

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DA REGA DEFICITÁRIA NO PERÍMETRO DE REGA DA VIGIA

G. Rodrigues¹ e L.S. Pereira¹

¹Centro de Estudos de Engenharia Rural, Instituto superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal, Fax: +351 21 362 1575; lspereira@isa.utl.pt

Resumo

Devido à susceptibilidade do país ao fenómeno das secas, os agricultores, em certos anos, poderão adoptar a técnica de rega deficitária, tornando-se esta um tema de elevada importância na agricultura portuguesa. A técnica da rega deficitária consiste em deliberadamente aplicar dotações de rega inferiores às necessidades hídricas reais da cultura, afectando consequentemente a sua produção. Os seus impactos ao nível da produtividade da cultura e dos respectivos resultados económicos podem ou não ser negativos, dependendo estes da calendarização de rega adoptada e dos modelos ao dispor do agricultor para a implementar. As perdas de produção associadas à rega deficitária podem ser aceitáveis se a gestão da rega for efectuada de modo a controlar o défice, e se este for imposto nos estágios em que a cultura é menos sensível. Este trabalho tem como objectivo avaliar as produtividades da água para a cultura do milho em algumas parcelas do perímetro de rega da Vigia recorrendo à utilização de dois modelos de simulação do balanço hídrico do solo – WinISAREG e SIMDualKc. Os resultados obtidos, podem ser considerados favoráveis à adopção desta metodologia, e demonstraram ser bastante próximos da realidade, comprovando a credibilidade do método, e motivando a sua utilização.

Palavras-chave: balanço hídrico, calendarização da rega, produtividade da água, custos da água.

Abstract

In droughts years, farmers may have to adopt deficit irrigation to cope with limited water availability, which makes this technique to have a raised importance in Portuguese agriculture. Deficit irrigation consists in deliberately apply irrigation depths smaller than those required to satisfy the crop water requirements, thus affecting evapotranspiration and yields. Impacts on yields and on related economic results should not be negative and depend upon the adopted irrigation scheduling, production costs and yield values. Support to farmers through the use of simulation models may help them to adopt an irrigation management that controls water deficits in such a way that deficits are applied during the less sensitive crop development stages. The main goal of this work is to evaluate the water productivities of maize crop in some Vigia irrigation district plots, using two soil water balance simulation models – WinISAREG and SIMDualKc. The results support the adoption of the described methodology, being in accordance to the observed values, motivating the methodology utilization

Key-words: water balance, irrigation scheduling, water productivity, water costs.

1. Introdução e objetivos

A água assume um papel fulcral no desenvolvimento e sustentabilidade a nível global. Trata-se de um recurso de elevada importância e de valor inestimável, mas limitado. Hoje em dia um dos grandes problemas com que nos deparamos é a crescente escassez de água, levando à necessidade urgente de otimizar a sua utilização em todas as actividades humanas, nomeadamente a agrícola que utiliza grande parte dos recursos hídricos mundiais. O elevado uso por este sector deve-se ao facto de que, em climas áridos, semi-áridos e sub-húmidos, ou quando as condições de distribuição da precipitação condicionam a disponibilidade de água para as culturas, é a rega a solução que permite atingir níveis aceitáveis de produção agrícola.

A rega em défice leva a que as perdas culturais possam ser desastrosas a nível económico, e a rega em excesso leva a um desperdício de água, a um aumento dos custos de produção e a uma gestão pobre dos recursos hídricos disponíveis. Visto isto, a condução de rega – quando e quanto regar – assume importância fundamental. Para a sua análise e melhoria pode recorrer-se à simulação do balanço hídrico da cultura e posterior análise económica recorrendo aos resultados dessa simulação. Neste trabalho procurou-se obter simulações válidas, capazes de identificar os impactos da rega deficitária da cultura de milho no perímetro de rega da Vigia.

