

VARIAÇÃO ANUAL E MENSAL DE PARÂMETROS METEOROLÓGICOS NA REGIÃO DO ALGARVE, PORTUGAL

Maria João Guerreiro

Professora Auxiliar

CEMAS, Faculdade de Ciência e Tecnologia - UFP

mariajoao@ufp.pt

Isabel Abreu

Professora Auxiliar

CEMAS, Faculdade de Ciência e Tecnologia - UFP

iabreu@ufp.pt

Marisol Barros

Aluna finalista em Engenharia do Ambiente - UFP

5284@ufp.pt

Procedeu-se à análise estatística da evolução temporal das variáveis meteorológicas temperatura, precipitação e evaporação na região do Algarve. Usaram-se dados de quatro estações meteorológicas com mais de 49 anos de registos simultâneos. Observaram-se alterações significativas da precipitação no mês de Março, da temperatura média em Março e Dezembro e da evaporação em todos os meses do ano. Apreciou-se o impacto destas alterações na utilização das variáveis em modelos hidrológicos.

1. INTRODUÇÃO

No âmbito do projecto europeu DITTY [em linha] - Development of an Information Technology Tool for the Management of European Southern Lagoons under the Influence of River-Basin Runoff - foi calibrado um modelo hidrológico para as bacias hidrográficas afluentes à Ria Formosa, Algarve, Portugal (Guerreiro e Martins, 2004 e 2005).

O modelo utilizado foi o SWAT – Soil Water Assessment Tool – desenvolvido por Srinivasan e Arnold em 1994 (Neitsch *et al.*, 2002), um modelo de simulação contínua no tempo, cujas variáveis de caracterização hidrológica são distribuídas no espaço. Este modelo simula escoamento superficial, caudal em linhas de água e transporte de sedimentos e nutrientes.

Os dados climáticos necessários ao modelo podem ser dados reais (observados) ou gerados por uma rotina de cálculo (WXGEN) desenvolvida por Sharpley e Williams em 1990 (*cit. in* Neitsch *et al.*, 2002). A rotina de cálculo que gera os dados climatológicos é também usada para preenchimento de falhas nos dados registados.

As variáveis climáticas são parametrizadas mensalmente (média, desvio padrão e coeficiente de assimetria) de modo a serem introduzidas na rotina de cálculo WXGEN.

As variáveis climáticas necessárias ao WXGEN são, entre outras, precipitação e temperatura. Actualmente já estão disponíveis no sítio do Instituto da Água (INAG [em linha]) os restantes dados necessários para a simulação com esta rotina. No entanto, a maior parte destes dados só estão disponíveis em anos posteriores a 2000.

2. DESENVOLVIMENTO

A precipitação em Portugal ocorre sobretudo durante as estações do Outono e do Inverno (semestre húmido) e pode ser descrita como bimodal até à década de 60, com dois picos distintos: um em Dezembro-Janeiro e outro durante o mês de Março (Trigo e DaCamara, 2000). Na região do Algarve, aproximadamente 80% da precipitação ocorre no semestre húmido e 20% no semestre seco (DRAOT, 2000).

Segundo o Plano Nacional da Água (PNA [em linha]) verificou-se um decréscimo significativo da precipitação, no mês de Março, decréscimos também observados por Trigo e DaCamara (2000) e Portela e Quintela (2001). O relatório do Estado do Ambiente (Instituto do Ambiente, 1999) aponta para uma diminuição significativa dos valores da quantidade de precipitação a partir de 1964 durante o mês de Março e uma tendência para o aquecimento a partir de 1972 quando analisados os valores de temperatura máxima, mínima e média anuais.

