C), mas seguido de muito perto por Agosto (17,8°C).

Os histogramas de frequências de temperatura mínima (fig. 3) reafirmam as informações fornecidas pelas médias: Janeiro é o mês com temperaturas mínimas médias mais baixas, com um efectivo de 12% para a classe de 2-4°C, ligeiramente superior ao de Dezembro e Fevereiro (8%). Destaca-se, no entanto, o efectivo da classe de 4-6°C, superior a 50% e muito superior ao da mesma classe para os meses de Dezembro e Fevereiro. Nestes a classe modal é a de 6-8°C, correspondendo-lhe quase 50% do efectivo total (respectivamente 42 e 48% dos anos).

De Março a Maio a classe modal passa sucessivamente de 6-8°C para 8-10°C e 10-12°C, com frequências superiores a 50% (66% em Abril). Em Junho os efectivos distribuem-se maioritariamente pelas classes de 12-14°C e 14-16°C, e em Julho e Agosto mais de metade das frequências (64%) correspondem a esta última classe, seguida da classe imediatamente superior (16-18°C), embora com menor efectivo (21 e 24% respectivamente).

Estatisticamente, em Outubro, o arrefecimento nocturno é já significativo: a quase totalidade dos anos enquadra-se nas classes de 10-12°C e de 12-14°C. Em Novembro e Dezembro a distribuição das frequências é simétrica relativamente às classes modais (respectivamente de 8-10°C e de 6-8°C com frequências de 51 e 42%), embora com

uma importância ligeiramente acrescida da classe imediatamente inferior em relação à superior.

Os valores médios anuais de temperatura mínima observados no período de 1891-1990 concentram-se na sua totalidade (99%) nas classes de 8-10°C (23%) e de 10-12°C (76%), denotando necessariamente - porque se trata de médias anuais - uma variabilidade interanual muito inferior (desvio-padrão de 0,6°C) à dos diferentes meses do ano.

#### 1.4. Temperatura mínima absoluta

##### Valores médios

A análise dos parâmetros de tendência central das séries mensais e anual de temperaturas mínimas absolutas observadas no IGU, no período de 1891 a 1990 (quadro 5), confirma o regime das temperaturas mínimas médias e reafirma a suavidade do frio invernal.

A média das mínimas extremas anuais é de -1,1°C. A Janeiro, Dezembro e Fevereiro correspondem as temperaturas mínimas absolutas mais baixas, com médias respectivamente de 0,0, 0,7 e 0,9°C. De Março a Junho os valores médios da variável sobem, no conjunto, 7°C repartidos de uma forma regular pelos 4 meses. A descida outonal, de Setembro a Novembro, é mais brusca: 6,9°C em 3 meses. Julho e Agosto apresentam as temperaturas mínimas absolutas mais elevadas, embora com valores médios que se podem considerar baixos, de 11,3 e 11,4°C respectivamente.

Quadro 5 - Parâmetros estatísticos de tendência central e de dispersão de temperatura mínima absoluta (°C) em Coimbra-IGU (1891-1990)

T. min. abs. 1891-1990	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Ano
média	0,0	0,9	2,5	4,2	6,5	9,5	11,3	11,4	9,8	6,3	2,9	0,7	-1,1
mediana	0,2	0,9	2,4	4,2	6,5	9,5	11,3	11,3	9,5	6,5	2,9	0,8	-1,1
desvio-padrão	1,7	2,1	2,0	1,6	1,6	1,5	1,2	1,3	1,9	2,0	2,0	1,8	1,3
máximo	4,3	5,7	7,0	7,9	10,5	13,9	14,3	14,3	14,1	14,0	8,6	6,2	1,9
mínimo	-3,8	-4,0	-2,2	0,4	3,3	5,6	8,1	8,2	4,3	1,7	-0,9	-3,0	4,0
interv. var.	8,1	9,7	9,2	7,5	7,2	8,3	6,2	5,9	9,8	12,3	9,5	9,2	5,9