Este trabalho tem como objectivo avaliar as produtividades da água (WP) para a cultura do milho em algumas parcelas do perímetro de rega da Vigia. Para o efeito, as WP foram estimadas através das dotações brutas de rega (Db), resultantes da simulação dos balanços hídricos do solo de três parcelas do perímetro, e da estimativa da produção máxima da cultura (Y_m). As Db foram calculadas com base nas eficiências de aplicação (E_a) avaliadas dos sistemas de rega instalados e nas dotações líquidas (D) obtidas nas simulações do balanço hídrico com recurso a dois modelos – WinSAREG e SIMDualKc – utilizando-se para tal os dados climáticos diários da Estação Meteorológica de Évora, e de características hidráulicas dos solos das parcelas em estudo (base de dados do CEER e da EAN). A Y_m foi determinada recorrendo aos dados climáticos da região, assim como a dados previamente tabelados. Para os diferentes anos de procura climática, determinados com base nas séries de necessidades líquidas de rega (NIR), estudaram-se diferentes estratégias de rega com diferentes níveis de restrições nas dotações e avaliaram-se os impactos destas estratégias na produção, nos resultados económicos e na produtividade da água. Os custos da água para a rega, necessários ao cálculo da produtividade económica da água, resultaram da avaliação de inquéritos previamente realizados no perímetro, tendo em conta, também, os custos iniciais da obra e sua longevidade.

2. Materiais e métodos: produção potencial e produtividade da água

A produção máxima de uma cultura (Y_m) é definida por Doorenbos e Kassan (1979) como a produção colhida de uma variedade altamente produtiva, bem adaptada às condições climáticas onde está inserida, sob condições onde a água, os nutrientes e as doenças e pragas não limitam a produção. Os factores climáticos que determinam a

produção são a temperatura, a radiação e a duração de todo o período de crescimento, além dos requisitos específicos de cada cultura em temperatura e duração do dia. O crescimento e produção de uma cultura são afectados pela radiação recebida durante o período de crescimento. A resposta dada em relação à quantidade de radiação, que será convertida em crescimento e produção, é diferente de cultura para cultura. Esta diferença tem um efeito importante na eficiência da utilização da água para a produção. Por exemplo, o milho pode converter 1 a 2 % da radiação captada em crescimento. A Y_m pode ser calculada segundo os métodos descritos por Doorenbos e Kassan (1979). Estes permitem a quantificação da produção de diferentes áreas e identificam as áreas mais propícias à produção para uma dada cultura. Sob condições normais, as quebras de produção podem ocorrer devido a condições climáticas adversas em períodos curtos, limitação no fornecimento de água e nutrientes, e problemas na gestão das culturas, incluindo a preparação do terreno, a monda e a colheita. Em suma, a produção potencial (Y_{mp} , kg/ha/período) de uma cultura altamente produtiva, adaptada ao clima, que tem o seu crescimento sob condições não coactivas, com um período de desenvolvimento de G dias, quando $y_m > 20$ kg/ha/hora é

$$Y_{mp} = cL \times cN \times cH \times G \times [F \times (0.8 + 0.01 \times y_m) \times y_o] + (1 - F) \times (0.5 + 0.025 \times y_m) \times y_c \quad (1)$$

e quando $y_m < 20$ kg/ha/hora

$$Y_{mp} = cL \times cN \times cH \times G \times [F \times (0.5 + 0.025 \times y_m) \times y_o + (1 - F) \times (0.05 \times y_m) \times y_c] \quad (2)$$

onde cL é a correcção para o desenvolvimento da cultura ao longo do tempo e a área da folha []; cN a correcção para a produção líquida de matéria seca (0.6 para climas frios e 0.5 para climas quentes) []; cH a correcção para a fracção colhida []; G o período de crescimento total [dias]; F a fracção do dia em que o céu se encontra nublado []; y_m a quantidade bruta de matéria seca foliar de uma cultura para um dado clima [$\text{kg ha}^{-1} \text{dia}^{-1}$]; y_o a produção bruta de matéria seca da cultura padrão para um dado local num dia completamente nublado [$\text{kg ha}^{-1} \text{dia}^{-1}$] e y_c a produção bruta de matéria seca da cultura padrão para um dado local num dia não nublado [$\text{kg ha}^{-1} \text{dia}^{-1}$].

