



**MECAR -  
METODOLOGIA PARA  
A ESTIMATIVA DE  
ÁGUA DE REGA EM  
PORTUGAL**

**MECAR -  
METHODOLOGY TO  
ESTIMATE THE  
IRRIGATION WATER  
CONSUMPTION IN  
PORTUGAL**

**Autores:**

***Pedro Leão***

Professor Catedrático do ISA/UTL

***Ana Moraes***

Técnica Superior de Estatística do INE

**Resumo**

No âmbito do sistema europeu de indicadores agro-ambientais, o Conselho da União Europeia reconheceu a necessidade de dispor de dados comparáveis sobre as actividades agrícolas, especialmente no que diz respeito às práticas de gestão agrícola e ao uso dos factores de produção agrícola, nomeadamente ao uso da água para rega, tendo ficado esse princípio consignado no texto do regulamento (CE) 1166/2008. Para dar resposta a esta obrigação legal, estabeleceu-se uma parceria entre o INE e o ISA/CENTROP no sentido de desenvolver a MECAR - *Metodologia para a Estimativa de Água de Rega em Portugal*. Após a abordagem comparativa de diferentes metodologias alternativas, considerou-se que a utilização de modelos de estimação com base no balanço hídrico seria a via mais adequada para alcançar os objectivos propostos.

A metodologia assentou no balanço hídrico do solo, o qual é efectuado pelo modelo matemático ISAREG (Teixeira e Pereira, 1992 e Teixeira, 1994), que se fundamenta no procedimento da FAO (Doorenbos e Pruitt, 1977 e Doorenbos e Kassam, 1979) para a determinação das necessidades hídricas das culturas, às quais se aplicam factores de correcção da perda de eficiência que derivam das características dos sistemas de rega utilizados e das condições de rega, nomeadamente da sua gestão pelos respectivos proprietários.

A validação dos resultados produzidos pela MECAR, para comprovar que os volumes obtidos por simulação se situavam próximo dos valores reais, considerou-se satisfatória. É, contudo, recomendado que uma segunda validação seja realizada, confrontando os valores anuais simulados com os dados registados por associações de regantes e agricultores individuais para o mesmo período de referência.

A aplicação da MECAR aos dados reais do IE 2007 constituiu um teste à operacionalidade desta solução que se revelou adequada, pois permitiu obter informação credível e compatível com os requisitos do regulamento.

**Palavras-chave:** balanço hídrico do solo, necessidades hídricas das culturas, ISAREG, água de rega, agricultura, eficiência, sistemas de rega, volume de água de rega, factores de correcção da eficiência

### **Abstract**

Under the European system of agri-environmental indicators, the Council of the European Union recognized the need for comparable data on agricultural activities, especially with regard to farm management practices and use of agricultural inputs, including the use of irrigation water, having been enshrined this principle in the Regulation (EC) 1166/2008. To meet this legal requirement, established a partnership between the INE and ISA / CENTROP to develop the MECAR - *Methodology for Estimating Irrigation Water in Portugal*. After the comparative approach of different methodologies, it was considered that the use of estimation models based on water balance would be the best approach to achieve these objectives.

The methodology was based on soil water balance, which is done by the mathematical model ISAREG (Teixeira and Pereira, 1992 and Teixeira, 1994), which is based on the procedure of the FAO (Doorenbos and Pruitt, 1977 and Doorenbos and Kassam, 1979) determining the water requirements of crops, which apply correction factors for loss of efficiency that stem from the characteristics of irrigation systems used and the conditions of irrigation, particularly in their management of their respective owners.

The validation of results produced by MECAR, to prove that the volumes obtained by simulation were located close to the actual values, it was considered satisfactory. However, it is recommended that a second validation be performed, comparing the annual simulated data recorded by the irrigation farmers associations and individual farmers for the same period.

The application of MECAR to actual data from IE 2007 is an operational test of this solution is adequate as it allowed to obtain reliable information and consistent with the requirements of the regulation.

**Key-words:** soil water balance, crop water requirement, ISAREG, irrigation water, agriculture, efficiency, irrigation systems, irrigation water volume, efficiency correction factors

## 1. INTRODUÇÃO

O Regulamento (CE) n.º 1166/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de Novembro de 2008, relativo aos inquéritos sobre a estrutura das explorações agrícolas e aos modos de produção agrícola, consigna a obrigatoriedade de cada Estado Membro da União Europeia passar a disponibilizar informação sobre o volume de água utilizada para rega, por cada exploração agrícola, a partir do Recenseamento Agrícola 2009.

Em termos nacionais, o INE firmou uma parceria com o Centro de Estudos Tropicais para o Desenvolvimento (CENTROP) e o Instituto Superior de Agronomia (ISA) para o estudo e implementação da Metodologia para a Estimativa de Água de Rega em Portugal (MECAR), projecto esse financiado pelo Eurostat.

Em primeiro lugar apresenta-se uma descrição das metodologias alternativas abordadas e dos fundamentos que conduziram às decisões tomadas e ao método seleccionado.

Em seguida, aprofundam-se as vertentes da MECAR, nomeadamente os princípios teóricos da estimação, a caracterização dos dados de entrada, a descrição e validação dos “outputs”.

A aplicação prática da MECAR é ilustrada através de uma simulação executada com os dados do Inquérito à Estrutura das Explorações Agrícolas de 2007 (IE 2007).

## 2. METODOLOGIAS ALTERNATIVAS

Equacionaram-se as seguintes abordagens alternativas para o apuramento do volume de água consumida por cada exploração agrícola:

1ª Inquirição directa dos produtores agrícolas

2ª Recolha de dados administrativos

3ª Utilização de modelos de estimação com base no balanço hídrico

### 2.1. INQUIRição DIRECTA AOS PRODUTORES AGRÍCOLAS

A avaliação desta hipótese fez-se com base nos resultados do IE 2007, inquérito que se realizou por entrevista directa em todo o país, junto a uma amostra de cerca de 39 000 explorações. O período de referência decorreu de 1 de Novembro de 2006 a 31 de Outubro de 2007.

No IE 2007, incluíram-se as seguintes questões adicionais (para além do conjunto de questões habituais) sobre o volume de água de rega consumido:

1 - Efectua o registo sistemático dos volumes de água de rega consumidos anualmente? Sim Não

2 - Em caso afirmativo indique o volume de água consumido           m<sup>3</sup>

Os resultados obtidos foram os seguintes:

- Número de explorações com rega = **21865** (67%)

- Número de explorações sem rega = **10637** (33%)

- Número de explorações com rega que efectuam o registo sistemático = **244** (1%)

Ou seja, **67%** das explorações inquiridas declararam dispor de rega, mas destas apenas **1%** admitiram efectuar o registo e forneceram os volumes de água consumidos na rega.

Mais de 90% destas explorações localizavam-se nas regiões de Ribatejo e Oeste, Alentejo e Algarve. No entanto, estas regiões representam menos de 20% do número total de explorações com rega.

Os resultados obtidos para as culturas regadas destas 244 explorações revelaram a existência de valores muito superiores ou muito abaixo dos limites aceitáveis.

Tabela 1 - Volume de água de rega consumido por cultura (IE 2007)

Cultura	Nº de ocorrências	Volume (m <sup>3</sup> /ha)		
		Médio	Máximo	Mínimo
Arroz	80	21.169,7	666.666,7	11,0
Azeitona azeite	5	109.934,8	545.454,5	12,0
Batata	1	2.459.726,5	2.459.726,5	2.459.726,5
flores ar livre	3	74.165,3	180.740,0	1.975,8
hortícolas ar livre	19	108.470,5	1.162.162,8	810,8
Kiwis	3	3.435,9	4.307,7	3.000,0
Laranjeiras	15	3.298.604,8	49.411.764,7	0,5
Macieiras	2	24.666,7	40.000,0	9.333,3
Milho	17	8.979,6	57.750,0	3.100,0
Nogueiras	1	14.285,7	14.285,7	14.285,7
Outras temporárias	1	7.106,4	7.106,4	7.106,4
Outros citrinos	1	2.792,0	2.792,0	2.792,0
Outros subtropicais	1	9.000,0	9.000,0	9.000,0
Pastagens permanentes	16	41.286,5	530.406,5	167,5
Pereiras	2	1.767,1	2.734,2	800,0
Pessegueiros	2	850,0	858,9	841,2
Prados	17	38.374,8	530.406,5	1,0
propagação	2	4.153,1	6.886,8	1.419,4
Tangerineiras	6	8.237.682,3	49.411.764,7	2.070,9
Total permanentes	35	6.704,9	96.686,9	1,3
Total temporárias	38	123.645,7	4.383.160,7	3,8
Vinha	5	738,0	2.480,0	37,5
<b>Total</b>	<b>272</b>	<b>413.236,9</b>	<b>49.411.764,7</b>	<b>0,53</b>

Os eventuais erros de observação e/ou de registo informático podem ter sido desencadeados pelo próprio produtor (por exemplo, por não ter procedido ao correcto registo do volume de água de rega) ou pelo entrevistador (eventualmente teriam que ser amplamente melhorados os documentos de suporte à recolha destas variáveis - manual de instruções, questionário, validações, etc.).

Mesmo quando se eliminam os registos extremos em cada cultura, obtêm-se valores que, apesar de mais aceitáveis, apresentam ainda problemas de credibilidade em alguns casos, nomeadamente nas “flores” e “hortícolas de ar livre” e “macieiras”.

Os resultados alcançados permitiram tirar algumas conclusões:

- o número e a distribuição geográfica dos produtores agrícolas que, dada a amostra total do IE 2007, declararam registar o volume de água de rega parecem ser claramente insuficientes para que se possa constituir uma amostra representativa do universo das explorações com rega.
- a fiabilidade dos resultados alcançados por esta via é questionável, suscitando algumas dúvidas sobre a origem dos erros encontrados. Para uma mesma cultura observaram-se dotações de água por hectare muito diferentes entre explorações agrícolas, mesmo quando estas se encontravam situadas na mesma zona geográfica.
- a opção pela eventual implementação, nos inquéritos às explorações agrícolas, da inquirição directa destas variáveis aos agricultores não evitaria que, mesmo assim, se tivesse que recorrer a outros métodos complementares e até correctivos de forma a obter a informação necessária.

## 2.2. RECOLHA DE DADOS ADMINISTRATIVOS

Nesta abordagem equacionou-se a possibilidade de obtenção dos dados através das associações de regantes em actividade no país.

