

REVISTA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

VOLUME XXVII

NÚMEROS 2/4

2004

SUMÁRIO - CONTENTS

EDITORIAL	5
JOSÉ F.C. BARROS; MÁRIO DE CARVALHO & GOTTLIEB BASCH - Efeito do sistema de mobilização do solo na produtividade do girassol de sequeiro The effect of tillage system on the productivity of sunflower under rainfed conditions	7
JOSÉ F.C. BARROS; MÁRIO DE CARVALHO & GOTTLIEB BASCH - Efeito da população de plantas na produtividade do girassol de sequeiro The effect of plant density on the productivity of sunflower under rainfed conditions	17
M.A. RODRIGUES; F. MARTINS & J. COUTINHO - Efeito da idade fisiológica, do calibre e do corte da semente no desenvolvimento e produção da cultura da batata (cv. <i>désirée</i>) The effect of seed size, seed-pieces and physiological age of seed tubers on growth and yield of potato crop (cv. <i>désirée</i>)	28
FERNANDO J.B. TEIXEIRA; GOTTLIEB BASCH & KEYUMARS TAYEBI - Avaliação de 15 génotipos de <i>Miscanthus</i> para a produção de biomassa no sul de Portugal - II. Parâmetros de qualidade para a combustão Evaluation of 15 <i>Miscanthus</i> genotypes for biomass production in south Portugal - II. Combustion quality parameters	40
J. QUELHAS DOS SANTOS - Campos de golfe: a fertilização e a qualidade do ambiente Golf courses: fertilization and environment	52
J.A. PEREIRA; L.M. TORRES; & I.G. ESPINHA - Ácaros fitoseídeos (acari: <i>Phytoseiidae</i>) associados à vinha no norte interior de Portugal Phytoseiid mites (acari: phytoseiidae) associated with vineyards in northeastern Portugal	66
L.F.S. LEANDRO; R. BRYSON, J. CRAIGON; J. CLARK; B. CLARK & A.C. MADEIRA - Métodos espectroradiométricos para avaliação de um fungicida da família das estrobilurinas, cresoxime-metilo, na cor das folhas de trigo Use of spectroradiometry in assessing effects of the strobilurin fungicide, kresoxim-methyl, on wheat leaf greenness	74
J.M. SOBREIRA; V.R. OSÓRIO & CASTRO - Contribuição para o estudo da alteração das caseínas e actividade da plasmina no leite de ovelhas ao longo da lactação Contribution to the study of casein alteration and plasmin activity in ewe's milk during lactation	86

(continua na contracapa)

SOCIEDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DE PORTUGAL
Instituição de Utilidade Pública
Fundada em 1903
Lisboa — Portugal

(continuação)

PAULO J. CASTANHEIRA - Utilização do permeâmetro de Guelph e permeâmetro de disco na determinação da condutividade hidráulica saturada Determination of soil saturated hydraulic conductivity with the Guelph and disk permeameters	99
A. AZEVEDO; M. MADEIRA & J. DIGHTON - Aplicabilidade dos biotestes ¹⁵ N e ³² P na avaliação do estado de nutrição de plantas de <i>eucalyptus globulus</i> cultivadas em vaso	107
J.A. ANDRADE, F.G. ABREU & J. CADIMA - Análise de perfis de temperatura do solo com recurso a séries de Fourier Analysis of soil temperatures by Fourier series	120
L.S. MATOS; C.M. TOUREIRO; R.P. SERRALHEIRO & M.R. OLIVEIRA - Estudo de efeitos da subsolagem profunda num solo mediterrâneo Study of some effects of subsoiling in a mediterranean soil	133
A.C. DUARTE & N.T. MOTA - Avaliação de um sistema de rega por sulcos no aproveitamento hidroagrícola de Idanha-a-Nova Evaluation of a furrow irrigation system in Idanha-a-Nova irrigation project	150
C.J.M. PINTADO & A.C.A. SANTOS - Evolução pós-colheita em melão 'tendral' conservado de forma tradicional Postharvest changes of 'tendral' melon under traditional storage	161
MARIA JOÃO PEREIRA & BRANDÃO DE OLIVEIRA - Correlações entre os conteúdos minerais do solo e das espécies pratenses na ilha de São Miguel Correlations between soil and plant contents for certain chemical elements in pasture's species on S. Miguel island	167
MARIA JOÃO PEREIRA & BRANDÃO DE OLIVEIRA - Balanço mineral das espécies pratenses na ilha de São Miguel Mineral balance of pasture species on São Miguel island	170