Actualmente existe uma tendência para maximizar WP em detrimento da atenção dada E_a . A WP pode ser definida como a razão entre a produção atingida pela cultura, em Kg e o uso da água, expresso em m^3 (Pereira, 2006):

$$WP = \frac{Y_a}{TWU} \quad (3)$$

em que Y_a é a produção atingida e TWU a água total utilizada para atingir Y_a , incluindo a precipitação. Contudo, TWU pode referir-se exclusivamente ao total de água utilizada na parcela (TWU_{Farm}), sendo incluídas a precipitação e a rega (WP_{Farm}),

$$WP_{\text{Farm}} = \frac{Y_a}{TWU_{\text{Farm}}} \quad (4)$$

ou apenas a água de rega (IWU_{Farm}), tendo-se:

$$WP_{I-\text{Farm}} = \frac{Y_a}{IWU_{\text{Farm}}} \quad (5)$$

O significado destes indicadores é necessariamente diferente e pode causar contradições na expressão “produtividade de água”. A ideia de que ao aumentar a produtividade da

água existe poupança de água não é inteiramente verdade: é necessário distinguir entre uso consumptivo e não consumptivo (ver Pereira, 2006).

A equação 3 pode tomar uma forma diferente, visto a água ter diferentes origens:

$$WP = \frac{Ya}{P + CR + \Delta SW + I} \quad (6)$$

onde P é a precipitação, CR é a ascensão capilar, ΔSW é a diferença da água do solo entre a plantação e a colheita e I é a dotação de rega, todos expressos em mm.

É, também, importante considerar as questões económicas relacionadas com a produtividade da água, visto que o objectivo do produtor é maximizar rendimentos e lucro. Substituindo o numerador das equações acima referidas pelo valor monetário da produção atingida pela cultura (Ya), a produtividade económica da água (EWP) é expressa em €/m³ e definida por:

$$EWP = \frac{Valor(Ya)}{TWU} \quad (7)$$

Contudo, a economia da produção é menos visível nesta forma do que se o numerador e o denominador forem expressos em termos monetários, respectivamente o valor da quantidade produzida e o custo da TWU, traduzindo-se pela seguinte razão:

$$EWPR = \frac{Valor(Ya)}{Custo(TWU)} \quad (8)$$

ou assumindo que todos os custos da água se devem aos custos da rega:

$$EWPR = \frac{Valor(Ya)}{Custo(I)} \quad (9)$$

A Figura 1 descreve o procedimento para determinar a produtividade da água, assim como os processos intermédios, tais como a determinação da produção potencial da cultura (Y_m) e a determinação das dotações brutas aplicadas, recorrendo aos modelos KCISA (Rodrigues *et al.*, 2000), WinISAREG (Pereira *et al.*, 2003) e SIMDualKc (Godinho *et al.*, 2007).

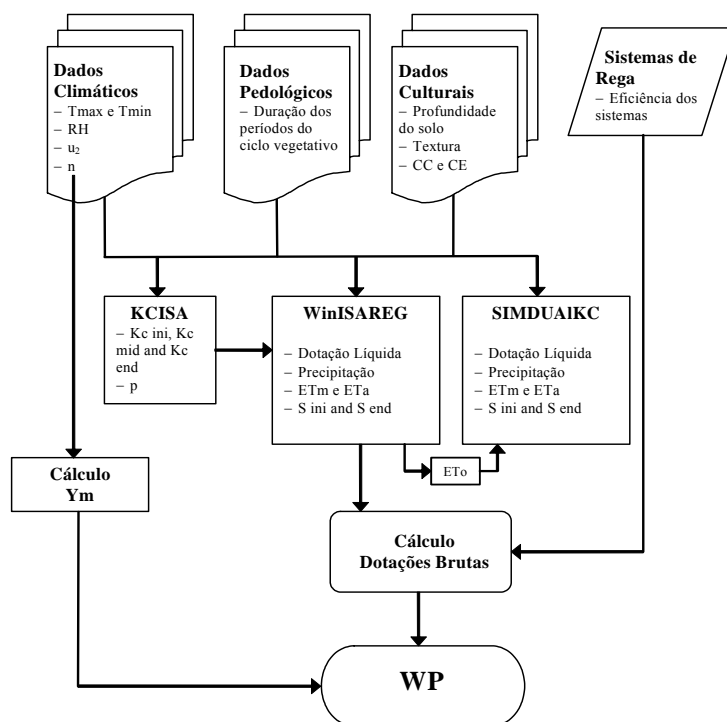


Fig. 1. Diagrama dos principais procedimentos para o cálculo da produtividade da água. Com os resultados obtidos das simulações efectuadas com os modelos referidos, e para as diferentes estratégias de rega e para diferentes probabilidades de procura climática, estimaram-se valores para a produção real da cultura (Y_a) assim como as diferentes produtividades da água (WP , WP_{Farm} , WP_{I-Farm} e EWP).

