

## A PERIGOSIDADE NATURAL DA TEMPERATURA DO AR EM PORTUGAL CONTINENTAL: A AVALIAÇÃO DO RISCO NA MORTALIDADE\*

**Jorge Marques**

Instituto de Meteorologia, Lisboa

[jorge.marques@meteo.pt](mailto:jorge.marques@meteo.pt)

**Sílvia Antunes**

Instituto de Meteorologia, Lisboa

[silvia.antunes@meteo.pt](mailto:silvia.antunes@meteo.pt)

### RESUMO

Neste estudo foram identificadas relações significativas entre a temperatura e a mortalidade (1941-2005) para diversas escalas temporais (ano, estações do ano e meses). As correlações detectadas como significativas são positivas no Verão e negativas no Inverno. Os meses destas estações do ano são os que influenciam de forma significativa o número de óbitos em Portugal Continental.

**Palavras chave:** Variabilidade climática, mortalidade, temperatura do ar, Portugal Continental.

### RÉSUMÉ

Dans cette étude ont été identifiés les relations significatives entre la mortalité et la température de l'air (1941-2005) pour les différentes échelles de temps (année, saisons et mois). Les corrélations significatives sont détectées comme positives en été et négatives en hiver. Les mois d'été et d'hiver sont ceux qui influencent le plus le nombre de décès au Portugal.

**Mots-clé:** Variabilité climatique, mortalité, température de l'air, Portugal.

### ABSTRACT

Significant correlations between mortality and air temperature (1941-2005) were identified for several time scales (year, seasons and months). The correlations detected as significant are positive in summer and negative in winter. The months of summer and winter are those that most influence the number of deaths in mainland Portugal.

**Key words:** Climatic variability, mortality, air temperature, Portugal.

---

\* Comunicação apresentada ao V Encontro Nacional e I Congresso Internacional de Riscos.

## Introdução

Há 4.600 anos na China o clima já era reconhecido como um dos factores naturais que mais condicionava a vida na Terra (RODRIGUES, 1978). No mundo ocidental alguns dos efeitos que relacionam o clima e a saúde humana foram fundamentados na Grécia durante o século IV a.C., por Hipócrates<sup>1</sup>. Em Portugal, somente na segunda metade do século XIX surgiram os primeiros estudos que relacionavam alguns efeitos do clima na saúde pública (ALCOFORADO *et al.*, 1999).

A influência do clima e das situações meteorológicas adversas no conforto e na saúde humana são áreas de estudo no domínio da Bioclimatologia Humana e da Biometeorologia. A fronteira entre estes dois domínios científicos não se encontra muito bem estabelecida e muitos autores e instituições não são consensuais na definição de Bioclimatologia Humana e Biometeorologia, utilizando os dois termos como sinónimos (ANDRADE, 2003). O *American Meteorological Society*, no seu glossário digital, define Bioclimatologia e não Biometeorologia. A pluridisciplinaridade que envolve estas duas ciências pode ser uma das causas para a inexistência de uma definição consensual.

O conhecimento científico dos efeitos do clima no conforto e na saúde humana não tem parado de aumentar: KALKESTEIN (1991), KALKESTEIN *et al.* (1997), BENSON *et al.* (2000), CGER (2001), KOLIVRAS *et al.* (2004), DESSAI (2004). Alguns dos efeitos directos nos seres humanos (vulnerabilidade) decorrentes do aumento da intensidade e da frequência de alguns fenómenos meteorológicos (perigosidade natural) são cientificamente reconhecidos: KALKESTEIN (1991), MATZARAKIS *et al.* (1991), KALKESTEIN *et al.* (1997), BENSON *et al.* (2000), DAVIS *et al.* (2002). As maiores incertezas estão mais relacionadas com os efeitos indirectos do clima na saúde: CGER (2001), SANTOS *et al.* (2002), DESSAI (2004), KOLIVRAS *et al.* (2004), TAMERUS *et al.* (2007). Estudos recentes já mostraram que alguns tipos de doenças perante determinadas condições atmosféricas podem sofrer alterações no desenvolvimento ou na longevidade dos seus agentes patogénicos (GAGNON *et al.*, 2001, e KOLIVRAS *et al.*, 2004). Estes cenários modificam muitas vezes a distribuição espacial de vectores de determinado tipo de doenças e começam a emergir em diversos locais, doenças já irradiadas há décadas de certas partes do globo (KOLIVRAS *et al.*, 2004).

Actualmente, existe uma consciencialização sobre os efeitos das alterações climáticas (IPCC, 2001;

CGER, 2001; SANTOS *et al.*, 2002 e 2006; BATES *et al.*, 2008), mas os desafios decorrentes dos cenários futuros que o clima pode provocar na saúde humana ainda não são claros. A variabilidade do clima conjugada com a vulnerabilidade humana perante algumas situações meteorológicas adversas constitui o risco climático (ALCOFORADO, 2000). As preocupações envolventes a estas temáticas levam organizações e governos a implementar planos para melhorar a eficácia das políticas de prevenção, de controlo e redução de riscos para a saúde pública com origem em factores ambientais (PNAAS, 2008).

## Metodologia

A temperatura do ar é um dos elementos meteorológicos mais utilizados para descrever o clima, sendo também um dos que mais influencia todos os processos biológicos e, conseqüentemente, todas as actividades humanas (SACCARRÃO, 1981; PEIXOTO, 1987).

Neste estudo analisa-se a mortalidade e a temperatura do ar (máxima, média e mínima) de Portugal Continental (PC), com o objectivo de detectar relações significativas entre estas variáveis. Utilizam-se as escalas temporais ano, estação do ano e mês. O período em estudo é de 1941 a 2005.

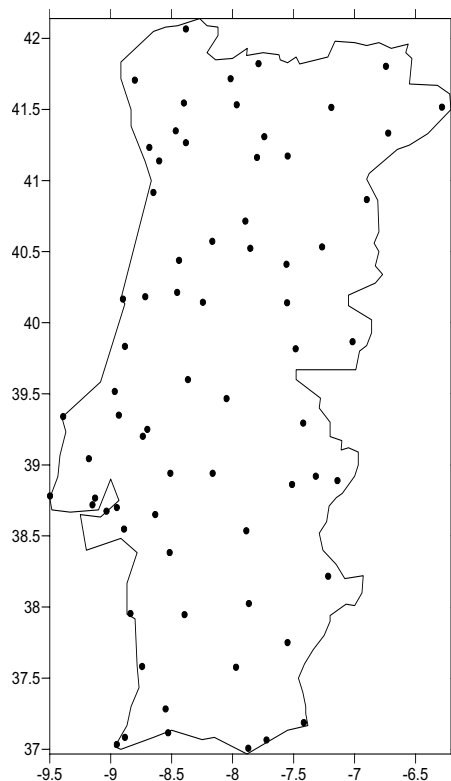


Fig. 1 - Representação das estações meteorológicas utilizadas para calcular a temperatura média de Portugal Continental.

<sup>1</sup> No tratado "*Dos ares, águas e lugares*", um dos objectivos era precisamente incentivar os médicos viajantes que pretendiam curar em terras estranhas a observarem os ventos, as águas, o clima e os hábitos desses lugares.

