

# AVALIAÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DA RIBEIRA DE VALVERDE

## Calibração do Modelo Temez aplicado à Ribeira de Valverde

Luís RAMALHO

Estagiário da Licenciatura em Engenharia dos Recursos Hídricos da UE, Apartado 94 Dep. Eng.ª Rural 7000 Évora

Maria Madalena MOREIRA

Professora Auxiliar Dep. Eng.ª Rural UE, Apartado 94 Dep. Eng.ª Rural 7000 Évora, mmvmv@uevora.pt

### Resumo

Apresenta-se neste trabalho a aplicação do Modelo Precipitação-Escoamento de Temez, com a respectiva calibração dos seus parâmetros, à Bacia Hidrográfica da Ribeira de Valverde que integra parcialmente a Herdade Experimental da Mitra e pertence à bacia hidrográfica da Ribeira das Alcáçovas, afluente do Sado.

O Modelo Temez simula o escoamento superficial na bacia, reproduzindo os processos essenciais de transporte de água entre as diferentes componentes do ciclo hidrológico.

Os parâmetros a calibrar no modelo são a capacidade máxima de humidade no solo, o parâmetro do excedente, a capacidade máxima de infiltração no solo e o coeficiente de descarga do aquífero.

Para calibração do Modelo de Temez aplicado à Ribeira de Valverde foram utilizados os resultados das medições de caudal na estação hidrométrica instalada na Herdade da Mitra. Apresentam-se vários cenários na aplicação do estudo de sensibilidade dos parâmetros do Modelo Temez.

Foram comparados os resultados do Modelo de Temez e do Balanço Hidrológico de Thornthwaite com os escoamentos medidos no terreno de modo a decidir qual a ferramenta a utilizar no apoio à gestão desta bacia hidrográfica.

**Palavras-chave:** Bacia hidrográfica, Balanço Hidrológico, Modelo de Temez, Calibração

### 1.INTRODUÇÃO

O principal objectivo deste artigo é a apresentação do resultado da aplicação do Modelo Temez à Bacia Hidrográfica da Ribeira de Valverde relativa a uma secção de referência localizada na Herdade da Mitra.

O Modelo Temez é um modelo hidrológico, que tem como objectivo reproduzir os processos essenciais de transporte de água entre as diferentes fases do ciclo hidrológico, (Monreal,1986). Para a sua aplicação é necessário calibrar os parâmetros do modelo.

A área em estudo está parcialmente integrada na Herdade Experimental da Mitra e pertence à Bacia Hidrográfica da Ribeira das Alcáçovas, uma sub-bacia do Rio Sado.

Este trabalho começou pela determinação da curva de vazão da Estação Hidrométrica construída numa secção transversal da Ribeira de Valverde, na Herdade da Mitra. Tendo sido observado que o corte da secção relativa à estação hidrométrica variava durante o período de medições, entre o dia 1 de Fevereiro de 2002 e o dia 31 de Agosto de 2003, foram medidos os caudais e alturas correspondente, pontos no plano (h,Q), durante todo o período de medições de modo a calcular a curva de vazão média na secção.

Através do traçado do limnógrafo e da aplicação da curva de vazão foi determinada a série de escoamentos mensais na secção em estudo.

A aplicação do Modelo Temez à bacia hidrográfica em estudo e comparação dos resultados com a série de escoamentos medido na secção permitiu a calibração dos parâmetros de escoamento.

Na última parte do trabalho foi calculado a série de escoamentos mensais pelo Balanço de Thornthwaite e foram comparados os resultados obtidos com a série de escoamentos determinada pela aplicação do Modelo Temez e a série de escoamentos medidos no terreno.

Foi concluído que o Modelo Temez é uma boa ferramenta para estimar a variação do escoamento neste secção de referência, apresentando um comportamento muito aproximado dos valores medidos no terreno.

## 2. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DA RIBEIRA DE VALVERDE

A Ribeira de Valverde está parcialmente integrada na Herdade Experimental da Mitra e pertence à Bacia Hidrográfica das Alcáçovas, uma sub-bacia do Rio Sado, localizando-se a cerca de 8 km da cidade de Évora, Figura 1.



Figura 1 - Localização da Ribeira de Valverde

As coordenadas da Estação Hidrométrica estão representadas no Quadro I.

A Bacia Hidrográfica da Ribeira de Valverde tem uma área de 72,2 Km<sup>2</sup> e um perímetro de 39,5 km, apresentando uma forma ligeiramente alongada com o factor de forma igual a 0,22. O comprimento do curso de água principal tem 18,1 km e o comprimento de todas as linhas de água é de 523,3 km.