TEMAS TROPICAIS

A.M. BADEGANA; J. AMANG & J.M. MPE - Préférences alimentaires de <i>Sahlbergella singularis</i> Hagl. (Hemiptera: Meridae) vis-a-vis de quelques clones de cacaoyer (<i>Theobroma cacao</i> L.) Feeding preferences of <i>Sahlbergella singularis</i> Hagl. (Hemiptera: Meridae) to some cocoa (<i>Theobroma cacao</i> L.) clones	187
I.R. MOURA & M. FERREIRA-PINTO - Influência de diferentes reguladores de crescimento na propagação <i>in vitro</i> de mandioca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz) a partir de estacas nodais Influence of different growth regulators on cassava (<i>Manihot esculenta</i> Crantz) <i>in vitro</i> propagation from node cultures	195
C.J. RODRIGUES JR.; M. MAYER GONÇALVES & V.M.P. VÁRZEA - Importância do híbrido de Timor para o território e para o melhoramento da cafeicultura mundial	203

(continua no verso da contracapa)

AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE REGA POR SULCOS NO APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DE IDANHA-A-NOVA

EVALUATION OF A FURROW IRRIGATION SYSTEM IN IDANHA-A-NOVA IRRIGATION PROJECT

A. C. Duarte & N. T. Mota

RESUMO

O principal objectivo da avaliação dos sistemas de rega de superfície é identificar práticas de gestão e configuração dos sistemas, que de forma prática e efectiva aumentem a eficiência da rega. Com a implementação de um esquema experimental adequado, este estudo propõe-se à concretização dos seguintes objectivos: avaliação das regas através da simulação do processo observado, usando dados de campo que sirvam como parâmetros de entrada no modelo; análise da qualidade das regas praticadas e proposta de alteração dos parâmetros de gestão, por forma a aumentar a sua eficiência.

Na preparação do ensaio de rega foi feita uma nivelção do terreno, com o auxílio de equipamento adequado, ficando o declive longitudinal com um valor de 0.002. Durante as regas foram registados os seguintes dados de campo: caudais de alimentação dos sulcos e caudais excedentes, tempos de avanço e recessão, infiltração, profundidade do escoamento, caracterização transversal dos sulcos. Alguns dos dados de campo depois de trabalhados, serviram como parâmetros de entrada do modelo de simulação de rega de superfície SRFR_331, para avaliação das regas através dos indicadores Eficiência de Aplicação (Ea) e Uniformi-

dade de Distribuição referida ao quartil mínimo (UD).

Na primeira rega simulada obtiveram-se os seguintes valores dos indicadores usados: Ea=75.6% e UD=64%, ocasionados pelo elevado tempo de rega com caudais baixos. Da simulação da segunda rega resultou Ea=75.5% e UD=91%, obtidos na sequência de correcções no sistema que incluíram aumento do caudal de manutenção e menor tempo de rega. A avaliação da primeira rega, através da utilização de um modelo de simulação, deu indicação para uma combinação mais adequada dos parâmetros de rega, que levou a melhores resultados das regas subsequentes.

ABSTRACT

The principal objective of evaluating surface irrigation systems is to identify management practices and system configurations, that can be feasibly and effectively implemented to improve the irrigation efficiency. With the implementation of an experimental field, the main objectives of this study are: evaluation of the irrigation events by utilisation of a simulation model, and field data that serve as input parameters in a model; analysis of the irrigations events and alteration of the management system in the field, that increase their efficiency.

An experiment furrow irrigation field was prepared and land surface was levelled to a 0.002 slope by using a levelling equipment. For each experimental irrigation event the following data were determined: inflow and run-off rates and hydrographs; advance and recession times; furrow cross section geometry data, as width, area and wetted perimeter as functions of water depth in the furrows. Some of these field data were inputted to the simulation model SRFR_331, the evaluation carried out and the irrigation performance indicators (application efficiency, low quarter distribution uniformity) outputted from the model.

For the first irrigation event, the values for the application efficiency and for the low quarter distribution uniformity were 75.6% and 64% respectively. Distribution uniformity was not good, due to the fact that a large application time with a small inflow rate was practised. For the second irrigation event, the values for the same evaluation parameters were 75.5% and 91.1% respectively, showing the effective improvement that can be obtained by managing the irrigation system according to the model's simulations when using data collected with earlier irrigation events.