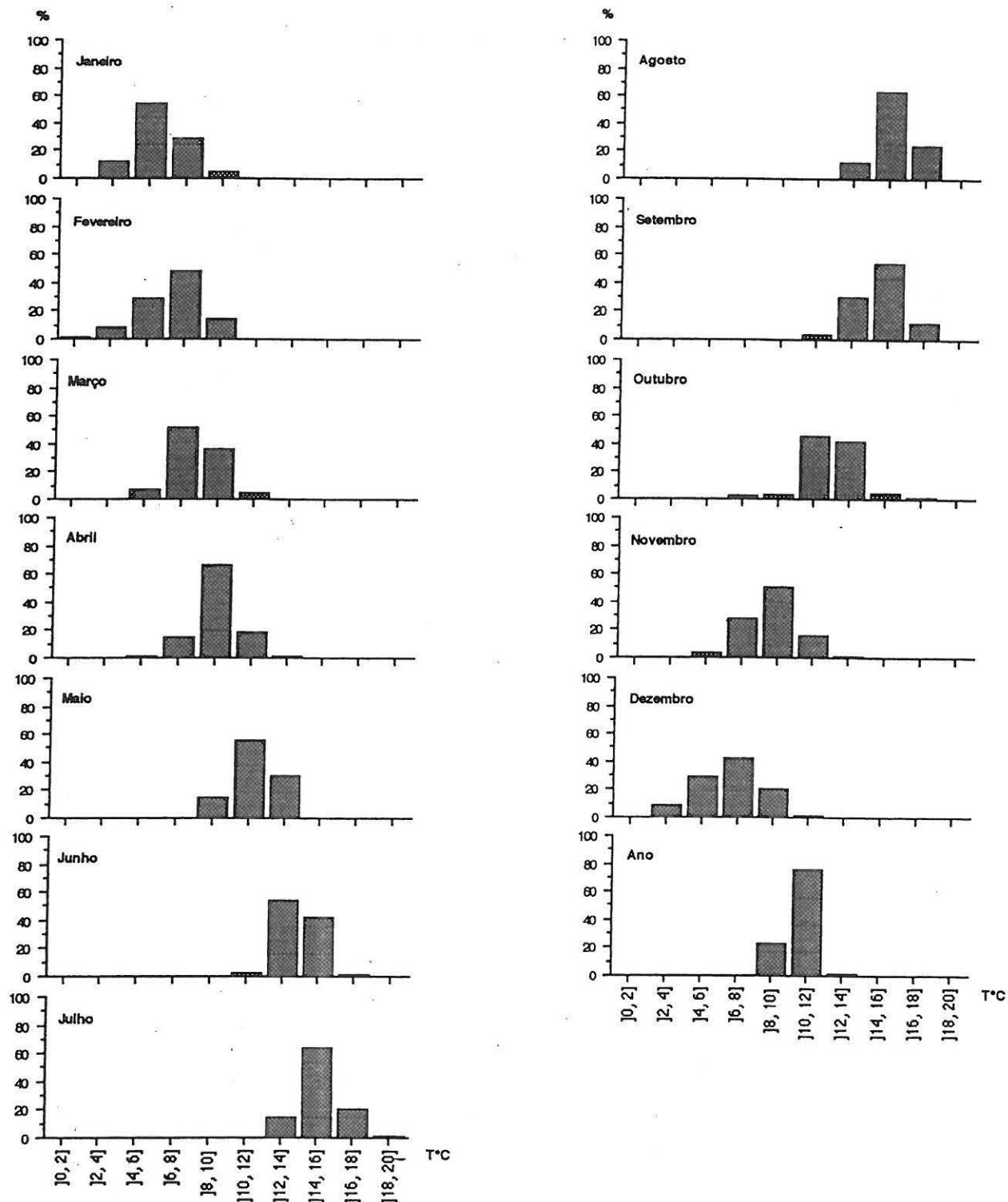


Fig. 3 - Histogramas de frequências relativas simples de temperatura mínima em Coimbra-IGU (1891-1990)

As diferenças entre a média e a mediana são nulas ou pouco significativas, denotando a distribuição normal da variável e a representatividade do primeiro parâmetro. Em Março, Agosto e Setembro, as ligeiras diferenças positivas (+0,1, +0,1 e +0,3°C) revelam um ligeiro predomínio de valores inferiores à média. Pelo contrário, em Janeiro, Outubro e Dezembro o sinal negativo das diferenças média-mediana (-0,2, -0,2 e -0,1°C) evidencia uma ligeira assimetria nas distribuições, com um predomínio de valores da variável acima da média.

### Variabilidade interanual

A variabilidade interanual das temperaturas mínimas absolutas é maior nos meses de Inverno e de transição do que nos meses de Verão, tal como acontece para as temperaturas mínimas médias. Os maiores valores do desvio-padrão (quadro 5) correspondem a Fevereiro (2,1°C), Março, Outubro e Novembro (2,0°C) e os menores a Julho (1,2°C) e Agosto (1,3°C).

Relativamente à série anual desta variável, o desvio-padrão (1,3°C) é significativamente maior do que o obtido para as temperaturas mínimas médias anuais (0,6°C), o que se compreende atendendo ao facto de se estarem a comparar séries constituídas por valores absolutos, no primeiro caso, com séries formadas por valores médios, no segundo caso.

As informações fornecidas pelo desvio-padrão são reafirmadas pela amplitude dos intervalos de variação. O maior valor corresponde a Outubro (12,3°C), seguido a uma certa distância por Setembro, Novembro, Dezembro, Fevereiro e Março (9 a 10°C) e os menores valores a Julho e Agosto (aproximadamente 6°C).

### 1.5. Temperatura máxima

#### Valores médios

Tal como se verificou para as temperaturas mínimas, o regime "normal" das temperaturas

máximas (quadro 6) apresenta um mínimo em Janeiro de 14,2°C, mas o máximo médio verifica-se em Agosto (28,8°C) enquanto o das temperaturas mínimas ocorre em Julho. Quer dizer, Julho é o mês que estatisticamente apresenta as noites menos frescas, enquanto as tardes mais quentes ocorrem em Agosto, embora a diferença entre Julho e Agosto seja apenas de 0,5°C.

A amplitude de variação da temperatura máxima anual (14,6°C) é muito superior à da temperatura mínima (9,3°C) e, conseqüentemente, a variação intra-anual mais acentuada. Em Dezembro e Janeiro os valores das temperaturas máximas são semelhantes, mas de Janeiro para Fevereiro a subida é já sensível (1,2°C) e acentua-se em Março (2,3°C). A subida mais brusca ocorre entre Maio e Junho (3,6°C). Embora com um "salto" no fim da Primavera, o incremento da temperatura máxima média de Janeiro a Agosto é mais gradual do que a descida outonal que, de Setembro para Outubro e de Outubro para Novembro, é respectivamente de 4,5°C e 5,2°C.

A comparação das médias das temperaturas máximas das séries de 30 anos (1961-90) e de 100 anos (1891-1990) revela algumas diferenças (quadros 6 e 7). Estas são positivas a favor da série curta, para o valor anual que de 20,8°C passa para 21°C, e de Agosto a Março na ordem dos 0,3°C a 0,7°C. Em Abril e Maio as diferenças são ligeiramente negativas (-0,2°C e -0,1°C), enquanto em Junho e Julho os valores são exactamente iguais para as duas séries.

Praticamente iguais são também os valores das médias e das medianas (quadro 7), denotando, uma vez mais, que as séries de temperatura máxima obedecem a uma função gaussiana, tal como foi constatado para as temperaturas mínimas.

As pequenas diferenças que se observam não evidenciam um carácter sazonal, sendo positivas para a série anual (+0,1°C) e para Dezembro, Março, Agosto (+0,1°C) e Novembro (+0,2°C). Fevereiro, Junho e Setembro apresentam uma ligeira diferença negativa (-0,1°C) e nos restantes meses os valores médios e medianos são coincidentes.

Quadro 6 - Valores médios (1961-90) de temperatura máxima (°C) em Coimbra-IGU

T.max. 1961-90	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Ano
média	14,2	15,4	17,7	19,3	22,0	25,6	28,3	28,8	27,1	22,6	17,4	14,4	21,0

**Quadro 7 - Parâmetros estatísticos de tendência central e de dispersão de temperatura máxima (°C) em Coimbra-IGU (1891-1990)**

T. max. 1891-1990	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Ano
média	13,5	15,1	17,1	19,5	22,1	25,6	28,3	28,7	26,7	22,0	16,9	13,9	20,8
mediana	13,5	15,2	16,9	19,5	22,1	25,7	28,3	28,6	26,8	22,0	16,7	13,8	20,7
desvio padrão	1,3	1,6	2,2	2,1	2,0	1,8	1,8	1,7	1,9	2,2	1,7	1,2	1,0
máximo	17,3	19,9	23,3	26,2	26,2	29,8	32,5	32,6	32,3	26,8	23,1	17,1	23,5
mínimo	10,6	11,9	13,0	15,4	18,2	21,5	23,7	23,4	23,0	17,1	13,0	10,7	19,2
interv. var.	6,7	8,0	10,3	10,8	8,0	8,3	8,8	9,2	9,3	9,7	10,1	6,4	4,3

### Variabilidade interanual

A variabilidade interanual das temperaturas máximas é maior do que a das temperaturas mínimas e obedece a um ritmo diferente destas (quadro 7).