Apesar da sua pequena dimensão PC apresenta regiões climáticas distintas. A temperatura do ar neste território depende, essencialmente, do efeito de três factores físicos principais: a latitude, a proximidade ao oceano e a orografia (DAVEAU, 1995; SANTOS *et al.*, 2006). Para determinar a temperatura média do ar de todo o território recorreu-se aos dados diários da temperatura máxima e mínima de várias estações meteorológicas (EM) do Instituto de Meteorologia, I.P. (IM, I.P.). A distribuição das EM utilizadas foi a mais homogénea possível, de forma a obter a melhor representatividade espacial da temperatura média do ar para o período em estudo atendendo aos factores referidos anteriormente (fig. 1). As análises são efectuadas com base nas anomalias (séries de média nula) da temperatura (máxima, média e mínima) de cada EM. São utilizadas as escalas temporais ano, estação do ano e mês. No caso das estações do ano utilizou-se a seguinte divisão: Primavera (Março, Abril e Maio), Verão (Junho, Julho e Agosto), Outono (Setembro, Outubro e Novembro) e Inverno (Dezembro, Janeiro e Fevereiro). Na análise da variabilidade climática mensal retirou-se a variabilidade sazonal às séries. Este procedimento permite avaliar a tendência de longo prazo nas anomalias das séries mensais; é efectuado retirando a cada mês de cada ano a média de todos os anos, ou seja, ao Janeiro de 1941 retira-se a média dos Janeiros de 1941/2005, ao Fevereiro de 1941 retira-se a média dos Fevereiros de 1941/2005, etc.

Os dados utilizados na análise da mortalidade para PC são mensais e provenientes da base de dados do Instituto Nacional de Estatística (biblioteca digital - INE)<sup>2</sup> e referem-se a todas as causas de óbito. O acesso a estes dados através deste procedimento não é prático e, além disso, não estão disponíveis os dados da mortalidade de PC para escalas temporais mais curtas, por exemplo, diários. A utilização de dados da mortalidade mensal é um factor condicionante para as metas que se pretendiam alcançar neste estudo, considerando-se que a escala diária valorizaria a determinação de relações desfasadas com várias variáveis meteorológicas distintas, passíveis de previsão (MARQUES, 2007). As estatísticas referentes à mortalidade do banco de dados do INE apresenta como conceito para óbito a “cessação irreversível das funções do tronco cerebral”<sup>3</sup>. Para a análise da variabilidade da mortalidade foram efectuados os mesmos

procedimentos estatísticos aplicados à análise da variabilidade da temperatura do ar.

É efectuada uma análise de correlações entre as anomalias das séries da mortalidade e da temperatura. São determinadas as correlações das variáveis para desfasamentos nulos, ou seja, para o mesmo instante. A significância das correlações determinadas é testada para o nível de significância de 0.05 (intervalo de confiança de 95%).

A tendência linear, apesar de se poder efectuar, nem sempre é a que melhor se ajusta à variabilidade das séries. Neste estudo, e sendo este o caso, utilizou-se para estimar as tendências das séries da mortalidade e da temperatura uma técnica recente e poderosa para análise de séries temporais incorporando os elementos clássicos da análise espectral e outras características de processamento de sinais que permitem prescrever às séries comportamentos sinusoidais que não se restrinjam apenas à aplicação de senos e cosenos. O método de Análise Espectral Singular (SSA) (VAUTARD *et al.*, 1992) é baseado na construção de filtros denominados *data-adaptive*, ou seja, em que a forma dos filtros se adapta à própria evolução da série. Esta técnica de análise permite decompor uma série temporal em várias componentes (também séries temporais) com características de periodicidade mais simples e com óbvias vantagens na eliminação do ruído da série original. A SSA permite também extrair da série, caso existam, componentes de tendência não lineares, mais realistas do que as usuais tendências lineares, por possibilitarem a existência de vários períodos em fase positiva e negativa. O método, revelando componentes significativas por aplicação de testes de significância, pode também ser usado na previsão da própria série (ANTUNES *et al.*, 2001). A implementação da SSA parte da construção da chamada matriz trajectória de uma série temporal de comprimento  $N$ , formada a partir de uma janela de tamanho  $M$ , nunca superior a 1/3 dos dados de cada série de entrada (PLAUT *et al.*, 1994).

### Variabilidade da temperatura do ar em Portugal Continental (1941 a 2005)

O clima da Terra está em constante mudança. O conhecimento paleoclimático destas mudanças (alterações oceanográficas e climáticas) no planeta pode ser fundamentado pelo estudo dos foraminíferos fósseis<sup>4</sup>. É possível a partir dos dados de isótopos de

<sup>2</sup> www.ine.pt

<sup>3</sup> Embora a determinação da morte por paragem cardio-respiratória não suscite normalmente qualquer dúvida ao médico e conduza à assinatura do certificado de óbito, o desenvolvimento dos cuidados de saúde tomou a determinação da morte mais difícil, deixando de ser a paragem cardio-respiratória o único factor determinante para a morte do indivíduo (Lei n.º 12/93, de 22 de Abril)

<sup>4</sup> Os foraminíferos são microorganismos unicelulares predominantemente marinhos. Após a morte as suas carapaças calcárias depositam-se nos fundos oceânicos; estes sedimentos contêm a informação da temperatura e da salinidade das águas dos mares na época em que viveram.

oxigénio e carbono contido nos foraminíferos fósseis reconstruir as alterações climáticas ao longo da história da Terra. Estas alterações climáticas estão mais ou menos bem identificadas e estão associadas a causas naturais (PEIXOTO e OORT, 1992).

No início do século XX intensificou-se a observação instrumental de diversas variáveis meteorológicas. Nas últimas décadas deste século verificou-se uma tendência no aquecimento global, devido ao aumento da temperatura do ar à superfície (IPCC, 2001). Nas análises efectuadas pelo PROJECTO SIAM, ao clima de Portugal dos séculos XX e XXI, mostra-se que a variação da temperatura média de Portugal é semelhante à tendência do aquecimento global (SANTOS *et al*, 2002 e 2006).

No presente estudo sobre a análise da variabilidade das temperaturas médias do ar de PC

(1941/2005) é também identificada uma tendência de aumento. As tendências lineares associadas a cada série da temperatura do ar máxima, média e mínima, são respectivamente 0.74, 0.72 e 0.69 °C, ou seja, 0.0114, 0.011 e 0.0106 °C/ano, respectivamente. A média anual das mesmas temperaturas do ar para este período e para todo espaço territorial é 20.3, 15.1 e 9.9 °C. No entanto, a simples observação das séries de anomalias anuais das temperaturas do ar em PC mostra que a tendência linear não será a mais adequada para avaliar a sua variabilidade neste período (figs. 2, 3 e 4). A aplicação do método SSA permite extrair destas séries da temperatura média anual uma tendência não linear, mais ajustada à sua variabilidade, e identificar períodos distintos ou oscilações na sua evolução.

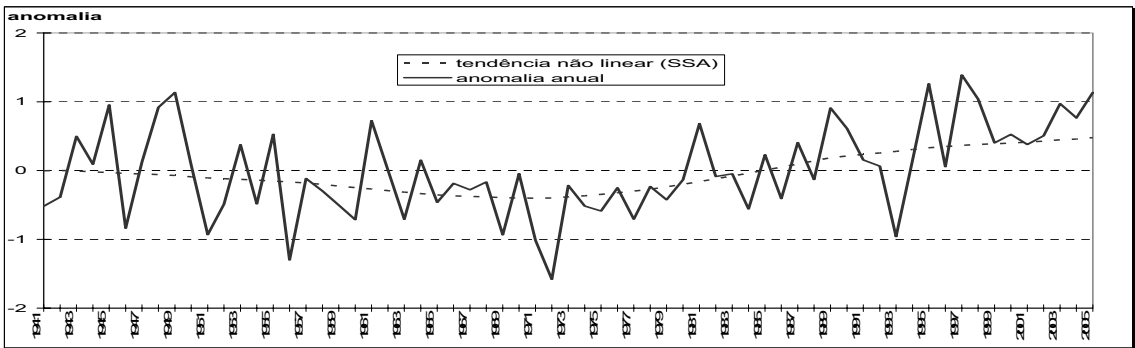


Fig. 2 - Variabilidade anual da temperatura máxima em Portugal Continental e tendência não linear.