A Bacia Hidrográfica apresenta uma altura média de 86,9 m e o declive médio de 1,13%. Os cursos de água são maioritariamente do tipo efêmero, ou seja, existem apenas durante ou imediatamente após os períodos de precipitação. Segundo o método modificado por Strahler a ordem do curso de água principal da bacia hidrográfica é de 6ª Ordem.

A Bacia Hidrográfica da Ribeira de Valverde apresenta uma densidade de drenagem de 7,25 km/km<sup>2</sup> e um percurso médio do escoamento superficial de 0,14 km, concluindo-se que se trata de uma bacia hidrográfica excepcionalmente bem drenada.

Quadro 1 Coordenadas da Estação Hidrométrica da Ribeira de Valverde

<b>Estação Hidrométrica</b>	<b>Latitude (N)</b>	<b>Longitude (W)</b>	<b>Altitude (m)</b>
Valverde	38°32'08"	8°00'56"	215

A Figura 2 representa a rede hidrográfica da Bacia Hidrográfica da Ribeira de Valverde.

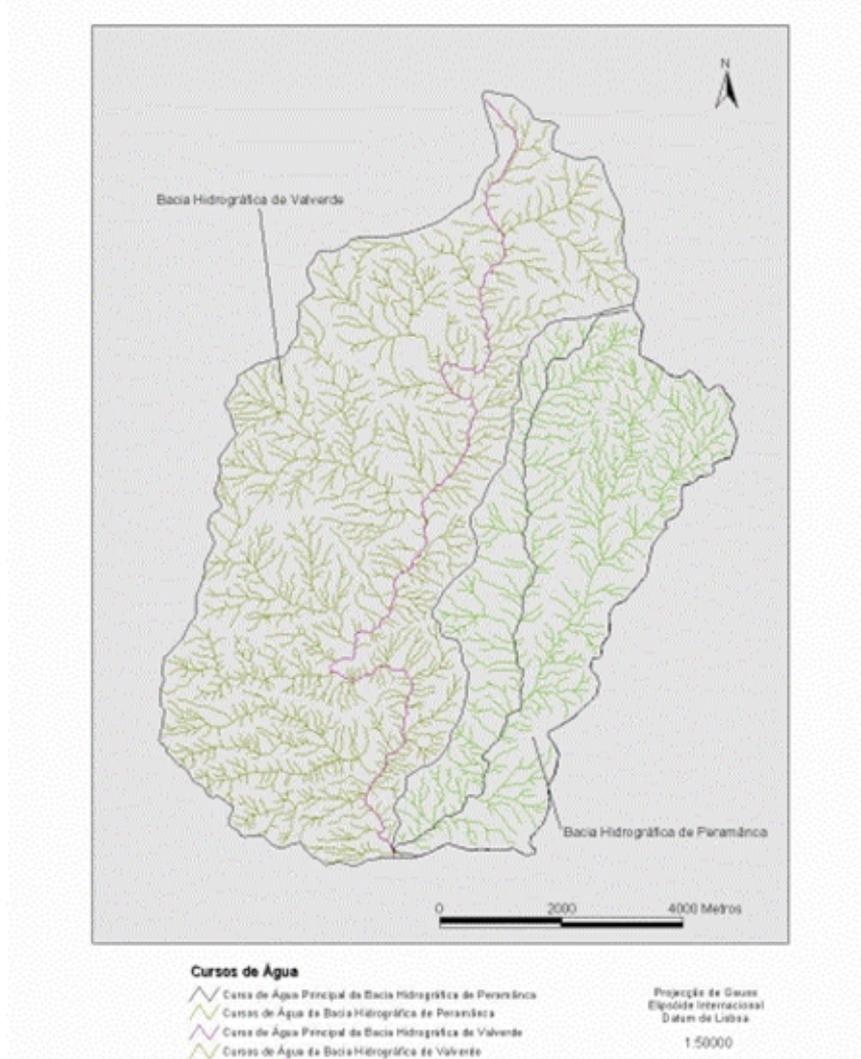


Figura 2 - Rede Hidrográfica da Bacia Hidrográfica da Ribeira de Valverde

### 3. RESULTADOS DO TRABALHO DE CAMPO

#### 3.1. Expressão da Curva de Vazão da Ribeira de Valverde:

A Curva de Vazão foi traçada a partir dos valores da altura da água e dos caudais medidos. Os caudais foram determinados a partir do método da secção-velocidade.

A expressão calculada, obtida através do ajuste aos pontos pelo Método dos Mínimos Quadrados, para a curva de vazão é:

$$Q = 4.183 * (H)^{2.2528} \quad (1)$$

em que:

Q – caudal; (m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>)

H - altura de água observada (m)

#### 3.2. Série de escoamento mensal medido no terreno:

Os níveis de água foram obtidos por um limnígrafo que se encontra instalado na estação hidrométrica da Ribeira de Valverde, onde se registam todos os níveis de água no limnigrama.