Efectivamente, segundo a Direcção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR), existem no território continental de Portugal cerca de 30 associações de regantes distribuídas geograficamente da seguinte forma:

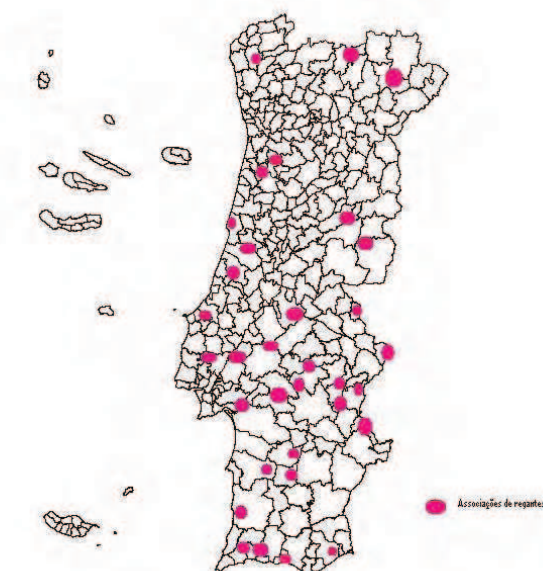


Figura 1: Distribuição geográfica das Associações de Regantes.

Como se pode constatar, verifica-se uma concentração destas associações nas regiões mais a sul, nomeadamente no Ribatejo, Alto Alentejo e Algarve. Nas regiões Norte e Centro que, segundo o IE 2007, reuniam cerca de 75% das explorações com rega e mais de 50% da superfície total irrigável, estas associações são praticamente inexistentes.

Efectivamente, em todo o país, apenas cerca de 13700 produtores agrícolas declararam utilizar o sistema de rega “Colectivo Estatal” e, destes, menos de 8000 o utilizavam exclusivamente para regar as suas terras. Os restantes recorriam também aos sistemas “Colectivo Privado” e “Individual”.

O recurso por via administrativa aos dados detidos por estas associações acabou por revelar-se inviável, quer porque no seu conjunto apresentavam um insuficiente grau de cobertura do território nacional, quer pela extrema dificuldade da sua obtenção ao nível individual dos respectivos associados. Não estariam asseguradas, por esta via, as características exigidas pelo regulamento UE.

Constatou-se, ainda assim, que as associações de regantes são detentoras de informação agregada sobre as dotações reais médias de água de rega por cultura nos respectivos perímetros de actuação, que podem ser utilizadas na validação das estimativas a obter.

### 2.3. UTILIZAÇÃO DE MODELOS DE ESTIMAÇÃO COM BASE NO BALANÇO HÍDRICO

A utilização de um modelo com base no balanço hídrico pressupõe a “construção” desse resultado a partir das necessidades hídricas específicas das culturas.

Se se conhecerem todas as entradas e saídas de água referenciadas à superfície ocupada por determinada cultura, pode-se estimar o volume de água que teoricamente deverá ser disponibilizado para satisfazer as necessidades hídricas das plantas em causa, tendo como objectivo a obtenção de determinada produtividade.

Contudo, esse “output” não corresponde exactamente ao resultado pretendido pois há ainda necessidade de afectar o volume de água a disponibilizar às plantas com factores de perda de eficiência relativos aos diferentes procedimentos de rega (adequação dos sistemas e dos métodos utilizados).

Algumas características ao nível das explorações e dos gestores agrícolas desempenham um papel reconhecidamente relevante na implementação de tais procedimentos, conduzindo a maior ou menor eficiência da aplicação da água de rega.

Os graves constrangimentos relatados nos casos da inquirição directa dos produtores agrícolas e na recolha de dados administrativos, condicionaram fortemente a selecção da metodologia a seguir. A utilização de um modelo de estimação demonstrou ser a única alternativa viável e de qualidade entre as que foram analisadas.

A escolha desta metodologia teve por base os seguintes pressupostos:

- Disponibilidade de um modelo matemático de cálculo do balanço hídrico do solo, adaptado às condições nacionais – modelo ISAREG (Teixeira & Pereira 1992);
- Disponibilidade dos dados climáticos de base com a cobertura adequada do território nacional;
- Disponibilidade das áreas relativas a todas as culturas regadas e respectivos sistemas de rega, por exploração (inquéritos às explorações agrícolas);
- Disponibilidade de informação sobre as características das explorações e gestores agrícolas (inquéritos às explorações agrícolas).

### 3. DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA SELECIONADA

#### 3.1. INTRODUÇÃO

Na impossibilidade de se obterem informações fidedignas por via administrativa ou a partir dos inquéritos realizados às explorações agrícolas, por falta de quantificação sistemática dos volumes de água de rega aplicada por cada agricultor, colocou-se o desafio de elaborar uma metodologia que permitisse obviar essa lacuna.

Desde logo se apresentou como eixo central dessa metodologia o conhecimento das necessidades hídricas das diferentes culturas beneficiadas. Mas, para além dessa avaliação, normalmente baseada na estimativa da evapotranspiração, é necessário conceber um modelo que permita considerar os procedimentos de rega adoptados pelo agricultor ao longo de toda uma época de rega.

Assim, a metodologia proposta para a estimativa do cálculo do volume de água de rega consumida em cada exploração, assentou no balanço hídrico do solo, o qual é efectuado pelo modelo matemático ISAREG, que se fundamenta no procedimento da FAO (Doorenbos e Pruitt, 1977 e Doorenbos e Kassam, 1979) para a determinação das necessidades hídricas das culturas.

Este programa exige um conjunto de dados de entrada, em particular informação sobre solos, precipitação efectiva, evapotranspiração, dados sobre as culturas e conteúdo de água no solo.

A simulação para cada uma das distintas condições meteorológicas considera uma textura de solo representativa e as respectivas culturas de cada uma dessas zonas.

Posteriormente, o valor gerado pelo modelo para cada cultura tem de ser afectado por uma eficiência de rega, resultante das características do sistema de rega e da capacidade técnica do agricultor.

Uma vez conhecida a área de cada exploração agrícola, é finalmente gerado um valor de volume de água de rega correspondente.

As simulações são efectuadas com base nos valores históricos de evapotranspiração, precipitação e de conteúdo de água no solo (valores médios decendiais), obtendo-se assim, *a priori*, uma previsão dos volumes de água de rega a consumir anualmente. *A posteriori*, será então possível realizar simulações anuais com os dados meteorológicos actuais, de forma a corrigir eventuais desvios e melhor se precisar a estimativa do volume de água de rega consumido nesse ano em Portugal.

#### 3.2. O MODELO ISAREG

##### 3.2.1. Princípios teóricos

Doorenbos e Pruitt (1977) definiram as **necessidades hídricas das culturas** (*crop water requirements*) como a quantidade de água, expressa em altura [mm], necessária para fazer face à água perdida através da evapotranspiração de uma cultura isenta de doenças, crescendo numa parcela extensa, sem restrições relativas à água e ao solo, incluindo a fertilidade, e atingindo a produção potencial para o ambiente em que se encontra.

A determinação das necessidades hídricas das culturas consiste em conhecer qual o consumo de água, ao longo do tempo, de uma parcela de terreno caracterizada por um solo, uma cultura, rotação ou sucessão de culturas num certo clima (Carreira, 1997).



O procedimento da FAO (Doorenbos e Pruitt, 1977 e Doorenbos e Kassam, 1979) para a determinação das necessidades hídricas das culturas baseia-se na realização de um balanço simples de água no solo. O modelo ISAREG é um exemplo de um modelo matemático que aplica esta metodologia, conforme se descreve em Teixeira e Pereira (1992), calculando as necessidades de água das culturas, tal como as necessidades de rega.

### 3.2.2. Funcionamento e utilização prática

O modelo efectua, ao nível da parcela e para toda a época de rega, o balanço hídrico. Este efectua-se num prisma do solo de área unitária e altura variável com a profundidade radicular.

Este modelo responde a um vasto leque de aplicações (Teixeira, 1994) relativas a um sistema cultura-solo-clima, como sejam:

1. calendarizar, *à priori*, a rega, determinando a oportunidade e o volume de cada rega, a quebra de produção e o caudal fictício contínuo;
2. determinar as **necessidades de rega** de uma cultura;
3. avaliar um certo calendário de rega; e
4. definir os parâmetros de projecto de rega, mediante a construção de séries estatísticas com os valores das necessidades de rega e do caudal fictício contínuo.

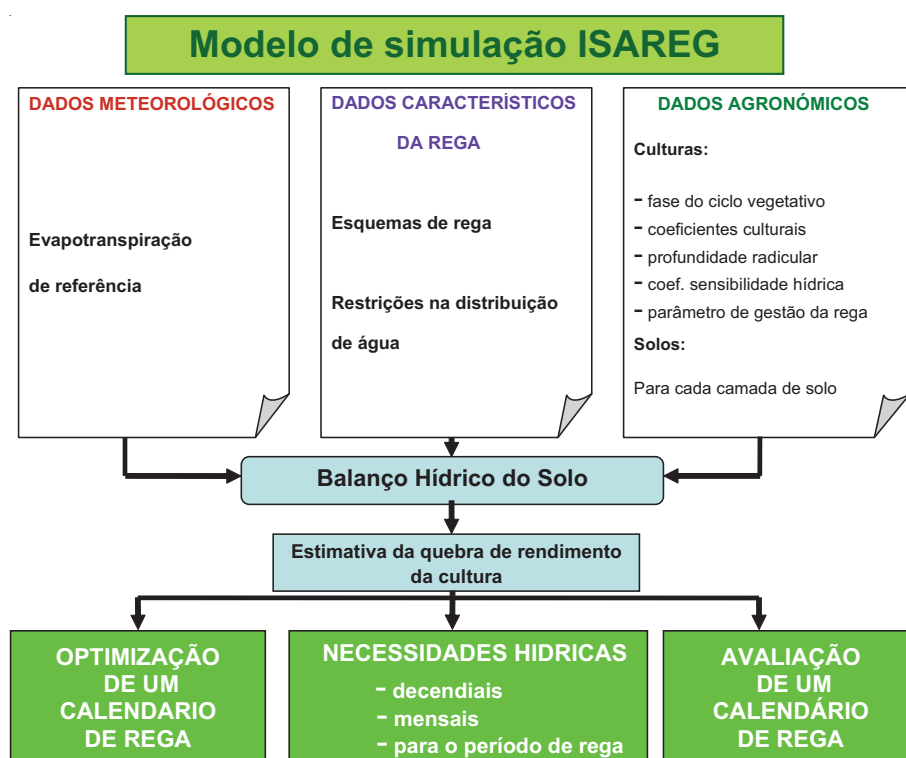


Figura 2: Esquema de funcionamento do modelo ISAREG

Para simular o balanço hídrico, o modelo requer a construção prévia de uma estrutura de ficheiros de dados, quer agronómicos (culturais e pedológicos), quer meteorológicos (evapotranspiração de referência e precipitação efectiva), quer característicos da rega. Foi utilizada a versão 1.2 Windows do modelo ISAREG, WINISAREG (Pereira *et al*, 2003).