Tabela 1 Estações climatológicas na região do Algarve

Nome	Lat (°n)	Long (°w)	Concelho	Data início	Data fecho	Estado
São Brás de Alportel	37.16	7.9	São brás de Alportel	1/10/1900	-	Activa na Rede Meteorológica Automática
Barragem da Bravura	37.2	8.7	Lagos	1/10/1933	30/09/2001	Desactivada
Picota	37.17	7.69	Tavira	1/11/1933	-	Activa na Rede Meteorológica Automática
Vidigal	37.2	8.6	Portimão	1/10/1945	-	Activa na Rede Meteorológica Automática
Valverde	37.08	8.72	Lagos	1/10/1979	30/09/2001	Desactivada
Algoz	37.15	8.28	Silves	1/9/1980	-	Activa na Rede Meteorológica Automática

Em 1992, Vautard *et al.* (*cit. in* Trigo e DaCamara, 2000) aplicaram uma versão simplificada do teste não paramétrico Kendall e confirmam uma tendência para a redução da precipitação no mês de Março. Em 1993, Mendes (*cit. in* Portela e Quintela, 2001) detectou uma redução significativa na precipitação de Primavera ao Sul de Portugal, de 194 mm (1932–1961) para 150 mm (1962–1991). No mesmo ano, Schonwiese (*cit. in* Trigo e DaCamara, 2000) mostram claramente que houve um decréscimo significativo da precipitação em toda a Península Ibérica entre 1961 e 1990, especialmente nas regiões Sul de Portugal e Espanha. Em 1997, Zhang (*cit. in* Trigo e DaCamara, 2000) detectou que o decréscimo na precipitação de Março é acompanhado de um aumento na precipitação de Fevereiro. Trigo e DaCamara (2000) indicam que o decréscimo na precipitação em Portugal é verificado entre 1946 e 1990.

Situações análogas noutras regiões do planeta são descritas na literatura, e referem alterações na precipitação em determinadas épocas do ano, quando analisadas longas séries temporais (Harmel *et al.*, 2003).

Segundo o Plano Nacional da Água (PNA, 2000), durante o último século, a temperatura média anual sobre a Península Ibérica aumentou cerca de 1,6 °C, tendo os anos mais quentes sido os de 1989, 1995 e 1997. Já o relatório do Estado do Ambiente (Instituto do Ambiente, 2005) indica que o aumento da temperatura média global desde 1861 foi de $0,6 \pm 0,2$ °C.

Sendo a alteração climática um tópico muito actual procurou-se, neste estudo, verificar se as variáveis climáticas monitorizadas pelo INAG com longas séries (mais de 40 anos), sofreram alterações significativas nas últimas décadas. Uma vez que o programa SWAT usa a rotina WXGEN para a simulação climática e/ou para o preenchimento de falhas a partir da média, desvio padrão e coeficiente de assimetria das variáveis meteorológicas, deste modo será possível escolher o período de amostragem mais adequado à avaliação dos parâmetros climáticos a introduzir no programa SWAT.

2.1. METODOLOGIA DE ANÁLISE

Rede de Estações Meteorológicas

Com base na informação disponível na Internet no site do SNIRH (INAG [em linha]), existem na região do Algarve 26 estações meteorológicas (climatológicas ou udométricas), das quais seis estão extintas, duas desactivadas e 18 activas e que pertencem à rede meteorológica automática (Figura 1).



Fig.1 Estações meteorológicas na região do Algarve

As estações climatológicas da região estão apresentadas na Tabela 1. As estações de Valverde e de Algoz foram eliminadas do estudo devido à reduzida dimensão da série (20 anos). A estação da Barragem da Bravura, apesar de estar actualmente desactivada, tem dados recentes e uma série relativamente longa (68 anos) e por isso foi incluída na análise.

Escolheram-se estas estações por serem as únicas com uma longa série de dados climatológicos (Tabela 2) e estarem localizadas tanto na região do Barlavento como na região do Sotavento Algarvios. As variáveis escolhidas foram a precipitação, temperatura e evaporação, pois estas são as variáveis mensais disponíveis nas estações em estudo. Recentemente foram disponibilizados outros parâmetros climáticos nas estações em análise, porém com dados a partir do ano 2000, insuficientes para ser realizar uma análise estatística consistente.