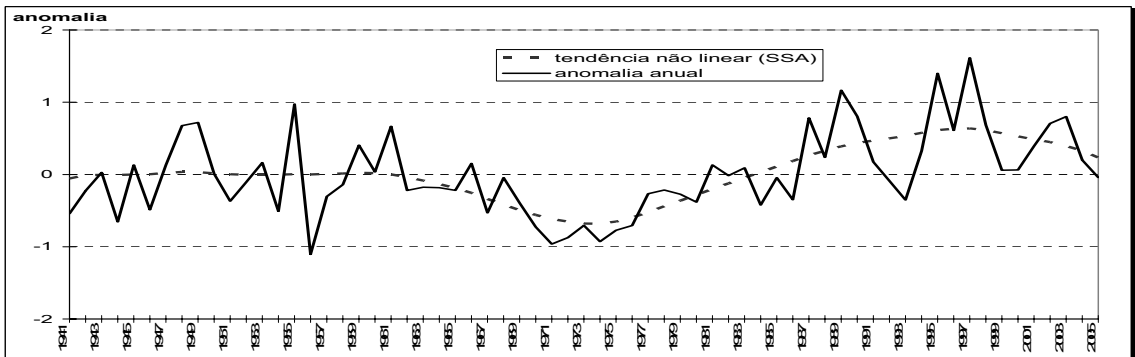


Fig. 3 - Variabilidade anual da temperatura média em Portugal Continental e tendência não linear.

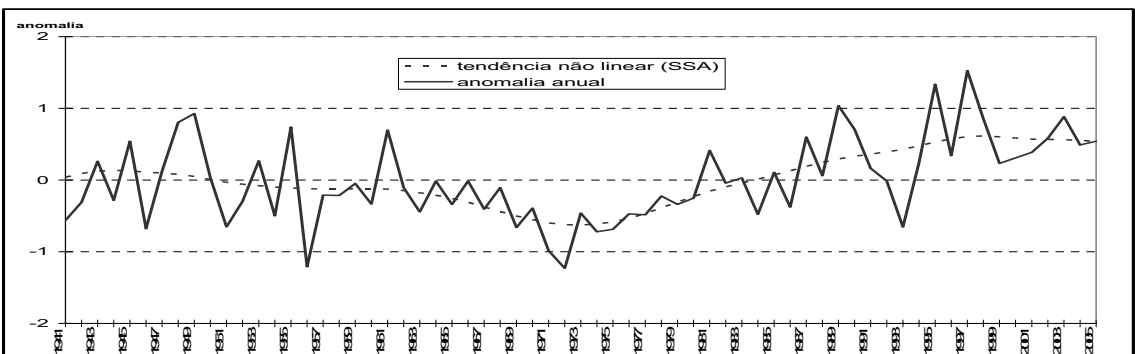


Fig. 4 - Variabilidade anual da temperatura mínima em Portugal Continental e tendência não linear.

Verifica-se um comportamento semelhante na evolução das tendências das temperaturas médias anuais de Portugal Continental: as tendências estiveram abaixo da média desde 1941 até 1983/1985 (temperaturas médias e mínimas/temperaturas máximas, respectivamente) e acima das médias desde estas datas até 2005. Apesar das tendências da temperatura mínima serem superiores à média desde 1983 até ao fim do período, verifica-se uma tendência de decréscimo a partir de 1997; neste mesmo período a temperatura máxima continua a aumentar. A inversão das tendências das temperaturas médias, máximas e mínimas, ocorreu entre 1972 e 1974.

A análise das tendências das séries mensais da temperatura média (máxima, média e mínima) de PC, efectuada pelo mesmo método, revela tendências similares às anuais (figs. 5, 6 e 7).

Nesta análise mensal é possível verificar que a ocorrência de anomalias superiores a 3.0 e inferiores a -3.0 surgem com alguma regularidade ao longo das séries (máxima e mínima). No entanto, anomalias mensais inferiores a -3.0, para o caso da temperatura máxima, não ocorrem desde 1994.

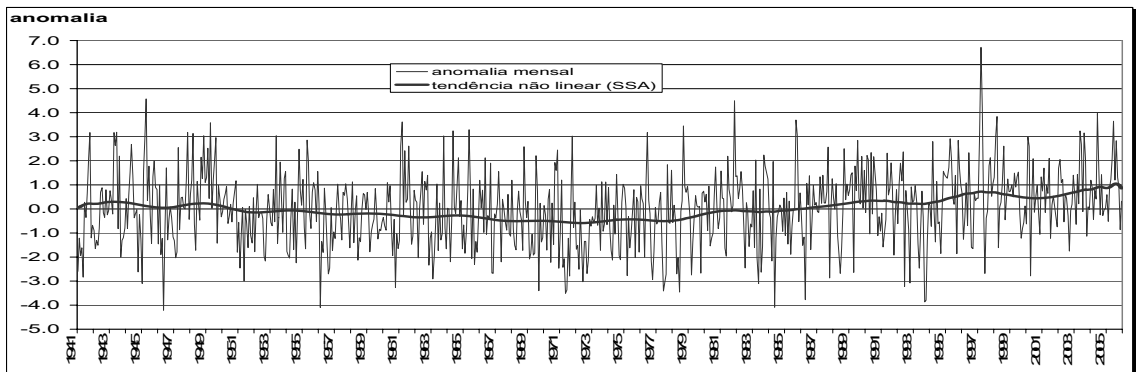


Fig. 5 - Variabilidade mensal da temperatura máxima em Portugal Continental e tendência não linear.

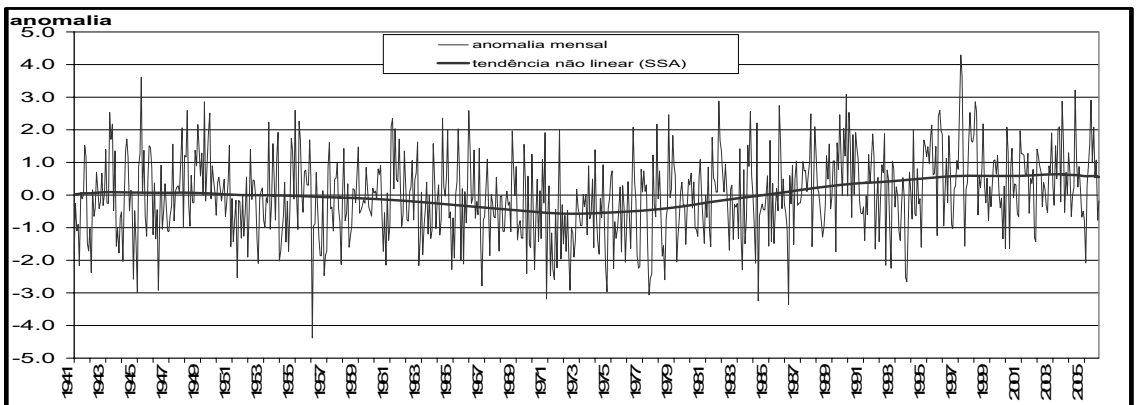


Fig. 6 - Variabilidade mensal da temperatura média em Portugal Continental e tendência não linear.

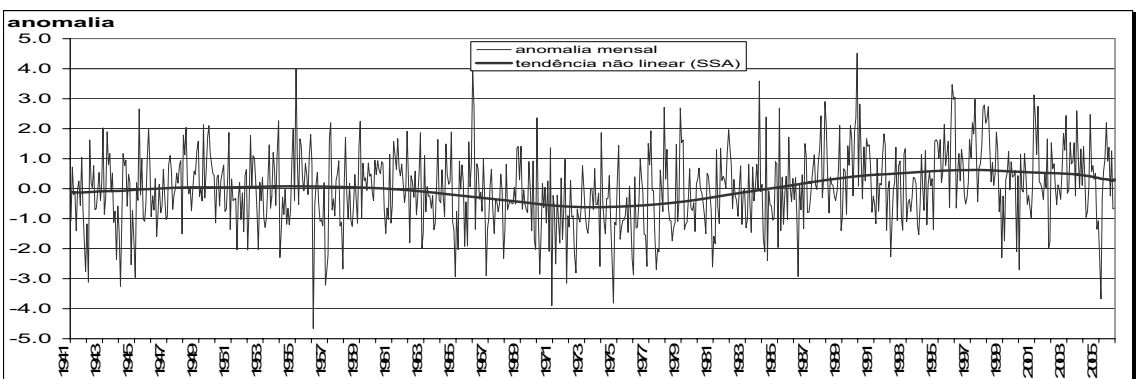


Fig. 7 - Variabilidade mensal da temperatura mínima em Portugal Continental e tendência não linear.