O desvio-padrão da série de temperatura máxima média anual é de 1,0°C, nitidamente superior ao das temperaturas mínimas. Os maiores valores do desvio-padrão (superiores a 2°C) correspondem às estações de transição, nomeadamente aos meses de Março, Abril, Maio e Outubro. Os valores mais baixos verificam-se nos meses de Inverno com 1,2°C, 1,3°C e 1,6°C respectivamente em Dezembro, Janeiro e Fevereiro - ao contrário dos desvios-padrão da temperatura mínima que apresentam nesta época o valor máximo - inferiores aos que ocorrem de Junho a Setembro (entre 1,7°C e 1,9°C).

Acompanhando o ritmo intra-anual do desvio-padrão, o intervalo de variação é menor em Dezembro e Janeiro (na ordem de 6°C), máximo em Março, Abril e Novembro (superior a 10°C) e com valores oscilando entre 8,0°C e 9,7°C nos restantes meses do ano.

Em suma, a variabilidade interanual das temperaturas máxima e mínima é semelhante no Inverno. Na Primavera e no Outono a variabilidade interanual da temperatura máxima é muito superior à da temperatura mínima, verificando-se precisamente o contrário no período estival.

A análise da distribuição frequencial das temperaturas máximas médias (fig. 4) reafirma o ritmo da variabilidade interanual descrito pelo desvio-padrão.

As frequências repartem-se por um número menor de classes em Dezembro e Janeiro do que nos restantes meses. A classe modal destes dois meses é a mesma (12-14°C) com efectivos idênticos (55 e 51%). No entanto, o efectivo da classe de 10-12°C é menor em Dezembro (4%)

do que em Janeiro (13%), demonstrando que este último é o mês mais frio do ano.

Em Fevereiro, Março e Abril a classe modal passa sucessivamente de 14-16°C para 16-18°C e 18-20°C, e as classes imediatamente inferior e superior contam com efectivo idêntico entre si (entre 20 e 30%) e quase metade do das classes modais (na ordem de 40%).

O brusco aumento da temperatura máxima de Abril para Maio e de Junho para Julho, traduz-se pelo "salto" das classes modais, respectivamente de 18-20°C para 22-24°C e de 24-26°C para 28-30°C. No entanto, esta subida de temperatura é mais acentuada de Junho para Julho como o demonstra a maior concentração de efectivos na classe imediatamente superior à classe modal em Julho do que em Maio, facto não evidenciado pelo incremento das médias mensais.

Em Julho e Agosto as frequências concentram-se maioritariamente nas classes de 26-28°C e de 28-30°C, mas o efectivo da classe modal de Julho (40%) é inferior ao de Agosto (47%), confirmando que este tem tendência a apresentar as temperaturas máximas mais elevadas do ano.

O arrefecimento outonal é rápido de Setembro para Novembro, com a passagem da classe modal de 26-28°C para 20-22°C e desta para 16-18°C, embora mais acentuado entre Outubro e Novembro como evidencia a perda de importância dos efectivos das classes acima da classe modal - o que não acontece de Setembro para Outubro - facto já denunciado pelos valores médios mensais.

A ligeira assimetria positiva da distribuição das temperaturas médias máximas anuais - desde logo denunciada pela diferença positiva entre a média e a mediana - é confirmada pela maior concentração de efectivos na classe imediatamente inferior à classe modal (22-24°C), relativamente à classe imediatamente superior.

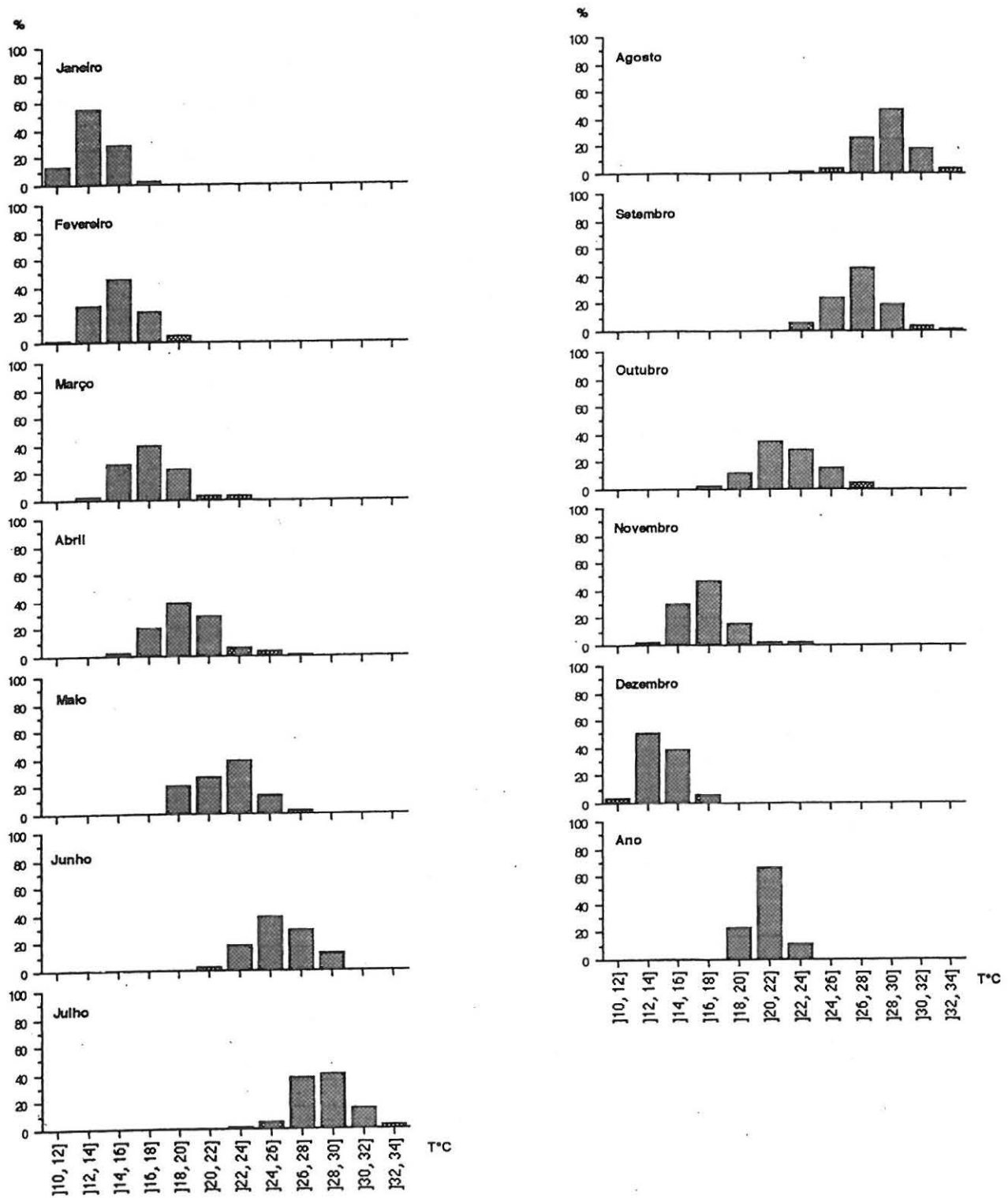


Fig. 4 - Histogramas de frequências relativas simples de temperatura máxima em Coimbra-IGU (1891-1990)

## 1.6. Temperatura máxima absoluta

### Valores médios

Relativamente aos valores absolutos das temperaturas máximas (quadro 8), Julho e Agosto apresentam as médias mais elevadas, de 37,2 e 37,0°C respectivamente, bem como Dezembro e Janeiro as médias mais baixas, de 18,1 e 18,2°C.

