

APRH

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS
NUCLEO REGIONAL DO SUL

DEBATE
RIO GUADIANA
PASSADO PRESENTE FUTURO

VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO NO ALENTEJO

Fátima Espírito Santo

INSTITUTO DE METEOROLOGIA

DEPARTAMENTO DE CLIMA E AMBIENTE ATMOSFÉRICO

VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO NO ALENTEJO

Fátima Espírito Santo

Meteorologista Assessor

Debate :

"RIO GUADIANA - Passado Presente Futuro"

Universidade de Évora

Outubro 1994

VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO NO ALENTEJO

Fátima Espírito Santo

Instituto de Meteorologia
Rua C - Aeroporto, 1700 Lisboa

RESUMO

No âmbito da problemática das alterações climáticas e da desertificação o Instituto de Meteorologia está envolvido num Projecto de Investigação - **Projecto MEDALUS (Mediterranean Desertification And Land Use)**, que tem por objectivo o estudo e caracterização dos mecanismos que contribuem para os processos da desertificação. Assim, enquadrado neste Projecto fez-se um estudo da variabilidade espaço-temporal da precipitação no Alentejo e da sua evolução nos últimos 60 anos.

A análise da variabilidade espacial e temporal (anual e estacional) da quantidade de precipitação no Alentejo no período 1931 a 1993, permite concluir que existe uma diminuição significativa dos valores da quantidade de precipitação na Primavera, a partir de 1964, confirmada pelos testes de Kruskal-Wallis e de Student para a diferença dos valores médios nos períodos 1931-60 e 1961-90.

O decréscimo que se verifica na Primavera não é significativamente reflectido nos valores anuais, o que mostra a importância da análise estacional e que só o tratamento dos valores anuais não é suficiente para o completo conhecimento das características da variabilidade.

Também a comparação do número de dias com precipitação superior a 0.1, 1.0, 10.0 e 30.0mm e a probabilidade de ocorrência de pelo menos um dia com precipitação, em períodos de 2 a 5 dias, (Cadeias de Markov), nos períodos de 1931-1960 e 1961-1990, permitem concluir que há um decréscimo no número de dias com precipitação na Primavera, particularmente no mês de Março, e um aumento no Outono, especialmente no mês de Outubro.

1 - INTRODUÇÃO

O conhecimento da variabilidade e da evolução do clima reveste-se de importância fundamental no planeamento das actividades sócio-económicas. Essa importância tem vindo a aumentar nos últimos anos pela consciencialização, a todos os níveis, das possíveis consequências ambientais das actividades humanas que estão a contribuir, de uma forma preocupante, para reforçar o efeito natural de estufa da atmosfera através das emissões antropogénicas de gases de efeito de estufa.

As possíveis alterações climáticas, resultantes do reforço do efeito de estufa, poderão ter consequências de mais variada ordem, em particular na alteração da circulação geral da atmosfera com os consequentes efeitos na distribuição espacial e temporal da quantidade de precipitação. É importante que às escalas regional e local se tenha o melhor conhecimento da evolução do clima porque é nestas escalas que as alterações climáticas poderão ser mais significativas e ter consequências mais graves.

O clima da região é de características marcadamente mediterrânicas com verões quentes e secos e com a estação das chuvas no inverno; no trimestre de verão (Junho a Agosto) caem apenas 4 a 5% da precipitação anual, o que, em termos agrícolas, por exemplo, implica um recurso ao regadio pois é a época do ano com maior evapotranspiração potencial.

A ocorrência de secas é bastante frequente, como se pode concluir da análise das Fig. 3 a 7, sendo também de assinalar a ocorrência de chuvadas intensas, particularmente no Outono e Inverno.