### 3.2.3. Dados de entrada (“input”)

A informação que é necessário fornecer ao modelo inclui:

1. Dados meteorológicos: precipitação efectiva,  $P$  [mm], e evapotranspiração de referência,  $ET_0$  [mm], ou os dados climáticos necessários ao cálculo da  $ET_0$ .

2. Dados culturais relativos às datas das fases do ciclo cultural, e respectivos coeficientes culturais ( $K_c$ ); profundidade radicular  $Z_r$  [m]; fracção da água do solo esgotável sem provocar stress hídrico ( $p$ ); e factor de resposta da cultura ao défice hídrico ( $K_y$ ).
3. Dados das características pedológicas, referentes às múltiplas camadas do solo: relativo a cada camada; a respectiva profundidade  $d$  [m]; conteúdo de água do solo à capacidade de campo  $\vartheta_{FC}$  [mm mm<sup>-1</sup>] e no ponto de emurchecimento  $\vartheta_{WP}$  [mm mm<sup>-1</sup>].
4. Dados relativos à ascensão capilar e à percolação, quer os valores para o cálculo simplificado, quer os valores dos parâmetros para calcular a contribuição da toalha freática  $G_c$  [mm dia<sup>-1</sup>] e a percolação profunda  $DP$  [mm dia<sup>-1</sup>] por métodos paramétricos.
5. Dados sobre as opções de rega.
6. Dados sobre a restrição de água, referentes às restrições impostas aos esquemas simulados relativamente aos volumes de água disponíveis e aos períodos em que estes estão disponíveis.

### 3.2.3.1. Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos utilizados para o cálculo do balanço hidrológico (média da evapotranspiração potencial (FAO-PM), precipitação total e teor de água no solo) foram fornecidos pelo Instituto de Meteorologia. São valores normais decendiais, na maioria, em séries de dados de 1961 a 1990, embora nem todas as estações meteorológicas possuam uma série climatológica (30 anos) completa.

A partir dos dados de precipitação total foram estimadas as precipitações efectivas utilizando o método proposto pelo USDA Soil Conservation Service (USDA-SCS) apresentado nas equações (1) e (2) (Clarke, 1998).

$$P_{ef} = \frac{[Pt(125 - 0.2Pt)]}{125} \quad (Pt < 250 \text{ mm}) \quad (1)$$

$$P_{ef} = 125 + 0.1Pt \quad (Pte \geq 250 \text{ mm}) \quad (2)$$

Onde:

$P_{ef}$  – Precipitação efectiva (mm); e

$Pt$  – Precipitação total (mm)

Para a definição da influência geográfica de cada estação meteorológica recorreu-se à determinação de polígonos de *Thiessen* através do uso de um Sistema de Informação Geográfica (Fig. 3) com base na CAOP (Carta Administrativa Oficial de Portugal).

Esta técnica permite determinar polígonos que delimitam áreas com características meteorológicas idênticas.





Figura 3: Zonas de Influência obtidas por aplicação do Método dos Polígonos de Thiessen, em Portugal Continental.

### 3.2.3.2. Dados sobre as características dos solos

Inicialmente pensou-se poder simular com a informação referente às características dos solos, relativa a cada exploração ou cultura. Muito rapidamente se concluiu sobre a enorme dificuldade que tal representaria. A Carta de Solos de Portugal, à escala de 1:25 000, não permite o detalhe suficiente para, na maioria dos casos, se poder caracterizar devidamente cada exploração, particularmente em zonas de grande fragmentação da propriedade da terra. Mas, sobretudo, porque essa Carta não contém a informação suficiente e necessária para alimentar o modelo: profundidade de cada camada do solo e respectiva capacidade utilizável. Caso se conhecessem as características texturais do solo, então poder-se-ia deduzir a respectiva capacidade utilizável e assim tomar em linha de conta os distintos tipos de solos nas simulações.

Efectuou-se então um exercício de aproximação que consistiu em se definirem três tipos de solos, de fácil identificação por parte dos agricultores e dos inquiridores: solo pesado, de textura argilo-limosa; solo médio, de textura franca; e solo grosseiro, de textura arenosa. Iniciou-se, nesse pressuposto, um conjunto de simulações, para cada zona de influência climática e para cada cultura, considerando esses três tipos de solos.

Tal opção demonstrou, nas simulações efectuadas, que a diferença nas necessidades de rega das culturas obtidas para as distintas texturas de solo, não se apresentavam significativas (variações normalmente inferiores a 1,5%) quando se considera uma boa gestão da rega. E este último pressuposto foi o que se admitiu nesta metodologia, isto é, simulou-se sempre para condições potenciais de uma boa rega, posteriormente ajustadas mediante indicadores provenientes do agricultor e da respectiva gestão da sua exploração.

Perante esta situação, em que se apresenta como bastante difícil a caracterização de todos os tipos de solos de Portugal Continental e Regiões Autónomas, a nível das suas propriedades hidráulicas, e particularmente em cada exploração agrícola, levou a que se tenha optado por assumir a utilização, nas simulações, de dados pedológicos referentes a um solo com características médias, no que se refere às suas características hidráulicas.

Contudo, em procedimentos futuros e sempre que seja possível conhecer as características dos solos, será recomendável que esta variável seja então considerada nas simulações.

### 3.2.3.3. Dados sobre as culturas

Os dados culturais utilizados nas simulações foram retirados da publicação FAO 56 (Allen *et al*, 1998), assim como a duração do ciclo da cultura, os coeficientes culturais, a profundidade radicular e a fracção da água do solo esgotável sem provocar *stress* hídrico.

As culturas consideradas são as que constam dos questionários dos Inquéritos Agrícolas.

#### 3.2.4. Caracterização dos dados de saída (“output”)

O modelo ISAREG, como exemplificado na figura 2, através do balanço de água no solo dá indicação sobre o volume de água de rega para cada cultura nas condições em que foi simulada. Este valor não contempla, naturalmente, as perdas de água do sistema de rega, havendo assim que subsequentemente afectá-lo da respectiva eficiência de rega.

### 3.3. DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE ÁGUA DE REGA CONSUMIDA EM CADA EXPLORAÇÃO AGRÍCOLA INQUIRIDA

#### 3.3.1. Introdução

Para a determinação do volume total de água consumido numa exploração agrícola tem de se conjugar a informação sobre as culturas presentes na exploração, a sua área e o sistema de rega utilizado. A este último terá que se associar, à sua eficiência potencial de funcionamento, um factor de correcção com base em indicadores inerentes ao agricultor e à exploração. Desta maneira em cada exploração inquirida, é determinado um factor que resulta da conjugação de determinadas características dessa exploração e do respectivo produtor (variáveis resultantes dos inquéritos agrícolas), o qual se pode associar a diferentes graus (intervalos) na utilização da água de rega.

#### 3.3.2. Eficiência dos sistemas de rega

Neste estudo consideraram-se os seguintes métodos de rega:

*Rega de superfície ou por gravidade*, compreendendo a rega por alagamento, em canteiros tradicionais e modernizados, sulcos, caldeiras e por escorrimento, como é o caso da rega de lima;

*Rega sob-pressão*, em que a água é conduzida sob pressão através de tubagens de variados diâmetros, compreendendo a rega por aspersão (fixa ou móvel), enrolador com canhão e *pivot* ou rampa rotativa;

*Rega localizada*, que compreende a rega gota a gota, em que a água é fornecida pontualmente ao terreno através de gotejadores, e a micro-aspersão em que a água é fornecida a pequenas superfícies do terreno (circulares ou sectores de círculo).

Tendo em conta os distintos sistemas de rega e de que a sua eficiência varia dentro de determinadas gamas, dependendo da qualidade do equipamento, das condições locais e da respectiva gestão, optou-se por efectuar uma consulta às referências bibliográficas disponíveis (Tabela 2). De seguida fixou-se um valor para cada sistema de rega, indicativo da realidade nacional, correspondente a equipamentos a funcionar em boas condições e sem quaisquer restrições particulares, o que se pode considerar como a eficiência potencial ( $E_p$ ) de cada sistema de rega.

Tabela 2 - Valores indicativos das eficiências dos Sistemas de Rega

SISTEMAS DE REGA			Valores referidos na bibliografia (%)	Valores fixados Ep
GRAVIDADE	Sulcos	Tradicionais	50-90 <sup>1</sup> 30-70 <sup>2</sup> 40-70 <sup>3</sup>	65%
		Modernizados	70-75 <sup>4</sup> 60-70 <sup>5</sup> 60-90 <sup>1</sup> 60-75 <sup>6</sup> 65-85 <sup>3</sup>	75%
	Outros	Rega de Lima	-	50%
		Canteiros (excluindo os arrozais)	60-85 <sup>4</sup> 80 <sup>5</sup> 60-95 <sup>1</sup> 80-90 <sup>6</sup> 45-90 <sup>3</sup> 75 <sup>7</sup>	80%
		Caldeiras	60-75 <sup>4</sup>	70%
SOB-PRESSÃO	Aspersão	Aspersores Moveis	65-85 <sup>4</sup> 70-80 <sup>5</sup> 65-95 <sup>3</sup> 72-88 <sup>9</sup> 65-80 <sup>1</sup> 65-75 <sup>6</sup> 65-85 <sup>10</sup> 65-75 <sup>2</sup> 65-80 <sup>3</sup>	75%
		Aspersores Fixos	65-85 <sup>4</sup> 70-80 <sup>5</sup> 65-95 <sup>3</sup> 72-88 <sup>9</sup> 70-85 <sup>1</sup> 70-80 <sup>6</sup> 70-85 <sup>10</sup> 70-80 <sup>2</sup> 65-85 <sup>3</sup>	75%
		Enrolador com Canhão	60-70 <sup>1</sup> 60-70 <sup>6</sup> 60-75 <sup>10</sup> 65-75 <sup>2</sup> 55-70 <sup>3</sup>	70 %
		Pivot	80 <sup>5</sup> 70-95 <sup>1</sup> 75-90 <sup>6</sup> 67-90 <sup>11</sup> 75-90 <sup>10</sup> 70-85 <sup>2</sup> 65-85 <sup>3</sup>	85%
	Localizada	Gota-a-Gota	75-90 <sup>4</sup> 80-90 <sup>5</sup> 85-95 <sup>12</sup> 75-95 <sup>1</sup> 75-90 <sup>6</sup> 85-90 <sup>10</sup> 70-90 <sup>2</sup> 80-90 <sup>3</sup>	90%
		Micro-Aspersão	70-86 <sup>11</sup> 85-90 <sup>10</sup> 70-85 <sup>2</sup> 85-95 <sup>3</sup>	85%

<sup>1</sup>Rogers et al, 1997 ; <sup>2</sup>Smajstrla et al, 2002; <sup>3</sup>Keller & Bliesner (1990), Wolters & Keller (1992); <sup>4</sup>Merriam & Keller, 1978; <sup>5</sup>James, 1988; <sup>6</sup>Solomon, 1988; <sup>7</sup>Burt et al, 1999; <sup>8</sup>Redfield, 1952 e 1953; <sup>9</sup>Pair, 1986; <sup>10</sup>Clemmens, 2000; <sup>11</sup>Edkins, 2006; <sup>12</sup>Raposo, 1996.