INTRODUÇÃO

Uma das actividades consumidoras de água é a agricultura, na prática da rega. De entre os processos de rega praticados no nosso país, assumem particular importância os denominados de superfície, com especial destaque para a rega por sulcos. É evidente o interesse da caracterização, avaliação e monitorização dos processos de rega na perspectiva de uma melhor gestão dos sistemas, que leve a uma maior economia de água e a uma minimização dos impactes ambientais causados a jusante, e nas próprias parcelas de rega. A rega de superfície é um

sistema hidrológico complexo e dinâmico, sendo a sua avaliação importante na optimização do uso da água (Walker, 1989). Avaliar a rega consiste na análise de todo o processo hidráulico e hidroagrícola envolvido, retirando daí indicações sobre possíveis melhorias a introduzir no processo de rega (Serralheiro, 1996). Assim, o principal objectivo da avaliação dos sistemas de rega de superfície é identificar práticas de gestão e configuração dos sistemas, que de forma prática e efectiva aumentem a eficiência da rega. Os dados para a avaliação do processo devem ser recolhidos periodicamente nas parcelas de rega, para identificar as possíveis alterações no sistema a operar durante a campanha de rega ou de ano para ano, com vista a melhorar gestão dos sistemas (Walker, 1989). Os parâmetros de avaliação que geralmente se consideram são a eficiência de aplicação (e de infiltração), e a uniformidade de distribuição da água na parcela. Para que a avaliação possa ser feita de forma criteriosa, é necessária a implementação de um esquema experimental para recolha de dados de campo. Estes dados, tais como as características de infiltração e a rugosidade hidráulica da superfície onde se processa o escoamento, servem como parâmetros de entrada em modelos matemáticos de simulação, usados no dimensionamento, gestão e avaliação dos sistemas de rega de superfície. Saliente-se que o aperfeiçoamento das técnicas experimentais é essencial para o rigor dos dados de campo. Ainda assim, algumas observações de campo, por não comportarem as implícitas variações espaciais e temporais, não descrevem da melhor forma os correspondentes processos durante a rega. Desenvolvimentos recentes de metodologias, mais ou menos operacionais, têm contribuído para a melhoria da avaliação dos sistemas de rega de superfície. Duarte & Sousa (1995) desenvolveram uma metodologia de optimização dos parâmetros da

infiltração em rega de superfície, no sentido de se procurar a melhor aproximação entre os resultados simulados e observados do avanço e recessão em determinada rega. Calejo *et al.* (1998) desenvolveram um algoritmo de tolerância flexível para trabalhar iterativamente com o modelo de simulação de rega SRFR, para estimar os valores dos parâmetros de equações de infiltração e do coeficiente de rugosidade.

Este estudo propõe-se à concretização dos seguintes objectivos:

- avaliação das regas através da utilização de um modelo de simulação de rega de superfície, usando dados observados que sirvam como parâmetros de entrada no modelo.
- análise da qualidade das regas praticadas e propostas de alteração dos parâmetros de gestão, por forma a aumentar a sua eficiência.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios de campo deste estudo decorreram na Herdade do Couto da Várzea (Direcção Regional de Agricultura da Beira Interior), cuja área fica incluída no Aproveitamento Hidroagrícola de Idanha-a-Nova. O solo presente na parcela experimental pertence à categoria de Aluviosolos Modernos Não Calcários de textura mediana (Cardoso, 1974).

Na preparação do ensaio foi feita uma nivelção do terreno com o objectivo de correcção das irregularidades na topografia, tendo ficado, após aquela operação, com um declive longitudinal de 0.0024 m/m. A cultura instalada na parcela experimental foi o milho híbrido, em linhas espaçadas de 0.75 m. Na distribuição de água aos sulcos foi utilizado tubo PVC de 200 mm de diâmetro, com janelas reguláveis de caudal, de alimentação individual dos sulcos. Durante os ensaios de campo foram registados

dados mediante o uso das técnicas experimentais que a seguir se referem. A Figura 1 mostra a localização das observações de campo na parcela experimental.

Caudais de alimentação dos sulcos e caudais excedentes

Os caudais de alimentação aos sulcos foram avaliados com medidores portáteis de soleira espessa modificada (Replogle & Bos, 1982), e registo dos valores a intervalos de tempo regulares (10 minutos), tendo revelado uma situação de relativa estabilidade. Estes medidores de caudal, sendo leves e pequenos, podem ser com facilidade transportados de um lugar para outro, o que os torna especialmente indicados para a medição de caudais em sulcos (Figura 2). Algumas observações eram confirmadas por medição volumétrica com um recipiente graduado e um cronómetro, num procedimento também usado por Reddell & Latorue (1986). Os caudais excedentes no extremo jusante da parcela foram avaliados através das mesmas técnicas que os caudais de alimentação, com maior dificuldade para a medição volumétrica. Durante as regas foi praticada a técnica de *cut-back*, ou seja a redução do caudal quando todo, ou quase todo, o comprimento da parcela fica sob infiltração, com o objectivo de redução das perdas de água no final da parcela.

