

MANEJO E VIABILIDADE ECONÔMICA DA IRRIGAÇÃO NO CULTIVO DE *Calendula officinalis* L.

CATARINY CABRAL ALEMAN¹ E PATRICIA ANGÉLICA ALVES MARQUES²

¹Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, Avenida PH Rolfs, s/n, 36570-000, Viçosa, MG, Brasil, e-mail: catariny@ufv.br

²Departamento de Engenharia de Biossistemas, UFV, Avenida Pádua Dias, 11, 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil, e-mail: paamarques@usp.br

1 RESUMO

O objetivo do trabalho foi verificar a influência de lâminas de irrigação baseadas na evaporação do Tanque Classe A (ECA) na produtividade e avaliar a viabilidade econômica do uso da irrigação e adubação orgânica no cultivo de calêndula. O experimento foi conduzido em um delineamento de blocos ao acaso, com esquema de parcelas subdivididas e quatro repetições. Os tratamentos de irrigação foram: sem irrigação (0), 50%, 75% e 100% ECA e o efeito da adubação orgânica: testemunha sem adubação orgânica e adubação orgânica com esterco bovino curtido. Avaliou-se massa seca de capítulos florais, produtividade, teor e rendimento de flavonóides, custos fixos e totais de produção, receitas líquida e relação B/C. A irrigação foi viável para o cultivo sem adubação para 75 e 100% ECA e para o cultivo com adubação apenas para 50% ECA. O manejo econômico adequado é a utilização de lâmina de irrigação de 100% ECA sem adição da adubação orgânica, utilizando motor elétrico com tarifa verde.

Palavras-chave: análise de risco; manejo de recursos hídricos; eficiência do uso da água; plantas medicinais.

ALEMAN, C. C.; MARQUES, P. A.
MANAGEMENT AND ECONOMIC VIABILITY OF IRRIGATION IN THE
CULTIVATION OF *Calendula officinalis* L.

2 ABSTRACT

The aim of the study was to determine the influence of irrigation levels based on pan evaporation Class A (ECA) in productivity and evaluate the economic feasibility of the use of irrigation and organic fertilizer on marigold cultivation. The experiment was conducted in a design of randomized blocks with split plots and a four-replication scheme. The irrigation treatments were: no irrigation (0) 50%, 75% and 100% ECA and the effect of organic fertilization: control with no fertilization and organic fertilization with cattle manure. We evaluated dry mass of capitula, productivity, content and yield of flavonoids, fixed and total costs of production, net income and B/C ratio. Irrigation was feasible for cultivation with no fertilization for 75 and 100% ECA and for cultivation with fertilizer, only at 50% ECA. Proper economic management is the use of irrigation depth of 100% ECA with no addition of organic fertilizers, using electric motor with green tariff.

Keywords: risk analysis; management of hydric recourse; water use efficiency, medicinal plant.

3 INTRODUÇÃO

A *Calendula officinalis* L. é uma planta medicinal da família Asteraceae, conhecida popularmente como calêndula ou maravilha-dos-jardins. É uma planta originária de áreas temperadas do Mediterrâneo e amplamente adaptada às regiões Sul e Sudeste do Brasil (VAZ, 2008). A utilização da fitoterapia movimentou um mercado de bilhões de dólares que amplia o interesse pelo cultivo das plantas medicinais. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) as plantas medicinais e aromáticas são utilizadas por 80% da população mundial e no Brasil pesquisas demonstram que mais de 90% da população já fez uso de alguma planta medicinal (NAGUIB, 2011). Pichi et al. (2012) acrescentam, ainda, que o uso dos produtos à base de plantas medicinais surge como uma forte tendência mundial, sendo considerado um mercado promissor com números expressivos, tornando-se um ambiente de negócio atrativo. Existe um aumento da oferta e demanda de plantas medicinais; entretanto, o sistema produtivo encontra-se deficiente e despreparado para atender a esse novo mercado.