## Variabilidade da mortalidade em Portugal Continental (1941 a 2005)

Segundo dados do INE (2007) as taxas da mortalidade anual em Portugal, desde o início do século XX, apresentam um declínio considerável<sup>5</sup>. A contribuição de diversos factores, alguns de ordem sócio-económica, foram fundamentais para a diminuição da mortalidade geral em Portugal. Entre eles salientam-se as melhorias das condições de vida da população, aumento e melhores acessos aos cuidados de saúde pública, a diminuição da mortalidade infantil e o conseqüente aumento da esperança média de vida dos portugueses.

anual ocorre durante os meses mais frios do ano e o mínimo durante a época estival. No entanto, durante o Verão é possível identificar frequentemente um pequeno acréscimo na mortalidade mas de muito menor expressão que a mortalidade dos meses mais frios (fig. 8).

Para analisar de forma mais detalhada a mortalidade mensal do período em estudo (1941/2005) fez-se corresponder cada total mensal a unidades de tempo iguais de 30 dias. Assim, ao número de óbitos mensal referente aos meses com 31 dias foi aplicado um factor de 0.96, aos meses com 29 dias o factor de 1.03 e aos meses com 28 dias o factor de 1.07. Finalmente, foi calculada a

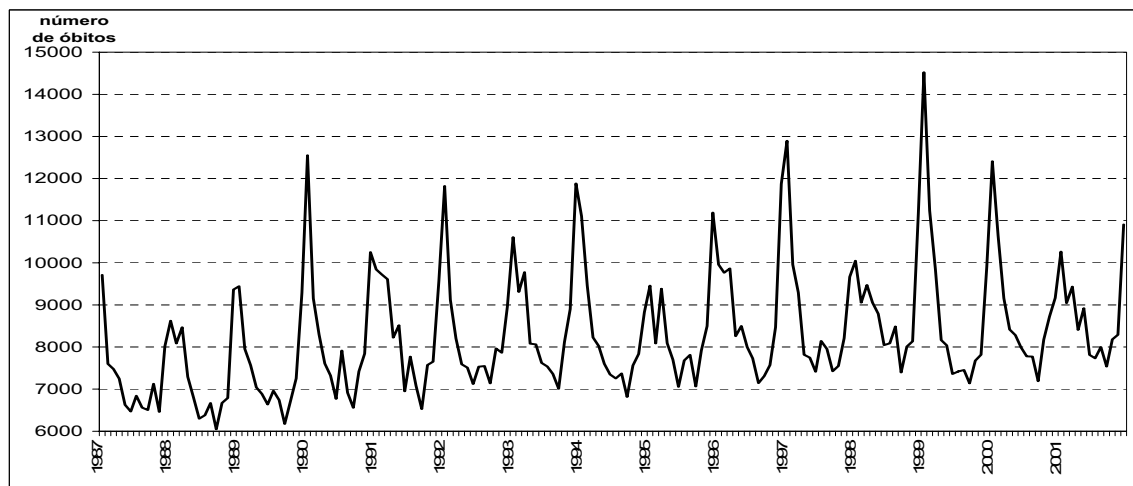


Fig. 8 - Evolução da mortalidade mensal em Portugal Continental. Fonte: MARQUES, 2007

A evolução da mortalidade em Portugal tem sido acompanhada através de diversos estudos, como, por exemplo, o “Risco de Morrer em Portugal” editado pela Direcção Geral de Saúde (CATARINO, 2000, 2001 e 2002). Nas últimas décadas os acessos à saúde pública aumentaram e a implementação de unidades de saúde variou de forma directa com a urbanização/litoralização (SANTANA *et al.*, 2004) mas esta assimetria não revela discrepância para a mortalidade geral entre as diferentes regiões em PC (NOGUEIRA *et al.*, 2007).

A mortalidade em Portugal mostra uma variação sazonal, identificada por diversos autores e entidades públicas (PINHEIRO, 1990; FALCÃO *et al.*, 2004; INE, 2007) e que se mostra na figura 8 (MARQUES, 2007).

A variação mensal da mortalidade em PC é muito idêntica à dos países das latitudes médias e altas do hemisfério norte (MACKENBACH *et al.*, 1992; MCKEE *et al.*, 1998; ALBERDI *et al.*, 1998; GEMMEL *et al.*, 2002; CURRIERO *et al.*, 2002; DONALDSON, 2002; WILKINSON *et al.*, 2004). Mostra-se que o máximo

mortalidade média para cada mês, o que se apresenta na figura 9.

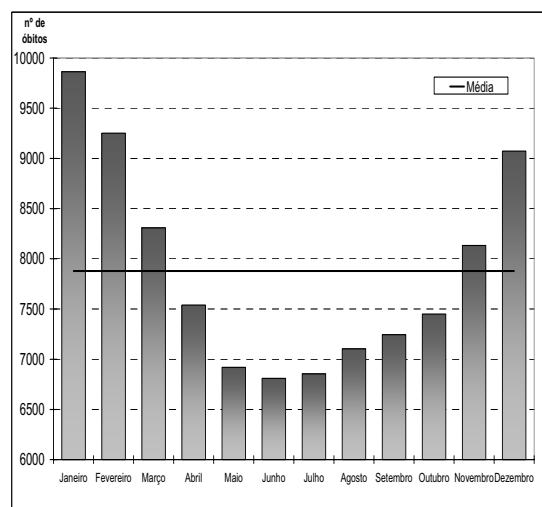


Fig. 9 - Variação média mensal da mortalidade em Portugal Continental (1941-2005).

<sup>5</sup> As taxas eram de 20‰ habitantes do início do século XX e passaram para metade no final do século.

É evidente o forte contraste da média mensal da mortalidade entre os meses mais quentes e os mais frios do ano. A variação mostra os meses de Novembro a Março com valores acima da média, com o pico da mortalidade anual a ocorrer em Janeiro. Nos restantes meses o número médio de óbitos está abaixo da média e os valores mensais mais baixos da mortalidade anual ocorrem em média no mês de Junho. Pode concluir-se, assim, que a mortalidade em PC, no período analisado, foi superior durante os meses mais frios do ano (Novembro, Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março).

A análise da variabilidade da mortalidade anual em PC, para o período em estudo, revela a anomalia mais elevada em 1941 (fig. 10), assim como a dos vários anos seguintes a este.

participou nesta guerra, mas a mortalidade elevada durante estes anos poderá reflectir alguns dos seus efeitos indirectos, verificando-se que as anomalias anuais da mortalidade são positivas ao longo de toda a década de 40. A aplicação do método SSA permite identificar que depois de 1952 a tendência da mortalidade em PC passa a ser negativa. A partir de 1992 até ao final do período (2005) a tendência passa a ser positiva, mas foi a partir de 1984 que se deu a inversão da tendência passando, desde então, a aumentar.