Para calcular o escoamento mensal, foi determinada a altura de água média de cada mês.

A altura de água média foi determinada pela seguinte expressão:

$$\overline{H} = \frac{A}{t} \quad (2)$$

em que:

$\overline{H}$  é a altura de água média de cada mês (m)

$A$  é a área limitada pelo limnigrama de cada mês (m<sup>2</sup>)

$t$  é o comprimento da abcissa do limnigrama, que representa a variável tempo (m)

As áreas limitadas pelos limnigramas, foram medidas com o planímetro. O escoamento mensal é determinado pela aplicação da curva de vazão, com H igual à altura de água média (m).

No Quadro 2 é apresentada a série de escoamentos mensais medidos no terreno.

Quadro 2 – Série de escoamentos mensais medidos no campo

Ano	Mês	Escoamento (mm/mês)	Ano	Mês	Escoamento (mm/mês)
2002	Fev	5,4	2003	Jan	15,7
	Mar	17,8		Fev	7,4
	Abr	11,3		Mar	2,0
	Mai	2,0		Abr	5,1
	Jun	0,4		Mai	0,1
	Jul	0,0		Jun	0,0
	Ago	0,0		Jul	0,0
	Set	0,4		Ago	0,0
	Out	1,9			
	Nov	15,9			
	Dez	35,6			

## 4. MODELO TEMEZ

### 4.1. Introdução

O modelo Temez reproduz os processos essenciais de transporte de água que têm lugar nas diferentes fases do ciclo hidrológico. O processo está de acordo com o princípio da conservação da massa e das leis específicas de transferência entre os distintos termos do balanço (Monreal, 1986).

O modelo considera o solo dividido em duas zonas:

- A camada superior, não saturada, onde coexistem água e ar.
- A camada inferior, o aquífero que se encontra saturado de água, funcionando como um reservatório subterrâneo que descarrega na rede superficial de drenagem (Rede hidrográfica).

Denomina-se por excedente a parcela da água precipitada que não é evapotranspirada somada do armazenamento no solo.

O excedente decompõe-se numa parcela que escoar superficialmente e noutra que infiltra até ao aquífero. A primeira escoar num período relativamente curto, enquanto que a parcela infiltrada vai alimentando o aquífero, originando descargas ao longo do tempo.

### 4.2. Formulação teórica do Modelo Temez

#### 4.2.1. Cálculo do excedente, T

$$\begin{cases} T_i = 0 & \text{se } P_i \leq P_0 \\ T_i = \frac{(P_i - P_0)^2}{P_i + \delta - 2P_0} & \text{se } P_i > P_0 \end{cases} \quad (3)$$

com:

$$\delta = H_{max} - H_{i-1} + EP_i \quad (4)$$

$$P_0 = C * (H_{max} - H_{i-1}) \quad (5)$$

em que:

$P_i$  - precipitação no mês em cálculo (mm)

$P_0$  - perdas iniciais no mês em cálculo (mm)

$T_i$  - excedente no mês em cálculo (mm)

$H_{max}$  - capacidade máxima de armazenamento em forma de humidade no solo (mm)

$H_{i-1}$  - humidade no solo no mês anterior ao de cálculo (mm)

$EP_i$  - evapotranspiração potencial do mês em cálculo (mm)

C - parâmetro do excedente

#### 4.2.2. Cálculo da Humidade no solo, H

A humidade no solo é determinada através da seguinte expressão:

$$H_i = \text{Max}(0, H_{i-1} + P_i - T_i - EP_i) \quad (6)$$

em que:

$H_i$  - humidade no solo no mês em cálculo (mm)

#### 4.1.3. Cálculo da Evapotranspiração Real, Er

A Evapotranspiração real é determinada através da seguinte expressão:

$$Er = \min(H_{i-1} + P_i - T_i, EP_i) \quad (7)$$

em que:

Er é a evapotranspiração real do solo no mês em cálculo (mm)

Esta expressão indica que se pode evapotranspirar toda a água disponível tendo como limite superior a evapotranspiração potencial.

#### 4.1.4. Cálculo da infiltração, I

O modelo adopta uma lei de infiltração em função do excedente e do parâmetro de capacidade máxima de infiltração no solo. A Infiltração real é determinada através da seguinte expressão:

$$I_i = I_{max} * \frac{T_i}{T_i + I_{max}} \quad (8)$$

em que:

I<sub>i</sub> é a infiltração no mês em cálculo (mm)

I<sub>max</sub> é a capacidade máxima de infiltração no solo (mm)

Admite-se que a infiltração (I) se converte em recarga ao aquífero (R), e o restante é drenado para a rede hidrográfica. Para isso, supõe-se que o tempo de infiltração na zona não saturada é metade do tempo de simulação.