Borba; Harter-Marques e Citadini-Zanette (2012) comentaram que o cultivo de plantas medicinais se transformou em uma nova fonte de renda para os produtores rurais. Sua inserção no campo dos “agronegócios”, muito embora tenha ocorrido de forma lenta, mostra-se em gradativa expansão, como uma atividade agrícola de expressão econômica, em razão do aumento da demanda por produtos naturais com potenciais terapêuticos. Ethur et al. (2011) comentam, ainda que, nas últimas duas décadas, ocorreu aumento no interesse, pela humanidade, por plantas medicinais e seus respectivos produtos, acarretando a abertura de mercados nacionais e mundiais na área de fitoterápicos e plantas bioativas.

O suprimento de água para a planta é resultante da interação solo, planta e atmosfera. A influência destes componentes torna o sistema dinâmico de tal forma que seja atendida a necessidade hídrica da cultura. A granulometria, a porosidade, a concentração da matéria orgânica e o potencial da água no solo são características que estão diretamente relacionadas à retenção e armazenamento de água. Estes fatores interferem diretamente nas decisões de manejo de irrigação para atender a demanda hídrica da cultura, de maneira a proporcionar a produção ótima do ponto de vista econômico (DOORENBOS; KASSAN, 2000; BILIBIO et al., 2010).

O objetivo do trabalho foi verificar a influência de lâminas de irrigação baseadas na evaporação do Tanque Classe A (ECA) na produtividade e avaliar a viabilidade econômica do uso da irrigação e adubação orgânica no cultivo de calêndula.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo no Campus II da Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE) – Faculdade de Ciências Agrárias, em Presidente Prudente, localizado a 22°07'04"S e 51°22'04"W, a 432 metros acima do nível do mar. A região caracteriza-se por apresentar um clima Subtropical Úmido, com chuvas mais frequentes no verão; o tipo de solo predominante é o Argissolo Vermelho-Amarelo, de textura arenosa/média com 79,57% de areia; 6,43% de silte e 14% de argila (EMBRAPA, 2006). Possui umidade em capacidade de campo (Θ_{cc}) = 20,6%; umidade em ponto de murcha permanente (Θ_{pmp}) = 4,9%; densidade

do solo = $1,64 \text{ g cm}^{-3}$ e porosidade total de 37,13%. A capacidade de armazenamento de água no solo foi obtida pela curva de retenção de água no solo ajustada (VAN GENUCHTEN, 1980) e calculada de acordo com o crescimento do sistema radicular em cada fase da cultura.

O experimento foi instalado em um delineamento de blocos inteiramente casualizados, com esquema fatorial de 4 x 2 tratamentos e quatro repetições, sendo quatro tratamentos de lâminas de irrigação baseadas na evaporação do tanque classe A (ECA) sendo: sem irrigação (0), 50%, 75% e 100% ECA e efeito da adubação orgânica em 2 tratamentos: testemunha sem utilização de adubação orgânica e utilizando adubação orgânica com esterco bovino curtido. Cada canteiro (3 x 1 m) foi caracterizado como bloco que representavam as lâminas de irrigação e dentro de cada lâmina foi desdobrado o efeito do adubo. Durante o período de pagamento das mudas no canteiro (sete dias) foi realizado irrigação diária de 100% ECA.

As lâminas de irrigação foram estimadas com base nas leituras realizadas diariamente no tanque classe A da estação meteorológica da UNOESTE, em Presidente Prudente, SP. Utilizou-se um irrigador manual com calibrações a cada 500 mL. Para acompanhamento das variações do conteúdo de água do solo utilizou-se o balanço hídrico para controle da irrigação, o qual é uma adaptação do balanço hídrico climatológico sequencial, o qual permite o acompanhamento do armazenamento de água no solo em tempo real.