Tempos de avanço e recessão

Estes tempos foram determinados através da observação directa de cada uma destas ocorrências, em estações de controlo espaçadas de 10 metros (ASAE, 1998). Nos ensaios de campo de 1999, o avanço da lâmina de água foi controlado até uma distância de 120 metros desde a cabeceira dos sulcos. Na Figura 3 podemos constatar tempos de avanço relativamente rápidos, que se

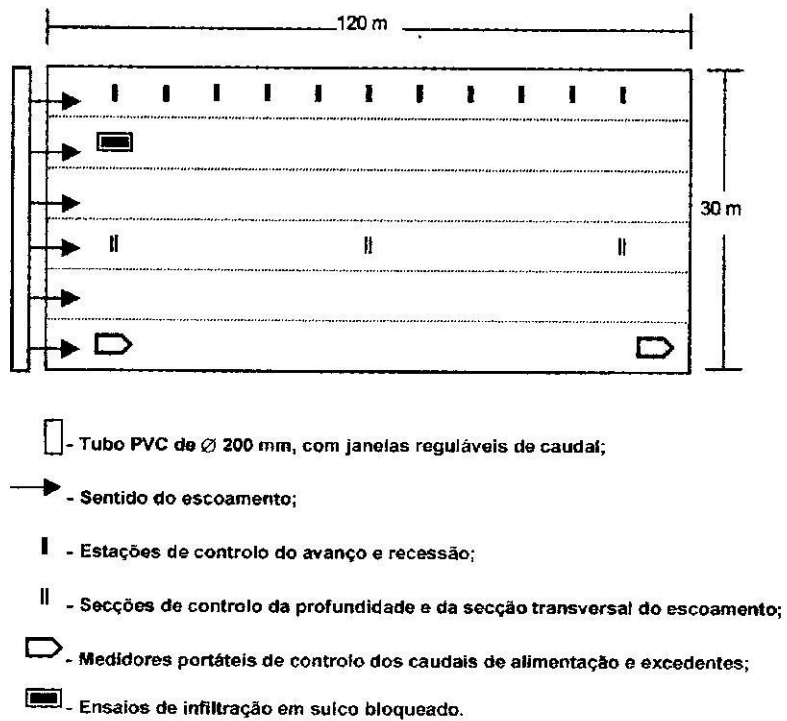


Figura 1. Localização dos equipamentos para as observações efectuadas durante os ensaios de campo.



Figura 2. Medidor portátil de soleira espessa modificada, para observação dos caudais.

justificam pelo valor do declive da rasante dos sulcos e por uma rugosidade baixa da superfície onde se processa o escoamento, motivada pela ausência de vegetação e torções no rasto e taludes dos sulcos. Nas parcelas de rega com declive longitudinal, a recessão ocorre de montante para jusante, mais ou menos rapidamente dependendo, entre outros factores, do volume armazenado à superfície, das condições de infiltração do solo e do declive da rasante dos sulcos. Considera-se que a recessão ocorre, para uma dada estação de controlo, quando a água desaparece em cerca de 50% da área da malha representada por essa estação (Ley & Clyma, 1980). Algumas irregularidades na topografia da rasante dos sulcos, particularmente na cabeceira daqueles, determinaram que a água permanecesse durante bastante tempo, o que limitou em algumas estações de controlo a observação da recessão.

Características de infiltração

A infiltração foi avaliada através de ensaios de infiltração, na modalidade de infiltrómetro de sulco bloqueado (Walker,

1989). As equações de infiltração de Kostikov (1932) e Kostikov-Lewis (Elliot & Walker, 1982) são obtidas por regressão linear, das séries logaritimizadas dos tempos e volumes infiltrados (Duarte, 1994), cujos parâmetros estão registados no Quadro 1. Ambas as equações de infiltração anteriormente referidas, revelam um bom ajustamento aos dados de campo, facto que é evidenciado pela observação da representação gráfica do ajustamento das curvas calculadas aos dados observados (Figura 4). O critério para a selecção da equação que melhor se ajusta aos dados de campo é a análise visual da representação gráfica. Tomando como exemplo o teste de infiltração efectuado em 22/07/99, constata-se, por observação da Figura 4, que a equação que melhor se ajusta aos dados de campo é a equação de Kostikov-Lewis.

Caracterização transversal dos sulcos

Os dados referentes à geometria da secção transversal dos sulcos são necessários para a determinação da área e perímetro molhados da secção transversal do escoamento, para uma dada profundidade. Con-

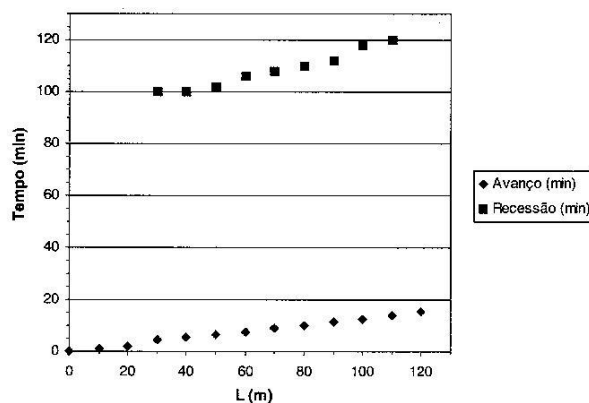


Figura 3. Avanço e recessão observados na rega efectuada em 29/07/99 – 2ª rega.