#### 4.1.5. Cálculo do Escoamento Subterrâneo, A

O escoamento subterrâneo é determinado através da seguinte expressão:

$$A_{subi} = V_{i-1} - V_i + R_i t \quad (9)$$

A relação entre o caudal de descarga (Q<sub>i</sub>), e o volume de armazenamento no aquífero é:

$$Q_i = \alpha * V_i \quad (10)$$

e:

$$Q_i = (Q_{i-1} e^{-\alpha t} + \alpha R_i) e^{\frac{-\alpha t}{2}} \quad (11)$$

R<sub>i</sub> coincide com a infiltração (I<sub>i</sub>).

em que:

A<sub>subi</sub> é o escoamento subterrâneo no mês em cálculo (mm)

V<sub>i-1</sub> é o volume de armazenamento no aquífero no mês anterior (mm)

V<sub>i</sub> é o volume de armazenamento no aquífero no mês em cálculo (mm)

R<sub>i</sub> é a intensidade de recarga no aquífero no mês em cálculo (mm)

t é o intervalo de tempo no mês anterior até ao mês em cálculo (mês)

$Q_i$  é o caudal de descarga no mês em cálculo (mm)  
 $Q_{i-1}$  é o caudal de descarga no mês anterior (mm)  
 $\alpha$  é o coeficiente de descarga do aquífero

#### 4.1.6. Cálculo do escoamento total

Este escoamento é a soma do escoamento superficial (excedentes menos a infiltração) com o escoamento subterrâneo.

O escoamento é determinado através da seguinte expressão:

$$A_i = T_i - I_i + A_{subi} \quad (12)$$

em que:

$A_i$  é o escoamento total (mm)

Os parâmetros a calibrar na aplicação do modelo são:

- Capacidade máxima de humidade no solo ( $H_{max}$ )
- Parâmetro do excedente (C)
- Capacidade máxima de infiltração no solo ( $I_{max}$ )
- Coeficiente de descarga do aquífero ( $\alpha$ )

## 4.2. Dados de entrada do Modelo Temez

### 4.2.1. Precipitação

Para determinar a série de precipitações ponderadas sobre a Bacia Hidrográfica da Ribeira de Valverde, utilizou-se o Método de Thiessen. Os postos udométricos utilizados foram os de Évora/Mitra, Barragem do Divor, Arraiolos, Santiago do Escoral e Montemor-o-Novo. Concluiu-se que os postos udométricos que têm influência sobre a bacia são Arraiolos, Barragem do Divor e Évora/Mitra. Sendo o posto udométrico Évora/Mitra o mais influente.

Como o posto udométrico de Évora/Mitra apresenta uma área de influência extremamente elevada (92%), optou-se por considerar a série de precipitações ponderada sobre a bacia igual à série de precipitações no posto udométrico Évora/Mitra. Os dados de precipitação Évora/ Mitra foram consultados no site " [www.cge.pt](http://www.cge.pt) ". A precipitação mensal do posto udométrico Évora/Mitra está representada no Quadro 3.

Embora o ano hidrológico comece no dia 1 de Outubro, verificou-se que em Setembro as precipitações foram relativamente altas, optando-se por começar a aplicação do modelo no mês de Setembro.

### 4.2.2. Evapotranspiração potencial

O método utilizado para calcular a Evapotranspiração potencial mensal foi o método Penman-Monteith. Este método necessita de observações de radiação global, temperatura, humidade do ar e velocidade do vento.

Foram usados os dados normais climatológicas correspondentes ao período 1951-1980, relativos à estação meteorológica de Évora e consultados em " *O Clima de Portugal*" Normais climatológicas da região «Alentejo e Algarve» correspondentes a 1951-1980. A Evapotranspiração potencial mensal calculada para Évora é representada no Quadro 4.

