

13483 - Seleção econômica de sistemas de irrigação para produção de tomate em cultivo orgânico na região de Cerrado do Brasil Central

Economic selection of irrigation systems for organic production of tomato varieties in the Cerrado region of Central Brazil

MARQUELLI, Waldir A.^{1,2}; BRAGA, Marcos B.¹; RESENDE, Francisco V.¹

¹Embrapa Hortaliças, waldir.marouelli@embrapa.br, marcos.braga@embrapa.br, francisco.resende@embrapa.br; ²Bolsista PQ-CNPq

Resumo: Avaliou-se a eficiência econômica de sistemas de irrigação no cultivo orgânico de tomate nas condições de inverno-seco do Brasil Central. A análise foi realizada a partir de dados obtidos em estudos conduzidos no Distrito Federal entre 2008 e 2012. Os sistemas avaliados foram: gotejamento com uma linha lateral por fileira de plantas (GO_{1L}), duas laterais (GO_{2L}) e com *mulching* plástico preto (GO_M); sulco (SU); microaspersão “subcopa” (MI); aspersão acima do dossel (AS), e sistemas conjugados AS+GO e AS+SU, resultando em produtividades médias de 65, 77, 72, 79, 82, 85, 99 e 100 t ha⁻¹, respectivamente. Os indicadores econômicos usados foram receita líquida, taxa de retorno, ponto de nivelamento e lucratividade. Todos os sistemas apresentaram excelente eficiência econômica. Apesar do maior custo ao se instalar dois sistemas, os sistemas conjugados possibilitaram maior receita líquida, taxa de retorno e lucratividade. Os sistemas AS, SU, MI e GO_{2L} apresentaram eficiências intermediárias, enquanto GO_{1L}, um dos sistemas mais utilizados em tomateiro, teve a pior eficiência global.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*; agricultura orgânica; aspersão; gotejamento; sulco.

Abstract: The objective of this work was to evaluate the economic efficiency of irrigation systems in the organic production of tomatoes during the winter-dry season conditions of Central Brazil. The analysis was performed using data from studies carried out in the Federal District of Brazil during 2008 to 2012. The systems evaluated were: drip with one lateral per line of plants (GO_{1L}), two laterals (GO_{2L}), and with plastic *mulching* (GO_M); furrow (SU); microsprinkler below plant canopy (MI); overhead sprinkler (AS); and combined systems AS+GO and AS+SU. The economic indicators considered were net income, rate of return, breakeven point and profitability. All systems presented excellent economic efficiency performance. Despite the higher cost when installing two systems, the conjugated systems allowed the highest net income, rate of return and profitability. The systems AS, SU, MI and GO_{2L} showed intermediate efficiencies while GO_{1L}, one of the most used in tomato, had the worst overall efficiency.

Keywords: *Solanum lycopersicum*; organic agriculture; sprinkler; drip; furrow.

Introdução

A produção de tomate em sistemas orgânicos ainda é um desafio devido à suscetibilidade do tomateiro a problemas fitossanitários. Dentre as práticas de cultivo, a irrigação é uma das com maior impacto na ocorrência de doenças; em menor grau, tem impacto sobre os insetos-pragas (MARQUELLI et al., 2012).

As condições que favorecem a maioria de doenças do tomateiro são a existência de água livre nas folhas e de alto teor de água no solo. Segundo Lopes *et al.* (2006), a irrigação por aspersão pode auxiliar a dispersão e proporcionar um microambiente favorável à infecção de vários patógenos que atacam a parte aérea. Por outro lado, o impacto das gotas de água nas folhas pode agir na remoção de propágulos de

alguns patógenos, desfavorecendo o desenvolvimento de oídios, como *Leveillula taurica*, assim como destruir ovos e larvas de insetos-pragas, como da traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*) e da broca-grande (*Spodoptera eridania* e *Helicoverpa zea*). Já os sistemas por sulco e gotejamento, por criarem pontos ou áreas de saturação no solo, podem favorecer doenças provocadas por patógenos de solo, como *Ralstonia solanacearum*. A aspersão, por molhar toda a superfície do solo, contribui para o maior crescimento radicular e a melhor nutrição do tomateiro, enquanto o gotejamento restringe o crescimento radicular à faixa de solo molhado (CABRAL et al., 2011; MAROUELLI et al., 2012).

