

102

Circular Técnica

Brasília, DF
Março, 2012

Autores

Waldir A. Marouelli
Engº Agríc., Ph.D.
Embrapa Hortaliças
Brasília, DF
waldir@cnph.embrapa.br

Henoque Ribeiro da Silva
Engº Agr., Ph.D.
Embrapa Sede
Brasília, DF
henoque.silva@embrapa.br

**Washington Luiz de
Carvalho e Silva**
Engº Agr., Ph.D.
Embrapa Hortaliças
(aposentado)
Brasília, DF
wash.silva@uol.com.br

Irrigação do tomateiro para processamento

Fotos: Waldir A. Marouelli



Foto: Antonio R. Oliveira



Introdução

A área total cultivada de tomateiro para processamento no Brasil em 2010 foi de 20 mil hectares, com produção de 1,80 milhões de toneladas de frutos. Nesse mesmo ano, o estado de Goiás foi responsável por 76,7% da produção nacional (1,38 milhões de toneladas), com uma área colhida de 15,6 mil hectares. São Paulo é o segundo estado produtor, com área de 3,0 mil hectares e produção de 270 mil toneladas.

A produção de tomate para processamento no Brasil é realizada durante a estação seca do ano, i.e., de março a setembro, sendo a irrigação prática fundamental para suprir as necessidades hídricas das plantas e garantir o desenvolvimento ótimo da cultura. Mesmo quando o cultivo é parcialmente realizado durante a estação chuvosa (plantios de fevereiro a abril na região Centro Oeste e Sudeste), a irrigação deve ser utilizada de forma suplementar, pois é comum a ocorrência de veranicos, principalmente a partir de maio, comprometendo a produção.

Tanto quanto a falta, o excesso de água tem efeito prejudicial sobre a produtividade e a qualidade de frutos. É possível aumentar a produtividade do tomateiro, reduzir o uso de água e o custo de energia e melhorar a qualidade de frutos irrigando-se a cultura de forma adequada. No entanto, apesar de ser uma prática incorporada ao sistema produtivo do tomateiro, a irrigação é, muitas vezes, realizada de forma inadequada por grande parte dos produtores.

Dentre as variáveis associadas à qualidade de frutos, o teor de sólidos solúveis é uma das mais importantes em tomate para processamento. Tal variável, que depende da genética da planta, de fatores ambientais e do estágio de maturação do fruto, é também afetada por algumas práticas agrícolas, com destaque para a irrigação. A alta disponibilidade de água no solo afeta negativamente o teor de sólidos solúveis, aumentando os gastos, principalmente com energia, durante o processo de concentração da polpa.

Quanto aos impactos dos sistemas de irrigação sobre o desenvolvimento e a produção da cultura, a aspersão favorece a ocorrência de doenças da parte aérea, com exceção do oídio, enquanto os sistemas por sulco e por gotejamento favorecem as doenças de solo e alguns insetos-pragas.

No Brasil, mais de 90% do tomateiro para processamento é irrigado por aspersão, com predominância do sistema mecanizado por pivô central. Embora seja um sistema que possibilite maiores produtividades com menor uso de água, a irrigação por gotejamento é ainda pouco utilizada, porém com mais frequência do que o sistema por sulco.

Particularmente quando irrigado por gotejamento, o uso da fertigação é fundamental na produção de tomates. Irrigar por gotejamento sem o uso da fertigação é pouco eficiente e não proporciona ganho econômico compensador. Oportuno salientar que mesmo na irrigação por aspersão, sobretudo via pivô central, a fertigação tem sido utilizada com sucesso por muitos produtores de tomate.

O objetivo desta circular técnica é apresentar processos e informações técnicas atuais sobre os principais sistemas e métodos de manejo de irrigação disponíveis para a produção do tomate para processamento no Brasil.

Sistemas de irrigação

Na prática, todos os sistemas podem ser utilizados na irrigação do tomateiro para processamento, sendo que todos apresentam vantagens e desvantagens. Na Tabela 1 são apresentadas características importantes para os principais sistemas, tais como: custo de aquisição e

instalação, eficiência de irrigação e exigência de energia e de mão-de-obra. Estas são características que dependem do nível de automação, da qualidade do equipamento, do tamanho da área e da eficiência gerencial, dentre outros fatores.