2 - EVOLUÇÃO DOS VALORES DA QUANTIDADE DE PRECIPITAÇÃO

2.1 Estatísticas Regionais

Da análise, local a local, dos valores médios anuais de período longo da quantidade de precipitação na região, considerando a rede de 51 estações utilizadas, conclui-se que existe uma grande variabilidade espacial (valores que variam entre 456.8mm em Mértola a 892.0mm em Santiago do Escoral), e uma grande variabilidade interanual, principalmente nos valores estacionais.

A média regional, de período longo da quantidade de precipitação anual é de 621.3mm com uma variação interanual que vai de 293.5mm em 1944/45 a 873.3mm em 1989/90.

Os valores da média regional anual por decénios mostram que o decénio mais chuvoso foi o de 1961/70 com 697.3mm e o menos chuvoso foi o de 1971/80 com

560.1mm. A representação gráfica dos valores médios por decénio, por estação do ano e anual, evidencia grande variabilidade com uma sucessiva redução de valores na Primavera (Fig. 1 e 2).

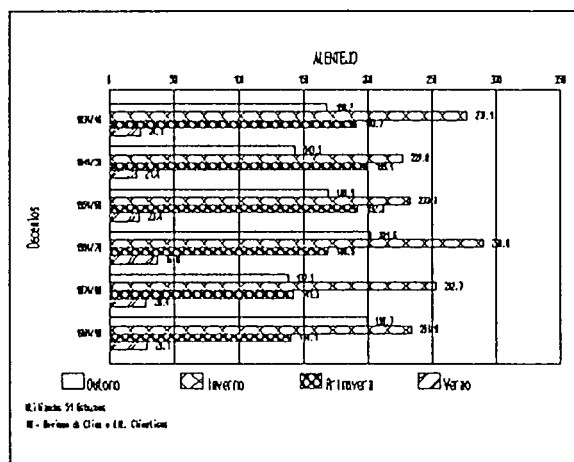


Fig.1 - Médias Regionais da Quantidade de Precipitação (mm) por Decénios e por Estação do Ano

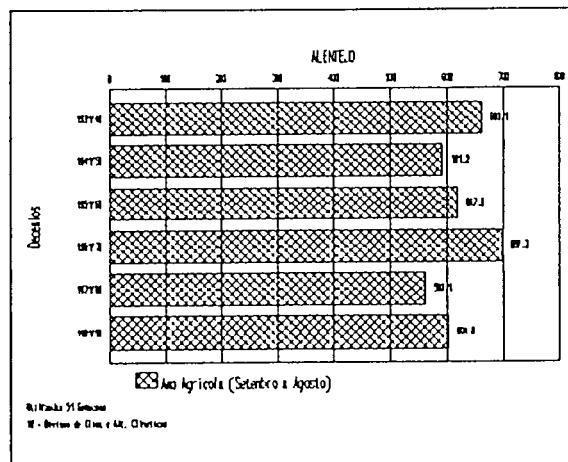


Fig.1 - Médias Regionais da Quantidade de Precipitação (mm) por Decénios e Anual

2.2 Comparação das Estatísticas Regionais do Trinténio 1961/90 com o Trinténio 1931/60

Os valores da média regional da quantidade de precipitação do trinténio de 1961-1990 mostram, em relação ao trinténio de 1931-1960, uma ligeira subida no Outono e no Inverno, uma descida acentuada na Primavera e uma relativa estabilidade no Verão e nos valores anuais, o que significa que os aumentos do Outono e do Inverno compensaram o decréscimo na Primavera. (Tabela 1).

Tabela 1 - Variação em cada Época do Ano da Precipitação no Alentejo nos Períodos de 1931/60 e 1961/90

	1931/1960 (mm)	1961/1990 (mm)	Variação (mm) (%)	
Outono	160.2	179.2	+ 19.0	+ 11.9
Inverno	245.8	259.0	+ 13.2	+ 5.4
Primavera	194.1	149.9	-44.2	-22.7
Verão	23.0	31.4	+ 8.4	+ 36.5
Anual	623.1	619.6	-3.5	-0.6

Tabela 2 - Variação, em Percentagem, da Contribuição de cada Época do Ano para a Precipitação Anual, no período 1961/90 em relação a 1931/60

Outono			Inverno			Primavera			Verão		
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>b-a</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>b-a</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>b-a</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>b-a</i>
26	29	+3	39	42	+3	31	24	-7	4	5	+1

a: Período 1931-1960 b: Período 1961-1990

Da análise da Tabela 2 conclui-se que há um aumento da contribuição do Outono e do Inverno da ordem de 3% para a precipitação anual e uma diminuição da contribuição da Primavera.