O início e o fim do Verão manifestam-se por uma subida e uma descida brusca das temperaturas máximas absolutas médias, de aproximadamente 5°C de Maio para Junho e de Setembro para Outubro. Mais nítido ainda é o arrefecimento outonal, com uma descida das médias das temperaturas máximas absolutas de 7°C entre Outubro e Novembro, muito mais acentuado que o aquecimento primaveril.

A média das temperaturas máximas extremas anuais, de 39,2°C, evidencia a intensidade dos episódios de maior calor estival.

Os regimes médio e mediano são muito próximos ou mesmo coincidentes nas séries de alguns meses. As diferenças positivas correspondem aos meses de Janeiro a Maio (de +0,2 a +0,4°C) e a Agosto (+0,1°C). Em Junho, Julho e Novembro as diferenças média-mediana

são ligeiramente negativas (de -0,1 a -0,3°C).

### Variabilidade interanual

A variabilidade interanual das temperaturas máximas absolutas, tanto para as séries mensais como para a série anual, ultrapassa a das temperaturas mínimas absolutas como revelam os valores do desvio-padrão (quadro 8).

O ritmo intra-anual das máximas absolutas coincide com o das temperaturas máximas médias. Os maiores desvios-padrão correspondem a meses de transição, nomeadamente a Março, Maio e Outubro (3,3, 3,3 e 3,4°C respectivamente), embora pouco superiores aos que se verificam nos meses de Verão. Dezembro é o mês em que a dispersão dos valores da variável é menor (desvio-padrão de 2,0°C).

A amplitude dos intervalos de variação das temperaturas máximas absolutas é acentuada de Março a Novembro, com particular destaque para os meses de Julho (18,1°C), Abril (17,1°C) e Junho (16,6°C), salientando em particular a variabilidade do calor no semestre mais quente do ano.

Quadro 8 - Parâmetros de tendência central e de dispersão de temperatura máxima absoluta (°C) em Coimbra-IGU (1891-1990)

T. max. abs. 1891-1990	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Ano
média	18,1	20,3	23,9	26,9	30,8	35,0	37,2	37,0	34,6	29,2	22,1	18,2	39,2
mediana	17,9	20,1	23,7	26,7	30,4	35,3	37,5	36,9	34,9	29,2	22,2	18,2	39,2
desvio padrão	2,3	2,8	3,3	2,9	3,3	3,0	3,0	2,9	3,0	3,4	2,7	2,0	1,9
máximo	22,9	26,2	30,5	35,6	38,0	42,3	45,8	43,7	40,9	36,7	30,4	24,4	45,8
mínimo	14,2	15,4	16,4	18,5	22,7	25,7	27,7	27,8	27,5	21,8	16,1	14,4	35,0
interv. var.	8,7	10,8	14,1	17,1	15,3	16,6	18,1	15,9	13,4	14,9	14,3	10,0	10,8

## 2. O REGIME PROVÁVEL

### 2.1. Metodologia

Depois de descrito e analisado o regime médio, a partir de parâmetros de tendência central e de dispersão das séries anuais e mensais de razão de

insolação, de temperatura mínima, temperatura máxima, temperatura mínima e máxima absolutas, analisam-se agora os regimes prováveis destas mesmas variáveis, através de "calendários de probabilidades". Este tipo de diagramas foi elaborado de acordo com as técnicas descritas pelo seu autor, C. P. PÉGUAY (1976, 1978), e exemplificadas para estações meteorológicas

portuguesas (Porto, Penhas Douradas, Évora, Faro e Lisboa) por M. J. ALCOFORADO (1987, 1988).

Os diagramas foram feitos por amostragem dos valores de razão de insolação e de temperaturas máximas e mínimas observadas nos dias 1, 11 e 21 de cada mês, no IGU. Estes valores foram anotados em matrizes de 36 colunas (dias) e 100 linhas (anos de 1891-1990) para as temperaturas e 52 linhas (anos de 1938-1990) para a razão de insolação. A desigualdade entre os períodos utilizados para as temperaturas e para a insolação deve-se ao facto de não existirem à disposição, no IGU, os valores quotidianos de razão de insolação anteriores a 1938.

A constituição das séries depende dos dados disponíveis. Como refere M. J. ALCOFORADO (1987, p. 214) "no caso de apenas se dispor de séries curtas, PÉGUY aconselha a substituição da série de  $n$  termos da variável correspondente a uma data  $k$  ao longo de  $n$  anos sucessivos, por uma série de  $2n$  termos formados pelas variáveis das datas  $k-2$  e  $k+2$ " que assim se juntam para formar uma única série que, por convenção, constituirá a série da data  $k$ . Por se dispor de séries de temperatura e de razão de insolação suficientemente longas (respectivamente de 100 e 52 anos) não foi necessário recorrer a este artifício, tendo-se por isso utilizado apenas os três valores mensais referidos.

Cada série assim obtida foi classificada em dez classes de razão de insolação com amplitude de 10% e em classes de 2°C de amplitude para as temperaturas, e calculadas as respectivas frequências relativas acumuladas, a partir das quais se construiu o diagrama. Este é constituído por um eixo horizontal cuja escala aritmética corresponde aos dias dos diferentes meses do ano, a começar no dia 1 de Janeiro, e por um eixo vertical de escala aritmética percentual.

Neste sistema de eixos, para cada um dos dias considerados, marcaram-se os valores das frequências relativas acumuladas por cada classe. Deste modo obtem-se um conjunto de linhas cotadas em valores discretos da variável que, para as diferentes datas (eixo horizontal), permitem conhecer as probabilidades (eixo vertical) de ocorrência dos diferentes valores da variável.

Por motivos de ordem prática, relacionados com os programas de informática utilizados, adoptaram-se para ambos os eixos escalas aritméticas, embora se possa utilizar para o eixo vertical uma escala de Gauss por forma a realçar os extremos. Pela mesma razão, utilizaram-se sempre as mesmas técnicas de tratamento dos

dados<sup>6</sup>, tanto para a razão de insolação como para as temperaturas e não se procedeu à regularização automática das respectivas curvas, deixando-se deste modo persistir as irregularidades inerentes ao tipo de amostragem.

