

## **DSS MIRRIG: APLICAÇÃO EM CITRINOS NO ALGARVE**

C.M.G. Pedras

FERN, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-119 Faro (e-mail: cpedras@ualg.pt).

### **RESUMO**

Uma das preocupações na agricultura de regadio deve estar associada ao risco de contaminação dos recursos hídricos com agro-químicos devido à percolação da água quando esta é aplicada em excesso. Um sistema de microrrega quando bem projectado e funcionando adequadamente permite que a água seja aplicada com um caudal, duração e frequência que maximizam o consumo da água e nutrientes pela planta, e em simultâneo minimizam a lixiviação de agro-químicos para fora da zona radicular. O DSS MIRRIG pode ajudar na procura da melhor solução de rega para uma dada parcela tendo em consideração os critérios hidráulicos, económicos e ambientais de várias alternativas de projecto.

O DSS MIRRIG é constituído por uma base de dados e de modelos. A base de dados contém informação dos emissores, dos tubos, dos solos, das culturas e das alternativas de projecto de rega. Dos modelos fazem parte: o dimensionamento, a simulação, a análise multicritério e a avaliação de sistemas de rega em funcionamento. Este artigo descreve conceptualmente o modelo MIRRIG e apresenta sua aplicação em citrinos no Algarve.

**Palavras-chave:** Microrrega, MIRRIG, Projecto, Avaliação, Multicritério.

### **INTRODUÇÃO**

O Algarve é a principal região produtora de citrinos do nosso país. Cerca de 70% da área nacional de citrinos encontra-se nesta província [1]. Os Citrinos do Algarve constituem hoje uma marca de certificação devido às suas características organolépticas diferenciadas que resultam das condições edafoclimáticas da região [1; 2]. Face ao grande número de variedades de citrinos existentes no Algarve é hoje possível consumir citrinos praticamente durante todo o ano [2; 3]. Nos pomares de citrinos encontram-se instalados sistema de microrrega (gota-a-gota e microaspersão). A concepção destes sistemas de rega e sua gestão revestem-se de alguma complexidade em virtude do número de factores envolvidos (Pereira, 2004). Estes visam o balanço entre vários objectivos, nomeadamente a maximização do benefício e da operacionalidade dos emissores, e a minimização do custo de projecto e dos impactes ambientais.

Assim, desenvolveu-se o MIRRIG que consiste num sistema de apoio à decisão (DSS) que permite projectar em simultâneo, várias alternativas de sistemas de microrrega para uma dada parcela de acordo com objectivos desempenho, bem como escolher a alternativa mais adequada com base numa aproximação integrada dos aspectos técnicos, económicos e ambientais. Na avaliação o DSS MIRRIG determina os indicadores de desempenho a partir dos dados de campo obtidos em sistemas de rega em

funcionamento. Este artigo descreve as principais características do DSS MIRRIG e a sua aplicação a um pomar de citrinos no Algarve.

## CASO DE ESTUDO

Num pomar de citrinos (3 ha) pretendia-se instalar um sistema de microrrega constituído por 4 sectores e cujo compasso das plantas é de 3m x 5m. O pomar é constituído por duas parcelas separadas fisicamente (A + B), sendo que a parcela B constitui por si só um sector de rega (Fig. 1). A fonte de abastecimento de água consiste num furo hertziano situado na margem sul da estrada e do pomar. Foram simuladas diferentes alternativas para o sector visando o máximo desempenho do sistema de rega. As alternativas simuladas diferenciam-se relativamente ao tipo de gotejadores (auto-compensante ou não) e à localização das rampas (D1 – rampas apenas num dos lados do porta-rampas e D2 - rampas de ambos os lados do porta-rampas). A Figura 2 apresenta os esquemas de vários cenários simulados. O Quadro 1 apresenta as características dos emissores simulados. Da combinação da disposição das condutas (Fig. 2) e do emissor (quadro 1) resultaram 34 alternativas de projecto para a parcela.



**Fig. 1** – Mapa de localização [4] do pomar de citrinos, constituído pelas parcelas A e B. A localização da fonte de abastecimento de água está indicada pela letra C. A linha a vermelho representa o traçado da conduta principal desde o furo até à parcela B.