Quadro 3 - Precipitação mensal ponderada sobre a bacia hidrográfica da Ribeira de Valverde

Ano	Mês	Precipitação (mm)
2001	Set	110,2
	Out	91,6
	Nov	38,5
	Dez	37,6
2002	Jan	50,5
	Fev	30,3
	Mar	107,8
	Abr	92,6
	Mai	24,5
	Jun	8,8
	Jul	7,7
	Ago	5,7
	Set	129,5
	Out	55,1
	Nov	116,5
	Dez	138,2
2003	Jan	94,1
	Fev	85,1
	Mar	53,5
	Abr	87,3
	Mai	9,6
	Jun	5,0
	Jul	2,0
	Ago	2,2

Quadro 4 - Evapotranspiração potencial mensal para Évora

Mês	Evapotranspiração potencial (mm)
Janeiro	24,1
Fevereiro	38,7
Março	62
Abril	93,6
Maio	125,7
Junho	154,1
Julho	178,7
Agosto	166,2
Setembro	117,1
Outubro	68,6
Novembro	36,1
Dezembro	23,4

### 4.3. Parâmetros a calibrar do Modelo Temez

#### 4.3.1 Capacidade máxima de Humidade no solo

É a quantidade máxima de água que um solo pode reter até ao ponto de drenagem. Para determinar uma primeira aproximação aceitável para este parâmetro, utilizou-se a seguinte expressão:

$$H_{max} = (h * D_{ap} * PF_2) * 10^{-2} \quad (13)$$

em que:

$H_{max}$  - capacidade máxima de humidade no solo (mm)

$h$  - profundidade do solo (m)

$D_{ap}$  - densidade aparente do solo

$PF_2$  - capacidade de campo do solo (%)

Estas variáveis são função do tipo de solo, para o que foi feito o estudo do tipo de solo da bacia hidrográfica da Ribeira de Valverde. A categoria taxonómica para classificar o solo foi a família. Esta categoria taxonómica é uma subdivisão dos subgrupos, baseados principalmente na natureza litológica da rocha mãe ou noutras características importantes comuns a várias séries.

Para o caso de variáveis que não são conhecidas, foi aplicada a comparação com solos que tivessem as mesmas características. Uma das características mais importantes foi a textura. Da aplicação da Equação (13) resultou que a capacidade máxima de humidade no solo, ponderada sobre a Bacia Hidrográfica da Ribeira de Valverde, é de 134,3 mm.

#### 4.3.2. Capacidade máxima de infiltração no solo

Capacidade máxima de infiltração no solo é a quantidade máxima que o solo é capaz de absorver através da sua superfície, quando esta é mantida em contacto com a água à pressão atmosférica. A capacidade máxima de infiltração também varia com o tipo de solo.

Optou-se por considerar a capacidade máxima de infiltração idêntica à condutividade hidráulica saturada.

A capacidade máxima de infiltração no solo ponderada sobre a Bacia Hidrográfica da Ribeira de Valverde é 14,0 mm.

#### 4.3.3. Parâmetro do excedente e parâmetro de recarga do aquífero

Para estes dois parâmetros foram admitidos valores usuais, tais como:

$$C = 0.2$$

$$\alpha = 0.005$$

#### 4.4. Variáveis de saída do Modelo Temez

O Modelo Temez permite obter as seguintes séries mensais:

- Evapotranspiração real
- Escoamento superficial
- Recarga subterrânea

#### 4.5. Simulação do modelo Temez

A programação do Modelo Temez foi desenvolvida numa folha de cálculo do Microsoft Excel, Quadro 5.

Procedeu-se ao estudo de sensibilidade dos parâmetros. Aumentou-se e diminuiu-se 20% cada um dos parâmetros de escoamento, mantendo os outros parâmetros constantes.

Foram ajustados os valores dos quatro parâmetros de calibração, através da comparação dos resultados da aplicação do modelo com os resultados medidos no terreno.

A comparação do resultado obtido da primeira simulação com o Modelo Temez e os escoamentos medidos estão referidos no Quadro 5.

Quadro 5 Comparação dos valores de escoamentos mensais entre o Modelo Temez e os valores medidos

Ano	Mês	Modelo Temez (mm)	Valores medidos (mm)
2001	Set	13,9	Sem registo
	Out	9,7	Sem registo
	Nov	0,1	Sem registo
	Dez	0,1	Sem registo
2002	Jan	2,6	Sem registo
	Fev	0,1	5,4
	Mar	17,2	17,8
	Abr	8,9	11,3
	Mai	0,2	2,0
	Jun	0,2	0,4
	Jul	0,2	0,0
	Ago	0,2	0,0
	Set	26,2	0,4
	Out	1,1	1,9
	Nov	24,8	15,9
	Dez	40,5	35,6
2003	Jan	14,4	15,7
	Fev	9,4	7,4
	Mar	1,2	2,0
	Abr	7,4	5,1
	Mai	0,5	0,1
	Jun	0,5	0,0
	Jul	0,5	0,0
	Ago	0,5	0,0

Na Figura 3 é apresentada a representação dos hidrogramas obtido pelo Modelo Temez e o hidrograma dos valores medidos.

Nos meses de Setembro a Fevereiro não houve registo de valores, devido as leituras só terem começado no dia 1 de Fevereiro de 2002.