As colheitas foram iniciadas com o 1º florescimento dos blocos de 100% e 75% ECA aos 50 DAT (dias após o transplante), sendo realizadas duas vezes por semana até a senescência das plantas (80 DAT) obtendo-se ao final a matéria seca dos capítulos florais (MSCF). Os flavonóides foram extraídos em triplicata de 2 g das flores secas (capítulos florais) pelo método de Verlag (1978) modificado utilizando a quercetina como padrão. A metodologia foi realizada no Laboratório de Irrigação no Departamento de Engenharia de Biosistemas da ESALQ/USP.

Todos os dados foram submetidos à análise de variância e os tratamentos comparados pelo teste de Scott-Knott (5% de significância); quando houve diferença significativa entre os tratamentos, os dados foram submetidos à análise de regressão pelo programa estatístico SISVAR 4.6.

Para o cálculo da Y (Produtividade de massa da matéria seca) da calêndula considerou-se como cultivo padrão 250.000 plantas por hectare, considerando o plantio em canteiros. Para a análise econômica utilizou-se um custo de produção de R\$ 0,60 kg^{-1} (BRASIL, 2006). O preço de aquisição do sistema de irrigação por gotejamento foi considerado de R\$ 8.000,00 ha^{-1} , com potência 2 cv ha^{-1} ; vazão de 2,5 $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$ e eficiência de aplicação de 90%.

No cálculo do custo do bombeamento com motor elétrico utilizaram-se as tarifas elétricas vigentes no ano de 2014 (tarifas verde, azul e convencional) para Presidente Prudente, Estado de São Paulo, concessionária Caiuá (ANEEL, 2014). Para o cálculo do bombeamento com motor diesel considerou-se o valor de venda do óleo diesel de R\$ 2,40 litro^{-1} e um consumo específico de 170 g $\text{cv}^{-1} \text{h}^{-1}$ (MARQUES; COELHO, 2003). O salário mensal utilizado foi de R\$ 724,00 mês^{-1} , acrescido dos encargos legais. Para as simulações dos fatores econômicos em Distribuição de Probabilidade Triangular pelo Método de Monte Carlo foram utilizados os valores máximo, modal e mínimo apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores utilizados na simulação pelo método de Monte Carlo, para o estudo da viabilidade econômica da irrigação da calêndula.

Parâmetros		Valor
Preço venda da calêndula (R\$ kg ⁻¹)	Mínimo	52,89
	Modal	79,22
	Máximo	105,56
Vida útil do sistema de irrigação (anos)	Mínimo	10
	Modal	13
	Máximo	15
Taxa de juros (% a.a.)	Mínimo	3
	Modal	6
	Máximo	12
Mão de obra (horas ha ⁻¹ irrigação ⁻¹)	Mínimo	0,5
	Modal	0,8
	Máximo	1,0
Custo da água (R\$ m ⁻³)	Mínimo	0,00
	Modal	0,01
	Máximo	0,03
Taxa de manutenção (%)	Mínimo	2
	Modal	3
	Máximo	4

Fonte: Marques (2005); Marques; Frizzone (2005); SOB (2014).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as produtividades de capítulos florais houve uma inversão do incremento em função da lâmina de irrigação (Tabela 2), quando do uso ou não da adubação orgânica. Para a situação sem adubação orgânica as produtividades máximas de capítulos florais foram obtidas com os tratamentos de 75% e 100% ECA e para a situação com adubação orgânica as produtividades máximas foram obtidas com os tratamentos de 0%, 50% e 75% ECA.

A adubação orgânica promove melhoria na estrutura do solo aumentando a retenção de água e redução das perdas dos nutrientes como nitrogênio, potássio e fósforo. Assim, o uso da adubação orgânica evitou possíveis perdas por lixiviação e/ou percolação ocorridas durante o ensaio devido à alta precipitação (240,6 mm) ocorrida durante todo o período da colheita. Condé et al. (2012) e Oliveira et al. (2011) comentaram que os resíduos orgânicos podem ser vistos como um complemento da adubação, citam também como vantagem da adubação utilizando esterco de curral, a reciclagem de nutrientes promovendo melhor produção vegetal.