3. Resultados e discussão

3.1 Estimativa dos preços da água para rega

Para o cálculo da EWP é necessário conhecer o custo de cada metro cúbico de água, para que exista um uso mais ponderado da água de rega. No cálculo da EWP foi considerada a situação actual, em que a água de rega tem o custo de $0,04 \text{ €/m}^3$, e outras duas situações hipotéticas, uma em que foram considerados os custos de exploração, manutenção e conservação (componente variável dos custos) e outra em que foi considerada uma cobertura total dos custos. Para estimar estes custos recorreu-se a Noéme *et al.* (2004), onde é feita uma descrição detalhada dos custos, tanto do investimento inicial como da sua posterior conservação e exploração (Quadro 1).

Quadro 1. Estimativa dos custos do Aproveitamento Hidroagrícola da Vigia (preços de 2003)

Investimento	Valor (€)	Vida Útil (anos)	Valor médio actual (€/ano)	(€/ha)
Barragem	2142543	50	42851	
Estrada Ligação	288053	15	19204	
Edifício e Estação Elevatória	1018077	50	20362	
Instalação eléctrica do edifício	494743	15	32983	
Rede Fixa de Rega	502925	25	20117	
Peças e Acessórios diversos	149305	15	9954	
Sub-Total			145469	96.66 (27%)

Conservação e Exploração (€)		
CMVMC: Custo das Mercadorias Vendidas e das Matérias Consumidas	120683	
FSE: Fundo Social Europeu	159223	
Impostos	289	
Pessoal	91083	
Outros custos e Perdas operacionais	410	
Amortizações	11320	
Provisões	3181	
Custos e Perdas Financeiras	4602	
Custos e Perdas Extraordinárias	3008	
Sub-Total	393799	261.66 (73%)
Total	539268	358.32

Foi estudado o Aproveitamento Hidroagrícola da Vigia pois, em comparação com o do Lucefecit, têm existido maiores restrições de água para rega nos últimos anos. O Aproveitamento Hidroagrícola da Vigia tem uma área total de 1505 ha, o que leva (Quadro 1) a um custo de 96.66 €/ha para a amortização do investimento e um valor de 216.66 €/ha para conservação e exploração. Ambos os valores correspondem a valores médios anuais. No Quadro 2 são referidos os valores obtidos para os diversos custos, considerando um consumo total de 4719478 m³ de água no ano de 2003. A componente fixa é dada pela equação:

$$\text{Componente Fixa} = \frac{\text{Investimento}}{\text{Consumo Total}} \quad (10)$$

e a componente variável é dada pela equação:

$$\text{Componente Variável} = \frac{\text{Conservação e Exploração}}{\text{Consumo Total}} \quad (11)$$

Quadro 2. Estimativa dos custos fixos e variáveis

Consumo Total (m ³)	Investimento (€ano)	Componente Fixa (€/m ³)	Conservação e Exploração (€ano)	Componente Variável (€/m ³)
4719478	145469	0.0308	393799	0.0834

A cobertura total dos custos resulta da soma da componente fixa com a componente variável. No Quadro 3 resumem-se as três situações consideradas no cálculo da EWP.

Quadro 3. Valores considerados para o custo da água de rega no Aproveitamento Hidroagrícola da Vigia, em €/m³

Situação Actual	Cobertura Parcial dos Custos	Cobertura Total dos Custos
0.04	0.0834	0.1143

3.2 Estimativa das produtividades físicas e económicas da água

As diferentes estratégias de rega simuladas são indicadas no Quadro 4 e as condições de procura climática e os correspondentes anos para que se fizeram as simulações são apresentados no Quadro 5. As dotações brutas *Db* foram determinadas considerando as eficiências de aplicação observadas nas parcelas estudadas: 50% para a parcela Monte

I., 41% para a parcela T-104 e 54% para a parcela T-134 e são próximas das estimados por Noéme *et al.* (2004).