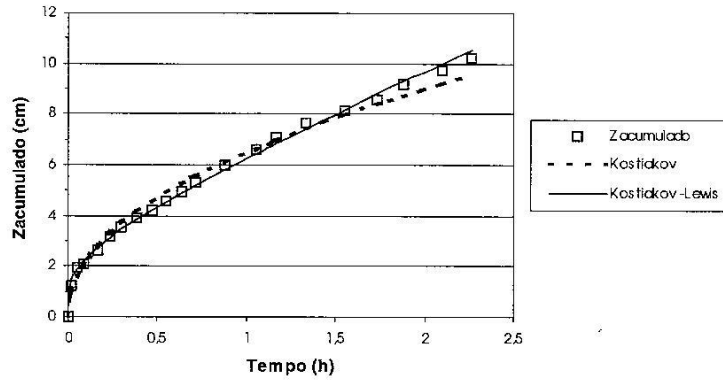


Figura 4. Ajustamento das equações de infiltração aos dados observados em teste de infiltração realizado em 22/07/99 (Mota, 1999).

QUADRO 1. Parâmetros das equações de infiltração de Kostiakov e Kostiakov-Lewis, ajustados a partir dos dados observados em teste de infiltração realizado em 22/07/99

EQUAÇÕES DE INFILTRAÇÃO	PARÂMETROS		
	K (mm/h ^{0.5})	a	l_f (mm/h)
Kostiakov	64.88	0.465	----
Kostiakov-Lewis	33.30	0.210	29.14

juntamente com o caudal e o declive longitudinal da rasante dos sulcos, permitem o cálculo do coeficiente de rugosidade da equação de Manning-Strickler. Os dados desta avaliação de campo podem ainda servir para a determinação das equações que relacionam a profundidade do escoamento com a largura da superfície do escoamento nos sulcos, como forma da sua caracterização transversal (Duarte, 1999). Esta informação pode ser obtida, nas secções onde se registou a profundidade do escoamento,

através da utilização de um perfilómetro de agulhas, descrito por Walker & Skogerboe (1987). Este dispositivo é constituído por um painel graduado em altura, tendo a parte inferior um suporte perfurado a determinado espaço, onde deslizam verticalmente um conjunto de varetas cilíndricas. Depois de apoiado nos camalhões dos sulcos e horizontalizado, libertam-se as varetas até se apoiarem na superfície do sulco, reproduzindo-se assim no painel rectangular a secção transversal do sulco (Figura 5).



Figura 5. Perfilómetro de agulhas, para registo da secção transversal dos sulcos.

Profundidade do escoamento

Esta observação foi efectuada com réguas colocadas no talvegue dos sulcos (Figura 6), e registo das profundidades a intervalos de tempo regulares, normalmente quando eram registados os valores dos caudais. Em alternativa, a profundidade do escoamento poderia ser medida com réguas

em T apoiadas nos taludes dos sulcos e colocadas normalmente no início, meio e fim dos sulcos (Serralheiro, 1988). Nas parcelas com um determinado declive longitudinal, o objectivo desta avaliação de campo é a determinação da secção transversal do escoamento (área e perímetro molhados) para cálculo do coeficiente de rugosidade da equação de Manning-Strickler.

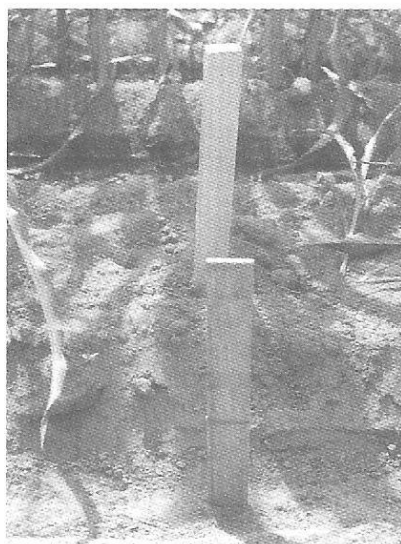


Figura 6. Observação da profundidade do escoamento com réguas graduadas, colocadas no talvegue dos sulcos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação das regas usou-se o modelo matemático de simulação de rega de superfície SRFR_331 (Strelkoff, 1998), através dos indicadores Eficiência de Aplicação e Uniformidade de Distribuição referida ao quartil mínimo (Hoffman *et al.*, 1992; Serralheiro, 1996). Este modelo assume que todas as características do escoamento podem variar com a distância a partir do sistema de alimentação e com o tempo. As simulações consistem na solução numérica de equações que traduzem a conservação da massa e da quantidade de movimento. Os resultados da simulação dependem das propriedades do solo, da geometria da parcela (comprimento, declive) e da gestão da rega (caudal, tempos de rega, dotação de rega). Os resultados podem ser apresentados grafi-