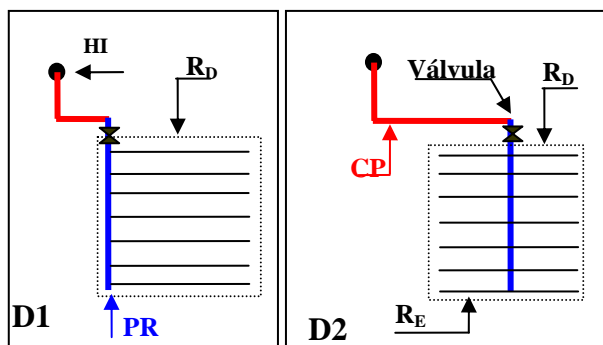


Fig. 2 – Esquema dos dois sectores de rega alternativos (HI – hidrante; CP – conduta principal; PR – porta-rampas; RE – rampas à esquerda; RD – rampas à direita).

Quadro 1 – Características dos emissores avaliados.

Nº	Equação característica q (L/h) e H (mca)	Caudal (L/h)	Coef. Variação de fabrico
A	$q = 3,34 H^{0,013}$	3,5	0,05
B	$q = 1,37 H^{0,47}$	4,0	0,02
C	$q = 2,85 H^{0,14}$	4,0	0,03
D	$q = 1,19 H^{0,50}$	3,4	0,04
E	$q = 1,19 H^{0,50}$	3,4	0,04
F	$q = 4,30 H^{-0,05}$	3,7	0,05
G	$q = 1,47 H^{0,48}$	4,1	0,04
H	$q = 3,42 H^{0,02}$	3,6	0,04
I	$q = 4,00 H^{0,00}$	4,0	0,05
J	$q = 1,45 H^{0,44}$	4,0	0,05
K	$q = 1,02 H^{0,46}$	2,9	0,04
L	$q = 1,22 H^{0,48}$	3,7	0,02
M	$q = 3,14 H^{0,06}$	3,8	0,05
N	$q = 1,47 H^{0,48}$	4,1	0,04
O	$q = 3,87 H^{0,02}$	3,8	0,05
P	$q = 3,68 H^{0,02}$	3,9	0,02
Q	$q = 2,74 H^{0,10}$	3,6	0,03

## ESTRUTURA DO MIRRIG

A estrutura conceptual do DSS MIRRIG é apresentada na Figura 3, onde se identifica os dois componentes principais: a base de dados e os modelos (projecto e avaliação dos sistemas de microrrega). A base de dados é constituída por um conjunto de informação referente às características dos emissores (gotejadores e micro-aspersores) e dos tubos disponíveis no comércio, das culturas, dos solos e dos sectores em projecto ou em avaliação. A base de dados sectores é criada sempre que seja necessário avaliar vários sistemas de microrrega alternativos para uma nova parcela. Os modelos de projecto incluem (Keller e Bliesner, 1990): o dimensionamento que permite construir sistemas de rega alternativos de acordo com os objectivos de desempenho; a simulação que visa determinar os indicadores de desempenho das várias alternativas; e a análise multicritério para ordenar as alternativas, por ordem decrescente de preferência – ELECTRE II (Roy, 1996). Os modelos de avaliação determinam os indicadores de desempenho a partir dos dados de campo obtidos em sistemas de rega em

funcionamento, servindo para elaborar um conselho ao regante (Merriam e J. Keller, 1978). Primeiramente, o utilizador deverá preparar a base de dados e, depois, executar o projecto ou a avaliação do funcionamento dos sistemas de microrrega.