2.3 Variabilidade Interanual

Para o estudo da variabilidade interanual regional da quantidade de precipitação no Alentejo utilizou-se o Índice de Anomalia Regional, IAR, definido pela seguinte expressão:

$$(IAR)_j = \left[\sum_{i=1}^{N_j} (R_{ij} - \overline{R}_i) / \sigma_i \right] / N_j$$

onde:

R_{ij} quantidade de precipitação na estação climatológica *i* no ano *j*

\overline{R}_i média da quantidade de precipitação para a estação climatológica *i*

σ_i desvio padrão da quantidade de precipitação para a estação climatológica *i*

N_j número de estações climatológicas no ano *j*

Este índice é de grande interesse e utilidade de uso na vigilância e análise da evolução do clima a nível regional, particularmente, na detecção de situações anómalas.

De acordo com Sharon E. Nicholson, é possível estabelecerem-se as seguintes classificações estacionais ou anuais, quanto à quantidade de precipitação, de acordo com os valores do Índice:

-0.25 ≤ IAR ≤ 0.25 Normal

-0.25 > IAR > -0.85 Abaixo da Normal

IAR < -0.85 Muito Abaixo da Normal

0.25 < IAR ≤ 0.85 Acima da Normal

IAR > 0.85 Muito Acima da Normal

Uma análise dos resultados para Portugal mostra que, geralmente, a classificação Muito Abaixo da Normal corresponde à situação de Seca, isto é, período Extremamente Seco e a classificação Muito Acima da Normal corresponde à situação de Extremamente Chuvoso, designações mais correntemente utilizadas.

As estações do ano e o ano foram assim delimitados:

Primavera: Março, Abril e Maio

Verão : Junho, Julho e Agosto

Outono : Setembro, Outubro e Novembro

Inverno : Dezembro, Janeiro e Fevereiro

Ano : Ano Agrícola, isto é, Setembro a Agosto.

A representação gráfica dos valores do Índice de Anomalia Regional (Fig. 3 a 7), mostra uma nítida sequência de Primaveras consecutivamente mais secas a partir de 1964, verificando-se a partir de 1972, grande número de casos inferiores à média. Ainda para esta estação do ano, no período de 1964 a 1993, apenas 8 anos foram acima da normal, tendo sido os restantes 22 abaixo ou muito abaixo da normal.