A escolha do sistema de irrigação mais adequado para uma dada condição deve ser fundamentada em criteriosa análise da viabilidade técnico-econômica dos sistemas de irrigação. Para as condições predominantes de produção de tomate para processamento no estado de Goiás, estudos realizados pela Embrapa Hortaliças indicaram que o sistema por gotejamento apresenta desempenho econômico líquido ligeiramente superior ao sistema por pivô central, sobretudo para produtores com maior capacidade de investimento.

Todavia, o gotejamento apresenta limitações para ser usado em culturas de rotação, seja na entressafra ou em substituição ao tomateiro. Nesse estudo, os desempenhos econômicos dos sistemas por sulco e por aspersão convencional foram positivos, porém muito inferior aos dos demais sistemas avaliados.

Irrigação por aspersão

Os principais sistemas por aspersão são os do tipo convencional, pivô central, autopropelido e deslocamento linear. As principais vantagens dos sistemas por aspersão são a flexibilidade de manejo e a possibilidade de uso nos mais diversos tipos de solo, topografia e cultura. A eficiência de irrigação varia entre os sistemas situando-se na faixa de 60-90%.

No estado de Goiás, praticamente toda a produção de tomate para processamento é feita utilizando-se pivô central, enquanto no estado de São Paulo os produtores utilizam principalmente os sistemas por aspersão convencional e pivô central. Os demais sistemas por aspersão são praticamente desconhecidos entre os produtores de tomate.

O custo de implantação dos sistemas por aspersão varia entre R\$ 2.000,00 e R\$13.000,00 por hectare, sendo o menor valor para sistema convencional portátil, o maior para convencional fixo e valores intermediários para pivô central (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios para custo inicial, eficiência da irrigação, consumo de energia e demanda de mão-de-obra para diferentes sistemas de irrigação utilizados na produção de tomateiro para processamento.

Sistema	Custo inicial ¹ (R\$ ha ⁻¹)	Eficiência (%)	Energia ² (kWh mm ⁻¹ ha ⁻¹)	Mão-de-obra ³ (h ha ⁻¹ irrig ⁻¹)
Sulco	1.500 - 4.000	40 - 70	0,3 - 3,0	1,0 - 5,0
Convencional portátil	2.000 - 4.000	60 - 75	3,0 - 6,0	1,5 - 3,5
Convencional semiportátil	3.000 - 5.000	60 - 75	3,0 - 6,0	0,7 - 2,5
Convencional fixo	7.000 - 13.000	70 - 85	3,0 - 6,0	0,2 - 0,5
Autopropelido	4.000 - 6.000	60 - 70	6,0 - 9,0	0,5 - 1,0
Pivô central	4.500 - 7.500	75 - 90	2,0 - 6,0	0,1 - 0,5
Gotejamento	7.000 - 14.000	80 - 95	1,0 - 4,0	0,2 - 1,0

¹ Valores referentes à 2010/2011. Depende do nível de automação, qualidade de equipamento, tamanho da área, dentre outros. Inclui-se os custos de bombeamento/condução de água, adequação/sistematização do terreno e/ou aquisição/instalação do sistema.

² Estimado para uma altura de recalque entre 0-50 m. Dividir kWh mm⁻¹ ha⁻¹ por 3,2 para estimar litros de diesel mm⁻¹ ha⁻¹.

³ Depende do nível de automação do sistema, eficiência gerencial, tamanho de setores, dentre outros fatores.

Fonte: adaptado de Marouelli & Silva (2011)

A principal limitação do uso da aspersão na produção de tomate está relacionada ao aumento de doenças da parte aérea favorecido pelo molhamento da folhagem, elevação da umidade no interior do dossel vegetativo e pela remoção dos agrotóxicos aplicados às folhas. As principais doenças foliares e de podridões de frutos são mancha-bacteriana (*Xanthomonas capestris* pv. *vesicatoria*), pinta-bacteriana (*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*), talo-oco (*Erwinia* spp.), pinta-preta (*Alternaria solani*) e requeima (*Phytophthora infestans*). Todavia, a baixa umidade relativa do ar durante o período de cultivo do tomateiro no estado de Goiás e a possibilidade de adotar intervalos entre irrigações a cada 5-10 dias contribui para minimizar a ocorrência de doenças da parte aérea em anos desfavoráveis aos patógenos.