Quadro 4. Estratégias de rega adoptadas nas simulações

Esquema de rega	Descrição	Restrição
Sem restrição	Dotação fixa (15mm) e MAD = p	Sem Restrições
A	Dotação fixa (15mm) e MAD = 0,95p	660 mm
B	Dotação fixa (15mm) e MAD = 0,90p	630 mm
C	Dotação fixa (15mm) e MAD = 0,80p	570 mm
D	Dotação fixa (15mm) e MAD = 0,70p	510 mm
E	Dotação fixa (15mm) e MAD = 0,60p	450 mm
F	Dotação fixa (15mm) e MAD = 0,50p	390 mm

Quadro 5. Condições de procura climática relativas ao período cultural do milho

Parcela	Condições de Procura Climática	Ano	Precipitação Total (mm)
T - 104	Média	1985	105.2
	Forte	1965	55.9
	Muito Forte	1999	154.8
T - 134	Média	1982	98.1
	Forte	1965	55.9
	Muito Forte	1999	154.8
Monte I.	Média	1982	98.1
	Forte	1965	55.9
	Muito Forte	1999	154.8

3.3 Análise de resultados sobre produtividade da água

O estudo foi realizado para cada ano de procura climática, para cada solo e para a cultura de milho segundo 2 opções distintas: sem e com restrições nas disponibilidades de água. O valor unitário da produção da cultura analisada é de 0.16 €/Kg. A opção óptima da rega com restrições foi determinada como sendo a estratégia de rega que provoque uma quebra de produção inferior a 25%, adoptando-se as mesmas estratégias para ambos os modelos. Nas Figuras 2 a 4 são apresentadas tanto as produtividades físicas (WP_{1-Farm}) como as económicas (EWP) para diferentes anos de procura climática e solos, para as opções estudadas. Os valores obtidos aproximam-se dos referidos por Oweis *et al.* (2003)