Tabela 2 Anos de registo das variáveis meteorológicas usadas

Valores mensais	Bravura	Picota	São Brás de Alportel	Vidigal
Precipitação média	1933-2001	1933-2001	1901-2001	1946-2000
Temperatura média	1949-1998	1949-1998	1942-1998	1945-1998
Evaporação Piche	1949-1998	1933-1998	1945-2001	1933-2001
Evaporação Tina	1980-1983	-	1978-1983	1981-1983

Tabela 3 Variáveis analisadas estatisticamente

	Mensal	Anual (ano hidrológico) ¹	Semestre húmido ²	Semestre seco ³
Precipitação	P_i	$\sum_{i=1}^{12} P_i$	$\sum_{i=1}^6 P_i$	$\sum_{i=6}^{12} P_i$
Temperatura	T_i	$\frac{\sum_{i=1}^{12} T_i}{12}$	$\frac{\sum_{i=1}^6 T_i}{6}$	$\frac{\sum_{i=6}^{12} T_i}{6}$
Evaporação	E_i	$\sum_{i=1}^{12} E_i$	$\sum_{i=1}^6 E_i$	$\sum_{i=6}^{12} E_i$

(1) ano hidrológico inicia no dia 1 de Outubro e termina no dia 30 de Setembro do ano seguinte

(2) semestres húmido inicia no dia 1 de Outubro e termina no dia 31 de Março

(3) semestre seco inicia no dia 1 de Abril e termina no dia 30 de Setembro

Os dados utilizados para a análise foram os registos mensais de precipitação, temperatura média e evaporação nas estações de São Brás de Alportel, Barragem da Bravura, Picota e Vidigal. Utilizaram-se directamente esses registos mensais e calcularam-se os valores anuais (ano hidrológico com início no dia 1 de Outubro e término no dia 30 de Setembro), semestre húmido e semestre seco (Tabela 3).

Numa primeira abordagem visual, procedeu-se à avaliação da média móvel. Para a análise estatística, consideraram-se o teste paramétrico t de Student e o teste não paramétrico de Mann-Whitney, uma vez que ambos os métodos têm como objectivo a comparação de duas amostras independentes, sendo o teste de Mann-Whitney válido, mesmo que a distribuição não seja normal.

Procedeu-se à representação gráfica das médias móveis para precipitação, temperatura e humidade mensais, anuais e semestrais (húmido e seco). A média móvel foi realizada com 15 valores, como sugerido por Portela e Quintela (2001), pois permite visualizar tendências ascendentes ou descendentes nas séries temporais das variáveis. As séries foram adimensionalizadas através da razão entre o valor da média móvel e o valor da média total da amostra no período. Caso não se verifiquem quebras de homogeneidade na amostra, a representação cronológica das médias móveis adimensionais será uma variação desordenada em torno da unidade. Caso se verifique uma quebra de homogeneidade, está será visualizada pela tendência da diminuição ou do aumento progressivo das sucessivas médias móveis.

Na análise das quebras de homogeneidade dividiu-se, para cada variável e estação, os anos em duas séries consecutivas, uma designada por anterior e outra por posterior. A aplicação dos testes estatísticos fez-se aumentando sucessivamente uma unidade à série anterior, sendo que a dimensão mínima de cada uma das séries foi de 15 anos.

O teste **t** para médias permite testar hipóteses sobre médias de uma variável quantitativa, podendo ser verificada a existência de diferenças entre duas condições experimentais (Pestana e Gageiro, 2000). Verificou-se a normalidade das amostras através do teste de Shapiro-Wilck, apropriado a pequenas amostras (Samuels e Witmer, 2003), pressuposto necessário à aplicação do teste t de Student.

Para se verificar se ocorreram alterações significativas nos parâmetros descritos na Tabela 3, procedeu-se também à aplicação do teste de Mann-Whitney. Este teste permite comparar amostras independentes independentemente da sua distribuição (Samuels e Witmer, 2003).

O teste de Mann-Whitney é de utilização preferível ao teste t de Student quando há violação da normalidade para dimensão de amostra menor ou igual a 30. Mesmo que o teste t de Student seja válido, o teste de Mann-Whitney tem pouca perda de eficiência. O teste de Mann-Whitney baseia-se nas ordenações das variáveis (Pestana e Gageiro, 2000).