Comparativamente aos demais sistemas por aspersão, o pivô central requer menor uso de mão-de-obra, possibilita excelente distribuição de água sobre o solo (Tabela 1) e permite fornecer parte dos nutrientes via fertirrigação. Entretanto, o manejo inadequado do solo e da irrigação e a ausência de um programa de rotação de culturas favorecem uma maior incidência e acúmulo de patógenos no solo.

Independente das limitações de ordem fitossanitária, por molhar o dossel da cultura, o pivô central é o sistema de irrigação mais utilizado no Brasil na produção do tomateiro para processamento. Isso se deve às facilidades operacionais, às vantagens econômicas do sistema e à praticidade de uso na irrigação de grandes áreas de tomate e de várias outras culturas.

O cultivo do tomateiro no Brasil é praticamente todo realizado pelo transplante de mudas que são produzidas em bandejas (200-400 células). As irrigações das mudas são feitas, em geral, por aspersão, com microaspersores instalados acima das bandejas. Pode ainda ser utilizado sistema de barra irrigadora e, no caso de produção em pequena escala, regador manual com crivos finos ou mangueira com bico de regador. O importante é não utilizar jatos de água ou gotas de grosso calibre para não descobrir as sementes, tirar o substrato da bandeja ou prejudicar as mudas pequenas.

Irrigação por gotejamento

Apesar de favorecer produtividades mais altas e de ser um dos sistemas mais utilizados na produção de tomate de mesa, o gotejamento ainda é pouco utilizado no Brasil na produção de tomate para processamento. A área irrigada por gotejamento é inferior a 10% da área total.

A irrigação por gotejamento do tomateiro associada à prática de fertirrigação proporciona incrementos de produtividade entre 20-30% e economia de água da ordem de 30%, comparativamente à irrigação por aspersão. A eficiência de irrigação do sistema por gotejamento, em geral, situa-se entre 85-95%.

Maior produtividade com menor quantidade de água é possível em razão de o sistema possibilitar a aplicação de água e de fertilizantes de forma parcelada e na medida certa junto às raízes. Por não

ser a água aplicada sobre a planta, a irrigação por gotejamento contribui para diminuir a ocorrência de doenças da parte aérea e o apodrecimento de frutos, reduzindo o uso de fungicidas em até 50%.

O gotejamento apresenta alta eficiência de aplicação de água e requer menor volume de água em relação aos sistemas por aspersão e, principalmente, por sulco. Assim, mesmo propriedades agrícolas com baixa disponibilidade de água podem utilizar esse sistema de irrigação. Ainda, possibilita a aplicação mais uniforme de fertilizantes via água de irrigação e o uso de água e de solos moderadamente salinos por manter maior diluição dos sais na zona radicular ao possibilitar irrigar em regime de alta frequência.

Dentre os problemas que tem limitado o uso do gotejamento na cultura do tomate para processamento destacam-se: a) alto custo de implantação do sistema (R\$ 7.000,00 a R\$ 14.000,00 por hectare); b) alto custo de manutenção; c) limitação para irrigação de outras culturas em rotação na entressafra ou em substituição ao tomateiro; d) falta de garantia na renovação de contratos de produção para safras futuras; e) fim da política de financiamento de sistemas de gotejamento por indústrias de processamento; f) grande demanda de mão-de-obra especializada para instalação, retirada da área de cultivo e armazenamento dos equipamentos e acessórios; e g) problemas de entupimento.

Apesar de ser um sistema fixo dentro da área cultivada, o gotejamento demanda maior do uso de mão-de-obra do que o pivô central (Tabela 1). Especialmente na instalação e na retirada do sistema do campo há uma grande demanda por mão-de-obra especializada, muitas vezes não disponível nas regiões produtoras de tomate. Além disso, essas operações reduzem a vida útil dos tubos gotejadores e acessórios, elevando o custo de manutenção do sistema.