### 3.3.2.1. Factores de correcção da eficiência potencial de rega

Tendo presente que essa eficiência potencial só será atingida em condições correspondentes a um bom dimensionamento de todo o sistema de rega e de uma adequada gestão do mesmo, entendeu-se poder caracterizar a qualidade dessa gestão através de indicadores inerentes ao agricultor e à exploração, com base nos inquéritos agrícolas.

Nesse sentido seleccionou-se um conjunto de indicadores que posteriormente foram ponderados e quantificados, permitindo definir distintos níveis de eficiência e assim corrigir a eficiência potencial para uma eficiência actual, próxima daquela que é obtida pelo agricultor.

Foram os indicadores descritos abaixo, aqueles que se entendeu serem os mais representativos e que permitem reflectir a capacidade de gestão do sistema de rega por parte do agricultor.

Produtor singular autónomo

Pessoa singular que, permanente e predominantemente, utiliza a actividade própria ou de pessoas do seu agregado doméstico na sua exploração, com ou sem recurso excepcional ao trabalho assalariado.

Produtor singular empresário

Pessoa singular que, permanente e predominantemente, utiliza a actividade de pessoal assalariado na sua exploração

Sociedades

Todas as sociedades constituídas segundo os códigos comercial e civil, incluindo as sociedades de agricultura de Grupo – sociedades por quotas geridas por um grupo de pessoas (produtores) que são sócios e dirigem em conjunto uma só exploração agrícola, ou, um conjunto de explorações (normalmente uma por cada pessoa). Podem eventualmente, eleger um dos sócios para gerir a exploração.

Outras formas de natureza jurídica do produtor

Todos os produtores agrícolas, na forma de entidade moral, que não pertencem a nenhuma das categorias anteriores: Estado e Pessoas Públicas, Baldios e Outras entidades.

## 2) Idade

## 3) Nível completo de escolaridade

Grau de formação escolar mais elevado que tenha sido completado. Da mesma forma, para as pessoas ainda a estudar considera-se o grau completo imediatamente inferior ao que frequentam.

## 4) Formação profissional agrícola

Conjunto de actividades que visam essencialmente a aquisição das capacidades teórico/práticas dos conhecimentos e das atitudes requeridas para o exercício das funções de uma profissão ou função específica na área da agricultura.

Exclusivamente prática

Formação resultante exclusivamente de um trabalho prático desenvolvido numa ou mais explorações agrícolas.

Básica (cursos de formação)

Formação obtida através de cursos de formação profissional agrícola ministrados num Centro de Formação Profissional ou noutro local adequado para o efeito e confinados a certas áreas relativas à actividade agrícola ou pecuária. Os cursos podem ser de curta e longa duração.

Completa

Através de um curso, com duração mínima de 2 anos, subsequente à conclusão da escolaridade obrigatória, concluído numa escola secundária, numa escola agrícola ou numa universidade, nos domínios da agricultura, viticultura, piscicultura, veterinária, tecnologia agrícola ou em domínios associados.

**3.3.2.2. Ponderação dos indicadores inerentes ao agricultor e à exploração**

Assume-se que os diferentes indicadores não apresentam idêntico grau de importância para o apuramento do “factor de correcção”, pelo que lhes foram atribuídos pesos diferenciados (Tabela 3)

Tabela 3 – Peso relativo dos indicadores

Indicador	Peso relativo
Natureza jurídica da exploração (NJUR)	10
Idade (ID)	15
Nível completo de escolaridade (NESC)	35
Formação profissional agrícola (FPA)	40

Admitiu-se que a classificação através do factor de correcção se faça apenas segundo 3 níveis de eficiência:

Nível 1 – eficiência baixa

Nível 2 – eficiência média

Nível 3 – eficiência elevada

Onde as variáveis dos inquéritos, relacionadas com exploração agrícola, devem tomar os valores que se encontram inscritos na Tabela 4

Tabela 4 – Níveis de eficiência relacionados com a exploração agrícola

<b>Natureza jurídica da exploração - NJUR</b>	<b>Nível de eficiência</b>
<i>Produtor singular autónomo</i>	1
<i>Outros</i>	2
<i>Produtor singular empresário e sociedades</i>	3

E as relacionadas com os dirigentes, os valores que se apresentam na Tabela 5

Tabela 5 - Níveis de eficiência relacionados com as características dos dirigentes

<b>Idade - ID</b>	<b>Nível de eficiência</b>
> 65 anos	1
De 45 a 64 anos	2
< 45 anos	3
<b>Nível completo de escolaridade - NESC</b>	
<i>Ensino básico ou inferior</i>	1
<i>Ensino secundário ou superior não agrícola</i>	2
<i>Ensino secundário ou superior agrícola</i>	3
<b>Formação profissional agrícola - FPA</b>	
<i>Exclusivamente prática</i>	1
<i>Básica (cursos de formação)</i>	2
<i>Completa</i>	3

### 3.3.3. Método de cálculo

Para a determinação do cálculo do volume total da água de rega terá, para além de se saber a área da exploração ( $A_{exp}$ ) e da eficiência do sistema de rega, de se calcular o factor de correcção da eficiência.

De acordo com o descrito no ponto anterior calcula-se o nível de eficiência ( $EFI$ ), através da seguinte fórmula:

$$EFI = \frac{NJUR \times 10 + ID \times 15 + NESC \times 35 + FPA \times 40}{100} \quad (3)$$

Onde,

Nível 1 – eficiência baixa	$EFI < 1,5$
Nível 2 – eficiência média	$1,5 \leq EFI < 2,5$
Nível 3 – eficiência elevada	$2,5 \leq EFI \leq 3,0$

Então, de acordo com o nível encontrado através do resultado de  $EFI$ , o factor de correcção ( $Fc$ ) será, respectivamente, de 90%, 95% e 100%, a multiplicar pela eficiência potencial do sistema de rega ( $Ep$ ), ou seja:

Nível 1 – eficiência baixa	$Ep \times 0,90$
Nível 2 – eficiência média	$Ep \times 0,95$
Nível 3 – eficiência elevada	$Ep$

Portanto, a eficiência de rega ( $Er$ ) é dada por  $Er = Ep \times Fc$ , logo o volume total de rega ( $VR$ ) será:

$$VR = \frac{Vr}{Er} \quad (4)$$

em que  $Vr$  representa o volume de água de rega simulado.

Como exemplo de aplicação, considere-se a seguinte situação,

Variável	Descrição	Nível
Natureza jurídica da exploração (NJUR)	Produtor singular autónomo	1
Idade (ID)	De 45 a 64 anos	2
Nível completo de escolaridade (NESC)	Ensino secundário. ou superior não agrícola	2
Formação profissional agrícola (FPA)	Completa	3
EFI ponderada		2,35
Nível de Eficiência		2 (Eficiência média)

Neste caso de aplicação, se se tratar de um sistema de rega por aspersão fixo, em cobertura total, para o qual se admita um eficiência potencial de 75%, então ter-se-á a seguinte eficiência de rega:

$$Er = Ep \times Fc = 0.75 \times 0.95 = 0.71 \rightarrow 71\% \quad (5)$$

Se a exploração tiver uma área de 10 ha, em que a cultura necessite de um volume de água de rega de 4 100 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>, o volume total de água a regar será de aproximadamente 5 800 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>, isto é, de um volume total consumido pela exploração de 58 000 m<sup>3</sup>.

### 3.3.4. Validação dos dados

O modelo ISAREG já tem sido validado, desde o seu desenvolvimento, para as condições portuguesas e para diversos outros países, por observações da água do solo ao longo do ciclo vegetativo das culturas (Pereira, 2004).

Neste trabalho recorreu-se a informação de volumes de água de rega, por pesquisa bibliográfica, em particular em Relatórios Anuais de Associações de Regantes, para comprovar que os volumes obtidos por simulação se situam próximo dos valores reais. Na validação teve-se em consideração os dados de saída das simulações do modelo ISAREG aos quais se atribuiu uma eficiência média de rega de 75% (Mecar).

Como no desenvolvimento do modelo foram utilizados, para as simulações, dados meteorológicos médios relativos a séries de anos extensas, e tendo presente que os valores disponíveis para esta validação dizem respeito a anos específicos, existem naturalmente algumas divergências entre os consumos de água simulados e registados. Quando for feita a estimativa com os dados actuais de 2009 será então certamente possível obter uma melhor aderência.

Nas figuras 4 a 18, que se apresentam de seguida, foram utilizados dados relativos a consumos médios de água de rega registados por algumas associações de regantes.

Desses registos obtidos pelas várias associações, apenas foi possível seleccionar algumas delas, onde os valores de consumos de água se mostraram mais fidedignos. Foram assim considerados os dados das associações de Odivelas, do Caia, do Alto Sado, do Divor, de Odivelas e Alvito, do Roxo e do Vale do Sado.

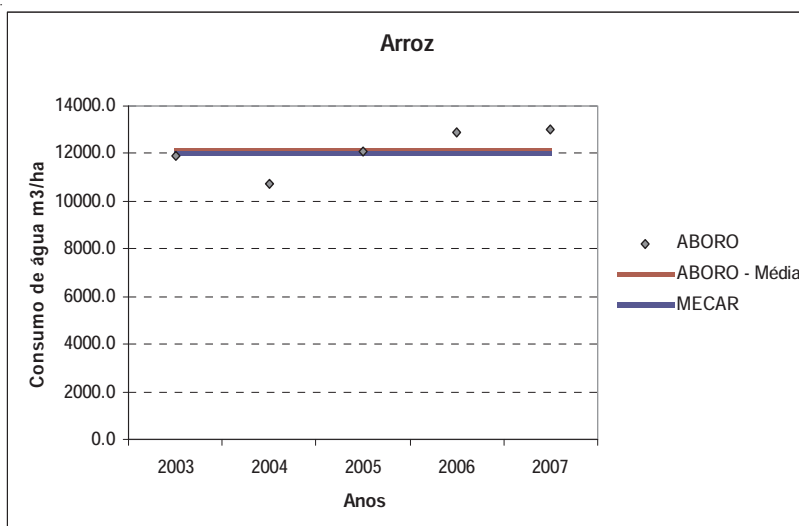


Figura 4: Comparação dos consumos médios de água de rega do Arroz registados pela Associação de Regantes e Beneficiários da Obra de Rega de Odivelas (ABORO), com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 2003 a 2007.