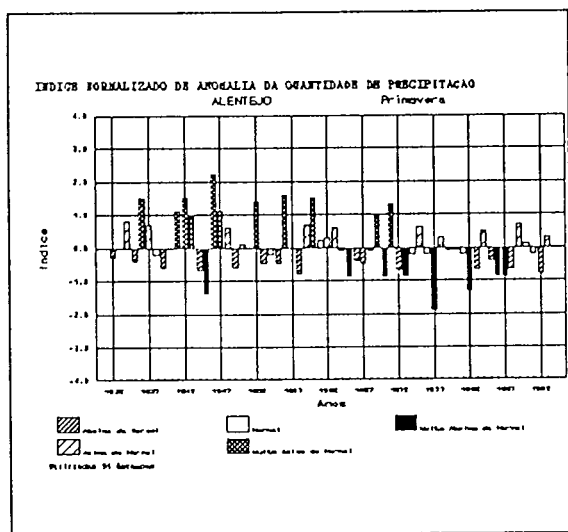


Fig.1 - Índice Normalizado de Anomalia da Precipitação - Primavera

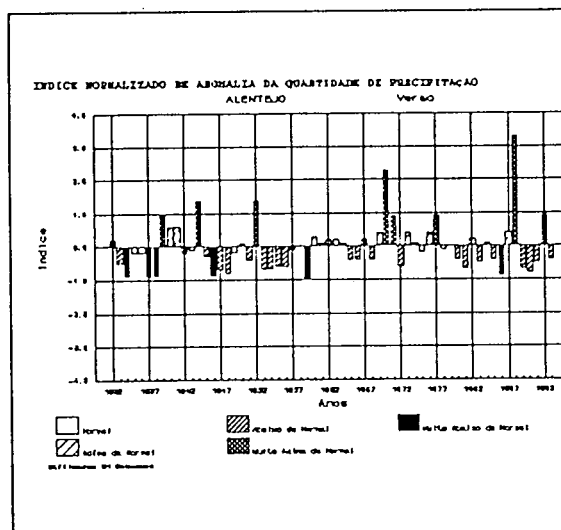


Fig. 4 - Índice Normalizado de Anomalia da Precipitação - Verão

No Outono não se notam tendências significativas, mas sim uma intermitência regular com uma quase igualdade de anos com valores acima e abaixo da normal. No entanto é de assinalar o facto de nos últimos anos deste período o Outono ter sido anormalmente chuvoso, particularmente o de 1989. No Inverno verificaram-se, desde 1979/80, 6 anos muito abaixo da normal. Quanto ao ano agrícola verifica-se que também no período de 29 anos, de 1964/65 a 1992/93, 19 foram abaixo da normal com episódios de seca acentuada de 1970/71 a 1975/76, de 1979/80 a 1982/83 e 1991/93.