Diferentemente das principais doenças da parte aérea, as quais são comprovadamente favorecidas pela rega por aspersão, o sistema por gotejamento predispõe a ocorrência de doenças de solo, como a murcha-bacteriana. Isso ocorre em razão do gotejamento criar uma área de saturação temporária na qual a umidade no solo se mantém bem mais alta entre as irrigações, sobretudo no volume de solo imediatamente abaixo do gotejador.

O espaçamento entre linhas laterais de gotejadores depende do sistema de plantio adotado, que pode ser em fileiras simples (120-150 cm), com uma lateral de gotejadores por linha de plantio, ou em fileiras duplas (140 cm x 40 cm a 160 cm x 50 cm), com uma lateral entre cada fileira dupla.

Para as condições de Cerrado do Brasil Central, tem-se verificado que o sistema em fileiras simples possibilita em torno de 10% de incremento de produtividade de frutos em relação ao sistema de fileiras duplas, o que torna essa configuração mais viável em termos econômicos.

Com relação ao espaçamento entre gotejadores na linha lateral, maior produtividade está associada à formação de uma faixa molhada contínua e uniforme ao longo da linha de plantio. Isso pode ser alcançado espaçando os gotejadores entre 50-70% do diâmetro do bulbo molhado formado pelos mesmos. Para alguns solos de cerrado, mesmo com teor de argila acima de 50%, a formação de uma faixa molhada somente é obtida com gotejadores espaçados a cada 10-20 cm. Dependendo do tipo de solo, da vazão do gotejador e da frequência de irrigação, podem-se adotar espaçamentos de até 40 cm.

As linhas laterais de gotejadores são, em geral, instaladas na superfície do solo próximo à fileira de plantas. Para minimizar danos mecânicos à tubulação e os causados por roedores, bem como facilitar as práticas culturais, as linhas laterais podem ser instaladas entre 5-10 cm de profundidade.

Para solos de Cerrado, a instalação da linha de gotejadores entre 10-20 cm de profundidade também favorece alta produtividade, todavia, requer o uso da irrigação por aspersão durante o estágio de estabelecimento inicial da cultura (10-20 dias). Profundidades superiores a 20 cm não devem ser utilizadas em solos de Cerrado, pois o suprimento de água às plantas é geralmente deficiente e a produtividade diminui.

Optando-se pelo uso do gotejamento enterrado, alguns cuidados devem ser seguidos. Usar preferencialmente gotejadores com função anti-sifão associados a válvulas tipo ventosa para prevenir o entupimento dos mesmos. A entrada de raízes nos gotejadores pode ser prevenida com uma

única injeção do herbicida trifluralina (0,25 mL por gotejador) na água de irrigação, por 20-30 minutos, no início do ciclo do tomateiro. Além de gotejadores anti-sifão, já há no mercado comercialização de gotejadores impregnados com trifluralina.

Irrigação por sulco

Apesar de apresentar o menor custo de implantação (R\$ 1.500,00 a R\$ 4.000,00 por hectare), ser o mais utilizado na produção de tomate para processamento em países como Argentina e Estados Unidos, o sistema por sulco é muito pouco utilizado pelos produtores brasileiros de tomate para processamento. Todavia, a irrigação por sulco tem sido utilizada na região Nordeste na produção de tomate rasteiro destinado ao mercado *in natura*.

Uma das razões para o baixo uso da irrigação por sulco no Brasil é a alta permeabilidade dos solos nas principais regiões produtoras, além do mais, a topografia dos terrenos requerem certo grau de sistematização. Estas limitações impedem a utilização de sulcos longos (acima de 100 m), condição essencial para viabilizar o uso do sistema em grandes áreas de produção.

Em termos gerais, o sistema por sulco, comparativamente aos demais, apresenta baixa eficiência de irrigação (< 50%), requer grande quantidade de água e de mão-de-obra (Tabela 1) e apresenta maior dificuldade para o manejo da irrigação devido às características inerentes ao próprio sistema. O sistema é ainda ineficaz para uso da fertirrigação.

A irrigação por sulco favorece maior propagação de doenças de solo que a aspersão, tais como as murchas bacteriana (*Ralstonia solanacearum*), de esclerócio (*Sclerotium rolfsii*), de fusário (*Fusarium oxysporum*) e de verticílio (*Verticillium dahliae*) e a podridão de esclerotínia (*Sclerotinia sclerotiorum*).