A análise das anomalias mensais da mortalidade para PC, depois de retirada a variabilidade sazonal, revela uma evolução idêntica à anual (fig. 11). Mostra-se, apesar disso, que algumas das anomalias mais elevadas, além das registadas nas primeiras décadas (anomalias superiores a 3000 mortes no mês)<sup>6</sup>, já

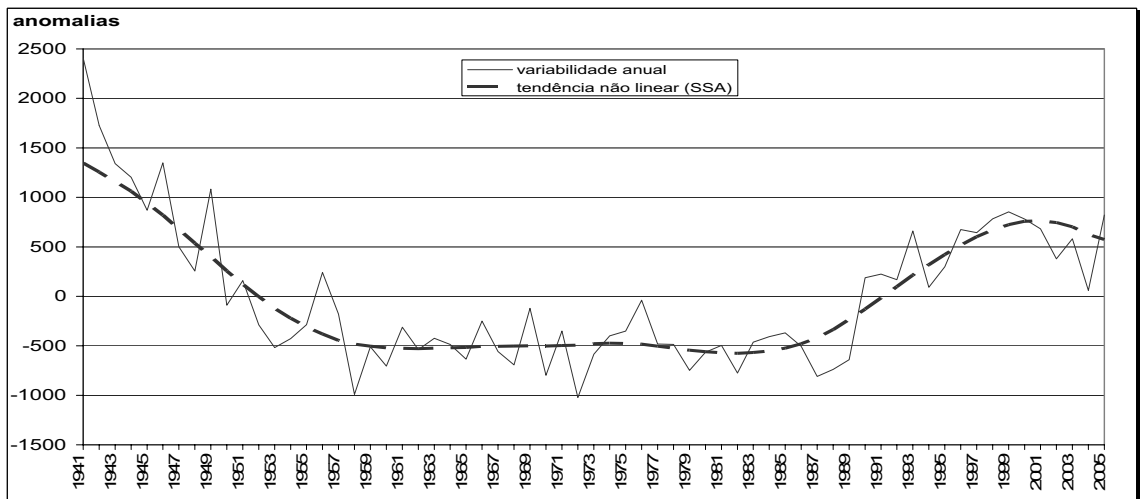


Fig. 10 - Variabilidade da mortalidade anual em Portugal Continental e tendência não linear.

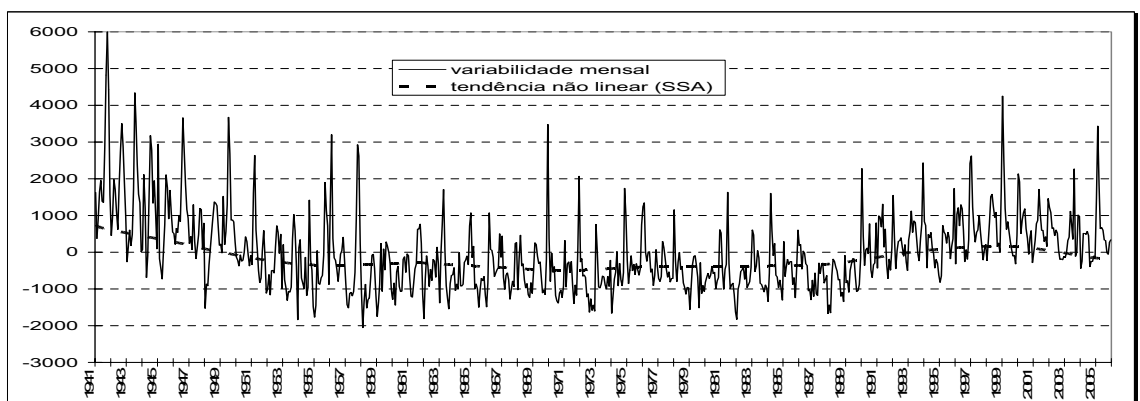


Fig. 11 - Variabilidade da mortalidade mensal em Portugal Continental e tendência não linear.

No primeiro quinquénio desta década vivia-se, em quase toda a Europa, os efeitos da Segunda Guerra Mundial (1939-45) mesmo para os países não envolvidos directamente no conflito. Portugal não

ocorreram nos últimos anos (Janeiro de 1999 e Fevereiro de 2005).

No Quadro I apresentam-se as anomalias mensais da mortalidade a partir de um certo limiar (superior a

<sup>6</sup> O valor corresponde a cerca de três desvios padrão para o mês (um desvio padrão = 1046 óbitos)

3000 óbitos). Esta análise permite concluir que estes valores extremos ocorreram no Outono (31%), Verão (38%) e Inverno (31%). A análise temporal mostra que nos primeiros anos estes valores extremos ocorreram no Outono, nos anos seguintes nos meses de Verão e mais recentemente nos meses de Inverno. Nos meses de Março, Abril e Maio (Primavera) não existem anomalias superiores a 3000 óbitos/mês.

Entre os meses do período 1941/2005 estas anomalias mais elevadas ocorreram inicialmente durante os meses de Outono (31%), passando para os meses de Verão (38%) e posteriormente durante os meses de Inverno (31%). Nos meses de Março, Abril e Maio (Primavera) não existem anomalias superiores a 3000 óbitos/mês.

QUADRO I - Casos de mortalidade mensal elevada em Portugal Continental.

ANO	MÊS	Óbitos	ANOMALIA
1941	Setembro	12064	4820
1941	Outubro	13758	5998
1941	Novembro	12557	4423
1942	Setembro	10748	3504
1943	Julho	11478	4340
1943	Agosto	10953	3553
1944	Julho	10315	3177
1946	Agosto	11059	3659
1949	Julho	10814	3676
1956	Fevereiro	11932	3203
1969	Dezembro	12933	3483
1999	Janeiro	14524	4251
2005	Fevereiro	12164	3435

### Relações entre temperatura e mortalidade em Portugal Continental.

Sabe-se que os seres vivos possuem determinados limites de tolerância à temperatura (por ex., SACARRÃO, 1981; ANDRADE, 2003).

mínima (fig. 12). Verifica-se que os máximos da mortalidade ocorrem para as temperaturas do ar mais baixas. O 2º pico de mortalidade ocorre para as temperaturas mais elevadas. A mesma análise permite identificar um patamar em que o número de óbitos é muito baixo (óptimos térmicos). Esse patamar é diferente para:

- As temperaturas máximas (18-29 °C), com o extremo térmico 23 °C,
- As temperaturas médias (15-23 °C), com o extremo térmico 19 °C,
- As temperaturas mínimas (10-16 °C), com o extremo térmico 13 °C.

Salienta-se o facto da amplitude, nestes intervalos térmicos, ser maior na variação da temperatura máxima que nas temperaturas mínima e média. Este facto pode evidenciar uma melhor adaptação da população à variação da temperatura máxima do que à variação das restantes temperaturas. SACARRÃO (1981) mostra que, em geral, os óptimos térmicos<sup>7</sup> dos seres vivos estão frequentemente mais próximos das temperaturas máximas do que das mínimas. Para além de limiares térmicos de temperatura de ar definidos, a mortalidade aumenta consideravelmente, mas os declives das variações mostram que o incremento do número de óbitos é superior com a subida de temperatura (FALCÃO, 1988; GARCIA, 1999; DESSAI, 2003; DIAZ, 2006).

A 2ª análise efectuada neste estudo resulta da aplicação do método SSA para identificar tendências não lineares na variabilidade da temperatura e da

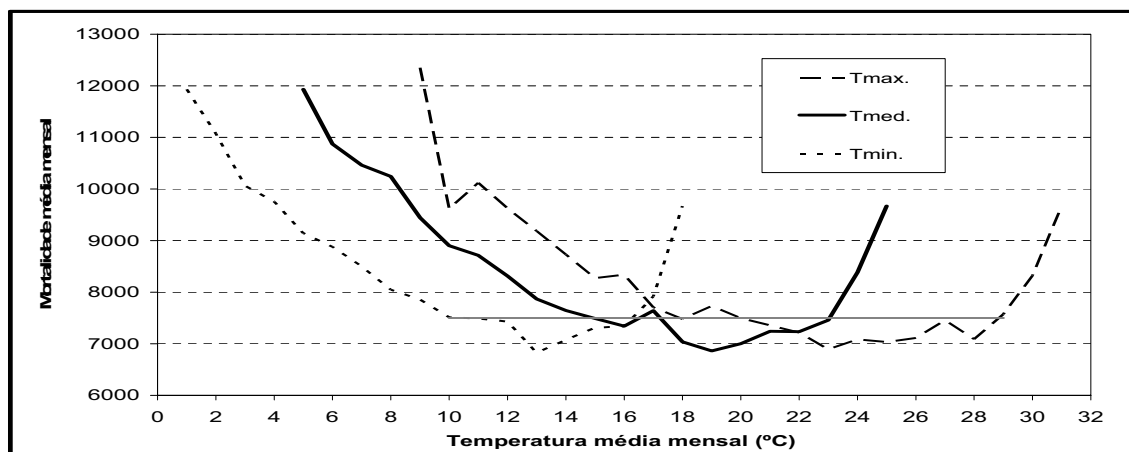


Fig. 12 - Variação média mensal da mortalidade com a temperatura do ar em Portugal Continental (1941-2005).