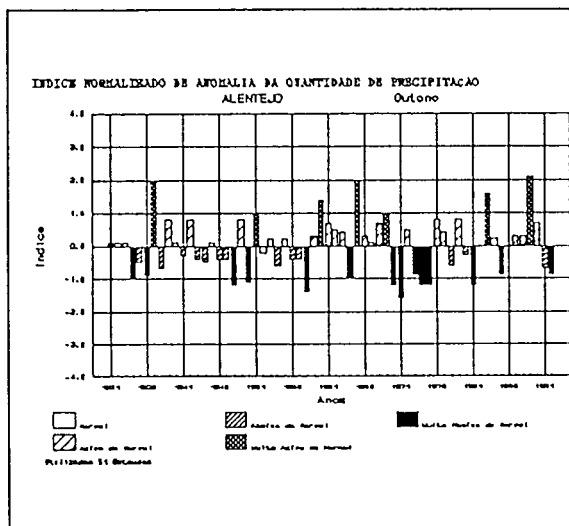


Fig. 5 - Índice Normalizado de Anomalia da Precipitação - Outono

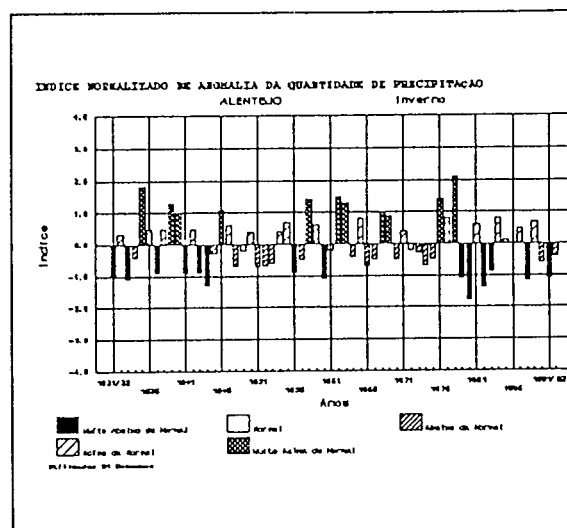


Fig. 6 - Índice Normalizado de Anomalia da Precipitação - Inverno

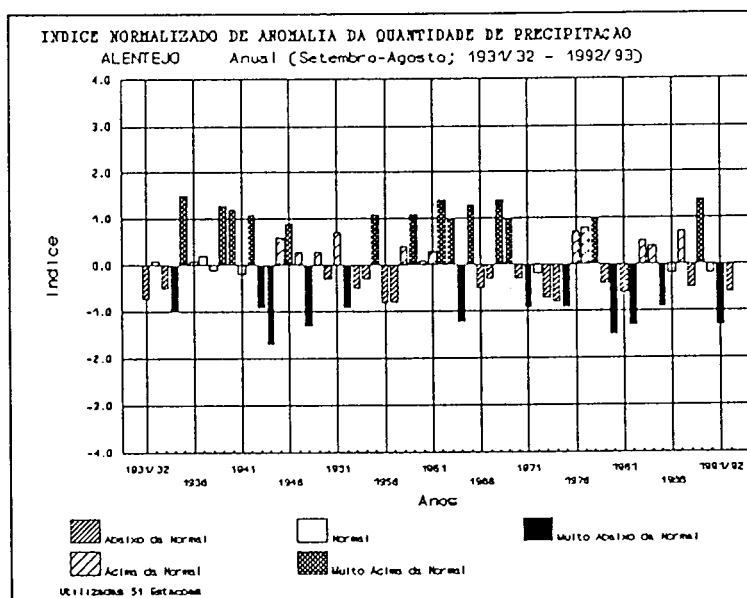


Fig. 7 - Índice Normalizado de Anomalia da Precipitação - Anual

Como casos mais extremos assinalam-se:

- Primavera mais seca : 1977 ; Primavera mais chuvosa : 1946
- Verão mais chuvoso : 1988
- Outono mais seco : 1971 ; Outono mais chuvoso : 1989
- Inverno mais seco : 1980 ; Inverno mais chuvoso : 1978
- Ano agrícola mais seco : 1944/45; 1980/81; 1991/92
- Ano agrícola mais chuvoso: 1935/36; 1968/69; 1989/90

2.3 Teste de Tendência Aplicado aos Valores da Primavera

A série cronológica dos valores médios regionais na Primavera está representada na Fig.8 onde é nítido o salto nos valores da média dos dois sub-períodos. Para se avaliar o significado da aparente redução dos valores da precipitação na Primavera, aplicaram-se testes estatísticos de homogeneidade, correlação serial seguidos de um teste de tendência de Mann-Kendall para a detecção de tendências ou saltos nas séries. Os resultados gráficos deste teste (usado sob a forma sequencial proposta por Sneyers, 1978) aplicado à série cronológica da precipitação média regional na Primavera, apresentam-se na Fig. 9.