As informações fornecidas por estes calendários de probabilidades aproximam-se da realidade mas não a descrevem na sua totalidade, principalmente devido à técnica de amostragem que obscurece os valores absolutos das variáveis. Para os evidenciar elaboraram-se gráficos de probabilidades de ocorrência de temperaturas mínimas e máximas absolutas. A diferença entre estes gráficos e os outros calendários de probabilidades não está no processo de tratamento dos dados, mas nas características dos dados utilizados. Assim, em vez de se tratarem séries de temperaturas correspondentes a datas convencionais, utilizaram-se séries constituídas pelas temperaturas máximas e mínimas mais elevadas ou mais baixas registadas em cada um dos meses dos anos de 1891 a 1990. Trata-se portanto de séries de temperaturas quotidianas observadas, não em datas convencionais, mas em períodos convencionais de 1 mês.

Os dados utilizados na construção dos calendários de probabilidades foram extraídos dos ANUÁRIOS CLIMATOLÓGICOS do IGU de 1891 a 1966. Os referentes aos anos de 1973 a 1990 foram consultados nos BOLETINS METEOROLÓGICOS MENSAIS do IGU. Os valores referentes ao período de 1967 a 1972, porque não estão publicados, foram recolhidos directamente dos registos existentes no IGU.

## 2.2. Insolação

Um dos aspectos que sobressaem da análise do calendário de probabilidades de razão de insolação em Coimbra-IGU (fig. 5) é a diminuição gradual das probabilidades de ocorrência de baixos valores de insolação durante a Primavera e o seu aumento, mais rápido, no Outono. No período que decorre entre 21 de Dezembro e 21 de Janeiro, as probabilidades de se verificarem razões de insolação quase nula

<sup>6</sup> M. J. ALCOFORADO (1988) utilizou técnicas diferentes para a elaboração dos calendários de temperaturas e de razão de insolação. Para as temperaturas tratou as séries correspondentes aos dias 1, 11 e 21 de cada mês, tal como aqui se fez. Para a razão de insolação tratou "conjuntamente todos os valores diários disponíveis", marcando as frequências acumuladas na linha vertical correspondente ao dia 15 de cada mês.

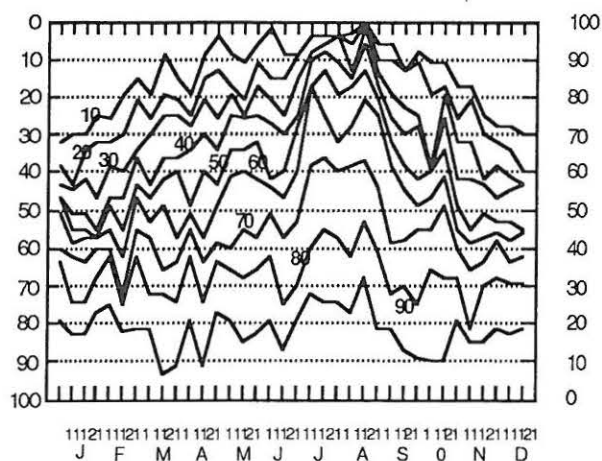


Fig. 5 - Calendário de probabilidades de razão de insolação (%) em Coimbra-IGU (1938-1990)

(igual ou inferior a 10%) é de, sensivelmente 30%. Já no Verão, mais exactamente de 21 de Maio a 11 de Setembro, razões de insolação tão baixas apresentam uma probabilidade de ocorrência inferior a 10%. A 21 de Agosto, altura em que, estatisticamente, são de esperar os mais elevados valores de insolação, as probabilidades são inferiores a 10% para razões de insolação abaixo de 40%, havendo 30% de probabilidades de que esta seja superior a 90%.

Este ritmo intra-anual, já delineado pelo regime médio, é confirmado pela repartição dos valores medianos de razão de insolação (linha horizontal correspondente a 50% de probabilidades) pelas diferentes décadas do ano. De 11 de Novembro a 1 de Janeiro, a mediana corresponde a 50% de razão de insolação e desce para valores inferiores a 40% de 11 de Janeiro a  $\pm 1$  de Fevereiro. Tal como se observou para as médias mensais, o valor mediano de razão de insolação pouco varia de 1 de Março a 1 de Maio, situando-se na ordem dos 50-60%. Repare-se, no entanto, que em fins de Março diminuem as probabilidades de ocorrência de elevados valores de razão de insolação (superior a 70%), mas simultaneamente tornam-se mais raros (probabilidades inferiores a 20%) os dias de muito baixa insolação (inferior a 20%). A probabilidade de ocorrência destes aumenta a meados de Abril (passa para 30%) mas, ao mesmo tempo, tornam-se nesta altura mais raros os dias de razão de insolação superior a 70%. A Primavera corresponde assim a um período de

grandes oscilações intramensais de insolação, omitidas pelo carácter abstracto das médias, como se verificou a partir da análise do regime médio.

Só a partir de 21 de Julho as probabilidades de ocorrência de valores de razão de insolação superiores a 70% aumentam francamente (para mais de 60%) e assim se mantêm até ao fim de Agosto. É nesta altura que se verifica um brusco incremento probabilístico dos dias de baixa insolação, que ocorre em simultâneo com a diminuição das probabilidades de ocorrência de elevados valores de razão de insolação, tendência que se acentua até meados de Outubro. Note-se na última década de Outubro um aspecto interessante: o aumento dos valores de insolação superior a 70%, que ocorrem com uma probabilidade de 50% e principalmente uma diminuição acentuada dos dias de fraca insolação - valores de razão de insolação inferior a 30%, de 30% de probabilidades de ocorrência a 11 de Outubro passam para 20% a 21 de Outubro, constituindo uma manifestação (precoce) do chamado "Verão de São Martinho".

Um último aspecto digno de nota prende-se com a variação intra-anual das probabilidades de ocorrência de razão de insolação superior a 90%. Estas são quase tão elevadas (superiores a 20%) no Inverno (de 1 de Novembro a 11 de Março) como no Verão (de 1 de Julho a 1 de Setembro) e ligeiramente menores (aproximadamente de 10%) na Primavera (Março e Abril) e no início do Outono (última década de Setembro e duas primeiras de Outubro), facto desde logo evidenciado pelos histogramas de frequências de razão de insolação analisados anteriormente.