Este possível aumento da capacidade de retenção de água no solo levou também ao provável excesso hídrico no tratamento de 100% ECA com adubação orgânica prejudicando o florescimento e conseqüentemente a produtividade de capítulos florais.

Avaliando os tratamentos sem adubação orgânica a testemunha (0% ECA) apresentou os menores valores de produtividade de capítulos florais, promovendo uma redução de 81,9% em relação à reposição hídrica de 100% ECA. Para o tratamento com adubação orgânica os

menores valores de produtividade de capítulos florais foram obtidos para o tratamento com 100% ECA promovendo uma redução de 59,4% quando comparado ao tratamento sem irrigação.

Tabela 2. Efeito da lâmina líquida de irrigação (LL) e adubação orgânica nas variáveis: massa seca de capítulos florais (MSCF), teor de flavonóide (TEORF), rendimento do flavonoide (RENDF) e produtividade (Y) da calêndula.

Lâmina de irrigação	Adubação	
	Sem adubação orgânica	Com adubação orgânica
	MSCF (g planta ⁻¹)	
0% ECA	0,68 Bb	2,35 Aa
50% ECA	0,18 Bb	3,22 Aa
75% ECA	2,44 Aa	1,64 Aa
100% ECA	3,76 Aa	0,96 Bb
CV	12,60%	
	Y (kg ha ⁻¹)	
0% ECA	170 Bb	589 Aa
50% ECA	46 Bb	804 Aa
75% ECA	611 Aa	410 Aa
100% ECA	941 Aa	239 Bb
CV	12,60%	
	TEORF (g 100g ⁻¹)	
0% ECA	0,023 Ab	0,095 Ab
50% ECA	0,021 Bb	0,310 Aa
75% ECA	0,186 Aa	0,112 Ab
100% ECA	0,176 Aa	0,100 Ab
CV	3,00%	
	RENDF (g ha ⁻¹)	
0% ECA	0,039 Bb	0,558 Ab
50% ECA	0,009 Bb	2,496 Aa
75% ECA	1,135 Aa	0,459 Ab
100% ECA	1,654 Aa	0,240 Bb
CV	14,70%	

Médias seguidas de letras minúsculas indicam diferenças significativas na coluna e letras maiúsculas indicam diferenças significativas na linha entre os tratamentos ($p < 0,05$) pelo teste de Scott-Knott, respectivamente para cada característica analisada

As lâminas de irrigação promoveram efeito sobre o teor e rendimento de flavonoide semelhantes ao visto para a produtividade de capítulos florais. Os melhores teores e rendimentos foram obtidos nos tratamentos sem adubação orgânica para as lâminas de 75 e 100% ECA e nos tratamentos com adubação orgânica combinado com a lâmina de 50% ECA. Meira et al. (2013) com melissa e Marques, Bernardi Filho e Oliveira (2009) com orégano, também observaram incremento na produção de fitomassa fresca e seca com o aumento da irrigação. Em relação ao teor de flavonoides nas plantas, Pacheco, Camargo e Souza (2011) comentaram que são poucos os estudos a respeito da influência da disponibilidade hídrica sobre a sua produção.

No estudo da viabilidade econômica para os tratamentos sem adubação orgânica (Tabela 3 e 4) observou-se que o uso da lâmina de irrigação 50% ECA apresentou inviabilidade para

todas as modalidades de bombeamento com probabilidade de 0% de o benefício líquido ser maior que zero e relações B/C negativas. Para as demais lâminas de irrigação testadas (75 e 100% ECA), sem o uso da adubação orgânica, observaram-se, para todas as modalidades de bombeamento, probabilidades de 100% de o benefício líquido ser maior que zero, ou seja, receitas líquidas anuais superiores a receita líquida da calêndula sem irrigação e consequentemente as relações B/C foram superiores a 1, indicando viabilidade.