Numa primeira análise pretendem identificar-se patamares e extremos da temperatura susceptíveis de influenciar a mortalidade. A distribuição da mortalidade, analisada no período 1941/2005, é semelhante para as temperaturas máxima, média e

mortalidade no período 1941/2005. A análise revela um comportamento semelhante de diminuição tanto da mortalidade como da temperatura do ar até ao início da década de 60 (fig. 13). A partir daí, e até ao início da década de 80, o número de óbitos estabilizou,

<sup>7</sup> Temperaturas às quais as espécies vivas mostram mais valências.



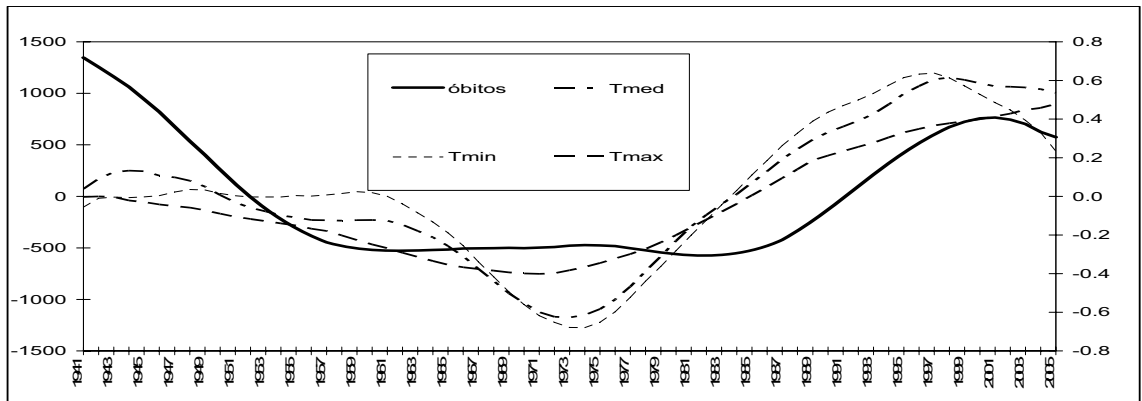


Fig. 13 - Tendências não lineares anuais da mortalidade e da temperatura do ar em Portugal Continental.

enquanto a temperatura continuou a diminuir até ao princípio da década de 70. A partir destas décadas, respectivamente, ambas as tendências são de aumento. Enquanto a temperatura máxima mantém a tendência de aumento, as tendências da temperatura média e mínima e da mortalidade diminuem durante o segundo quinquénio da década de 90.

No QUADRO II apresentam-se as correlações entre a mortalidade e a temperatura do ar (máxima, média e mínima) para o ano, estação do ano e mês. São estatisticamente significativas as correlações superiores a 0.25 considerando-se, para este número de dados, intervalos de confiança de 95% (apresentam-se a negrito as correlações significativas). Verifica-se que as correlações anuais entre a mortalidade e a temperatura são fracas, o que mostra que a escala temporal anual não é provavelmente a melhor para

identificar relações entre temperatura e mortalidade. A única relação significativa, mas relativamente fraca, ocorre entre a temperatura máxima e a mortalidade; esta correlação é positiva, ou seja, temperatura máxima anual acima da média tende a ocorrer com mortalidade também acima da média e vice-versa.

A análise das correlações a escalas temporais mais curtas, sazonais, revela que:

- A mortalidade de Verão está associada às temperaturas mínima, máxima e média de modo directo, significando que a ocorrência destas temperaturas acima da média tende a originar mortalidade acima da média e vice-versa (temperaturas abaixo da média tendem a originar mortalidade abaixo da média);
- A mortalidade de Inverno está associada de modo inverso com a temperatura mínima na

QUADRO II - Correlação da mortalidade com a temperatura do ar (1941 - 2005).

Escala temporal		Temperatura		
		Mínima	Média	Máxima
Ano		0.15	0.23	<b>0.28</b>
Estação do ano	Inverno	<b>-0.33</b>	-0.24	-0.02
	Primavera	0.16	0.07	0.01
	Verão	<b>0.43</b>	<b>0.49</b>	<b>0.49</b>
	Outono	-0.11	-0.03	0.05
Meses	Janeiro	<b>-0.45</b>	<b>-0.43</b>	<b>-0.25</b>
	Fevereiro	<b>-0.49</b>	<b>-0.38</b>	-0.16
	Março	-0.08	-0.08	-0.06
	Abril	0.13	0.04	-0.02
	Maio	0.01	-0.05	-0.09
	Junho	<b>0.47</b>	<b>0.52</b>	<b>0.51</b>
	Julho	<b>0.26</b>	<b>0.30</b>	<b>0.30</b>
	Agosto	<b>0.33</b>	<b>0.36</b>	<b>0.35</b>
	Setembro	0.07	0.06	0.06
	Outubro	-0.12	0.00	0.09
	Novembro	<b>-0.28</b>	0.01	-0.23
	Dezembro	<b>-0.30</b>	<b>-0.28</b>	-0.20

mesma estação do ano, significando que temperatura mínima abaixo da média tende a ocorrer com mortalidade acima da média e vice-versa (temperatura mínima acima da média tende a ocorrer com mortalidade abaixo da média).

58

Em módulo as correlações entre a mortalidade e a temperatura são superiores no Verão. Pode também concluir-se desta análise que nesta estação do ano a mortalidade é influenciada tanto pela temperatura diurna como nocturna. Nas estações intermédias (Primavera e Outono) não se detectam correlações significativas entre temperatura e número de óbitos.

A análise mensal mostra dois grupos correlacionados significativamente: o primeiro associado ao período mais quente do ano (Junho, Julho e Agosto) e o segundo aos meses mais frios (Novembro, Dezembro, Janeiro e Fevereiro). Nos meses intermédios (Março, Abril, Maio e Setembro, Outubro) não se detectam relações estatisticamente significativas entre a mortalidade e a temperatura do ar.

As correlações da mortalidade durante os três meses de Verão (Junho, Julho e Agosto) são significativas com todas as temperaturas do ar. A temperatura média é a que mais se correlaciona com a número de mortes, mas muito próxima da temperatura máxima e seguida da temperatura mínima. Esta relação mostra a importância da temperatura do ar ao longo de todo o dia durante estes meses (períodos diurnos e nocturnos), destacando-se entre eles o mês de Junho como o que mais influencia o número de óbitos.

Durante os meses de Novembro, Dezembro, Janeiro e Fevereiro as correlações significativas da mortalidade com a temperatura são negativas. A temperatura mínima do ar nestes meses é a que apresenta correlações superiores, em módulo, com a mortalidade. O mês de Janeiro é o mais relevante, apresentando correlações significativas da mortalidade com todas as temperaturas do ar (máxima, média e mínima). É, portanto, este o mês em que a variação da temperatura ao longo do dia assume maior importância na mortalidade.

Em módulo as correlações são mais fortes durante o mês de Junho do que durante o mês de Janeiro. Verifica-se assim, que a variabilidade da temperatura do ar durante o mês de Junho explica mais variância da mortalidade que a do mês de Janeiro, apesar do número de óbitos durante o mês de Junho ser muito mais baixo que durante o mês de Janeiro.