Estudos realizados no Distrito Federal (MAROUELLI et al., 2011; 2012) indicam que a produtividade do tomateiro em cultivo orgânico é bastante influenciada pelo sistema de irrigação e condições climáticas. Em anos favoráveis às doenças de parte aérea, como a requeima (*Phytophthora infestans*), a produtividade de lavouras irrigadas por aspersão diminuiu, podendo ser menor que em lavouras irrigadas por gotejamento ou sulco. Já em anos com insignificantes registros de orvalho a produtividade na aspersão pode superar em mais de 45% aquela verificada no gotejamento. Visando minimizar o efeito das variações climáticas no rendimento do tomateiro, Marouelli et al. (2012) propuseram o uso de dois sistemas distintos (conjugados) de irrigação em uma mesma lavoura; um que molhe somente as folhas e outro somente o solo.

Além da viabilidade técnica, a decisão sobre o melhor sistema de irrigação para uma determinada cultura deve ser fundamentada numa análise econômica. Nesse sentido, podem ser adotadas duas abordagens teórico-analíticas, uma considerando um horizonte de curto prazo, em que os retornos econômicos são obtidos ao final de uma safra, e outra de longo prazo, que envolve análise de investimento.

O objetivo do presente estudo foi avaliar a eficiência econômica de sistemas para a irrigação do tomateiro em cultivo orgânico, nas condições de inverno-seco da região de Cerrado do Brasil Central, considerando um horizonte de curto prazo.

Metodologia

A análise foi realizada a partir de dados obtidos em áreas experimentais e unidades demonstrativas conduzidas no Distrito Federal entre os meses de maio a outubro de 2008 a 2012. Os sistemas de irrigação avaliados foram: gotejamento com uma lateral por fileira de plantas (GO_{1L}); gotejamento com duas laterais por fileira de plantas (GO_{2L}); gotejamento com uma lateral em solo coberto com *mulching* de plástico preto (GO_M); sulco (SU); microaspersão “subcopa” (MI); aspersão convencional acima do dossel (AS); sistema conjugado por aspersão e gotejamento com duas laterais (AS+GO); e sistema conjugado por aspersão e sulco (AS+SU).

Foram utilizadas uma ou mais das seguintes variedades em cada ano: Dominador, Duradouro, Nagai, Pérola, Poliana e Portinari. As mudas foram transplantadas em sistema de fileira simples (1,0 m x 0,5 m) e as plantas conduzidas com uma haste. A área de cada parcela variou entre 50-100 m², sendo cada sistema de irrigação repetido de 2-4 vezes num mesmo ano. Foram considerados frutos comercializáveis aqueles com diâmetro acima de 40 mm e sem defeitos graves.

Dependendo do sistema utilizou-se aspersores de impacto com bocais de 5 mm x 8 mm, tubos gotejadores com emissores a cada 20 cm ou microaspersores “subcopa”

espaçados de 1,0 m x 1,0 m e aplicação de água para baixo. No sistema por sulco foi utilizado um sulco por fileira de plantas. As regas foram feitas quando a leitura de sensores Irrigas®, instalados a 40-50 % da profundidade efetiva radicular, atingia 15-25 kPa para gotejamento e microaspersão e 25-40 kPa para aspersão e sulco (MAROUELLI & CALBO, 2009). Nos sistemas conjugados, irrigou-se prioritariamente por AS, visando o controle de insetos-pragas e oídio, sendo que o segundo sistema (GO ou SU) era acionado apenas quando as condições climáticas (UR > 70% e orvalho) favoreciam a ocorrência de requeima (MAROUELLI et al., 2012).

O custo total anual do tomateiro foi determinado com base nas despesas operacionais e no custo de oportunidade total dos recursos envolvidos nas diversas fases de produção, calculado sobre o capital físico e financeiro, para cada sistema. O custo operacional compreendeu os dispêndios mínimos de custeio e a depreciação do sistema de irrigação ao longo de uma safra. Os dispêndios de custeio foram determinados pelo somatório do custeio parcial ocorridos na condução da cultura (despesas com mudas, defensivos, fertilizantes, mão de obra, combustível, além das despesas com aluguéis e manutenção de máquinas usadas na produção do tomate) e nas despesas operacionais com a irrigação. Como não foi considerada a depreciação do fator terra, o custo operacional foi igual ao custeio mais o valor equivalente à depreciação do sistema de irrigação.