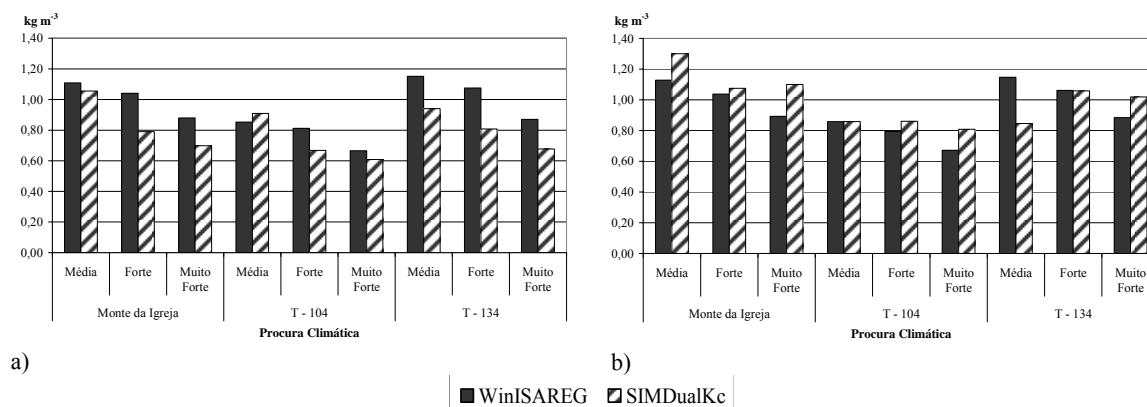


Fig. 2. Produtividade da água (WP): a) sem restrições e b) com restrições

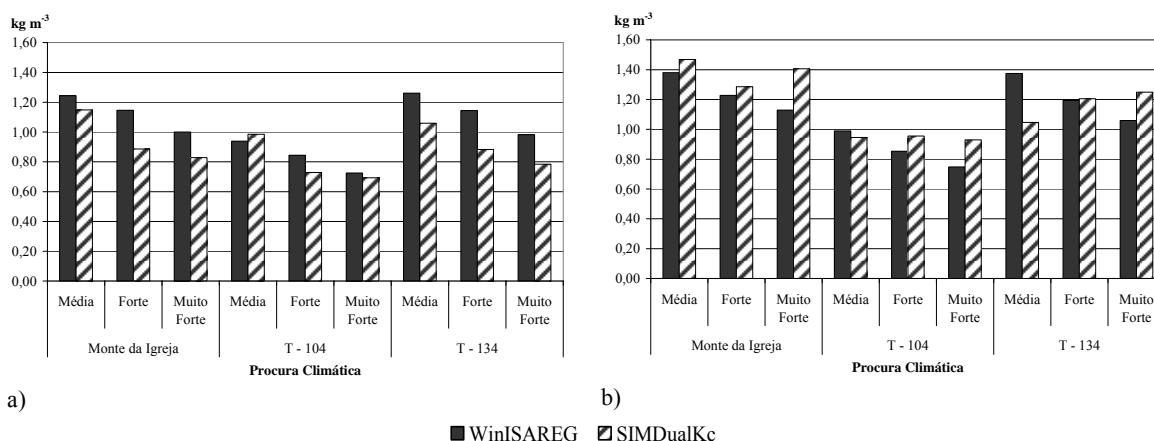


Fig. 3. Produtividade da água (WP_{I-Farm}): a) sem restrições e b) com restrições

Por observação das Figuras 2 e 3 verifica-se, como seria de esperar, que quanto menor é a dotação bruta de água aplicada maior é a produtividade da mesma. O mesmo se verifica no caso da produtividade económica da água (Fig. 4). As respostas obtidas para as três parcelas são idênticas, embora os valores sejam um pouco mais baixos para o caso da parcela T-104, provavelmente devido às características físicas desta. Os valores obtidos por intermédio do modelo SIMDUAlKc comportam-se de forma diferente comparando as situações com e sem restrições porque as quebras de produção estimadas são inferiores em relação ao modelo WinISAREG.

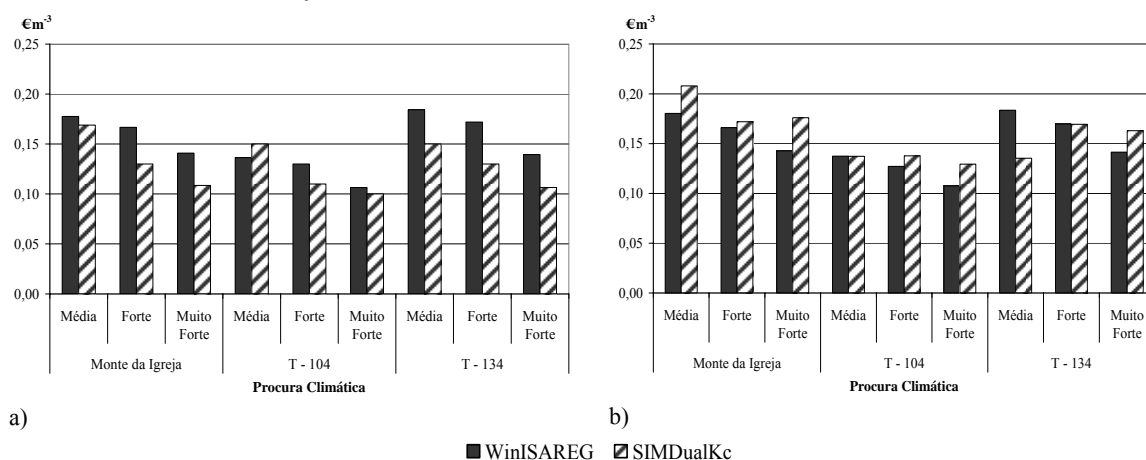


Fig. 4. Produtividade económica da água (EWP): a) sem restrições e b) com restrições

Uma forma de comparar a produtividade da água dos dois modelos em estudo é a análise da razão entre o valor da produção e o custo da água de rega. Os valores obtidos aquando da estimativa dos preços da água para rega, permitiram obter os resultados apresentados nas Figuras 5 a 7 cuja leitura se apoia no Quadro 6.