2.2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como referido acima, foram considerados para testar a homogeneidade das amostras, o teste paramétrico t de Student e o teste não paramétrico de Mann-Whitney. No entanto, como a aplicação do teste t de Student pressupõe normalidade das populações, constatou-se que, em muitos casos, esta normalidade não se verificava segundo o teste de Shapiro-Wilck (Samuels e Witmer, 2003). Este resultado levou à apresentação somente dos resultados da análise usando-se o teste de Mann-Whitney.

Precipitação

Da análise de Mann-Whitney pode-se concluir que São Brás de Alportel é a única estação udométrica que apresenta quebras de homogeneidade nos valores de precipitação anuais (Tabela 4). No entanto, a Figura 2 sugere uma tendência ao aumento da precipitação anual, embora entre os anos 70 de 90 se observe uma diminuição desta, tal como foi observado por Schonwiese entre 1961 e 1990 (*cit. in* Trigo e DaCamara, 2000).

Analogamente ao que foi observado por Trigo e DaCamara (2000), Portela e Quintela (2001) e expresso no relatório do Estado do Ambiente (Instituto do Ambiente, 1999), em todas as

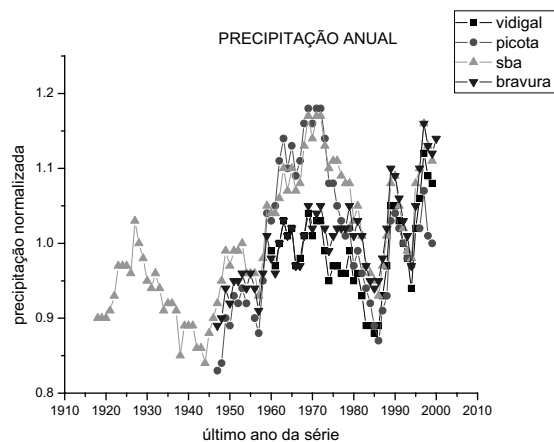


Fig.2 Diagramas cronológicos adimensionais das médias móveis da precipitação anual

estações udométricas houve uma quebra de homogeneidade no mês de Março nas décadas de 60 a 80 (Tabela 4). Esta quebra de homogeneidade é no sentido da diminuição da precipitação. (Figura 3). Quebras de homogeneidade foram também observadas durante o mês de Julho nas estações de Vidigal, Barragem da Bravura e São Brás de Alportel (Tabela 4). Isto deve-se, provavelmente, ao facto de na maior parte do anos a precipitação ser nula neste mês e, quando esporadicamente chove num ano, leva à quebra dessa homogeneidade.

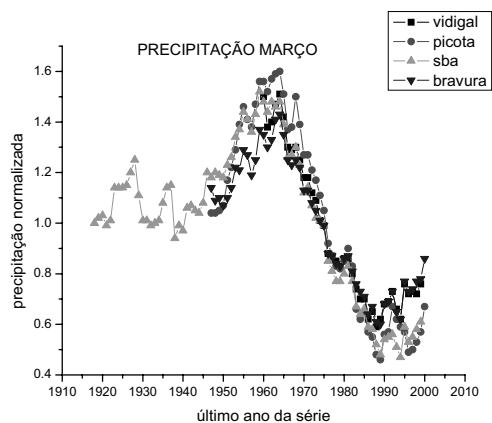


Fig.3 Diagramas cronológicos adimensionais das médias móveis da precipitação de Março

São Brás de Alportel apresenta também quebras de homogeneidade nos outros meses de Verão (Junho e Agosto), em Janeiro, no ano hidrológico e no semestre seco. Como esta esta-

Tabela 4 Anos com quebra de homogeneidade significativamente diferentes pelo teste Mann-Whitney*