Cuidados e manutenção do sistema

O dimensionamento hidráulico de um sistema de irrigação inclui, entre outros aspectos, a definição da vazão de projeto, a determinação de diâmetros e comprimentos de tubulações, do modelo e potência da motobomba e da taxa de aplicação de água, devendo ser realizado por profissionais

especializados. No caso do sistema por sulco, é necessária a determinação do comprimento adequado dos sulcos, da vazão máxima não erosiva e da vazão mínima capaz de manter todo o sulco com água.

Sistemas de irrigação mal dimensionados, tanto agrônômica quanto hidráulicamente, distribuem água de maneira desuniforme, o que compromete o desenvolvimento das plantas e aumentam os gastos de água e de energia, além de acarretar problemas de erosão em razão do escoamento superficial e perdas de nutrientes por lixiviação.

Mesmo quando inicialmente dimensionado e instalado de forma adequada, o sistema de irrigação pode sofrer modificações ao longo do tempo ou ser transferido de área sem a devida adequação técnica, o que modifica seu desempenho. Nesses casos, o produtor deve procurar assistência técnica especializada para avaliação e redimensionamento do sistema.

Além de aumentar a vida útil do equipamento, a manutenção preventiva e adequada visa manter o sistema de irrigação operando com eficiência máxima durante todo o ciclo da cultura. Bombas, motores e demais partes móveis do sistema devem ser mantidas conforme recomendação de manutenção do fabricante. Aspersores devem permanecer em posição vertical e serem inspecionados periodicamente, assim como borrachas de vedação, registros, válvulas de derivação e outros acessórios devem ser substituídos quando apresentarem sinais de vazamentos. Problemas de vazamentos, além de provocar desperdício de água e de energia, diminuem a pressão de operação do sistema e a quantidade de água aplicada às plantas, prejudicando a uniformidade de distribuição de água e, conseqüentemente, o rendimento da cultura.

Os cuidados mais importantes com o sistema de irrigação estão relacionados, sobretudo, à pressão de serviço do sistema. Pressão abaixo da recomendada prejudica diretamente a uniformidade de distribuição de água e, conseqüentemente, a produtividade de frutos. Por outro lado, pressão muito alta compromete a integridade da tubulação e acessórios, acarreta maior consumo de energia e, no caso da aspersão, provoca a formação de gotas muito pequenas, favorecendo maior evaporação

e deriva de água causada por ventos fortes, principalmente em dias com temperatura alta e umidade relativa baixa.

Para evitar sobrecarga do motor, principalmente elétrico, a partida da motobomba deve ocorrer com o registro de recalque (localizado após a saída da bomba) fechado, sendo esse aberto lentamente até que a pressão de serviço, indicada no manômetro instalado logo após o mesmo, seja igual àquela prevista em projeto. No final da irrigação, deve-se proceder de forma inversa, ou seja, primeiro fechar o registro lentamente para depois desligar a bomba, a fim de evitar problemas de variações bruscas de pressão (golpe de aríete) no interior da tubulação principal e no conjunto motobomba.

Antes do dimensionamento e da instalação do sistema de irrigação, o técnico deve visitar a área em que o sistema será instalado, pois áreas muito declivosas e/ou com grande variabilidade de solos podem afetar a uniformidade de distribuição de água e acarretar problemas operacionais durante a irrigação do tomateiro.

Para um adequado manejo da irrigação, a área irrigada por um mesmo sistema deve ser a mais uniforme possível, quanto ao tipo de solo, declividade e histórico de atividade agrícola, principalmente em se tratando de pivô central. Na prática, todavia, podem ser observados sistemas instalados em áreas com distintos tipos de solos, condições de drenagem e idade de plantas. Nesses casos, se a lâmina de irrigação aplicada for maior que a necessária, ter-se-á, por exemplo, problemas de excesso de água na área com drenagem deficiente ou mais baixa, favorecendo, sobretudo, doenças de solo.