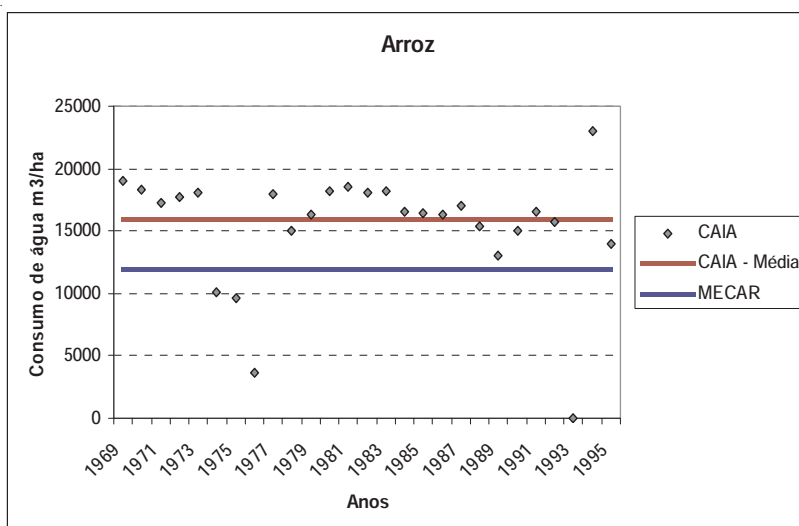


Figura 5: Comparação dos consumos médios de água de rega do Arroz registados pela Associação de Regantes e Beneficiários de Caia (ABCAIA), com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 1969 a 1995.



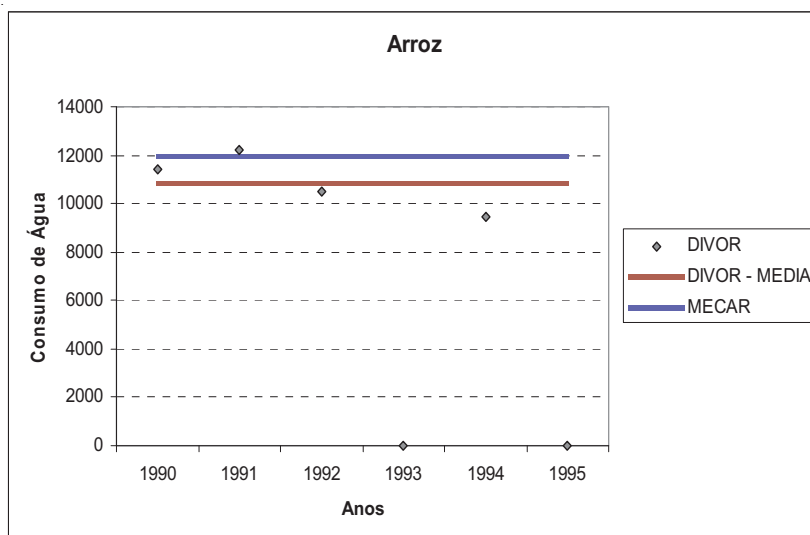


Figura 6: Comparação dos consumos médios de água de rega do Arroz registados pela Associação de Agricultores do Divor (AADIVOR), com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 1990 a 1995.

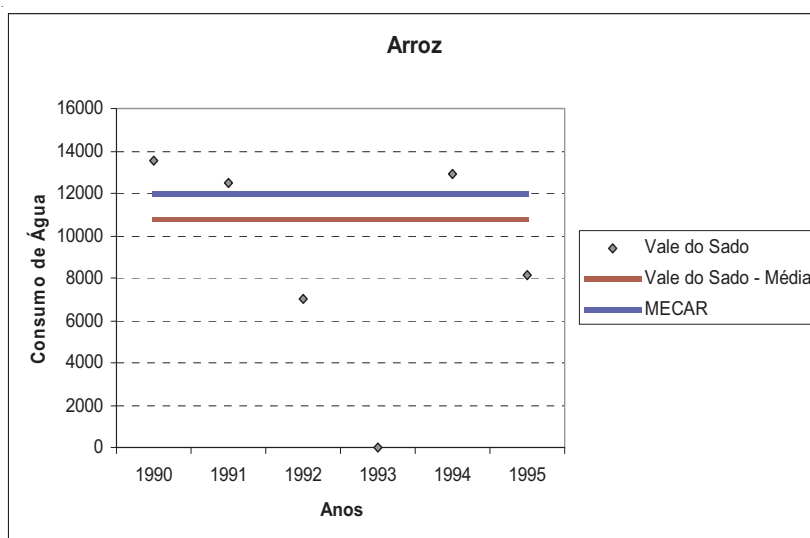


Figura 7: Comparação dos consumos médios de água de rega do Arroz registados pela Associação de Regantes e Beneficiários do Vale do Sado (AAVSADO), com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 1990 a 1995.

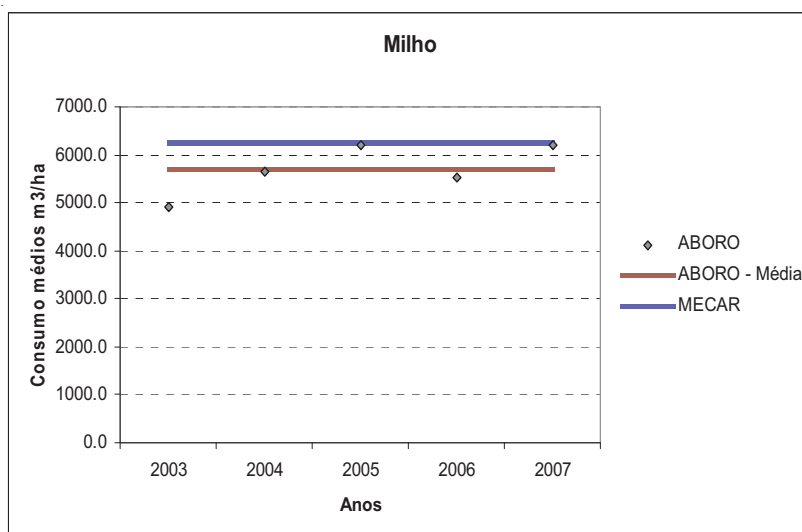


Figura 8: Comparação dos consumos médios de água de rega do Milho registados pela Associação de Regantes e Beneficiários da Obra de Rega de Odivelas (ABORO), com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 2003 a 2007.

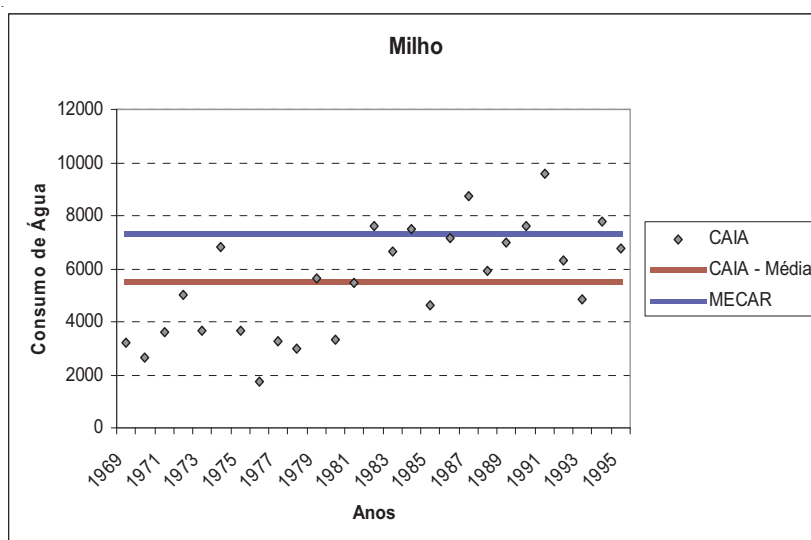


Figura 9: Comparação dos consumos médios de água de rega do Milho registados pela Associação de Regantes e Beneficiários de Caia (ABCAIA), com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 1969 a 1995.

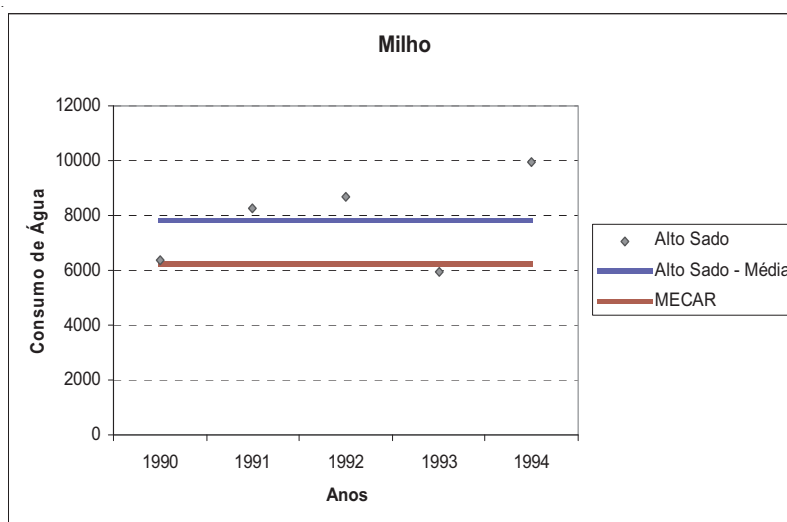


Figura 10: Comparação dos consumos médios de água de rega do Milho registados pela Associação de Agricultores do Vale do Sado (AAVSADO), com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 1990 a 1995.

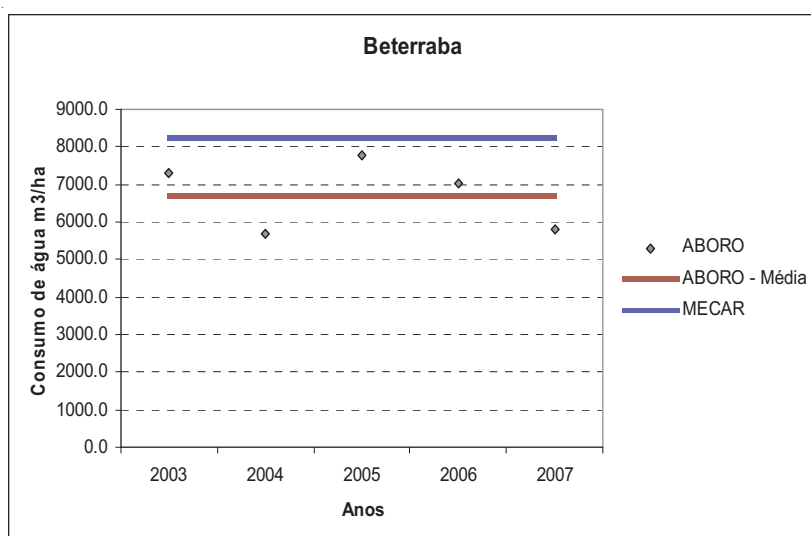


Figura 11: Comparação dos consumos médios de água de rega da Beterraba registados pela Associação de Regantes e Beneficiários da Obra de Rega de Odivelas (ABORO), com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 2003 a 2007.