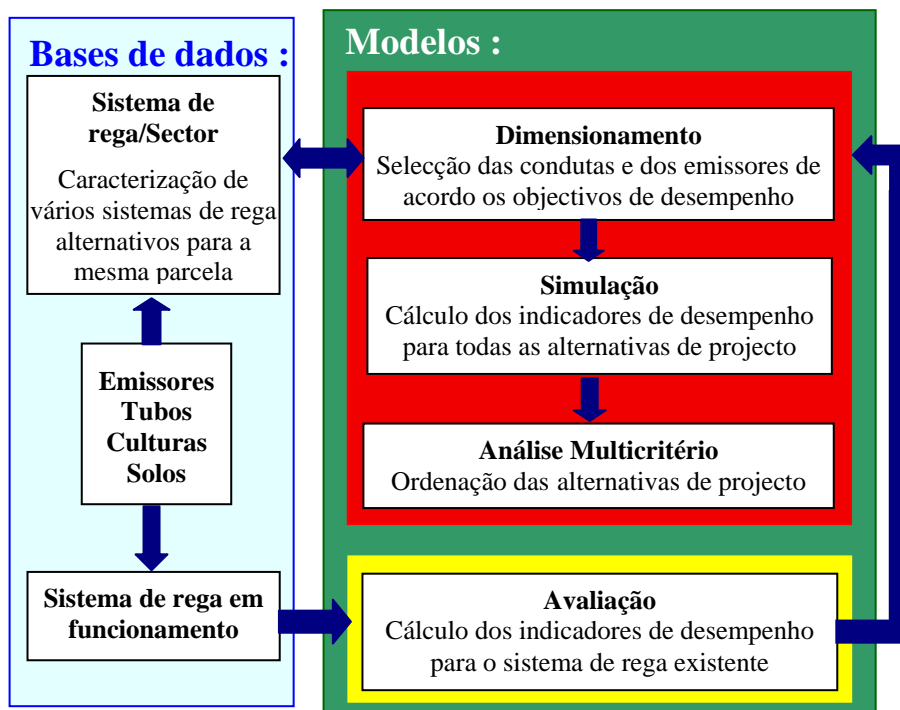


Fig. 3 – Estrutura conceptual do DSS MIRRIG.

## INDICADORES DE DESEMPENHO

As alternativas são avaliadas atendendo a quatro objectivos (Quadro 2). A cada objectivo está associado a pelo menos um critério.

Quadro 2 – Objectivos e critérios de avaliação das várias alternativas.

Objectivos	Critérios
Minimização dos custos	1. Custo de investimento (CFA) 2. Custo de manutenção e operação (COM)
Maximização dos benefícios	3. Carência hídrica relacionado com perda de produção ( $P_D$ )
Minimização do impacte ambiental	4. Percolação de água e transporte de agro-químicos ( $V_p$ )
Maximização do desempenho	5. Sensibilidade dos emissores ao entupimento (SE) 6. Uniformidade de emissão (EU) 7. Sensibilidade dos emissores às variações de temperatura (SVT)

Os principais critérios calculados são:

- O custo fixo anual, CFA ( $\text{€ano}^{-1}$ ) (Avilez *et al.*, 1987)

$$CFA = \left[ \frac{T_{ac} (1 + T_{ac})^{n_{pa}}}{(1 + T_{ac})^{n_{pa}} - 1} \sum_{k=1}^{n_{comp}} \left( CI_k + \sum_{j=1}^{n_{SUB}} \frac{CI_k}{(1 + T_{ac})^{(j \times n_{vnu}_k) - n_{vnu}_k}} \right) \right] \quad [1]$$

onde  $CI_k$  é o custo inicial de substituição do componente  $k$  ( $\text{€}$ ),  $n_{sub}$  é o número total de aquisições do componente no período de análise,  $n_{comp}$  é o número total de componentes,  $n_{pa}$  é o período de análise (anos),  $T_{ac}$  é a taxa de inflação, e  $n_{vnu}_k$  o tempo de vida do componente  $k$  (anos).

- O custo de operação e manutenção, COM (€year<sup>-1</sup>)

$$COM = C_{en} + C_{op} + C_{ma} \quad [2]$$

onde  $C_{en}$  é o custo da energia consumida para elevar da água da rega (€ano<sup>-1</sup>), quando o sistema recorre a bombagem,  $C_{op}$  é o custo da mão-de-obra para operar o sistema de microrrega (€ano<sup>-1</sup>) e  $C_{ma}$  é o custo da mão-de-obra necessário para manter o sistema de microrrega em níveis de desempenho considerados aceitáveis (€ano<sup>-1</sup>).

- O défice hídrico relativo  $P_D$  (%)

$$P_D = 100 \left( 1 - \frac{q_{qd}}{q_a} \right) \quad [3]$$

onde  $q_{qd}$  é o valor médio dos caudais dos emissores em que  $q_i < q_a$ .

- O Volume de água percolada  $V_p$  (L ano<sup>-1</sup>) que transporta agro-químicos

$$V_p = N_{se} * T_r * N_r * \sum_{j=1}^{n_{qe}} q_i \quad [4]$$

onde  $N_{se}$  é o número de sectores do sistema rega,  $n_{qe}$  é o número de emissores cujo caudal  $q_i$  (L h<sup>-1</sup>) é superior ao caudal médio requerido  $q_a$  (L h<sup>-1</sup>),  $T_r$  é o tempo de rega (h) e  $N_r$  é o número de regas anuais.