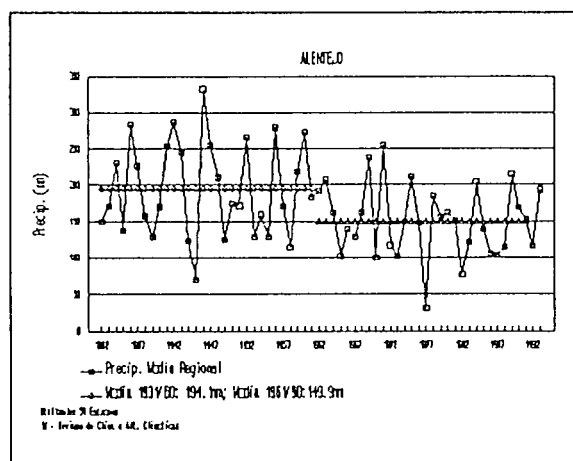


Fig. 8 - Variabilidade da Média Regional da Quantidade de Precipitação

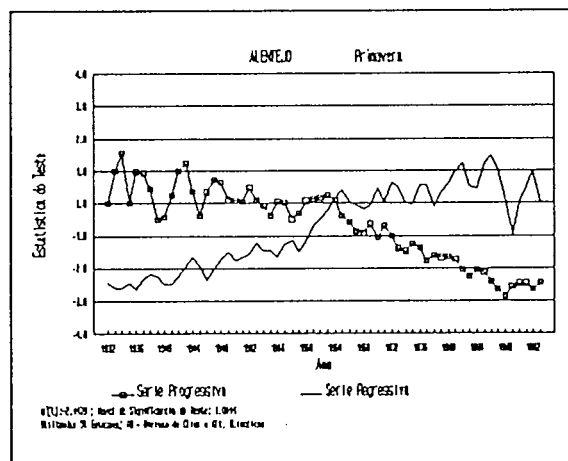


Fig. 9 - Teste de Tendência de Mann-Kendall dos Valores Médios Regionais da Precipitação

2.3 Testes de Significância à Diferença das Médias da Primavera

Dos resultados dos testes t de Student e de Kruskal-Wallis aplicados às médias regionais da quantidade de precipitação na Primavera permitem concluir que o valor da diferença entre as médias nos trinténios de 1931/60 e 1961/90 é altamente significativa, pois em ambos os testes o nível de significância é inferior a 1%.

3 - COMPARAÇÃO DO NÚMERO DE DIAS COM PRECIPITAÇÃO NOS PERÍODOS DE 1931/60 E 1961/90

A comparação do número de dias com precipitação superior a 0.1, 1.0, 10.0 e 30.0mm entre os dois trinténios mostra uma diminuição na Primavera, mês de Março em particular e um aumento no Outono, especialmente no mês de Outubro. Um exemplo para a estação de Mértola está representado nas Fig. 10 e 11.

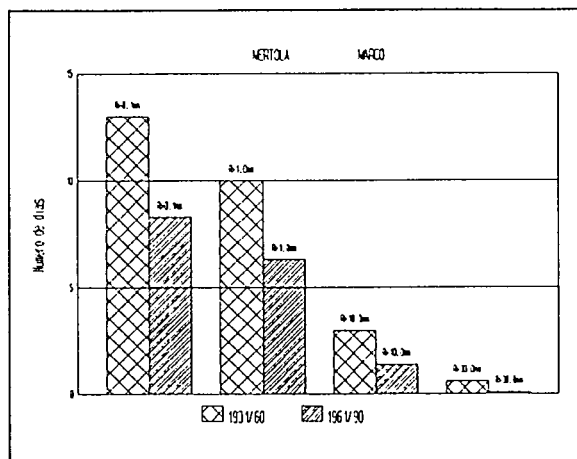


Fig. 10 - Número de Dias com Precipitação em Mértola- Março

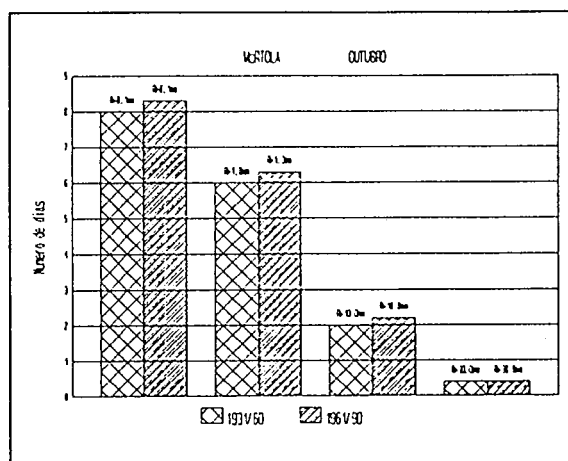


Fig. 11 - Número de Dias com Precipitação em Mértola - Outubro

4 - PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE, PELO MENOS, UM DIA COM PRECIPITAÇÃO EM PERÍODOS DE 2 A 5 DIAS (CADEIAS DE MARKOV)

Calculou-se a probabilidade de ocorrência de pelo menos um dia com precipitação (Cadeias de Markov), para os meses de Março e Outubro, nos períodos de 1931-60 e 1961-90. Também estes valores mostram um aumento em Outubro e um decréscimo em Março (Tabelas 3 a 5).