Analisa-se em seguida, períodos com duração mensal em que ocorreu mortalidade excessiva (anomalias >3000 mortes, cerca de 3 desvios padrão) e as respectivas anomalias da temperatura do ar (máxima, média e mínima) no mesmo período (QUADRO III).

QUADRO III - Casos de mortalidade mensal elevada e respectivos desvios da temperatura (1941-2005).

Ano	Mês	Desvios			
		Anomalia	Tmax	tmed	tmin
1941	Set	4820	2.1	1.5	1.1
1941	Out	5998	3.2	1.2	-0.7
1941	Nov	4423	-1.2	-1.5	-1.7
1942	Set	3504	-0.4	-0.2	0.0
1943	Jul	4340	-0.8	-0.5	-0.1
1943	Ago	3553	2.2	1.4	0.5
1944	Jul	3177	-0.4	-0.5	-0.6
1946	Ago	3659	-1.3	-1.0	-0.8
1949	Jul	3676	2.0	1.9	1.7
1956	Fev	3203	-4.1	-4.4	-4.6
1969	Dez	3483	-1.2	-1.6	-2.0
1999	Jan	4251	0.7	0.3	-0.2
2005	Fev	3435	-0.5	-2.1	-3.7

Verifica-se que a frequência das ocorrências de valores extremos da mortalidade nos meses da década de 40 é muito superior à frequência de valores extremos nos anos subsequentes, confirmando a mortalidade elevada nesta década, já verificada a nível anual. Neste período os meses que mais contribuíram para a mortalidade foram os de Julho, Agosto e Setembro. Após esta década os maiores desvios da mortalidade em relação à média verificaram-se em meses de Inverno. Para o caso mais recente de mortalidade elevada (Fevereiro de 2005) contribuíram tanto as temperaturas máximas como as mínimas (e consequentemente as médias) abaixo da média; entre estas verifica-se que foi a temperatura mínima que mais contribuiu para a mortalidade deste caso extremo.

## Conclusões

Neste estudo foi analisada a variação da mortalidade com a temperatura do ar (máxima, média e mínima), para todo o território de Portugal Continental no período de 1941 a 2005. Mostrou-se que o número de óbitos é mais elevado com as temperaturas extremas, com a mortalidade a atingir valores mais elevados para as temperaturas muito baixas. O número de óbitos é particularmente baixo quando as temperaturas mensais variam entre 10 a 16 °C na mínima, 15 a 23 °C na média e 18 a 29 °C na máxima. Considera-se, assim, que estes são os intervalos que identificam maior tolerância à temperatura observada em Portugal. Para além destes patamares a mortalidade aumenta consideravelmente, identificando-se uma taxa de aumento superior com a subida da temperatura do ar.

Verificou-se que a aplicação de um método linear para avaliar as tendências das variáveis em estudo (mortalidade e temperatura do ar) não seria o mais indicado. A utilização do método SSA, não linear, permitiu identificar as datas de inversão associadas a cada uma das tendências. Entre 1985 e 1997 as tendências de todas as variáveis (mortalidade e temperatura do ar, máxima, média e mínima) são de aumento, sendo este o período mais longo em que se

verifica um comportamento tendencial semelhante entre todas as séries.

A análise de correlações entre a temperatura do ar e a mortalidade em Portugal Continental permite concluir que:

- l A temperatura máxima do ar é a que mais influencia a mortalidade do ano. A relação varia no mesmo sentido, ou seja, temperatura máxima anual acima da média tende a ocorrer com mortalidade também acima da média e vice-versa.
- l É no Verão que se verificam as correlações mais elevadas entre a temperatura e a mortalidade. Estas correlações são positivas e verificam-se para a temperatura máxima, mínima e média, revelando que a mortalidade nesta época do ano é influenciada tanto pelas temperaturas diurnas como nocturnas. A análise mensal mostra o mesmo tipo de relações em todos os meses da estação do ano (Junho, Julho e Agosto), e que é o mês de Junho o que apresenta as correlações mais significativas com a ocorrência de mortalidade.
- l No Inverno a mortalidade só revela relações significativas com a temperatura mínima. Esta relação é negativa, ou seja, temperatura mínima abaixo da média tende a ocorrer com mortalidade acima da média e vice-versa. A análise mensal revela que, para além dos meses de Inverno (Dezembro, Janeiro e Fevereiro), em Novembro também se verifica o mesmo tipo de relação. Em Janeiro detectam-se também correlações significativas, negativas, com a temperatura máxima e média, mostrando que a mortalidade neste mês é influenciada tanto pelas temperaturas diurnas como nocturnas.

Tendo-se estabelecido relações importantes entre a variabilidade da temperatura do ar e da mortalidade a nível anual, sazonal e mensal, considera-se importante determinar a influência da temperatura na mortalidade em Portugal a escalas temporais mais curtas, nomeadamente a diária. Este será objecto de um estudo futuro e terá em conta resultados obtidos anteriormente que relacionam as condições climáticas de Inverno e a mortalidade diária para o distrito de Lisboa (MARQUES, 2007). A possibilidade de se desenvolver um modelo de previsão diária da mortalidade através de correlações desfasadas numa fase futura é o principal objectivo destes estudos que, posteriormente, poderá ser desenvolvido especialmente para várias regiões de Portugal Continental.

Tendo em conta que a influência da atmosfera sobre os seres humanos se exerce de forma combinada, será também importante detectar relações da mortalidade com outras variáveis meteorológicas (e.g. pressão atmosférica, humidade, vento, etc.) e mesmo com diferentes tipos de estado do tempo. Neste aspecto, a utilização de índices, que além de integrarem variáveis meteorológicas integram também a termofisiologia humana (por ex., o vestuário e as componentes do balanço energético do corpo humano), poderão traduzir-se num aumento das correlações com a mortalidade e melhorar a capacidade de previsão de um modelo.

### Referências bibliográficas

- ALBERDI, J.C.; DÍAZ, J.; MONTERO, J.C.; MIRÓN, I. (1998) - "Daily mortality in Madrid Community (Spain) 1986-1991: Relationship with atmospheric variables". *European Journal of Epidemiology*, 14:571-578.
- ALCOFORADO, Maria J.; NUNES, M. Fátima; GARCIA, Ricardo (1999) - "A percepção da relação clima-saúde pública em Lisboa, no século XIX, através da obra de Marino Miguel Franzini". *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, 17 (2):31-40.
- ALCOFORADO, Maria J. (2000) - "Riscos Climáticos". *Actas do Colóquio "Geografia dos Riscos"*. Universidade de Lisboa, CEG, Lisboa, 31-45.
- American Meteorological Society (AMS) (2000) - *Glossary of Meteorology*, American Meteorological Society, in <http://amsglossary.allenpress.com/glossary/preface1>, acedido 17/10/2008.
- ANDRADE, Henrique (2003) - *Bioclima Humano e Temperatura do Ar em Lisboa*. Tese de Doutoramento, apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa.
- ANTUNES, Sílvia; PIRES, Henrique O.; ROCHA, Alfredo (2001) - "Improvement of prediction using SSA methods in addition to MEM: Case of NAO study". *8th International Meeting on Statistical Climatology*, GKSS, Lüneburg, Alemanha.
- BATES, B.C.; KUNDZEWICZ, Z.W.; WU, S.; PALUTIKOF, J.P. (2008) - *Climate Change and Water*. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 210 p.
- BENSON, Keith; KOCAGIL, Patricia; SHORTLE, James (2000) - "Climate change and health in the Mid-Atlantic Region". *Climate Research*, 14:245-253.
- CATARINO, Judite (2000, 2001 e 2002) - *Risco de Morrer em Portugal*. DSIA, Divisão de Epidemiologia. Direcção-Geral da Saúde. Lisboa. 232 p.
- CGER. Commission on Geosciences, Environment and Resources (2001) - *Under the Weather: Climate, Ecosystems, and Infectious Disease, Atmospheric*