Após estudo de sensibilidade dos quatro parâmetros a calibrar, observou-se que o melhor resultado corresponde ao conjunto de valores:

$$H_{\max} = 134.3 \text{ mm}$$

$$I_{\max} = 14.0 \text{ mm}$$

$$C = 0.24$$

$$\alpha = 0.005$$

O resultado obtido com estes valores está representado na Figura 4.

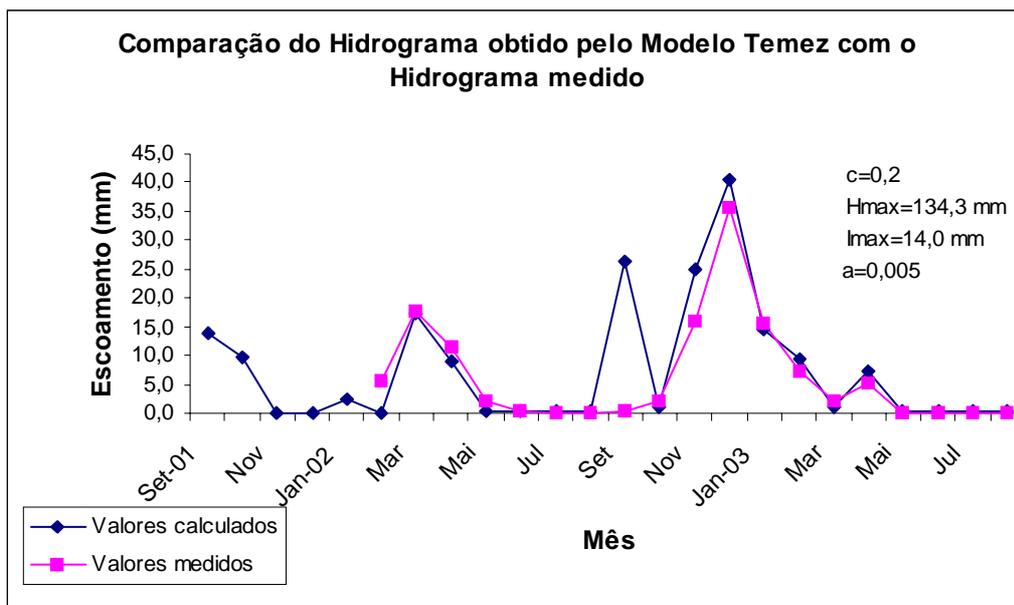


Figura 3 - Hidrogramas calculado pelo Modelo Temez e medido no campo

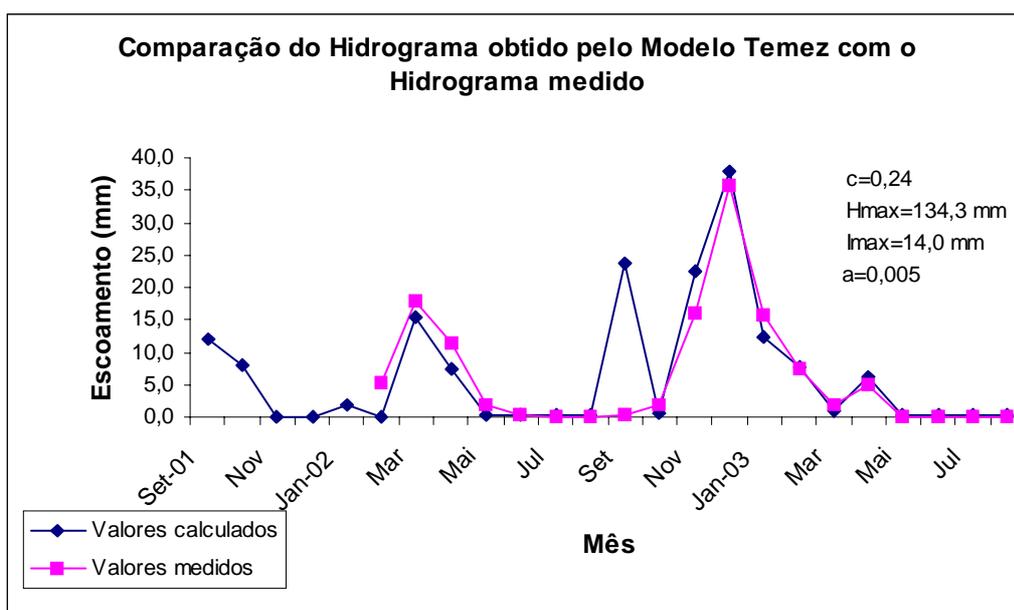


Figura 4 - Comparação do Hidrograma obtido pelo modelo Temez com o Hidrograma medido, existindo um aumento do parâmetro dos excedentes (C) de 20%

#### 4.6. Determinação do Balanço Hidrológico mensal pelo Método de Thornthwaite

O Método de Thornthwaite, é outro dos métodos muito utilizado para calcular o Balanço Hidrológico mensal.