Quadro 6. Síntese das diferentes situações abordadas nas Fig. 5, 6 e 7

Parcelas	Procura Climática	
Monte I.	Média	A
	Forte	B
	Muito Forte	C
T - 104	Média	D
	Forte	E

	Muito Forte	F
	Média	G
T - 134	Forte	H
	Muito Forte	I

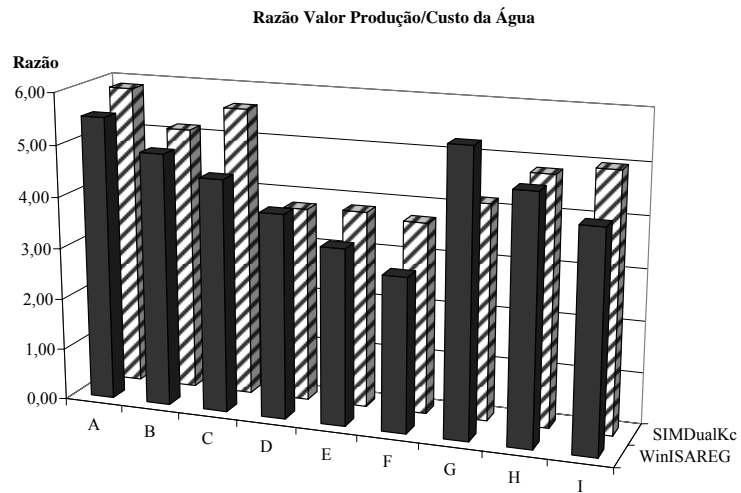


Fig. 5. Produtividade Económica da Água na situação actual com restrições

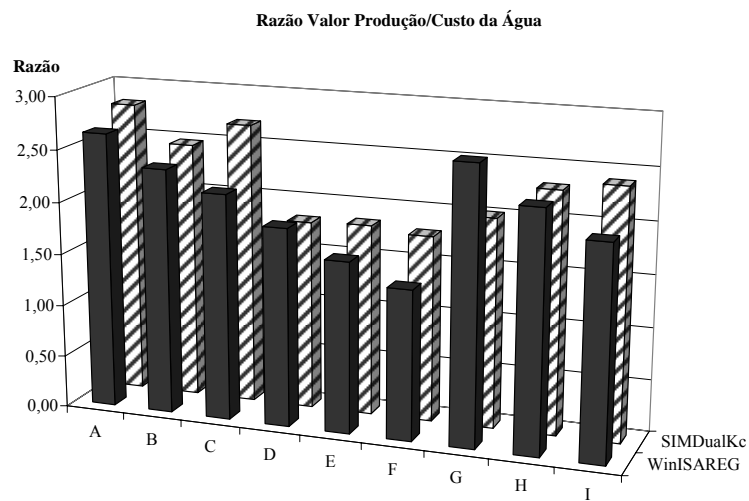


Fig. 6. Económica da Água na com cobertura parcial dos custos com restrições

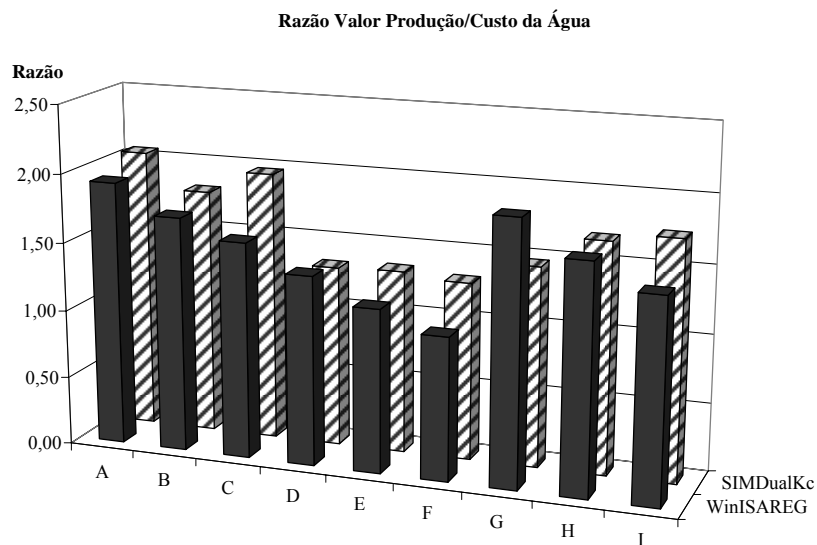


Fig. 7. Económica da Água na com cobertura total dos custos com restrições

Por observação das figuras 5 a 7 verifica-se que se o custo da água se referir à cobertura total dos custos a cultura do milho nas parcelas estudadas não é, de forma alguma, rentável.