Os coeficientes técnicos para cálculo dos custos de produção foram levantados durante a condução dos ensaios e ajustados considerando coeficientes sugeridos por Souza (2005) e EMATER-DF. Os custos médios de insumos, máquinas, mão de obra e energia foram obtidos durante o ano de 2012 junto a revendas e produtores do Distrito Federal. O custo operacional relativo à irrigação englobou os custos com energia elétrica, mão de obra e manutenção dos sistemas. Dependendo do sistema, o uso de energia variou de 0,10-0,50 kWh m⁻³, uso de mão de obra de 0,5-4,0 h-homen ha⁻¹ por irrigação e custo anual de manutenção de 3-4% (10% para gotejadores) do custo do sistema (MAROUELLI & SILVA, 2011). O custo de mão de obra para irrigação foi de R\$ 8,40 h-homem⁻¹ e para energia elétrica de R\$ 0,22 kWh⁻¹. Os custos dos sistemas, número de irrigações, lâmina total de água aplicada e custo médio de cada sistema são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Custo do sistema, número de regas, lâmina de irrigação e produtividade comercial de tomate, conforme o sistema de irrigação.

Variável	GO _{1L}	GO _{2L}	GO _M	SU	MI	AS	AS+GO	AS+SU
Custo (R\$ ha ⁻¹)*	7.000	12.000	7.000	3.000	20.000	5.500	17.500	8.500
Irrigações	59	53	47	30	41	40	47	42
Lâmina (mm)	455	480	400	855	665	670	580	670
Produtividade (t ha ⁻¹)	65	77	72	79	82	85	99	100

* No caso de dois números, o segundo refere-se aos tubos gotejadores ou microaspersores.

GO_{1L}: gotejo com uma lateral por fileira de plantas, GO_{2L}: gotejo com duas laterais, GO_M: gotejo com *mulching* de plástico preto, SU: sulco, MI: microaspersão "subcopa", AS: aspersão.

A depreciação foi determinada pelo método linear, subtraindo-se do valor inicial do bem o valor final de mercado (sucata) e dividindo-se o resultado pela vida útil do sistema (12 anos; exceto gotejadores, 3 anos, e microaspersores, 4 anos). O custo de oportunidade do capital foi determinado considerando-se uma taxa de juros de 6% ao ano sobre o valor do sistema. O custo de oportunidade das despesas de custeio foi calculado usando-se a mesma taxa de juros, observando-se um período

de seis meses, equivalente ao tempo que os recursos financeiros permanecem imobilizados para a produção do tomate.

A receita bruta foi igual ao valor de venda da produção, sendo que o preço médio do tomate recebido na propriedade pelo produtor foi de R\$ 2,00 kg⁻¹. As produtividades médias de frutos comercializáveis obtidas utilizando-se os diferentes sistemas de irrigação são apresentadas na Tabela 1. Vale destacar que durante os cinco anos de condução dos ensaios houve ocorrência de requeima em quatro, tendo sido a severidade baixa em um, média em outros dois e alta em apenas um.

A partir dos valores de custo total e receita total anual foram determinados os indicadores: receita líquida (custo total menos receita total), taxa de retorno (relação entre receita líquida e custo total), pontos de nivelamento da produção (relação entre custo total e preço do tomate) e do preço do tomate (relação entre custo total e produtividade) e lucratividade (relação entre a receita líquida e receita total).

Resultados e discussões

O sistema de irrigação que apresentou maior custo operacional foi o AS+GO, seguido do MI, AS+SU e GO_M, enquanto GO_{1L}, SU, GO_{2L} e AS foram, respectivamente, aqueles com menor custo operacional (Tabela 2). As variações nos custos operacionais ocorreram principalmente em função dos custos com capinas, instalação e retirada dos sistemas e *mulching* e operações de colheita e seleção de frutos. Por outro lado, o sistema MI foi aquele com maior custo de oportunidade do capital e custeio, enquanto o SU teve o menor custo de oportunidade (Tabela 2).

TABELA 2. Valores médios de custo operacional, de oportunidade e total, receita (R\$ ha⁻¹ safra⁻¹) e indicadores de eficiência econômica para os diferentes sistemas de irrigação utilizados para irrigação do tomateiro em cultivo orgânico.

Custos e receita	GO _{1L}	GO _{2L}	GO _M	SU	MI	AS	AS+GO	AS+SU
Custo operacional ¹	47.995	50.559	51.770	49.488	53.953	50.081	54.366	52.994
Custo oportunidade ²	1.820	2.163	1.934	1.658	2.704	1.819	2.594	2.080
Custo total	49.815	52.721	53.704	51.145	56.657	51.901	56.959	55.074
Receita total	130.000	154.000	144.000	158.000	164.000	170.000	198.000	200.000
Indicadores								
Receita líquida	80.185	101.272	90.296	106.855	107.343	118.099	141.041	144.926
Taxa de retorno	1,61	1,92	1,68	2,09	1,89	2,28	2,48	2,63
PN ³ produção (t ha ⁻¹)	24,9	26,4	26,9	25,6	28,3	26,0	28,5	27,5
PN ³ preço (R\$ kg ⁻¹)	0,77	0,68	0,75	0,65	0,69	0,61	0,58	0,55
Lucratividade (%)	61,7	65,8	62,7	67,6	65,5	69,5	71,2	72,5

¹ Inclui todas as despesas de custeio mais a depreciação do sistema de irrigação.