Tabela 3. Receita líquida e benefício líquido esperados anuais (R\$ ha⁻¹ ano⁻¹) para as lâminas testadas considerando as quatro modalidades de bombeamento para o estudo da viabilidade econômica da irrigação para a calêndula

Efeito da adubação	Motor	Lâmina (%ECA)	RLi	BL	P(%)	
Sem adubação orgânica	Diesel	50%	4.468,75	-9.053,89	0	
		75%	56.469,94	42.947,30	100	
		100%	90.002,13	76.479,49	100	
	Elétrico: tarifa verde	50%	5.685,76	-7.836,88	0	
		75%	57.275,06	43.752,42	100	
		100%	90.986,37	77.463,73	100	
	Elétrico: tarifa azul	50%	5.504,00	-8.018,64	0	
		75%	57.188,94	43.666,30	100	
		100%	90.866,30	77.343,66	100	
	Elétrico: tarifa convencional	50%	5.309,20	-8.213,44	0	
		75%	56.920,91	43.398,27	100	
		100%	90.624,26	77.101,62	100	
	Com adubação orgânica	Diesel	50%	65.784,39	19.477,21	100
			75%	34.450,92	-11.856,26	0
			100%	24.816,03	-21.491,15	0
Elétrico: tarifa verde		50%	67.001,40	20.694,22	100	
		75%	35.210,20	-11.096,98	0	
		100%	25.809,97	-20.497,21	0	
Elétrico: tarifa azul		50%	66.819,64	20.512,46	100	
		75%	35.169,92	-11.137,26	0	
		100%	25.689,91	-20.617,27	0	
Elétrico: tarifa convencional		50%	66.624,84	20.317,66	100	
		75%	34.901,89	-11.405,29	0	
		100%	25.447,87	-20.859,31	0	

1US\$=R\$2,39

Tabela 4. Valores médios esperados (E(X)) do custo total anual da irrigação em (CTa em R\$ ha⁻¹ ano⁻¹); da relação benefício custo (B/C) e do coeficiente de variação (CV) obtidos para as diferentes lâminas de irrigação, considerando os quatro tipos de bombeamento, para o estudo da viabilidade econômica da irrigação da calêndula sem adubação orgânica

	Lâminas (%ECA)		
	50%	75%	100%
	Motor diesel		
CTa	2.516,90	2.863,27	3.057,21
B/C	-3,62	9,01	13,00
CV(%)	10,43	14,52	14,42
	Motor elétrico – Tarifa verde		
CTa	1.713,79	1.875,80	1.839,62
B/C	-3,57	12,83	18,57
CV(%)	11,37	14,36	14,58
	Motor elétrico – Tarifa azul		
CTa	1.790,66	1.990,10	2.027,01
B/C	-3,23	14,31	17,70
CV(%)	11,31	14,31	14,05
	Motor elétrico – Tarifa convencional		
CTa	2.067,46	2.212,96	2.233,41
B/C	-2,96	10,81	16,07
CV(%)	11,26	14,68	14,39

6 CONCLUSÃO

Conclui-se que:

- 1) As lâminas de irrigação influenciaram o desenvolvimento da cultura da calêndula.
- 2) O teor e rendimento de flavonoide foram influenciados pelas lâminas de irrigação.
- 3) O uso da adubação orgânica influencia a resposta da calêndula à irrigação.
- 4) O uso das lâminas de 50% ECA para o cultivo sem adubação orgânica e das lâminas de 75 e 100% ECA para o cultivo com adubação são inviáveis com reduções médias da receita líquida anual de 61; 24 e 45% respectivamente.
- 5) Para a região estudada o manejo econômico adequado da irrigação da calêndula por gotejamento é a utilização de lâmina de irrigação de 100% ECA sem adição da adubação orgânica, utilizando motor elétrico com tarifa verde.