Para o caso de áreas localizadas em setores específicos do pivô central, apresentando condições distintas de drenagem e/ou de retenção de água, deve-se adotar, quando possível, estratégias também distintas de irrigação para cada setor. Todavia, o que se observa é que tais áreas não têm formato definido, não permitindo que se adotem irrigações diferenciadas em cada setor do pivô central. A melhor estratégia, nesses casos, é irrigar toda a área do pivô central de forma uniforme, com intervalo entre regas estabelecido em função da área com menor capacidade de retenção de água e aplicando-se a apenas a lâmina de água necessária.

Em áreas muito declivosas, deve-se dividir a área em setores com elevações similares visando compensar a maior vazão dos aspersores ou gotejadores localizados nas áreas mais baixas (maior pressão da água). Caso contrário e se os tempos de irrigação forem iguais nas diferentes posições, as plantas localizadas nas áreas mais baixas receberão mais água que aquelas localizadas nas áreas mais altas.

No caso específico do gotejamento, atenção especial se deve ter com a qualidade da água utilizada para irrigação. Isso por que a presença de impurezas orgânicas e inorgânicas na água e a injeção de fertilizantes podem causar sérios problemas de entupimento de gotejadores, além do desgaste de tubos e conexões.

Para prevenir e eliminar as impurezas presentes na água recomenda-se sua filtragem contínua e a lavagem periódica das linhas de gotejadores. Os filtros de disco ou tela são indicados para eliminar praticamente quaisquer tipos de sólidos suspensos, mas são facilmente obstruídos por impurezas orgânicas. Os filtros de areia retêm grandes quantidades de sólidos suspensos e de materiais orgânicos antes de serem obstruídos. O uso de válvulas de final de linha, em cada lateral, possibilita a limpeza automática de sedimentos antes de se atingir a pressão de serviço do sistema.

A presença na água de carbonatos, cálcio, magnésio, ferro, manganês e sulfetos pode favorecer a formação de precipitados que irão obstruir filtros e gotejadores. Na região do Cerrado, a presença de ferro em algumas fontes de água ocorre com alguma frequência.

Um procedimento utilizado para prevenir problemas de precipitação química nas tubulações é a acidificação da água (pH 5,5- 7,0). No caso do ferro, por exemplo, a cloração e, sobretudo, a aeração da água tem sido bastante empregada para precipitar esse elemento químico antes que adentre no sistema de irrigação.

Tendo em vista os problemas da qualidade da água para o sistema por gotejamento, sugere-se que antes de sua instalação, o produtor procure assistência técnica especializada visando à adoção de medidas preventivas relacionadas ao tratamento da água. É comum encontrar produtores que

perderam todas as linhas de gotejadores, em uma única safra, devido a problemas de obstrução parcial ou total dos emissores.

Necessidade hídrica e parâmetros para manejo de irrigação

A quantidade total de água necessária para a irrigação do tomateiro, que depende das condições climáticas, do sistema de irrigação e da cultivar, dentre outros fatores, varia entre 300-650 mm. O consumo diário de água, denominado de evapotranspiração da cultura (ETc), engloba a água transpirada pela planta e a evaporada das superfícies do solo e da planta.

Considerando o sistema de cultivo que adota transplante de mudas, o ciclo de desenvolvimento do tomateiro pode ser subdividido em cinco estádios distintos com relação às necessidades hídricas e de irrigação da cultura: formação de mudas, inicial, vegetativo, frutificação e maturação. A duração de cada estágio depende principalmente da cultivar e das condições climáticas. De norte a sul no Brasil, a duração do ciclo do tomateiro, desde o transplante de mudas até a colheita, varia de 95-125 dias.

Para fins de manejo da água de irrigação, a ETc do tomateiro é determinada indiretamente a partir da evapotranspiração de referência (ETo), que pode ser estimada por diversos métodos disponíveis na

literatura, com destaque para o “FAO Penman-Monteith”, considerado padrão para o cálculo diário de ETo. A ETc, em cada estágio da cultura, é obtida indiretamente multiplicando-se a ETo por um coeficiente “Kc”, que incorpora as características e exigências de água do tomateiro.

Na ausência das informações climáticas necessárias para a utilização da equação “FAO Penman-Monteith”, dados de evaporação de tanque Classe A, por exemplo, podem ser utilizados para estimar a ETo.