Tabela 3 - Probabilidade de ocorrência (%) de pelo menos um dia com precipitação
Março

	≥ 0.1mm		≥ 1.0mm		≥ 5.0mm		≥ 30.0mm	
	31-60	61-90	31-60	61-90	31-60	61-90	31-60	61-90
Beja	39.2	34.4	33.1	23.3	17.9	12.1	11.0	6.2
Mértola	41.3	27.0	30.8	20.3	17.1	9.1	10.3	4.9
Évora	42.9	35.6	33.9	23.8	19.5	12.5	11.9	6.2

Outubro

	≥ 0.1mm		≥ 1.0mm		≥ 5.0mm		≥ 30.0mm	
	31-60	61-90	31-60	61-90	31-60	61-90	31-60	61-90
Beja	24.5	33.1	17.7	21.7	9.2	12.7	5.2	7.4
Mértola	21.8	27.6	16.6	20.8	9.7	12.1	6.0	7.0
Évora	26.1	33.4	18.7	22.5	10.0	12.5	4.8	7.5

Tabela 4 - Probabilidade de Ocorrência (%) de pelo menos um dia com precipitação
($\geq 1.0\text{mm}$) em períodos de 2 a 5 dias (Cadeias de Markov)

Março

	2 Dias		3 Dias		4 Dias		5 Dias	
	31-60	61-90	31-60	61-90	31-60	61-90	31-60	61-90
Beja	33.1	23.3	46.6	34.5	57.4	44.1	66.0	52.3
Mértola	30.8	20.3	39.8	31.5	51.7	41.1	61.3	49.3
Évora	33.9	23.8	47.8	33.9	58.8	42.7	67.5	50.3

Outubro

	2 Dias		3 Dias		4 Dias		5 Dias	
	31-60	61-90	31-60	61-90	31-60	61-90	31-60	61-90
Beja	17.7	21.7	28.8	32.3	38.4	41.5	46.7	49.5
Mértola	16.6	20.8	26.1	30.9	34.5	39.6	42.0	47.3
Évora	18.7	22.5	28.7	33.8	37.5	43.5	45.2	51.7

Tabela 5 - Probabilidade de Ocorrência (%) de pelo menos um dia com precipitação
($\geq 30.0\text{mm}$) em períodos de 2 a 5 dias (Cadeias de Markov)

Março

	2 Dias		3 Dias		4 Dias		5 Dias	
	31-60	61-90	31-60	61-90	31-60	61-90	31-60	61-90
Beja	11.0	6.2	18.7	10.4	25.8	14.4	32.3	18.3
Mértola	10.3	4.9	17.7	9.1	24.5	13.1	30.8	16.9
Évora	11.9	6.2	20.4	10.5	28.1	14.6	35.1	18.5

Outubro

	2 Dias		3 Dias		4 Dias		5 Dias	
	31-60	61-90	31-60	61-90	31-60	61-90	31-60	61-90
Beja	5.2	7.4	10.2	13.4	15.0	19.0	19.5	24.3
Mértola	6.0	7.0	10.7	13.0	15.2	18.7	19.4	24.0
Évora	4.8	7.5	9.2	13.6	13.4	19.3	17.4	24.6

5 - NOTA FINAL

Dos resultados obtidos é de destacar a significativa redução dos valores da quantidade de precipitação na Primavera nos últimos 30 anos. Há uma aparente tendência para estação das chuvas ser mais curta, com uma ainda maior concentração no Inverno ou, pelo menos, as estações mais chuvosas passarem a ser o Inverno e o Outono, ao contrário do que acontecia anteriormente. Uma análise mais detalhada nos meses de Primavera mostra que a redução da quantidade de precipitação nesta época do ano é devida, fundamentalmente ao mês de Março que, nos últimos 30 anos tem sido frequentemente mais seco.