camente ou numericamente através de indicadores tais como a eficiência de aplicação, a uniformidade de distribuição ou o custo da água aplicada. Durante as simulações é mostrado um gráfico animado da superfície do solo e do escoamento, e do perfil de infiltração da água no solo. Apresenta-se no Quadro 2 a informação fornecida ao modelo, com base na informação de campo trabalhada, e no Quadro 3 os resultados simulados das regas.

Na primeira rega simulada obtiveram-se os valores para os indicadores usados de $E_a=75.6\%$ e $U_D=64\%$, ocasionados pelo elevado tempo de rega com caudais baixos, determinando perdas de água consideráveis por percolação e uma distribuição pouco uniforme da água ao longo da parcela (Eisenhauer *et al.*, 1991). Com o solo seco, quando foi efectuada esta rega, e caudais

QUADRO 2. Informação fornecida ao modelo

REGA DO DIA 22/07/99		REGA DO DIA 29/07/99	
Parâmetro	Valor	Parâmetro	Valor
Comprimento dos sulcos	120.0 m	Comprimento dos sulcos	120.0 m
Declive da rasante dos sulcos	0.0024 m/m	Declive da rasante dos sulcos	0.0024 m/m
Espaçamento entre sulcos	0.75 m	Espaçamento entre sulcos	0.75 m
Largura à superfície do escoamento (profund. 100mm)	0.18 m	Largura à superfície do escoamento (profund. 100mm)	0.21 m
Expoente da equação potência de caracter. transversal sulcos	1.151	Expoente da equação potência de caracter. transversal sulcos	1.170
Profundidade total dos sulcos	156.0 mm	Profundidade total dos sulcos	168.0 mm
Kostiakov-Lewis k	33.30 mm/h ^a	Kostiakov-Lewis k	14.79 mm/h ^a
Kostiakov-Lewis a	0.21	Kostiakov-Lewis a	0.12
Kostiakov-Lewis if	29.14 mm/h	Kostiakov-Lewis if	13.29 mm/h
Kostiakov modificada c	0.00 mm	Kostiakov modificada c	0.00 mm
Limitação à profundid. infiltração	0.00 mm	Limitação à profundid. infiltração	0.00 mm
Coef. de rugosidade de Manning	0.054	Coef. de rugosidade de Manning	0.054
Caudal de alimentação	1.00 l/s	Caudal de alimentação	1.00 l/s
Tempo de corte da alimentação	152.0 min	Tempo de corte da alimentação	79.0 min
Tempo em que se faz a redução do caudal (tempo de <i>cutback</i>)	123.1 min	Tempo em que se faz a redução do caudal (tempo de <i>cutback</i>)	47.4 min
Redução do caudal (<i>cutback</i>)	0.30	Redução do caudal (<i>cutback</i>)	0.50
Dotação requerida	70.00 mm	Dotação requerida	34.00 mm

QUADRO 3. Resultados simulados das regas

REGA DO DIA 22/07/99		REGA DO DIA 29/07/99	
Parâmetro	Valor	Parâmetro	Valor
Ea	75.6%	Ea	75.5%
UDqm	0.64	UDqm	0.91
Dmed	87.2 mm	Dmed	31.8 mm
Dmin	29.7 mm	Dmin	27.9 mm
Dqm	55.8 mm	Dqm	29.1 mm
Pexd%	0.56%	Pexd%	24.10%
PexdD	0.4 mm	PexdD	10.1 mm
Pperc	20.7 mm	Pperc	0.0 mm

Ea – eficiência de aplicação;

UDqm – uniformidade de distribuição referida ao quartil mínimo;

Dmed – dotação média na parcela;

Dmin – dotação mínima na parcela;

Dqm – dotação média no quartil mínimo;

Pexd% - perdas por excedente expressas em percentagem;

PexdD – perdas por excedente expressas em altura de coluna de água;

Pperc – perdas por percolação profunda;

Dapl – dotação aplicada.