	Precipitação				Temperatura				Evaporação			
	Vidigal	Picota	SBA	Bravura	Vidigal	Picota	SBA	Bravura	Vidigal	Picota	SBA	Bravura
Jan		79	25-54			65-77			51, 68-69, 76	61-81	79-80	79-82
Fev			32	63		65-77			70-77	52-81		72-82
Mar	61-84	56-84	55-85	60-83	79-81	65-77	82	80-81	51-58		72-83	64-65
Abr	69-80	73			65-70	76			51-73	61-80	65	70-82
Mai			42-45		64-71, 76			66-71	51-53, 67-82	60-81		67-82
Jun			24-63		60-71	75-77			58-83	51-81	64-69	68-82
Jul	67-85		21-85	80-85		73, 77	82-83		60-83	51-81	81-83	71, 75-82
Ago			22-81			65-74			62-83	51-81	64-71	69-82
Set			23-42, 85						62-83	51-81		80-82
Out					60, 72				59-83	51-81		72, 76-82
Nov					60-61	65-77			68-83	51-81		75-82
Dez			70-75		74-77, 81	65-77	82-83	71-81	51-54, 69-83	51-81		70-82
Ano			38, 45-46, 55		61-68	65-77			62-83	51-81	64-68, 80-83	69-82
SH					81	65-77	82-83		65-83	51-81	79-83	72-82
SS			33-40, 85		60-71	73-77			61-83	51-81	64-69, 82-83	68-82

* Os anos apresentados indicam o primeiro ano da série posterior em que há quebras na homogeneidade

ção é a que apresenta maior quantidade de dados (100 anos de registos), é também a que apresenta mais quebras de homogeneidade inclusive anualmente, pois estas ocorrem nos anos 20 a 40, quando as outras estações ainda não estavam em operação.

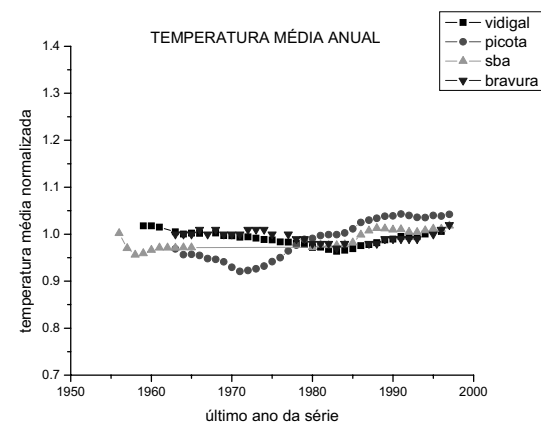


Fig.4 Diagramas cronológicos adimensionais das médias móveis da temperatura média anual

Temperatura

Em todas as estações observa-se (Figura 4) um aumento da temperatura média anual nas séries representadas, como registado no PNA (2000) e no relatório do Estado do Ambiente (Instituto do Ambiente, 2005). No entanto, estatisticamente, as quebras de homogeneidade só se verificaram nas estações da Picota e Vidigal a partir dos anos 60 (Tabela 4). Nas outras estações não foi verificada quebra de homogeneidade nas médias anuais de temperatura.

Todas as estações apresentam quebras de homogeneidade nos registos de temperatura média nos meses de Março e Dezembro no início dos anos 80, à excepção da Picota em que essa quebra se verifica logo a partir da década de 60 (Figura 5). Também se verificam quebras no semestre húmido, à excepção da Barragem da Bravura. Este fenómeno pode ser explicado pelo facto de Março e Dezembro fazerem parte desse semestre.

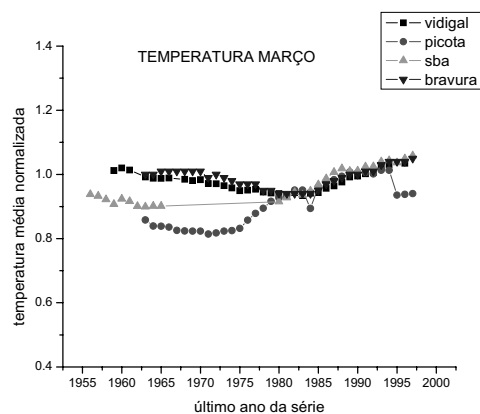


Fig.5 Diagramas cronológicos adimensionais das médias móveis da temperatura média de Março

Evaporação

A evaporação é a variável que apresenta mais quebras de homogeneidade, tendo todas as estações quebras a partir dos anos 60, em praticamente todos os meses do ano (Tabela 4).