- A Uniformidade de emissão EU (%)

$$EU = 100 \left[ 1.0 - \frac{1.27C_v}{\sqrt{np}} \right] \frac{q_n}{q_a} \quad [5]$$

onde  $C_v$  é o coeficiente de variação de fabrico,  $np$  é o número de emissores por planta,  $q_n$  é o caudal mínimo (L h<sup>-1</sup>).

Os critérios sensibilidade dos emissores ao entupimento (SE) e Sensibilidade dos emissores às variações de temperatura (SVT) estão relacionados com as características dos emissores e condicionam o seu desempenho (Keller e Bliesner, 1990).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as alternativas de projecto de microrrega foram determinados os critérios de avaliação que permitem classificá-las de acordo com os objectivos de desempenho. A matriz de avaliação, que serviu de base à análise multicritério é apresentada no Quadro 3. Neste as alternativas aparecem em linha e critérios em coluna. Nenhuma das alternativas simuladas satisfaz em simultâneo os todos objectivos previamente definidos. A metodologia de análise multicritério permitiu ordenar as várias alternativas de projecto de rega através da comparação dos critérios considerados, fornecendo elementos para a tomada de decisão. O Quadro 4 apresenta os pesos atribuídos a cada um dos critérios de acordo com a preferência do decisor. A sua principal prioridade é a minimização do custo de investimento seguido da maximização dos benefícios e da minimização do impacte ambiental e por último da maximização do desempenho.

II Congresso Nacional de Rega e Drenagem  
Fundão 26, 27 e 28 de Junho de 2007

**Quadro 3** – Indicadores de desempenho calculados pelo DSS MIRRIG.

ALT	GOT	Tipo	CFA	COM	P <sub>b</sub>	V <sub>p</sub>	SE	EU	SVT
1	A	D1	832	172	0,02	2896	3	99,9	0,013
2	A	D2	811	172	0,02	2829	3	99,9	0,013
3	B	D1	866	190	1,07	158262	2	95,5	0,472
4	B	D2	844	194	1,02	154544	2	94,6	0,472
5	C	D1	977	184	0,28	40771	2	98,8	0,136
6	C	D2	952	186	0,26	37327	2	98,6	0,136
7	D	D1	610	187	0,98	142480	1	96,0	0,497
8	D	D2	595	190	1,00	147988	1	94,7	0,497
9	E	D1	632	187	0,98	142657	1	96,0	0,497
10	E	D2	617	190	1,00	147825	1	94,7	0,497
11	F	D1	777	178	0,10	14374	3	99,4	-0,055
12	F	D2	757	178	0,09	13008	3	99,5	-0,055
13	G	D1	655	194	1,15	174036	1	95,3	0,478
14	G	D2	638	198	1,13	174224	1	94,1	0,478
15	H	D1	788	175	0,03	4708	3	99,8	0,020
16	H	D2	768	176	0,03	4591	3	99,8	0,020
17	I	D1	954	184	0,00	0	2	100,0	0,000
18	I	D2	931	184	0,00	0	2	100,0	0,000
19	J	D1	766	189	0,98	144353	3	95,9	0,441
20	J	D2	747	193	0,94	140497	3	95,0	0,441
21	KL	D1	588	169	1,26	165930	2	95,2	0,465
22	K	D2	573	176	0,79	107464	2	95,5	0,465
23	L	D1	756	186	0,94	136227	2	96,2	0,481
24	L	D2	737	189	0,96	140892	2	95,0	0,481
25	M	D1	650	177	0,11	15060	3	99,5	0,061
26	M	D2	634	178	0,1	14522	3	99,4	0,061
27	N	D1	666	194	1,15	174036	1	95,3	0,478
28	N	D2	649	198	1,13	174224	1	94,1	0,478
29	O	D1	965	185	0,04	5675	2	99,8	0,019
30	O	D2	941	185	0,04	5227	2	99,8	0,019
31	P	D1	1154	182	0,05	6839	3	99,8	0,024
32	P	D2	1125	182	0,04	6154	3	99,8	0,024
33	Q	D1	866	175	0,17	23617	3	99,2	0,099
34	Q	D2	844	175	0,17	22722	3	99,1	0,099