praticados relativamente baixos (ainda que o tempo de alimentação tenha sido longo), levaram a que grande parte da água se infiltrasse nos troços iniciais da parcela, determinando que as perdas por escoamento fossem naturalmente pequenas. A obtenção destes resultados é compreensível se atendermos aos valores relativamente elevados da infiltração, ocasionada pela natureza arenosa do solo e pelo estado bastante seco em que aquele se encontrava na altura em que foi praticada a rega. Valores da infiltração desta ordem têm sido observados noutros estudos que decorreram em condições edafo-climáticas similares (Duarte, 1994). Verificou-se redução significativa do expoente a da equação de infiltração da 1ª para a 2ª rega, ou seja num espaço temporal de uma semana. Tal comportamen-

to dever-se-á a um arranjo diferente das partículas do solo, inicialmente bastante seco, que levou à redução da infiltração, resultando para um valor que se manteve quase inalterado nos ensaios de infiltração subsequentes. Este mesmo efeito é aproveitado na técnica de alimentação dos sulcos designada de *surge-flow* (rega com alimentação alternada de grupos de sulcos), sendo especialmente útil em solos de textura grosseira e portanto de permeabilidade elevada (Serralheiro, 1996), e configurando-se como uma alternativa para a melhoria da eficiência neste processo de rega. É importante referir que as características de infiltração do solo determinadas em ensaios de infiltração nem sempre descrevem de forma conveniente o processo da infiltração durante a rega, o que pode levar a simulações

menos exactas do processo. Uma forma de ultrapassar esta limitação relacionada com a determinação pontual da infiltração em ensaios de campo é recorrendo à metodologia da “solução inversa”, que consiste num ajustamento dos parâmetros a e k da equação de infiltração até que as curvas de avanço e recessão sejam bem simuladas (Duarte, 1994; Duarte & Sousa, 1995). Da simulação da segunda rega resultou $E_a=75.5\%$ e $UD=91\%$, obtidos na sequência de correcções no sistema que incluíram aumento do caudal de manutenção (com influência directa no aumento da UD), e menor tempo e dotação de rega, relacionados com uma frequência maior de regas, e a manutenção de teores de humidade mais elevados no solo. É importante notar que as correcções no sistema tiveram uma incidência significativa no aumento da uniformidade de distribuição da água na parcela, tendo-se mantido praticamente o mesmo valor para a eficiência de aplicação da água. É pois um bom exemplo de que uma relativamente elevada eficiência de aplicação da água, pode não estar relacionada com o que se considera uma rega bem praticada. Pela análise do Quadro 2, podemos constatar que os tempos em que se faz a redução do caudal (tempos de *cutback*) são relativamente elevados e francamente superiores ao tempo necessário para se completar o avanço (17.1 min e 14.7 min para a primeira e segunda rega simuladas, respectivamente). Em futuras correcções no sistema seria de considerar a redução do caudal mais cedo, com influência directa na diminuição das perdas de água no final da parcela, e aumento do valor, já elevado, da eficiência de aplicação. Esta correcção relaciona-se com a ideia de que na rega por sulcos não bloqueados no extremo de jusante, o hidrograma óptimo de alimentação aos sulcos deverá começar com o caudal máximo não erosivo e, depois de completado o avanço, ser ajustado continua-

mente, com o consequente aumento da uniformidade de distribuição e redução das perdas por excedente (Duarte, 1994). Convém notar que os parâmetros da rega são interdependentes, e que a alteração de um afecta simultaneamente os outros.

CONCLUSÕES

Decorrentes dos objectivos definidos, e possibilitadas pelo cumprimento dos procedimentos experimentais usados e pelo uso de meios informáticos, registamos as seguintes conclusões:

- o aperfeiçoamento das técnicas experimentais é imprescindível para a fiabilidade dos dados de campo, para que possam ser usados como parâmetros de entrada em modelos de simulação;
- uma conjugação inadequada dos parâmetros de rega, leva a baixa qualidade das regas praticadas; na definição dos parâmetros de rega, e estando concretizadas as dimensões das parcelas, dever-se-á atender à natureza do solo, ao seu estado de humidade, à altura da campanha de rega, à rugosidade hidráulica da superfície;
- os sistemas de rega poderão ser construídos e inicialmente conduzidos de acordo com os elementos de projecto, como por exemplo a dimensão das parcelas, recolhendo-se posteriormente das próprias regas elementos de análise que permitem optimizar as suas qualidades; isto mesmo foi concretizado neste ensaio ao termos a percepção de que nas condições edafo-climáticas do presente ensaio, uma rega com qualidade aceitável seria possível com uma frequência maior de regas (dotações menores em cada rega, com a manutenção da humidade do solo a um nível mais elevado), caudal de ataque que não ocasione fenómenos erosivos e caudal de manutenção mais elevado em solos de textura grosseira;
- nos sistemas de rega de superfície, em

particular na rega por sulcos com declive, e com uma frequência de regas que não comprometa a sua viabilidade enquanto sistema não automatizado ou semi-automatizado, é importante minimizar as perdas por percolação verificáveis nos troços iniciais dos sulcos e as perdas por escoamento no final dos mesmos, ambas com impactos ambientais negativos.