### 2.3. Temperatura mínima

Já anteriormente foi salientado, quando da análise das médias e medianas das temperaturas mínimas, que não se atingem nunca, em Coimbra, valores muito baixos. O calendário de probabilidades de temperaturas mínimas (fig. 6) reafirma este aspecto do regime térmico. As probabilidades de ocorrência de temperaturas mínimas inferiores a 0°C restringem-se ao período de 1 de Dezembro a 1 de Março e não vão além dos 5% senão na primeira década de Janeiro em que atingem os 11%. Só em meados de Dezembro e nas primeira e segunda décadas de Janeiro existe uma probabilidade mínima (1 a 2%) das temperaturas descenderem abaixo de -2°C. No entanto, as probabilidades de ocorrência de geada - aqui delimitadas pela curva

correspondente à temperatura de 4°C em abrigo - são significativamente maiores e generalizadas a um período do ano mais longo. Pode formar-se geada do dia 1 de Novembro a 21 de Abril, com 35% de probabilidades durante o mês de Janeiro, muito embora estas diminuam rapidamente para os extremos deste período.

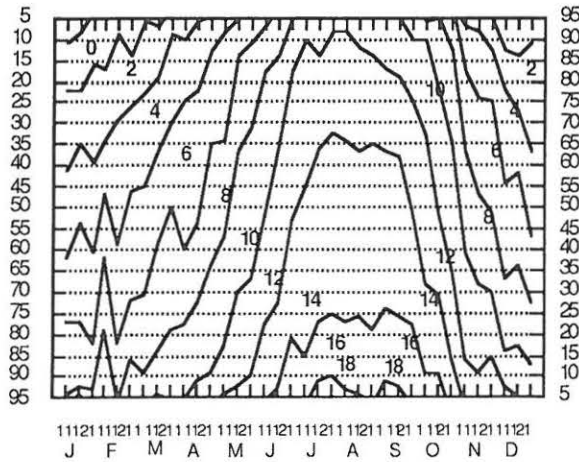


Fig. 6 - Calendário de probabilidades de temperatura mínima (°C) em Coimbra-IGU (1891-1990)

Temperaturas mínimas inferiores a 10°C podem começar a ocorrer logo a meados de Setembro e só deixar de se verificar a partir de 21 de Junho, com probabilidades de ocorrência superiores a 80% de 1 de Dezembro a 21 de Março.

As probabilidades de se verificarem temperaturas mínimas muito baixas (inferiores a 4°C) diminuem imediatamente após 21 de Janeiro, mas as probabilidades de ocorrência de temperaturas mínimas entre 6 e 10°C mantêm-se na mesma ordem de grandeza - embora com uma certa variabilidade intramensal - até ao início de Março. Pelo contrário, a diminuição das temperaturas mínimas logo a partir de meados de Setembro ocorre de uma forma mais brusca e simultaneamente para todos os valores considerados, através de um aumento das probabilidades de ocorrência de temperaturas mínimas mais baixas.

Note-se que o "Verão de S. Martinho", materializado por uma diminuição das probabilidades de ocorrência de baixos valores de insolação em fins de Outubro, não tem expressão nas temperaturas mínimas.

As temperaturas mínimas de Verão, com menor variabilidade interanual, estabilizam dentro dos mesmos valores de probabilidades, de incios de Julho a meados de Setembro. No entanto, não são nunca muito elevadas. Neste período há 60% de probabilidade das temperaturas mínimas serem superiores a 14°C, mas só 20% de serem acima de 16°C e menos de 10% de não descerem para além de 18°C. No calendário de probabilidades não aparece sequer a curva de 20°C que delimita as chamadas "noites tropicais" (aquelas em que a temperatura não desce a valores inferiores a 20°C), o que significa que estas têm uma representatividade inferior a 5%. Mais concretamente, apenas existem probabilidades de ocorrência de temperaturas mínimas acima de 20°C a meados de Junho (1%), de 1 de Julho a 11 de Agosto (inferiores a 4%) e na primeira década de Setembro (2% de probabilidades). Temperaturas mínimas superiores a 22°C restringem-se ao mês de Julho com uma probabilidade de ocorrência de apenas 1%.

#### 2.4. Temperatura mínima absoluta

Atendendo agora às temperaturas mínimas mais baixas observadas em cada um dos meses dos anos de 1891 a 1990, independentemente do dia do mês em que ocorreram, evidenciam-se os valores mínimos extremos (fig. 7).

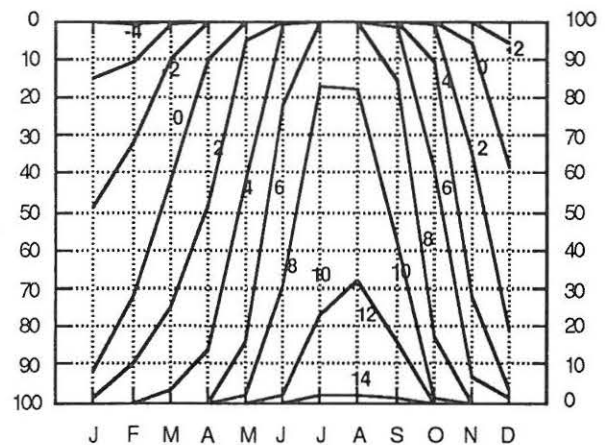


Fig. 7 - Gráfico de probabilidades de temperatura mínima absoluta (°C) em Coimbra-IGU (1891-1990)



A temperatura mais baixa observada em Coimbra (IGU) no período de amostragem (que corresponde também à mais baixa verificada desde que se efectuam observações regulares) foi de  $-4^{\circ}\text{C}$  em Fevereiro e a probabilidade de ocorrer uma temperatura mínima de igual valor é de 1%.

Temperaturas mínimas absolutas iguais ou inferiores a  $0^{\circ}\text{C}$  podem ocorrer de Novembro a Março, com uma probabilidade máxima de sensivelmente 50% em Janeiro, descendo para 32% em Fevereiro e de somente 10% em Março. De Novembro para Dezembro as probabilidades de se atingirem temperaturas mínimas absolutas iguais ou inferiores a  $0^{\circ}\text{C}$  sobem bruscamente de 6 para 38%.

Considerando novamente as probabilidades de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas de  $4^{\circ}\text{C}$  em abrigo como sinónimo de possibilidades de formação de geada, verifica-se que esta é susceptível de ocorrer em qualquer um dos dias do período de Outubro a Maio, embora com uma incidência provável muito diferente em cada um destes meses. Assim, em Janeiro e Dezembro as probabilidades de ocorrência de pelo menos um episódio de formação de geada são quase totais (99 e 97% respectivamente), descendo para valores na ordem de 75% tanto em Novembro (72%) como em Março (75%), ou de 48% em Abril. As probabilidades de ocorrência de geadas precoces já em Outubro são de 11% e de geadas tardias ainda em Maio de 5%.