**Quadro 4** – Prioridade dos critérios.

CFA	COM	P <sub>b</sub>	V <sub>p</sub>	SE	EU	SVT
17	16	15	16	16	10	10

O Quadro 5 apresenta a classificação das alternativas. A alternativa 1 destaca-se no topo da ordenação, seguida da alternativa nº 2. Ambas apresentam o mesmo gotejador auto-compensante, a diferença no tipo disposição das rampas. A alternativa 2 apresenta rampas de ambos os lados do porta-rampas. No final da ordenação encontra-se a alternativa 28. Para avaliar da estabilidade dos resultados relativamente à variação dos

diferentes parâmetros utilizados procedeu-se à análise de sensibilidade. A solução encontra é bastante estável para diferentes cenários de prioridades.

**Quadro 5** – Classificação das alternativas.

<b>Ordem</b>	<b>Alternativa</b>	<b>Ordem</b>	<b>Alternativa</b>
<b>1</b>	1;	<b>16</b>	22;
<b>2</b>	2;	<b>17</b>	6;
<b>3</b>	15;17;	<b>18</b>	23;
<b>4</b>	16;18;	<b>19</b>	19;20;21;24;
<b>5</b>	12;	<b>20</b>	7;
<b>6</b>	11;	<b>21</b>	9;
<b>7</b>	29;	<b>22</b>	8;
<b>8</b>	30;	<b>23</b>	10;
<b>9</b>	32;	<b>24</b>	3;
<b>10</b>	31;	<b>25</b>	4;
<b>11</b>	25;	<b>26</b>	13;
<b>12</b>	26;	<b>27</b>	27;
<b>13</b>	33;	<b>28</b>	14;
<b>14</b>	34;	<b>29</b>	28;
<b>15</b>	5;		

## CONCLUSÕES

O sistema de apoio à decisão DSS MIRRIG permitiu projectar vários sistemas de microrrega alternativos para um pomar de citrinos no Algarve. No modo dimensionamento foi possível otimizar vários sistemas de rega alternativos. No modo simulação foi possível analisar o funcionamento das alternativas e determinar os indicadores de desempenho que constituem os critérios. Os critérios permitem avaliar os níveis de satisfação dos objectivos (custos; benefícios; desempenho hidráulico; e impacto ambiental da rega). Dado não haver nenhuma alternativa que satisfaça em simultâneo todos os objectivos de projecto utilizámos a metodologia multicritério (ELECTRE II) que ajuda a apoiar a tomada de decisão. Deste modo foi possível ordenar as alternativas e encontrar a solução mais adequada para esta situação.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] [www.idrha.min-agricultura.pt/produtos\\_tradicionais/frutas\\_frescas/citrinos\\_algarve.htm](http://www.idrha.min-agricultura.pt/produtos_tradicionais/frutas_frescas/citrinos_algarve.htm)
- [2] [http://www.draalg.min-agricultura.pt/index.php?option=com\\_content&task=view&id=23&Itemid=34](http://www.draalg.min-agricultura.pt/index.php?option=com_content&task=view&id=23&Itemid=34)
- [3] [www.uniprofrutal.pt/](http://www.uniprofrutal.pt/)
- [4] <http://www.algarvedigital.pt/>

ASAE EP458. 2003. Field evaluation of microirrigation systems. *ASAE Standards 2003*. American Society of Agricultural and Biological Engineers. St. Joseph.

Avilez, F., F. Estácio e M. C. Neves. 1987. *Análise de projectos agrícolas no contexto da política agrícola comum*. Banco Pinto & Sotto Mayor. Lisboa.

Keller, J. e R. D. Bliesner. 1990. *Sprinkle and Trickle Irrigation*. Van Nostrand Reinhold. New York.

Merriam, J. L. e J. Keller. 1978. *Farm irrigation system evaluation: A guide for management*. 3rd ed. Utah State University, Agric. and Irrig. Eng. Dep.. Logan.

Pereira, LS. 2004. *Necessidades de água e métodos de rega*. Publicações Europa-América. Lisboa.

Roy, B. 1996. *Multicriteria methodology for decision aiding*. Kluwer Acad. Pubs., Dordrecht.