- Sciences and climate*. Division on Earth and Life Studies, National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- CURRIERO, F. C.; HEINER, K. S.; SAMET, J. M.; ZEGER, S. L.; STRUG, L.; PATZ, J. A. (2002) - "Temperature and mortality in 11 cities of the Eastern United States". *American Journal of Epidemiology*, 155(1): 80-87.
- DAVEAU, Suzanne (1995) - *Portugal Geográfico*. Edições João Sá da Costa, Lisboa, 4ª edição 2005, 223 p.
- DAVIS, Robert E.; KNAPPENBERGER, Paul C.; MICHAELS, Patrick J.; NOVICOFF, Wendy M. (2002) - *Changing Heat Wave Mortality in U.S. cities*. <http://ams.confex.com/ams/pdfpapers/69575.pdf>, acessado 17/9/2007.
- DESSAI, Suraje (2003) - "Heat stress and mortality in Lisbon, Part II. An Assessment of the potential impacts of climate change". *International Journal of Biometeorology*, 48:37-44.
- DESSAI, Suraje (2004) - *Probabilities, climate change scenarios and adaptation decision-making*. <http://www.uea.ac.uk/~e120782/phdupdate04.pdf>, acessado 17/9/2007.
- DÍAZ, Julio; LINARES, Cristina; TOBIAS, Aurelio (2006) - "Impact of extreme temperatures on daily mortality in Madrid (Spain) among the 45-65 age-group". *International Journal Biometeorology*, 50:342-348.
- DONALDSON, G. C.; KEATINGE, W. R. (2002) - "Excess winter mortality: influenza or cold stress? Observatory study". *British Medical Journal*, 324:89-90.
- FALCÃO, José M.; CASTRO, M. J.; FALCÃO, J. P. (1988) - "Efeitos de uma onda de calor na mortalidade da população do distrito de Lisboa". *Saúde em Números*, 3(2):9-12.
- FALCÃO, José M.; PAIXÃO, P. J.; NOGUEIRA, J. M.; ELEANORA, J. P. (2004) - *Efeitos do frio nas famílias portuguesas*. Observatório Nacional de Saúde Estudo na amostra ECOS.
- GAGNON, A. S.; BUSH, A. B. G.; SMOYER-TOMIC, K. E. (2001) - "Dengue epidemics and El Niño Southern Oscillation". *Climate Research*, 19:35-43.
- GARCIA, A. C.; NOGUEIRA, M. J.; FALCÃO, J. M. (1999) - "Onda de calor de Junho de 1981 em Portugal: efeitos na mortalidade". *Revista Portuguesa de Saúde Pública*. Volume temático: 1.
- GEMWELL, Islay; MCLONNE, Philip; BODDY, F. A.; DICKINSON, Gordon J.; WATT, G. C. M. (2002) - "Seasonal variation in mortality in Scotland". *International Journal of Epidemiology*. 29 (2):274-279.
- INE (2007) - *Estatísticas Demográficas e Sociais*. Lisboa.
- IPCC (2001) - *Climate change 2001: The Scientific Basis*. [http://www.grida.no/publications/other/ipcc\\_tar/?src=/climate/ipcc\\_tar/wg1/index.htm](http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/?src=/climate/ipcc_tar/wg1/index.htm). acessado em 20/03/2008.
- KALKESTEIN, Laurence S. (1991) - "A New Approach to Evaluate the Impact of Climate on Human Mortality". *Environmental Health Perspectives*, 96:145-150.
- KALKESTEIN, Laurence S.; GREEN, J. S. (1997) - "An evaluation of climate/mortality relationships in large U.S. cities and the possible impacts of a climate change". *Environmental Health Perspectives*. 105:84-93.
- KOLIVRAS, Korine N.; COMRIE, A. C. (2004) - "Climate and infectious disease in the southwestern United States". *Progress in Physical Geography*. 28:387-398.
- MACKENBACH, J. P.; KUNST, A. E.; LOOMAN, C. W. N. (1992) - "Seasonal variation in mortality in the Netherlands". *Journal of Epidemiology and Community Health*. 46: 261-265.
- MARQUES, Jorge (2007) - *Condições climáticas de Inverno e a mortalidade diária no distrito de Lisboa*. Tese de mestrado, apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa.
- MATZARAKIS, Andreas; MAYER, H. (1991) - "The extreme heat wave in Athens in July 1987 from the point of view of Human Biometeorology". *Atmospheric Environment* 25B, 203-211.
- MCKEE, M.; SANDERSON, C.; CHENET, L.; VASSIN, S.; SHKOLNIKOV, V. (1998) - "Seasonal variation in mortality in Moscow". *Journal of Public Health*. 20(3):268-274.
- NOGUEIRA, Paulo; PAIXÃO, Eleonora; RODRIGUES, Emanuel (2007) - *Sazonalidade e Periodicidades da Mortalidade Portuguesa - 1980 a 2001*. Fundação Merck Sharp & Dohme, Lisboa, 268 pp.
- PEIXOTO, José Pinto. (1987) - *O sistema climático e as bases físicas do clima*. Secretaria de Estado do Ambiente e dos Recursos Naturais.
- PEIXOTO, José Pinto; Oort, A. H. (1992) - *Physics of Climate*. American Institute of Physics, New York, 520p.
- PINHEIRO, Carlos (1990) - "Um frio de morrer ou a variação da mortalidade e clima nos distritos de Viana do Castelo e de Faro". *Arquivos do Instituto Nacional de Saúde*, 15:61-112.
- PLAUT, G.; VAULTARD, R. (1994) - "Spells of low-frequency oscillations and weather regimes in the northern hemisphere". *Journal of the Atmospheric Sciences*, 51-2: 210-236.
- PNAAS (2008) - *Plano Nacional de Acção Ambiente e Saúde*.
- RODRIGUES, Bento (1978) - "Considerações a propósito da variação estacional da mortalidade por doenças-vasculares, em Portugal". *Revista Portuguesa de Clínica e Terapêutica*, 4 (3):97-104.
- SACARRÃO, G. F. (1981) - *A temperatura como factor ecológico*. Secretaria de Estado do Urbanismo e Ambiente. Comissão Nacional do Ambiente, 184pp..
- SANTANA, Paula; VAZ, A.; FACHADA, M. (2004) - "O estado de saúde dos Portugueses. Uma

- perspectiva espacial”. *Revista de Estudos Demográficos*, n.º 36, INE, Lisboa.
- SANTOS, Filipe D.; FORBES, K.; MOITA, R. (2002) - *Climate Change in Portugal Scenarios, Impacts and Adaptation Measures*. SIAM PROJECT. Editora Gradiva, Lisboa.
- SANTOS, Filipe D.; MIRANDA, Pedro (eds.) (2006) - *O Clima de Portugal nos séculos XX e XXI, Alterações climáticas em Portugal. Cenários Impactos e medidas de Adaptação*. Projecto SIAM II, 47-113 pp. Gradiva. Lisboa.
- TAMERJUS, J. D.; WISE, E. K.; UEJIO, C. K.; MCCOY, A. L.; COMRIE, A. C. (2007) - “Climate and human health: synthesizing environmental complexity and uncertainty”. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. Springer-Verlag. 21(5):601-613.
- VAUTARD, R.; YIOU, P.; GHIL, M. (1992) - “Singular spectrum analysis: A toolkit for short, noisy chaotic signals”. *Physica D*. (58): 95-126.
- WILKINSON, P.; PATTENDEN, S.; ARMSTRONG, B.; FLETCHER, A.; KOVATS, R. S.; MANGTANI, P.; MCMICHAEL, A. J. (2004) - “Vulnerability to winter mortality in elderly people in Britain: population based study”. *British Medical Journal*, (329):647-653.