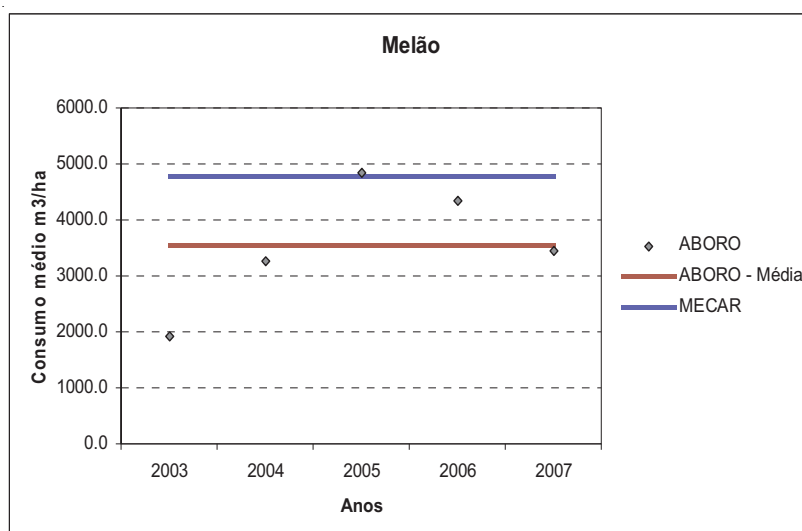


Figura 12: Comparação dos consumos médios de água de rega do Melão registados pela Associação de Regantes e Beneficiários da Obra de Rega de Odivelas (ABORO), com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 2003 a 2007.

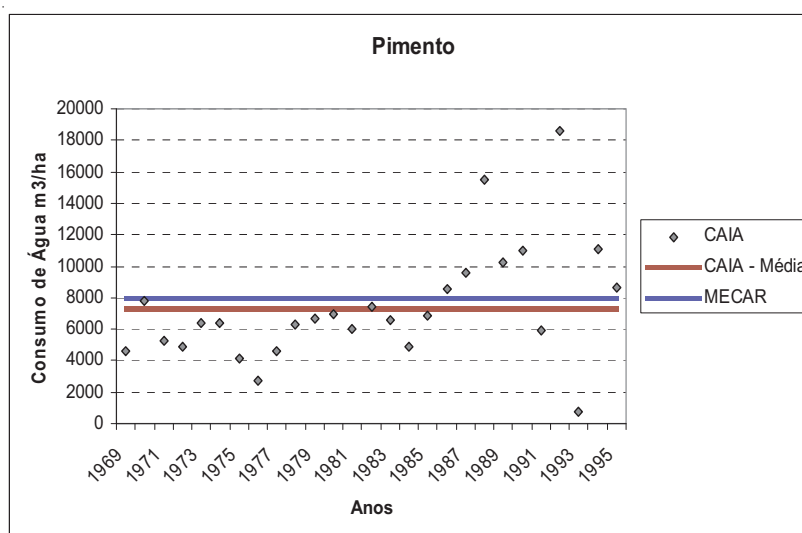


Figura 13: Comparação dos consumos médios de água de rega do Pimento registados pela Associação de Regantes e Beneficiários de Caia (ABCAIA), com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 1969 a 1995.

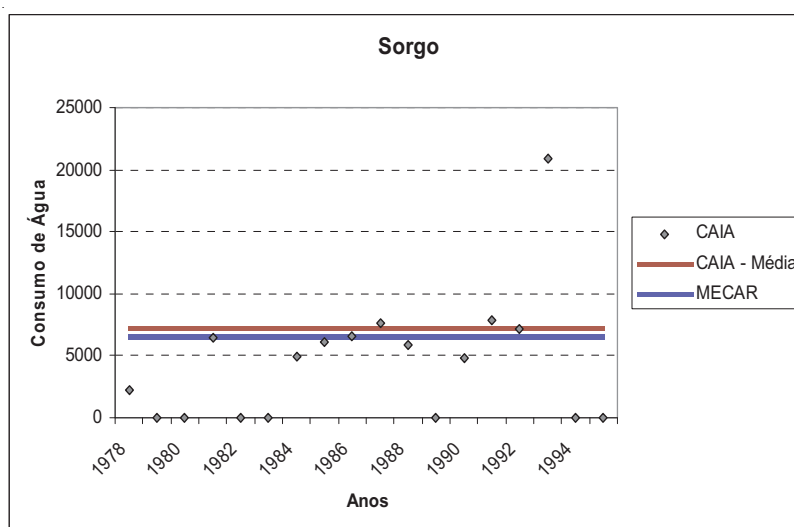


Figura 14: Comparação dos consumos médios de água de rega do Sorgo registados pela Associação de Regantes e Beneficiários de Caia (ABCAIA), com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 1969 a 1995.

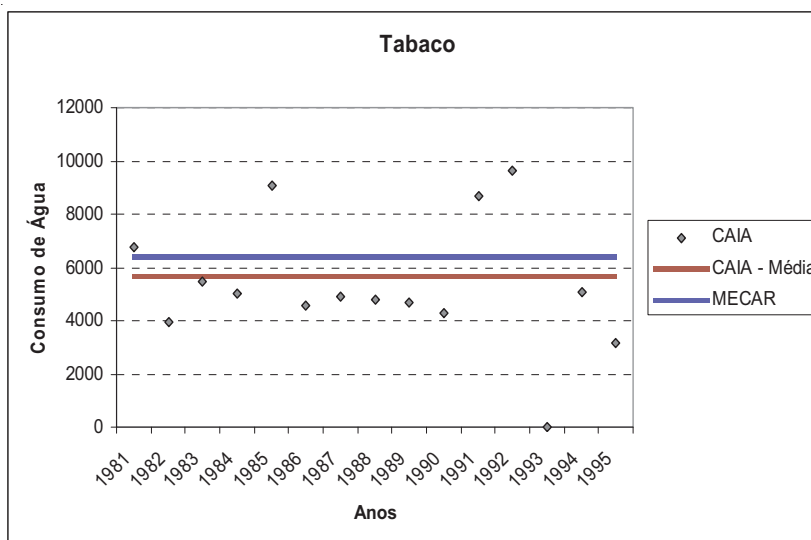


Figura 15: Comparação dos consumos médios de água de rega do Tabaco registados pela Associação de Regantes e Beneficiários de Caia (ABCAIA), com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 1969 a 1995.

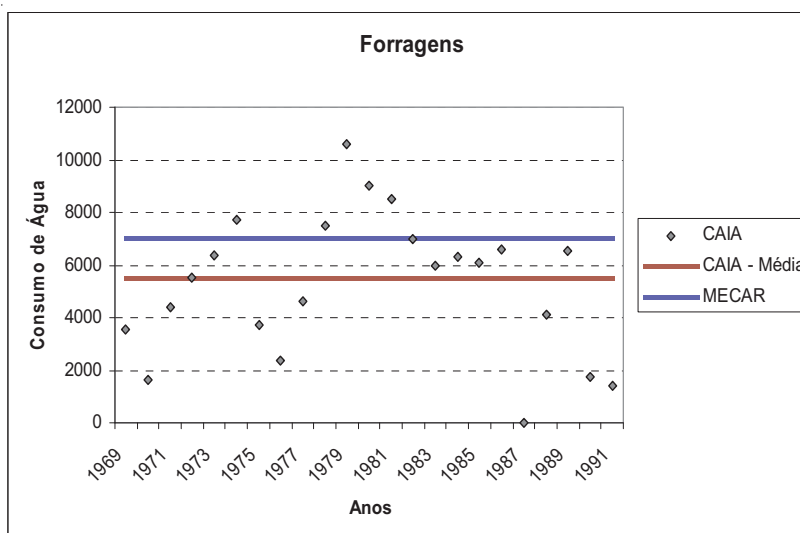


Figura 16: Comparação dos consumos médios de água de rega de Forragens registados pela Associação de Regantes e Beneficiários de Caia (ABCAIA), com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 1969 a 1991.

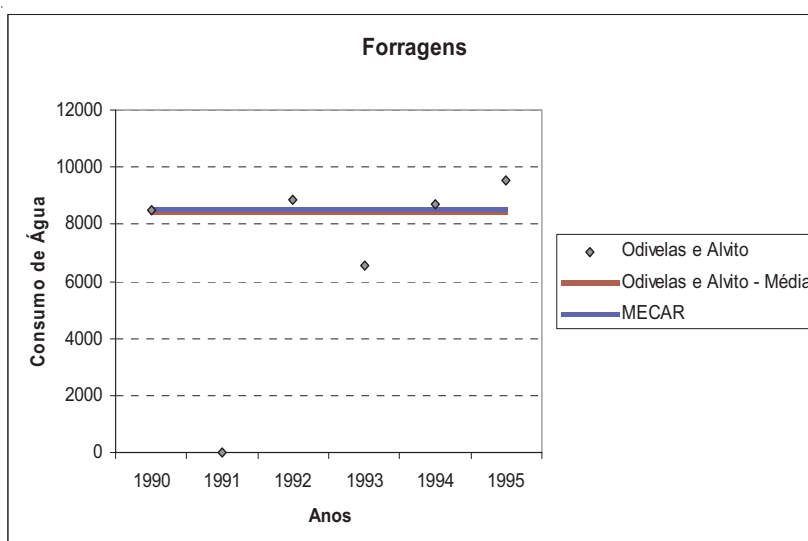


Figura 17: Comparação dos consumos médios de água de rega de Forragens registados na Albufeira de Odivelas e Alvito, com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 1990 a 1995.

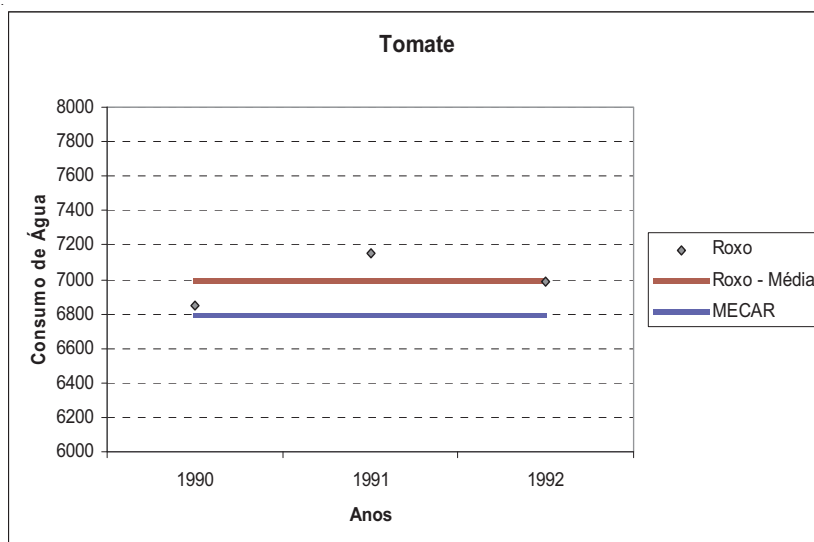


Figura 18: Comparação dos consumos médios de água de rega do Tomate registados pela Associação de Regantes e Beneficiários do Roxo (AAROXO), com os dados simulados (MECAR), relativos aos anos de 1990 a 1992.