² Inclui os custos de oportunidade do sistema de irrigação e das despesas de custeio.

³ PN: ponto de nivelamento

GO_{1L}: gotejo com uma lateral por fileira de plantas, GO_{2L}: gotejo com duas laterais, GO_M: gotejo com *mulching* plástico preto, SU: sulco, MI: microaspersão "subcoba", AS: aspersão.

O custo total anual por hectare variou de R\$49.815 (GO_{1L}) a R\$56.959 (AS+GO). O custo total do sistema AS+GO foi, respectivamente, 12,5%, 7,4%, 5,7%, 10,5%, 0,5%, 8,9% e 3,6% maior que dos sistemas GO_{1L}, GO_{2L}, GO_M, SU, MI, AS e AS+SU (Tabela 2). A maior receita líquida foi verificada no sistema AS+SU (R\$144.926) e a menor no GO_{1L} (R\$80.185). Relativo ao GO_{1L}, sistema provavelmente mais utilizado na irrigação do tomateiro, houve um aumento na receita líquida de 26,3%, 12,6%,

33,5%, 33,9%, 47,3%, 75,9% e 81,0% ao se irrigar por GO_{2L} , GO_M , SU, MI, AS, AS+GO e AS+SU, respectivamente (Tabela 2).

A maior taxa de retorno do capital investido foi verificada no sistema AS+SU (2,63), seguindo do AS+GO (2,48), AS (2,28) e SU (2,09), enquanto o GO_{1L} teve a menor taxa (1,61) (Tabela 2). As maiores taxas de retorno obtidas nos sistemas AS+SU e AS+GO devem-se principalmente à alta produtividade, enquanto na AS e SU deve-se à boa produtividade associado aos menores custos dos sistemas.

Os pontos de nivelamento da produção e do preço variaram, respectivamente, de $24,9 t ha^{-1}$ e R\$ $0,77 kg^{-1}$ (GO_{1L}) a $28,5 t ha^{-1}$ e R\$ $0,55 kg^{-1}$ (AS+GO), portanto, muito menor que as produtividades médias obtidas e preço médio de venda do tomate (Tabela 2). Excelente desempenho de todos os sistemas também pode ser constatado pelo indicador de lucratividade, que variou entre 61,7-72,5% (Tabela 2).

Conclusões

Todos os sistemas apresentaram alta eficiência econômica para a irrigação do tomateiro em sistema orgânico nas condições de inverno-seco do Brasil Central. No entanto, os sistemas conjugados (AS+SU e AS+GO) foram destacadamente aqueles com maior viabilidade, com receita líquida entre 20-80% maior que as dos demais sistemas. Para produtores com baixa capacidade de investimento e disponibilidade de água, o sistema SU demonstrou ser uma opção bastante conveniente.

Referências bibliográficas

CABRAL, R. N.; MAROUELLI, W. A.; LAGE, D. A. C.; LAPIDUS, G. A.; CAFÉ FILHO, A. C. Incidência da murcha bacteriana em tomateiro orgânico sob diferentes sistemas de irrigação, níveis de água e coberturas de solo. **Cadernos de Agroecologia**, v. 6, n. 2, p. 1-5, 2011.

MAROUELLI, W. A.; LAGE, D. A. C.; MACEDO, T. C.; BARRETO, Y. C.; BRAGA, M. B. Avaliação de sistemas de irrigação e estratégias de manejo na produção orgânica de tomate de mesa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. S5725-S5732, 2012. Suplemento CD-ROM.

MAROUELLI, W. A.; MACEDO, T. C.; BARRETO, Y. C.; LAGE, D. A. C.; RESENDE, F. V. Produção orgânica de tomate com diferentes sistemas e níveis de irrigação e coberturas de solo. **Cadernos de Agroecologia**, v. 6, n. 2, p. 1-6, 2011.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. **Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças**. 2.ed. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2011. 20 p. (Circular Técnica 11).

MAROUELLI, W.A.; CALBO, A.G. **Manejo de irrigação em hortaliças com sistema Irrigas®**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2009. 16p. (Circular Técnica, 69).

SOUZA, J. L. Tomateiro para mesa em sistema orgânico. **Informe Agropecuário**, v. 24, n. 219, p. 108-120, 2005.