Embora Maio e Outubro constituam meses de "transição" em que as condições de tempo estival se fazem (já ou ainda) sentir de uma forma mais ou menos marcada e variável de ano para ano, as probabilidades de, pelo menos uma vez, a temperatura mínima descer abaixo de  $10^{\circ}\text{C}$  são de aproximadamente 100%. Mesmo em Julho e Agosto as possibilidades de ocorrerem noites assim "tão frescas" superam os 15% (17 e 18% respectivamente), elevando-se para 98% as probabilidades da temperatura mínima absoluta, nestes dois meses, descer abaixo de  $14^{\circ}\text{C}$  o que sublinha uma característica do regime térmico de Coimbra: a acentuada frescura de algumas noites estivais.

## 2.5. Temperatura máxima

Um dos aspectos que desde logo se salienta da comparação dos calendários de probabilidades de temperatura máxima (fig. 8) e mínima é a maior variabilidade interanual das temperaturas máximas de Verão relativamente às máximas de

Inverno, contrariamente ao que acontece para as temperaturas mínimas.

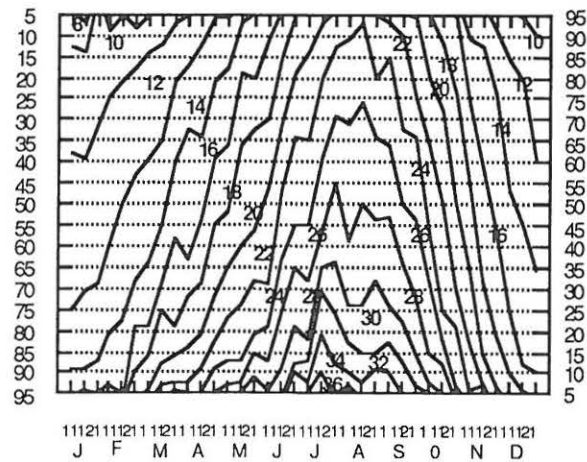


Fig. 8 - Calendário de probabilidades de temperatura máxima ( $^{\circ}\text{C}$ ) em Coimbra-IGU (1891-1990)

Do mesmo modo, se as probabilidades de ocorrência de temperaturas mínimas muito baixas são escassas, as temperaturas máximas de Inverno só apresentam probabilidades de permanecer baixas durante um período muito breve. Somente a meados de Janeiro existem mais de 5% (exactamente 7%) de probabilidades das temperaturas máximas serem inferiores a  $8^{\circ}\text{C}$ , embora estas possam ocorrer entre 21 de Novembro e 21 de Março, mas em apenas 1 a 4% dos anos. Em Janeiro e Fevereiro há ainda 1 a 3% de probabilidades das temperaturas diurnas não subirem para além de  $6^{\circ}\text{C}$ .

Repare-se que, apesar do aumento probabilístico das temperaturas máximas imediatamente a partir de meados de Janeiro, as probabilidades de ocorrência de máximas inferiores a  $10^{\circ}\text{C}$  mantêm-se dentro dos mesmos valores até ao início de Março.

A diminuição outonal das temperaturas máximas processa-se mais rapidamente do que a subida primaveril e generaliza-se a todos os valores da variável. Tal como para as temperaturas mínimas, as temperaturas máximas também não evidenciam o "Verão de São Martinho", que assim parece expressar-se somente nos valores de insolação. No entanto, resultados concludentes exigiriam um estudo alicerçado numa amostragem alargada para além de três dias por mês. A este propósito, refira-se que M. J. ALCOFORADO (1988), a partir do estudo das

séries do período de 1856-1980, em Lisboa, detectou em 50% dos anos um aumento da temperatura no fim da primeira década de Novembro. Para "precisar a descrição deste facto" aumentou o volume de dados, utilizando "os valores de grupos de 5 dias centrados a 1, 11, 21 de Novembro e 1 de Dezembro", nada obtendo para além de uma diminuição contínua das temperaturas para todas as frequências de ocorrência, neste período.

As probabilidades de ocorrência de temperaturas máximas acima de 20°C são superiores a 5% a partir de meados de Fevereiro até fins de Novembro. Entre 1 de Maio e fins de Outubro ultrapassam 50% e entre 21 de Junho e meados de Setembro têm uma representatividade superior a 95%.

Temperaturas máximas superiores a 30°C nunca ocorrem com probabilidades superiores a 35% e, dentro destes valores, somente a meados de Julho, mas merece um destaque especial a longa duração do período em que estas podem surgir pelo menos uma vez em cada 100 anos: de 21 de Março a 1 de Novembro.

Entre meados de Maio e fins de Setembro existem pelo menos 1% de probabilidades de se atingirem temperaturas iguais ou superiores a 36°C, muito embora, mesmo em Julho e Agosto, estas sejam sempre inferiores a 10%.

Temperaturas tão elevadas como 40°C podem ocorrer não mais do que duas vezes em cada 100 anos e exclusivamente em fins de Junho, meados de Julho e inícios de Setembro.

## 2.6. Temperatura máxima absoluta

O gráfico de probabilidades de temperatura máxima absoluta (fig. 9) mostra que, independentemente da data de ocorrência, de Julho a Setembro são susceptíveis de ocorrer temperaturas máximas superiores a 40°C, com uma probabilidade de 2% nestes dois meses, que se eleva para 14% em Agosto e 17% em Julho. Se em Setembro se anulam as probabilidades de a temperatura atingir 42°C, em Junho elas são de 1%, em Agosto de 3% e em Julho de 4%. Neste último mês existe mesmo a possibilidade estatística (1%) de se atingirem temperaturas superiores a 44°C, o que denuncia o carácter esporádico mas possível de episódios de extremo calor (recorde absoluto de 45,8°C).

Temperaturas iguais ou superiores a 30°C podem ocorrer num período que abarca a quase totalidade do ano: de Março a Novembro. Embora nestes dois meses tais probabilidades sejam inferiores a 5% (4 e 1% respectivamente),

em Maio ultrapassam já os 50% (exactamente 53%) e em Outubro são ainda de 40%. Em Julho e Agosto atingem praticamente os 100% (97 e 99% respectivamente).

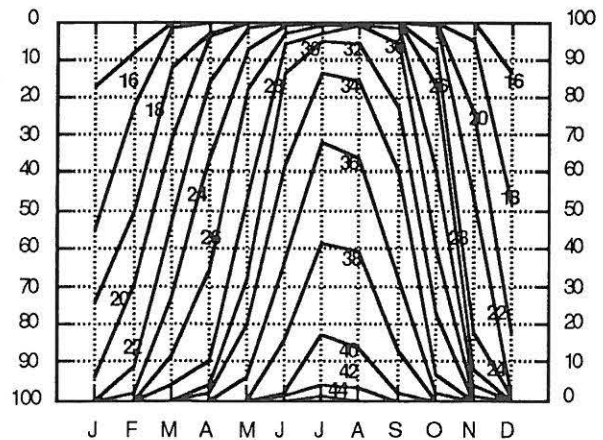


Fig. 9 - Gráfico de probabilidades de temperatura máxima absoluta (°C) em Coimbra-IGU (1891-1990)

A sublinhar a intensidade de alguns episódios de calor precoce e tardio estão as probabilidades de ocorrência, em Maio e Outubro, de temperaturas máximas absolutas superiores a 34°C (20 e 7% respectivamente) ou mesmo a 36°C (4 e 2% respectivamente).