Do conjunto dos valores comparativos apresentados verificam-se desvios que se situam entre os pontos extremos -24,5% e +32,7%. Contudo, em três dessas situações verifica-se uma aderência quase total (-0,8%; +0,1% e +1,2%), como pode ser observado na Fig. 19. Em nove das situações comparativas observam-se desvios contidos entre os  $\pm 10\%$ . Nas quatro situações com desvios superiores tal poderá corresponder a campanhas de rega em que tenham sido impostas restrições na aplicação de água, pelas respectivas associações de regantes, daí resultando consumos reais inferiores aos simulados. Já no que respeita aos 3 valores que se situam abaixo dos 10% de desvio, tem-se uma aplicação de rega excessiva nos casos do arroz (Caia), milho (Alto Sado) e tomate (Roxo), que poderão corresponder a situações de rega aplicada com pouca qualidade ou em solos muito permeáveis.

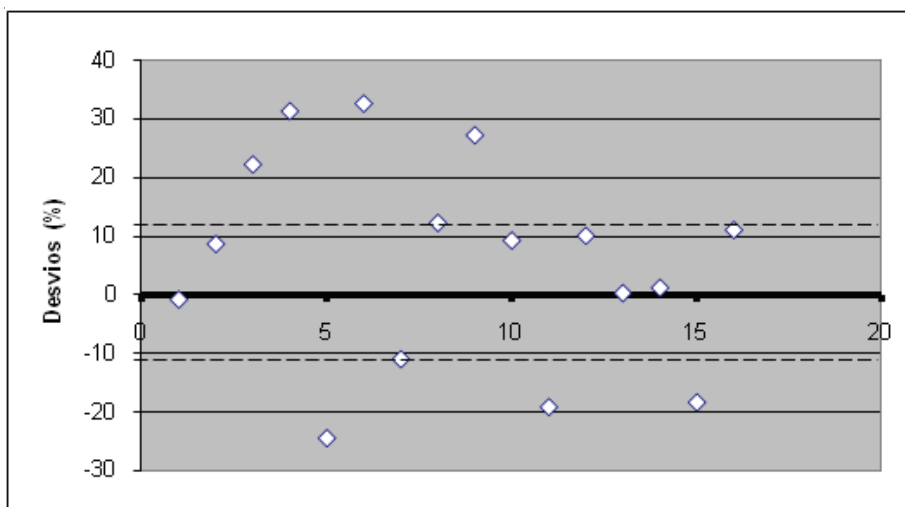


Figura 19: Dispersão percentual entre os valores médios obtidos pela metodologia MECAR e os dados registados em sete associações de regantes.

Nestas condições, pode-se considerar que, em grande parte das situações, estes valores são aceitáveis, se se tiver presente que a água aplicada por estas associações de regantes é, em anos de escassez, bastante inferior àquela que seria exigida para uma produção óptima. E esta é a condição normalmente imposta nas simulações efectuadas, isto é, não introduzindo quaisquer restrições no fornecimento de água às culturas. Por outro lado, admite-se que a gestão da aplicação da água de rega, em determinados perímetros e condições particulares de solos, possa dar lugar a aplicações de água excessivas.

Pode-se assim concluir que a primeira fase de validação da metodologia, tendo por base a confrontação dos valores simulados com os registados num conjunto de perímetros de rega, se pode considerar satisfatória. Posteriormente, os dados simulados para um dado ano de referência, deverão ser validados para o mesmo ano, através da obtenção de registos reais em condições de campo, quer seja por associações de regantes, quer seja por agricultores individuais.

## 4. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA AO INQUÉRITO À ESTRUTURA DAS

### EXPLORAÇÕES AGRÍCOLAS 2007

Com o objectivo de testar a operacionalidade da MECAR com dados reais e detectar eventuais erros e omissões, considerou-se oportuno fazer uma simulação com os resultados obtidos para o IE 2007.

Como o IE 2007 não tinha entre os seus objectivos a produção de dados para estimação do volume de água de rega, algumas das variáveis recolhidas não correspondiam exactamente às necessidades inerentes ao exercício de simulação, pelo que foram feitas algumas adaptações.

Procedeu-se ao cálculo das necessidades hídricas para um conjunto de culturas em cada Zona de Influência do Continente, de acordo com o método explicado em 3.2. A partir do “output” de 2200 posições, fornecido pelo ISAREG, estimou-se o volume de água a fornecer a cada cultura e exploração agrícola.

Utilizando os factores de correcção da eficiência potencial ( $E_p$ ) de rega devidos aos Sistema de Rega, que constam da tabela de valores indicativos das eficiências dos Sistemas de Rega (Tabela 2), calculou-se o volume de água de rega por cultura e exploração – corrigido para o SR ( $v_{SR}$ ).

A influência sobre a eficiência de rega das características do gestor e da exploração agrícola, determinou-se a partir do nível de eficiência (EFI), o qual derivou das variáveis relativas à exploração agrícola (“Natureza Jurídica da Exploração – NJUR”) e ao respectivo dirigente (Idade - ID, Nível de Escolaridade – NESC e Formação Profissional Agrícola – FPA) de acordo com o método apresentado em 3.3.2.1. A cada exploração foi então atribuído um factor de correcção ( $F_c$ ) correspondente ao respectivo EFI apurado, dando origem a um factor de correcção da eficiência potencial de rega por exploração.

#### 4.1. VOLUME DE ÁGUA A FORNECER POR CULTURA (CÁLCULO ANTES DE PERDAS)

Verifica-se que, de acordo com o *output* fornecido pelo modelo ISAREG, a cultura do Arroz foi a que maiores recursos hídricos exigiu (dotação média superior a 15 000 m<sup>3</sup>/ha). As culturas hortícolas em estufa também necessitaram de elevadas dotações unitárias em todas as regiões.

Por outro lado, a Vinha e o Olival apresentaram as menores exigências hídricas de entre as culturas analisadas (Tabela 6).

Tabela 6 – Volume de água a fornecer, sem contabilizar perdas (m<sup>3</sup>/ha)

Cultura	m <sup>3</sup> /ha
Milho	4 155
Arroz	15 152
Outros cereais para grão	4 492
Leguminosas secas p/ grão	2 204
Prados temp. e cult. Forrageiras	5 873
Batata	4 756
Beterraba sacarina	6 428
Girassol	4 125
Outras culturas industriais	4 247
Culturas hortícolas Ar livre/abrigo baixo	4 281
Flores e plantas ornamentais Ar livre/abrigo baixo	2 649
Culturas hortícolas estufa	9 290
Flores e plantas ornamentais estufa	4 966
Áreas de propagação	2 082
Outras cult. temporárias	4 654
Macieiras	4 295
Pereiras	4 359
Pessegueiros	4 889
Cerejeiras	4 738
Outros frutos frescos	5 465
Citrinos	6 106
Kiwis	5 973
Outros frutos subtropicais	7 497
Frutos secos	1 899
Olival	1 888
Vinha	1 859
Outras culturas permanentes	2 060
<b>Média (todas as culturas)</b>	<b>4 999</b>

#### 4.2. EFICIÊNCIA MÉDIA DOS SISTEMAS DE REGA UTILIZADOS, POR CULTURAS

Em média, os sistemas de rega deram origem a cerca de 20% de perdas estimadas de água de rega. As culturas em estufa e as culturas permanentes, que utilizaram em maior extensão os sistemas de rega localizada, nomeadamente a gota-a-gota, foram as mais eficientes. Na posição oposta situou-se a cultura da batata para a qual se estimaram perdas médias associadas ao sistema de rega de 29% (Tabela 7).

Tabela 7 – Eficiência média dos sistemas de rega utilizados (%)

Cultura	Eficiência média	Sistemas de rega mais utilizados e % de área regada	
		1º	2º
<b>Total</b>	<b>80</b>	<b>Gota-a-gota (41%)</b>	<b>Pivot (22%)</b>
Culturas horticolas estufa	90	Gota-a-gota (100%)	
Flores e plantas ornamentais estufa	90	Gota-a-gota (100%)	
Outros frutos subtropicais	90	Gota-a-gota (95%)	Micro-aspersão (4%)
Pereiras	87	Gota-a-gota (96%)	Gravidade (3%)
Olival	88	Gota-a-gota (97%)	Gravidade (2%)
Macieiras	86	Gota-a-gota (94%)	Gravidade (4%)
Citrinos	85	Gota-a-gota (87%)	Micro-aspersão (7%)
Vinha	86	Gota-a-gota (92%)	Gravidade (6%)
Outros frutos frescos	84	Gota-a-gota (86%)	Gravidade (8%)
Pessegueiros	82	Gota-a-gota (73%)	Micro-aspersão (14%)
Outras culturas permanentes	83	Gota-a-gota (52%)	Micro-aspersão (41%)
Culturas horticolas Ar livre/abrigo baixo	82	Gota-a-gota (62%)	Pivot (10%)
Frutos secos	81	Gota-a-gota (67%)	Gravidade (14%)
Outras culturas industriais	81	Pivot (79%)	Aspersão fixa (9%)
Kiwis	84	Micro-aspersão (87%)	Gota-a-gota (7%)
Flores e plantas ornamentais Ar livre/abrigo baixo	82	Gota-a-gota (42%)	Micro-aspersão (22%)
Cerejeiras	79	Gota-a-gota (69%)	Gravidade (21%)
Outras cult. temporárias	76	Pivot (80%)	Gravidade (8%)
Girassol	81	Pivot (78%)	Canhão (13%)
Beterraba sacarina	80	Pivot (52%)	Aspersão fixa (13%)
Milho	73	Pivot (62%)	Gravidade (20%)
Outros cereais para grão	77	Pivot (77%)	Canhão (18%)
Leguminosas secas p/ grão	69	Pivot (52%)	Gravidade (34%)
Áreas de propagação	77	Micro-aspersão (23%)	Canhão (22%)
Prados temp. e cult. Forrageiras	72	Canhão (33%)	Pivot (30%)
Batata	71	Pivot (27%)	Gravidade (26%)



#### 4.3. FACTORES DE CORRECÇÃO DA EFICIÊNCIA DE REGA

No quadro seguinte apresentam-se os resultados relativos à distribuição percentual do número de explorações inquiridas pelos 3 níveis de eficiência da rega. Destacam-se as explorações das regiões do Ribatejo e Oeste e do Alentejo com níveis de eficiência atribuídos claramente superiores aos das restantes regiões (Tabela 8).