Calculou-se o Balanço Hidrológico mensal por este método, para fazer uma comparação com o Modelo Temez.

A capacidade utilizável do solo aplicada foi de 100 mm. Admite-se que o aumento de armazenamento de água no solo é igual ao excesso da precipitação relativamente à evapotranspiração potencial, com o

máximo no valor da capacidade utilizável do solo. A diminuição da quantidade de água no solo segue uma lei exponencial.

#### 4.7. Comparação dos resultados obtidos entre o Método de Thornthwaite, o Modelo Temez e os Escoamentos superficiais medidos

Os resultados obtidos pelos dois métodos e medidos são apresentados no Quadro 6.

Quadro 6 - Comparação dos escoamentos superficiais obtidos pelos diferentes métodos

Ano	Mês	Método Thornthwaite (mm)	Modelo Temez (mm)	Escoamentos medidos (mm)
2001	Set	0,0	12,621	sem registo
	Out	0,0	9,722	sem registo
	Nov	0,0	0,124	sem registo
	Dez	0,0	0,104	sem registo
2002	Jan	0,0	2,598	sem registo
	Fev	0,0	0,1	5,4
	Mar	3,2	17,2	17,8
	Abr	1,6	8,9	11,3
	Mai	0,8	0,2	2,0
	Jun	0,4	0,2	0,4
	Jul	0,2	0,2	0,0
	Ago	0,1	0,2	0,0
	Set	0,0	26,2	0,4
	Out	0,0	1,1	1,9
	Nov	0,0	24,8	15,9
	Dez	53,0	40,5	35,6
2003	Jan	61,5	14,4	15,7
	Fev	54,0	9,4	7,4
	Mar	27,0	1,2	2,0
	Abr	13,5	7,4	5,1
	Mai	6,7	0,5	0,1
	Jun	3,4	0,5	0,0
	Jul	1,7	0,5	0,0
	Ago	0,8	0,5	0,0

O Método de Thornthwaite determinou escoamentos superficiais muito baixos, ou seja praticamente não existe escoamento superficial por este método.

Esta simulação fugiu muito aos escoamentos superficiais medidos. O que leva a admitir que é um método menos fiável do que o Modelo Temez para a Bacia de Valverde.

No Quadro 6 e Figura 5 é possível comparar os Hidrogramas obtidos pelos diferentes métodos.

Na Figura 6 é apresentada a série de escoamentos mensais calculada pela aplicação do Método de Thornthwaite, admitindo que existe um coeficiente cultural com o valor de  $K=0,7$ .