7 REFERÊNCIAS

ANEEL. Agência nacional de energia elétrica. **Tarifas de energia elétrica**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 09 abr. 2014.

BILIBIO, C.; CARVALHO, J.A.; MARTINS, M.; REZENDE, F.C.; FREITAS, E.A.; GOMES, L.A.A. Desenvolvimento vegetativo e produtivo da berinjela submetida a diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 7, p. 730-735, 2010.

BORBA, E.T.; HARTER-MARQUES, B.; CITADINI-ZANETTE, V. **Produção orgânica de calêndula**: um estudo de caso. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.42, n.11, p.2099-2014, 2012.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pecuária. Boas Práticas Agrícolas (BPA) de plantas medicinais, aromáticas e condimentares**. Brasília: MAPA/SDC, 2006. 48p. (Plantas Medicinais & Orientações Gerais para o Cultivo, 1).

CONDÉ, M.S.; HOMEM, B.G.C.; ALMEIDA NETO, O.B.; MAGNO, A.; SANTIAGO, F. Influência da aplicação de águas residuárias de criatórios de animais no solo: atributos químicos e físicos. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, Viçosa, v.2, n.1, p.99-106, 2012.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 2000. 221 p.

ETHUR, L.Z.; JOBIM, J.C.; RITTER, J.G.; OLIVEIRA, G.; TRINDADE, B.S. Comércio formal e perfil de consumidores de plantas medicinais e fitoterápicos no município de Itaqui - RS. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Paulínia, v.13, n.2, p. 121-128, 2011.

MARQUES, P.A.A.; BERNARDI FILHO, L.; OLIVEIRA, R.B. Oregano production under various water depths estimated by means of the class A pan evaporation. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.27, n.1, p.59-63, 2009.

MARQUES, P.A.A.; COELHO, R.D. **Estudo da viabilidade econômica da pupunha (*Bactris gasipaes* H.B.K) para Ilha Solteira – SP, Brasil**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.33, n.2, p.291-297, 2003.

MEIRA, M.R.; MELO, M.T.P.; MARTINS, E.R.; PINTO, M.J.S.; SANTANA, C.S. **Crescimento vegetativo, produção de fitomassa e de óleo essencial de *Melissa officinalis* L. sob diferentes lâminas de irrigação**. *Ciência Rural*; Santa Maria, v.43, n.5, p.779-785, 2013.

NAGUIB, N.Y.M. **Organic vs. chemical fertilization of medicinal plants: a concise review of researches**. *Advances in Environmental Biology*, Madrid, v. 5, n. 2, p. 394-400, 2011.

OLIVEIRA, T.S.de; PEREIRA, J.C.; REIS, C.S.; QUEIROZ, A.C.de; CECON, P.R.; GOMES, S.T. Composição químico-bromatológica do capim-elefante submetido à adubação química e orgânica. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.12, n.1, p.32-42, 2011.

PACHECO, A. C., CAMARGO, E; CASTRO, P.R., SOUZA, G.M. Deficiência hídrica e aplicação de ABA nas trocas gasosas e no acúmulo de flavonoides em calêndula (*Calendula officinalis* L.). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.33, n.2, p.275-281, 2011.

PICHI, D.G.; ALMEIDA, A.C.S.; JAMAMI, N.; SALVI JÚNIOR, A.; SACRAMENTO, L.V.S. Cálcio e fitorreguladores no desenvolvimento e estado nutricional de *Mentha spicata* x *suaveolens* cultivada em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Paulínia, v.14, n.3, p.446-452, 2012.

VAN GENUCHTEN, M.T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, p. 892–898, 1980.

VAZ, A.P.A. **Série plantas medicinais e aromáticas**. Embrapa. Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br>> Acesso em: 25 fev. 2008.

VERLAG, D.A., **Deutsched Arzeibuch**. Stuttgart: Gogi-Verlag GmBH, 1978, 680 p.