Tabela 8 – Níveis de eficiência das explorações agrícolas por região agrícola

Região	Nível 1	Nível 2	Nível 3
	% de explorações		
Entre Douro e Minho	60	36	4
Trás-os-Montes	64	31	4
Beira Interior	75	21	4
Beira Litoral	73	23	4
Ribatejo e Oeste	40	50	10
Alentejo	38	39	23
Algarve	64	31	5
<b>Total</b>	<b>61</b>	<b>33</b>	<b>6</b>

Constatou-se que, apesar do nível de eficiência médio por exploração ter sido apenas de 92%, o mesmo subiu para 95% quando calculado em termos do volume em m<sup>3</sup> de água de rega, ou seja, parece ter existido uma correlação positiva entre dimensão da área regada da exploração e o nível de eficiência da rega estimado.

#### 4.4. VOLUMES MÉDIOS DE ÁGUA DE REGA UTILIZADOS

##### 4.4.1. Por culturas

Estimou-se um consumo médio de 6 733 m<sup>3</sup> de água de rega por hectare de culturas regadas. A vinha e o olival regados receberam as menores dotações unitárias: 2 302 e 2 259 m<sup>3</sup> de água por hectare, respectivamente.

Para além do arroz e das culturas hortícolas protegidas, destacaram-se igualmente os prados e culturas forrageiras e os citrinos pelos elevados níveis de consumo hídrico (Tabela 9)

Tabela 9 – Volumes médios de água de rega utilizados por cultura

Cultura	m <sup>3</sup> /ha
Milho	6 177
Arroz	16 069
Outros cereais para grão	5 961
Leguminosas secas p/ grão	3 504
Prados temp. e cult. Forrageiras	8 823
Batata	7 385
Beterraba sacarina	8 410
Girassol	5 360
Outras culturas industriais	5 578
Culturas hortícolas Ar livre/abrigo baixo	5 574
Flores e plantas ornamentais Ar livre/abrigo baixo	3 384
Culturas hortícolas estufa	11 014
Flores e plantas ornamentais estufa	5 818
Áreas de propagação	2 886
Outras cult. temporárias	6 402
Macieiras	5 318
Pereiras	5 326
Pessegueiros	6 367
Cerejeiras	6 481
Outros frutos frescos	6 927
Citrinos	7 802
Kiwis	7 575
Outros frutos subtropicais	8 656
Frutos secos	2 501
Olival	2 259
Vinha	2 302
Outras culturas permanentes	2 642
<b>Total</b>	<b>6 733</b>

#### 4.4.2 Por regiões

Estimou-se que, por cada hectare de Superfície Agrícola Utilizada Total (regada e não regada), se tenham utilizado em média 814 m<sup>3</sup> de água de rega.

Esse consumo foi mais elevado nas regiões de Entre-Douro e Minho (2 641 m<sup>3</sup>) e Beira Litoral (3 244 m<sup>3</sup>) e mais reduzido em Trás-os-Montes (440 m<sup>3</sup>) e no Alentejo (312 m<sup>3</sup>) (Tabelas 10 e 11).

*Tabela 10 – Volumes médios de água de rega utilizados por hectare de SAU*

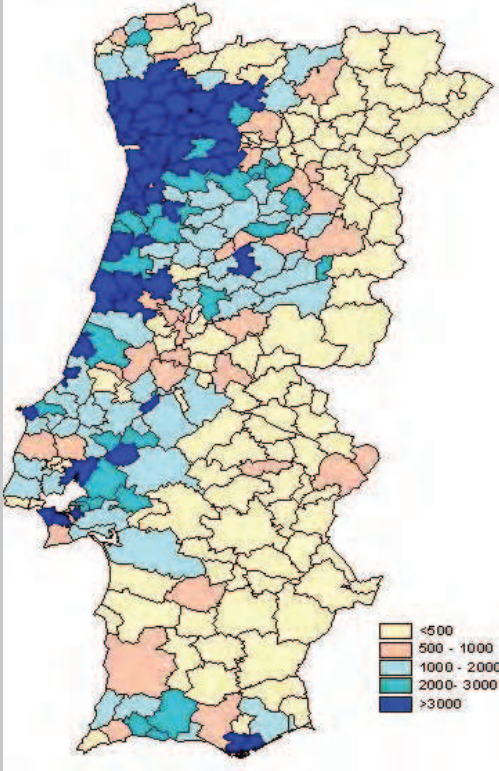
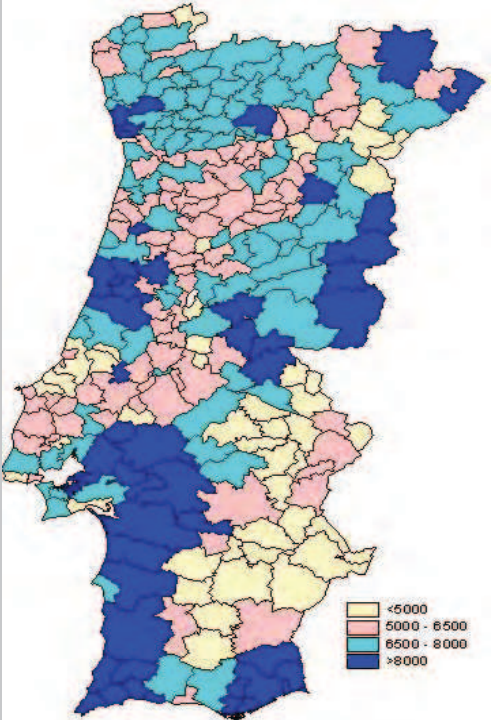
Região	Volume de água m <sup>3</sup> /ha de SAU	
Entre Douro e Minho	2 641	
Trás-os-Montes	440	
Beira Litoral	3 244	
Beira Interior	586	
Ribatejo e Oeste	1 669	
Alentejo	312	
Algarve	1 287	
<b>Continente</b>	<b>814</b>	

Tabela 11 – Volumes médios de água de rega utilizados por hectare de Superfície Regada

Região	Volume de água m <sup>3</sup> /ha de Superfície Regada
Entre Douro e Minho	7 216
Trás-os-Montes	6 281
Beira Litoral	8 407
Beira Interior	7 771
Ribatejo e Oeste	6 622
Alentejo	5 240
Algarve	7 977
<b>Continente</b>	<b>6 733</b>



## 5. CONCLUSÕES

Uma das principais conclusões a retirar deste estudo é que a aplicação da MECAR permite dar uma resposta adequada aos requisitos técnicos constantes do regulamento (CE) 1166/2008. A validade desta solução foi verificada, a partir de uma série longa de dados climáticos (1961-1990), através do estabelecimento de um quadro comparativo com a informação fornecida pelas principais associações de regantes sobre os consumos médios de água para um determinado conjunto de culturas.

Os resultados verificados nessa primeira validação da metodologia apresentam-se bastante satisfatórios, com a maioria dos desvios contidos na gama de variação dos  $\pm 10\%$ . É, contudo, recomendado que uma segunda validação seja realizada, confrontando os valores simulados relativos ao ano de 2009 com os dados registados por associações de regantes e agricultores individuais. Por outro lado, constatou-se que um dos pontos fracos do modelo consistiu na insuficiência de dados de “input” sobre as características hidráulicas dos solos, pelo que especial atenção deverá ser dada a esta vertente no futuro.

A aplicação da MECAR aos dados reais do IE 2007 constituiu um teste à operacionalidade desta solução que se revelou adequada pois permitiu obter informação credível e compatível com os requisitos do regulamento. Com este teste foi igualmente possível promover uma melhor adequação das variáveis complementares a inquirir futuramente nos inquéritos agrícolas, bem com a adaptação dos respectivos suportes de recolha.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. (1998). – *Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage, paper nº 56. FAO, Rome.
- Burt, C.M.; Clemmens, A.J.; Bliesner R.; Merriam J. L. (1999). *Selection of Irrigation Methods for Agriculture*. ASCE - American Society of Civil Engineers. On-Farm Irrigation Committee. Virginia
- Carreira, D.N. (1997). *Aplicação de um SIG para a gestão da água na agricultura à escala regional*. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa
- Clarke, D. (1998). *CROPWAT for Windows: User guide*. FAO, Rome
- Doorenbos, J.; Kassam A. (1979). *Yield response to water*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33. FAO. Rome
- Doorenbos, J.; Pruitt W.O. (1977). *Guidelines for predicting crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 24. FAO. Rome.
- Edkins, R. (2006). *Irrigation Efficiency Gaps – Review and Stock Take*. Irrigation New Zealand, Sustainable Farming Fund.
- INE (2007). *Inquérito à Estrutura das Explorações Agrícolas*. INE, Lisboa
- Pereira, L.S (2004). *Necessidades de Água e Métodos de Rega*. Publicações Europa-América. Lisboa
- Pereira, L.S.; Teodoro, P.R.; Rodrigues, P.N.; Teixeira, J.L. (2003). *Irrigation scheduling simulation: the model ISAREG*. In: G.Rossi, A. Cancelliere, L.S. Pereira, T. Oweis, M. Shatanawi, A. Zairi (eds.) *Tools for Mitigation in Mediterranean Regions*. Kluwer. Dordrecht, pp. 203 - 222
- Raposo, J.R. (1996). *A Rega, Dos Primitivos Regadios às Modernas Técnicas de Rega*. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa.
- Rogers, D.H.; Lamm, F.R. Alam, M.; Trooien, T.P.; Clark, G.A.; Barnes, P.L.; Mankin K. (1997). *Efficiencies and Water Losses of Irrigation Systems*. Irrigation Management Series. Kansas State University, Research and Extension Engineers. Manhattan, Kansas
- Smajstrla, A.G.; Boman, B.J.; Clark, G.A; Haman, D.Z.; Harrison, D.S.; Izuno, F.T.; Pitts, D.J.; Zazueta, F.S. (2002). *Efficiencies of Florida Agricultural Irrigation Systems*. University of Florida, Agricultural and Biological Engineering Department.
- Solomon, K.H. (1988). *Irrigation Notes, Irrigation Systems and Water Application Efficiencies*. California State University, Center for Irrigation Technology. Fresno
- Teixeira, J.L. (1994). *ISAREG – Manual do Utilizador*. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa
- Teixeira, J.L.; Pereira, L.S. (1992). *ISAREG, an irrigation scheduling model*. ICID Bulletin, 41(2): 29-48