As estações localizadas no Barlavento Algarvio, Vidigal e Barragem da Bravura, apresentam um aumento gradual da evaporação até ao final da década de 60 e início dos anos 70, respectivamente, com um posterior decréscimo também gradual até ao fim da série analisada (2000), sendo esse decréscimo menos acentuado no fim da década de 80. Por outro lado, as estações localizadas no Sotavento Algarvio, São Brás de Alportel e Picota iniciam o seu decréscimo durante a década de 60. Porém, no início da década de 80 invertem o processo, aumentando a evaporação gradualmente. Estes fenómenos são bem evidentes na Figura 6

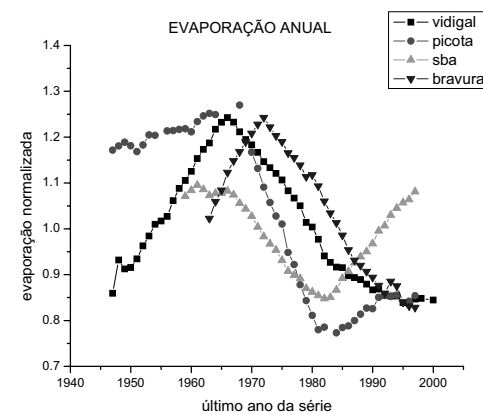


Fig.6 Diagramas cronológicos adimensionais das médias móveis da evaporação anual

3. CONCLUSÃO

O estudo aponta para diferenças significativas para os parâmetros analisados, precipitação, temperatura e evaporação, em alguns meses e até anualmente. Quando se utilizarem modelos ou programas que usem parâmetros estatísticos destas variáveis, recomenda-se o uso destas variáveis parameterizadas nas janelas temporais mais próximas da época em análise.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DITTY [em linha]. Disponível em <http://www.dittyproject.org> [Consultado 12/07/2005]
- DRAOT (2000). Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve. Direcção Regional do Ambiente e Ordenamento do Território. Ministério do Ambiente.
- Guerreiro, M. e Martins, C. (2005). Calibration of SWAT Model - Ria Formosa Basin. Relatório de progresso projecto Ditty, Universidade Fernando Pessoa..
- Guerreiro, M. and Martins, C. (2004). Parametização das Variáveis Climáticas Necessárias para Uso do Modelo SWAT. In: *Revista da Faculdade De Ciência e Tecnologia*, Universidade Fernando Pessoa, vol. 1, pp. 117-122.

Harmel, R. D., King, K. W., Richardson, C. W., Williams, J. R., Arnold, J. G. (2003). Analysis of Long-Term Precipitation for the Central Texas Blackland Prairie: 1939 to 1999. *In: First Interagency Conference on Research in the Watersheds*, October 27-30, 2003, Benson, Arizona.

INAG [em linha]. Disponível em <http://www.inag.pt> [Consultado 12/07/2005]

Instituto do Ambiente (1999). Relatório do Estado do Ambiente 1999. [Em linha]. Disponível em <http://www.iambiente.pt> [Consultado 12/07/2005].

Instituto do Ambiente (2005). Relatório do Estado do Ambiente 2003. [Em linha]. Disponível em <http://www.iambiente.pt> [Consultado 12/07/2005].

Neitsch, S.L., Arnold, Kiniry, J.R., Srinivasan, R., Williams, J.R. (2002). *Soil and Water Assessment Tool. User's Manual*. Grassland, Soil and Water Research Laboratory, Agricultural Research Service.

Pestana, M.H. e Gageiro, J.N. (2000). *Análise de Dados para Ciências Sociais – A completaridade do SPSS*. Lisboa, Edições Sílabo, Lda.

PNA (2000). Plano Nacional da Água. [Em linha]. Disponível em <http://www.inag.pt> [Consultado 12/07/2005].

Portela, M., Quintela, A. (2001). A Diminuição da Precipitação em Épocas do Ano como Indício de Mudança Climática: Casos Estudados em Portugal Continental. *In: Ingeniería del Agua*. Vol. 8 Marzo 2001, pp. 79-92.

Samuels, M.L, Witmer, J.A. (2003). *Statistics for the Life Sciences*. London, Pearson Education International.

Trigo, R.M., Dacamara, C.C. (2000). Circulation Weather Types and their Influence on the Precipitation Regime in Portugal. *In: International Journal Of Climatology*, vol. 20, pp. 1559-1581