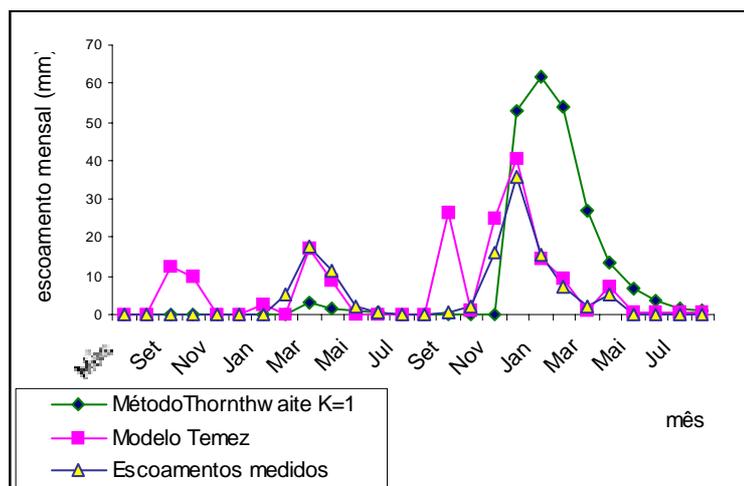


Figura 5 - Comparação dos Hidrogramas obtidos pelos diferentes métodos

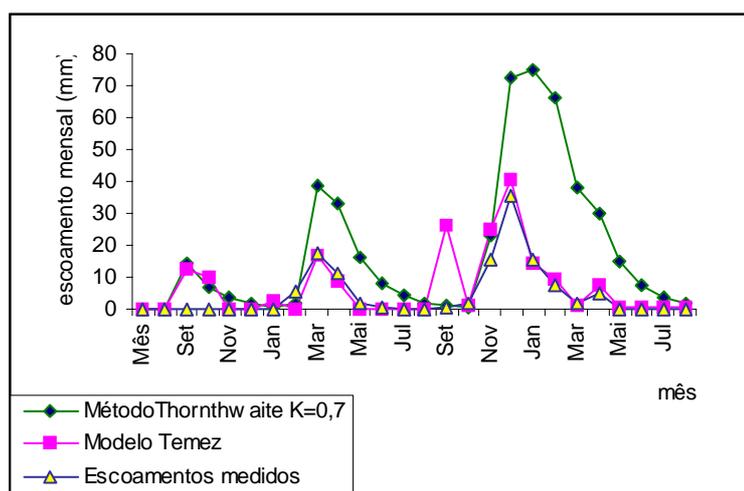


Figura 6 - Comparação dos Hidrogramas obtidos pelos diferentes métodos

A análise das Figuras 5 e 6 permite verificar que o Modelo Temez representa melhor o hidrograma de escoamentos mensais na Ribeira de Valverde do que a aplicação do Método de Thornthwaite.

## 5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Deste trabalho conclui-se que há uma boa aproximação entre os valores medidos de escoamento com os valores obtidos pelo Modelo Temez. Sendo Setembro do ano 2002, o valor que mais se afasta do valor real. Pode ser devido à ocorrência de trovoadas que correspondem a chuvadas com alta intensidade e curta duração dando origem a grandes quantidades de precipitação ocorridas num curto espaço de tempo. Quanto à calibragem dos parâmetros, a melhor simulação realizada, foi para os seguintes parâmetros;

C=0.24

$H_{\max} = 134.3 \text{ mm}$   
 $I_{\max} = 14.0 \text{ mm}$   
 $\alpha = 0.005$

Verificou-se que na aplicação do Método de Temez, o parâmetro que mais influenciou o modelo foi o parâmetro da capacidade máxima de humidade no solo ( $H_{\max}$ ).

O Modelo Temez também apresentou valores muito mais perto do real para a bacia em estudo, do que apresentou o Método de Thornthwaite.

Para uma melhor afinação dos parâmetros do modelo, recomenda-se que continue em funcionamento a Estação Hidrométrica, de modo a que se tenha maior número de dados a aplicar na calibração.

O Modelo de Temez com os parâmetros referidos pode ser aplicado na gestão da bacia hidrográfica da Ribeira de Valverde.

### **Simbologia:**

$A_i$  - Escoamento total (mm)

$A_{\text{subi}}$  - Escoamento subterrâneo no mês em cálculo (mm)

$C$  - Parâmetro do excedente

$EP_i$  - Evapotranspiração potencial do mês em cálculo (mm)

$Er$  - Evapotranspiração real do solo

$H$  - Altura da água observada (m)

$Q$  - Caudal ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$H_{i-1}$  - Humidade no solo no mês anterior ao de cálculo (mm)

$H_i$  - Humidade no solo no mês em cálculo (mm)

$H_{\max}$  - Capacidade máxima de armazenamento em forma de humidade no solo (mm)

$I_i$  - Infiltração no mês em cálculo (mm)

$I_{\max}$  - Capacidade máxima de infiltração no solo (mm)

$P_i$  - Precipitação no mês em cálculo (mm)

$Q_{i-1}$  - Caudal de descarga no mês anterior (mm)

$Q_i$  - Caudal de descarga no mês em cálculo (mm)

$R_i$  - Intensidade de recarga no aquífero no mês em cálculo (mm)

$T_i$  - Excedente no mês em cálculo (mm)

$V_{i-1}$  - Volume de armazenamento no aquífero no mês anterior (mm)

$V_i$  - Volume de armazenamento no aquífero no mês em cálculo (mm)

$\alpha$  - Coeficiente de descarga do aquífero

### **BIBLIOGRAFIA:**

CARDOSO, J.C - *Os Solos de Portugal. Sua Classificação e Génese*, Secretaria de Estado da Agricultura. Direcção Geral dos serviços Agrícolas.1965.

COSTA, J. B. - *Caracterização e Constituição do Solo*. Fundação Calouste Gulbenkian.3ª Edição, 1985.

LENCASTRE, A; FRANCO, F.M. - *Lições de Hidrologia*. Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Lisboa,1984.

MONREAL,T.E. – *Formulacion Teorica del Modelo Temez*. Curso Sobre Modelos Hidrologicos de Simulacion Continua de la Cuenca, 1986

QUINTELA, A. de C. - *Hidráulica*. Fundação Calouste Gulbenkian. 4ª Edição. Lisboa,1981.

SANTOS, F. L. - *Transferência De Água e de Solutos no solo*. Publicações "Universidade de Évora". Ciências Agrárias, 1997.