Como se verifica, a produtividade da água pode ser considerada como uma ferramenta de avaliação dos impactos da rega deficitária. Através da comparação das produtividades obtidas numa situação de rega sem qualquer tipo de restrição hídrica com uma situação onde a rega é aplicada em défice, pode-se avaliar se é viável ou não a adopção de um maneio de rega deficitário. Há que ter em conta que a diferença entre as produtividades terá de ser considerável visto que nem sempre uma poupança na água de rega justifica as quebras na produção de uma determinada cultura. É isto que se verifica no perímetro de rega da Vigia, já que a diferença entre as produtividades obtidas com e sem défice hídrico não justifica a adopção de um maneio em défice hídrico. Isto deve-se ao facto de todo o sistema apresentar fracas eficiências de aplicação, como foi comprovado nas parcelas em estudo.

4. Conclusões

Os modelos de simulação do balanço hídrico do solo mostraram-se consistentes na determinação da evapotranspiração cultural e na calendarização da rega, baseados nos dados climáticos e pedológicos. A metodologia de cálculo da produção potencial máxima da cultura do milho mostrou-se eficaz, considerando que os resultados obtidos se aproximam dos obtidos nas parcelas do perímetro da Vigia. A análise da produtividade económica da água mostra que, para a situação actual, os valores estimados são aceitáveis. Porém, a verificar-se um aumento significativo do custo da água para rega, presume-se que as baixas eficiências dos sistemas de rega do perímetro da Vigia não permitem que a agricultura seja uma fonte de rendimento aceitável. Os resultados mostram que a rega deficitária não se revela opção acertada de maneio de rega visto que a poupança de água de rega não compensa as quebras de produção obtidas. Será necessária uma melhoria na eficiência de aplicação, portanto uma

melhoria dos sistemas de rega, que conduza a maiores rentabilidades em caso de poupança de água relativamente à satisfação total das necessidades hídricas.

Agradecimentos

Este estudo foi desenvolvido no âmbito dos projectos MIPAIS - MEDOC 2004-04-4.4-1-108 e POCTI/AGG/42698/2001 “Tecnologias de informação para a poupança de água e melhor desempenho da rega sob pressão”.

Bibliografia

Doorenbos, J., Kassan, A.H., 1979. Yield Response to Water, FAO Irrigation and Drainage; Paper N° 33. FAO, Roma

Godinho P., Sequeira B., Paredes P., Pereira L.S., 2007. Cálculo das necessidades hídricas das culturas de acordo com a metodologia dos coeficientes culturais duais: o modelo SIMDualKc (este Congresso)

Noéme C., Fragoso R., Coelho L., 2004. Avaliação Económica da utilização da água em Portugal – Determinação do preço da água para fins agrícolas: aplicação dos aproveitamentos hidroagrícolas de Odivelas, da Vigia e do Sotavento Algarvio. ISA – UTL, Lisboa

Oweis, T., Kijne, J.W., Tuong, T.P., Bennett, J., Bouman, B., 2003. Ensuring Food Security, via Improvement in Crop Water Productivity. Challenge Program on Water and Food, CGIAR.

Pereira, L.S., 2006. Relating water productivity and crop evapotranspiration. In: Water Use Efficiency and Water Productivity. Options Méditerranéennes (in press).

Pereira, L.S., Teodoro, P.R., Rodrigues, P.N., Teixeira, J.L., 2003. Irrigation scheduling simulation: the model ISAREG. In: Rossi, G., Cancelliere, A., Pereira, L. S., Oweis, T., Shatanawi, M., Zairi, A. (Eds.) Tools for Drought Mitigation in Mediterranean regions. Kluwer, Dordrecht, pp. 161-180

Rodrigues PN, Pereira LS, Machado TG, 2000. KCISA, a program to compute averaged crop coefficients. Application to field grown horticultural crops. Acta Horticulturae N° 537, ISHS, Leuven: 535-542.