Também a comparação do número de dias com precipitação superior a 0.1, 1.0, 10.0 e 30.0mm e a probabilidade de ocorrência de pelo menos um dia com precipitação em períodos de 2 a 5 dias, permitem concluir que há uma diminuição no número de dias com chuva na Primavera, particularmente no mês de Março e um aumento no Outono, mês de Outubro.

Os resultados estatísticos que se apresentam merecem a procura de uma explicação de natureza física, justificando-se a necessidade de um futuro estudo no âmbito da climatologia sinóptica e dinâmica.

Embora não se possa concluir da existência de uma mudança climática, há que ter em atenção os cenários preparados pelo IPCC, para a Europa do Sul. Estes cenários indicam um aumento da precipitação no Inverno, mas não há referências à Primavera. Assim, a tendência detectada poderá ser um dos aspectos particulares da alteração climática na Região.

Assim, tendo em conta a possível alteração global do clima, que tanto preocupa a comunidade científica, os governos e muitas organizações internacionais, há necessidade de um reforço da vigilância do clima às escalas local e regional, e de estudos adequados de acompanhamento da sua evolução, para que, atempadamente, se disponha de conhecimentos científicos que permitam aos decisores tomarem medidas que se impõem em tal situação.

6 - BIBLIOGRAFIA

Siegel, S., 1956, *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences*. International Student Edition.

Essenwanger, O., 1976, 'Applied Statistics in Atmospheric Science', Elsevier Scientific Publishing Company.

Sneyers, R., 1978, 'Sur l'Analyse Statistique des Series d'Observations'. Note Technique No 143, OMM-Nº415 Organisation Météorologique Mondiale, Genève. Nº143.

Kite, G.W., 1978, *Frequency and Risk Analyses in Hydrology*. Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado.

Nicholson, Sharon E., 1980, 'The Nature of Rainfall Fluctuations in Subtropical West Africa', *Monthly Weather Review*, 108, 1646-1654.

Katz, Richard W. and Glantz, Michael H., 1983, 'Anatomy of a Rainfall Index', *Monthly Weather Review*, 114, 1646-1654.

Mendes, J. Casimiro and Ferrão, F.R. 1983. 'Progressive Analysis for Depicting Trends or Jumps in Climatological Series Using Kendall's Coefficient', *Proceedings of II International Meeting on Statistical Climatology*, 16.5.1-16.5.6.

Cryer, Jonathan D., 1986, 'Time Series Analysis', PWS Publishers.

Mendes, J. Casimiro, 1989, 'Variabilidade Climática-Alguns Exemplos em Portugal Continental'. Simpósio "O Clima e o Ambiente", Lisboa.

Mendes, J. Casimiro e Guerreiro, M.R., 1990, 'Testes Estatísticos de Tendência das Séries Climatológicas da Quantidade de Precipitação na Região da Bacia do Rio Cobre'. INMG, Monografia de Meteorologia e Geofísica Nº32.

Mendes, J. Casimiro, 1991, 'Índice Normalizado de Anomalia da Precipitação na Região da Bacia do Rio Cobre'. INMG, Monografia de Meteorologia e Geofísica Nº38.

Mendes, J. Casimiro e Coelho, M. Fátima, 1991, 'Standardized Anomaly Index of Seasonal and Annual Rainfall Amounts in the Alentejo Region'. INMG.

Mendes, J. Casimiro, 1992, 'Índice Normalizado de Anomalia da Quantidade de Precipitação em Portugal'. INMG.

Mendes, J. Casimiro e Coelho, M. Fátima, 1993, 'Breve Caracterização Climática da Região do Alqueva'. INMG.

Mendes, J. Casimiro e Coelho, M. Fátima, 1993, 'Variabilidade Climática em Portugal Continental - Quantidade de Precipitação. Índice de Anomalia; Tendência; Variabilidade por Décénios e Triénios'. INMG.