Mesmo em pleno Inverno as probabilidades de se atingirem temperaturas máximas superiores a 20°C são significativas: 18% em Dezembro, 26% em Janeiro e 50% em Fevereiro. Em Janeiro existem ainda 2% de probabilidades de a temperatura máxima ultrapassar os 22°C, em Dezembro 1% de probabilidades de esta ultrapassar os 24°C e em Fevereiro 2% de probabilidades de que a temperatura atinja ou supere os 26°C. Janeiro é o mês em que as probabilidades de não se atingirem temperaturas iguais ou superiores a 16°C são maiores e mesmo assim de somente 17% o que reafirma a suavidade do Inverno.

## CONCLUSÃO

Em Coimbra, como seria de esperar pela sua posição latitudinal e pelo seu contexto climático, os valores de razão de insolação são máximos no Verão e significativamente mais baixos ao longo

do Inverno e da Primavera. No entanto, podem ocorrer, embora extraordinariamente, meses de Inverno com valores de razão de insolação tão elevados como os que se verificam no Verão. Isso mesmo é confirmado pelas probabilidades de ocorrência de muito elevadas razões de insolação diárias, de valor semelhante no Verão e no Inverno, mas inferior na Primavera e no Outono.

Na última década de Outubro verifica-se uma diminuição das probabilidades de ocorrência de baixos valores de insolação, em simultâneo com um ligeiro aumento das de elevada razão de insolação, manifestação evidente do "Verão de São Martinho", o qual não tem expressão estatística nos valores térmicos.

Julho é o mês que apresenta temperaturas mínimas médias mais elevadas, mas as máximas médias mais altas ocorrem em Agosto. A Janeiro correspondem as temperaturas máximas e mínimas médias mais baixas.

No Inverno, a variabilidade interanual das temperaturas máximas e mínimas é semelhante. Nas estações de transição a variabilidade interanual das temperaturas máximas é muito superior à das temperaturas mínimas. No período estival verifica-se precisamente o contrário: as temperaturas mínimas variam mais, de ano para ano, do que as temperaturas máximas.

Em Coimbra, a ocorrência de "noites tropicais" (temperatura mínima superior ou igual a 20°C) é muito pouco frequente e só é estatisticamente possível entre meados de Junho e meados de Setembro. As probabilidades de ocorrência de temperaturas inferiores a 0°C são também pequenas e restringem-se aos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro. Maiores são as probabilidades de formação de geada (temperatura mínima em abrigo inferior a 4°C) que se verificam de Novembro a Abril, existindo ainda probabilidades de ocorrência de geadas precoces em Outubro e tardias em Maio.

Temperaturas máximas superiores a 30°C podem surgir, pelo menos uma vez em cada 100 anos, de Março a Novembro (inclusivé), e de Junho a Setembro existem probabilidades de ocorrência de temperaturas acima de 40°C. Mesmo em pleno Inverno podem ocorrer, com alguma frequência, temperaturas superiores a 20°C e raramente as temperaturas máximas diárias não ultrapassam os 10°C.

Coimbra apresenta assim um regime térmico que não contempla valores extremos de temperatura que, de forma directa ou indirecta, imponham restrições ao normal decorrer das actividades humanas, mas cujas características devem ser consideradas nas acções de

planeamento das áreas a urbanizar e de reestruturação dos espaços já urbanizados.

## BIBLIOGRAFIA

- ALCOFORADO, M. J. (1987) - "Calendários de probabilidades de temperatura em Portugal". *Finisterra*, Lisboa, 12, 43, pp. 213-225.
- ALCOFORADO, M. J. (1988) - *O clima da região de Lisboa - Vento, insolação e temperatura*. Diss. Dout., 543 p.
- ARLÉRY, R.; GRISOLLET, H.; GUILMET, B. (1973) - *Climatologie. Méthodes et Pratiques*. Paris, Gauthier-Villars, 434 p.
- CARVALHO, A. F. (1922) - *Clima de Coimbra*. Lisboa, I.N., 114 p.
- GANHO, N. e MONTEIRO, A. (1989) - "Nota sobre a anomalia climática de 1 de Junho a 10 de Julho de 1988 em Portugal Continental". *Biblos*, Coimbra, 65, pp. 165-188.
- GANHO, N. (1992a) - *O Clima Urbano de Coimbra - Aspectos térmicos estivais*. Coimbra, Diss. Mest., 170 p. + 80 p. ext. tex. gráf. figs.
- GANHO, N. (1992b) - "A ilha de calor de Coimbra - Resultados de observações itinerantes de temperatura no interior do tecido urbano". *Actas do VI Colóquio Ibérico de Geografia*, Porto (no prelo)
- GANHO, N. (1993) - "La isla de calor de Coimbra bajo diferentes condiciones de tiempo de Verano". *Estudios Geográficos*, Madrid (no prelo)
- GROUPE CHADULE (1974) - *Initiation aux Méthodes Statistiques en Géographie*. Paris, Masson et Cie, 191 p.
- MORAIS, J. C. e PEREIRA, A. B. (1954) - "Clima de Coimbra. Valores anuais e normais dos principais elementos e suas variações - 1866-1953". *Revista da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra*, Coimbra, 24, pp. 23-52.
- PÉGUY, C. P. (1976) - "Une nouvelle expression graphique de la variabilité interannuelle des climats: les calendriers de probabilités". *Bulletin de L'Association des Géographes Français*, Paris, 431-432, pp. 5-11.
- PÉGUY, C. P. (1978) - "Un outil sémiologique au service des climatologues: les calendriers de probabilités". *La Météorologie*, Paris, pp. 95-99.
- PEREIRA, A. B. (1942) - *Clima de Coimbra. Normais e valores dos elementos principais*. Coimbra, I.G.U.
- PEREIRA, A. B. (1945) - *Clima de Coimbra. Normais e valores dos elementos principais (cont. vol. public. 1942)*. Coimbra, I.G.U., 36 p.
- RAMOS, C. (1986) - *Tipos de anticiclones e ritmo climático de Portugal*. Lisboa, Diss. Mest., 236 p.
- VENTURA, J. E. (1985) - *A influência das gotas de ar frio no ritmo e na repartição espacial das chuvas em Portugal*. Lisboa, Diss. Mest., 212 p.