AGRADECIMENTOS

O presente estudo foi desenvolvido no âmbito do Projecto PRAXIS 3/3.2/AGR/2306/95, pelo que os autores agradecem as colaborações prestadas pelo seu investigador responsável, o Prof. Ricardo Paulo Serralheiro. Os autores manifestam um especial agradecimento à Direcção Regional de Agricultura da Beira Interior, pelas facilidades concedidas na instalação e funcionamento dos ensaios de rega.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASAE. (1998). *Evaluation of Irrigation Furrows*. ASAE Standards 1998. 45th Edition, ASAE EP419.1 DEC97, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.
- CALEJO, M. J., SOUSA, P. L., PEREIRA, L. S. (1998). Evaluation of performance of surface irrigation systems: optimization of infiltration and roughness parameters. In Pereira, L. S. & Gowing, J. W. (editors): *Water and the Environment: innovation issues in irrigation and drainage*, London.
- CARDOSO, J. C. (1974). A classificação dos solos de Portugal- nova versão, *Boletim de Solos* Nº17. Serviço de Reconhecimento e Ordenamento Agrário. Lisboa.
- DUARTE, A. C. (1994). *Metodologia de Retorno de Informação de Campo para Melhoria da Análise e Gestão da Rega em Canteiros de Nível*. Tese de Mestrado, Instituto Superior de Agronomia, U.T.L. Lisboa.
- DUARTE, A. C. & SOUSA P. L. (1995). Metodologia para optimização dos parâmetros da infiltração em rega de superfície utilizando informação de campo. *Recursos Hídricos*, 16 (2): 59-66.
- DUARTE, A. C. (1999). Técnicas experimentais para a caracterização e avaliação de sistemas de rega de superfície. *Agroforum*, 14 ANO 7: 5-10.
- EISENHAEUER, D. E., VARNER D. L., YONTS C. D. & LIESEMEYER W. (1991). *Managing Furrow Irrigation Systems*. Cooperative Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska-Lincoln.
- ELLIOT, R. L. & WALKER, W. R. (1982). Field evaluation of furrow infiltration and advance functions. *Transactions ASAE*, 25 (2): 396-400.
- HOFFMAN, G. L., HOWELL T. A. & SOLOMON K. H. (1992). *Management of Farm Irrigation Systems*. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.
- KOSTIAKOV, A. N. (1932). On the dynamics of the coefficient of water percolation in soils and on the necessity for studying it from a dynamic point of view for purposes of amelioration. *Transactions 6th Comm. Interna. Soil Sci. Soc. Russian*, Part A, pp.17-21.
- LEY T. W. & CLYMA W. (1980). Evaluation of graded border irrigation systems. In: EWVP, *Problem Identification Training Manual for On-farm Irrigation Systems*, Vol.II, Egypt Water Use and Management Project, C.S.U., Fort Collins, Colorado.
- MOTA, N. M. T. (1999). *Caracterização e Avaliação de um Sistema de Rega por Sulcos no Aproveitamento Hidroagrícola de Idanha-a-Nova*. Relatório do Trabalho de Fim de Curso de Engenharia Rural, ESACB, Castelo Branco.
- REDDELL, D. L. & LATORTUE H. F. (1986). Evaluation of furrow surface storage and the Kostikov infiltration parameters using irrigation advance data. *ASAE Paper 86-2574*, ASAE Winter Meeting, Chicago, Illinois.
- REPLOGLE, J. A. & BOS M. G. (1982). Flow measurement flumes: applications to irrigation water management. In: Hillel, D. (editor): *Advances in Irrigation*, Academic Press, New York.
- SERRALHEIRO, R. P. (1988). *Um Estudo da Rega por Sulcos num Solo Argiluvado*. Dissertação de Doutoramento, Universidade de Évora.
- SERRALHEIRO, R. P. (1996). Modernização e desenvolvimento da rega de superfície. *Publicações Universidade de Évora V Série Ciências Agrárias*, Évora.
- STRELKOFF, T. (1998). *SRFR_331: A Computer Program for Simulating Flow in Surface Irrigation*. U.S.D.A., Agricultural Research Service, U. S. Water Conservation Laboratory, Phoenix, AZ.
- WALKER, W. R. (1989). Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems. *FAO Irrigation and Drainage Paper 45*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.