Os valores do coeficiente de cultura Kc podem ser afetados pelos sistemas de cultivo e de irrigação, condições climáticas, nutricionais e fitossanitárias da cultura, umidade do solo e cultivar. Valores de Kc, para os diferentes estádios de desenvolvimento do tomateiro, são apresentados na Tabela 2 para as condições de irrigação por aspersão, gotejamento e sulco, incluindo cultivo em sistema de plantio direto na palhada. Os coeficientes permitem ajustar a curva de Kc utilizando o procedimento padrão proposto pela FAO.

A necessidade de água ao longo de todo o ciclo do tomateiro cultivado em sistema de plantio direto na palhada é cerca de 10% menor que em plantio convencional (sem palhada). Nesse caso, a redução na ETc durante os estádios inicial e vegetativo pode chegar a 30%, enquanto que a ETc durante os estádios de frutificação e de maturação praticamente não difere.

Tabela 2. Coeficientes de cultura¹ (Kc) para a estimativa da evapotranspiração do tomateiro para processamento irrigado por aspersão, gotejamento e sulco, em sistemas de plantio convencional e direto na palhada, conforme o estágio de desenvolvimento.

Sistema	Estádio da cultura				
	Formação de mudas	Inicial	Vegetativo	Frutificação	Maturação
Aspersão	1,05 - 1,15	0,80 - 0,90	0,55 - 0,65	1,00 - 1,10	0,25 - 0,35
Aspersão palhada	---	0,35 - 0,45	0,40 - 0,50	0,95 - 1,05	0,25 - 0,35
Gotejamento	---	0,45 - 0,55	0,35 - 0,45	0,95 - 1,05	0,25 - 0,35
Gotejamento palhada	---	0,25 - 0,35	0,30 - 0,40	0,95 - 1,00	0,25 - 0,30
Sulco	---	0,70 - 0,80	0,55 - 0,65	0,95 - 1,05	0,25 - 0,35

¹ Valores para ajuste da curva de Kc conforme Allen et al. (1998).

Obs.: menores valores são para condições de alta umidade relativa do ar (< 70%), vento fraco (> 1 m s⁻¹) e/ou plantas submetidas a algum tipo de estresse hídrico, nutricional ou ataque de pragas.

Fonte: adaptado de Allen et al. (1998), Marouelli & Silva (2002), Marouelli et al. (2008) e Marouelli & Silva (2009).

Estádio de formação de mudas

Da sementeira em bandejas até o transplante das mudas, decorre um período de 25-30 dias, durante o qual as irrigações devem ser leves e frequentes a fim de garantir a germinação e a produção de mudas de boa qualidade. Deve-se irrigar antes que as mudas apresentem qualquer sintoma de deficiência hídrica. Em geral, são requeridas de uma a quatro irrigações diárias. As regas serão mais frequentes quanto maior a temperatura e menor a umidade relativa do ar, menor a capacidade de armazenamento de água pelo substrato e maior o tamanho das mudas.

A quantidade de água por irrigação depende do tipo e da quantidade de substrato em cada célula da bandeja. Deve ser suficiente para dar início ao escoamento de água na parte inferior da bandeja. Devido ao reduzido volume de substrato disponível para cada plântula, principalmente em bandejas com 400 células, o controle de irrigação é muito mais delicado que em qualquer outro estágio da cultura.

Estádio inicial

O estágio inicial vai do transplante até o pleno pegamento das mudas. A falta de água, sobretudo durante os três primeiros dias do transplante, pode acarretar a morte das mudas e comprometer o estande da cultura. Por outro lado, irrigações em excesso favorecem a maior incidência de doenças e a morte de mudas.

O transplante deve ser realizado em solo previamente irrigado. A lâmina de água a ser aplicada antes do transplante deve ser suficiente para elevar a umidade, na camada de solo até 30 cm de profundidade, até a capacidade de campo. Dependendo do tipo e da umidade inicial do solo, aplicar uma lâmina líquida de água de 10-20 mm, para solos de textura grossa, a 20-50 mm, para os de texturas média e fina.

As irrigações subsequentes devem ser frequentes, procurando-se manter a umidade na camada superficial do solo (0-20 cm) próxima à capacidade de campo até o pleno estabelecimento das mudas (7-10 dias após o transplante).

Como referência, pode-se irrigar quando a tensão de água no solo atingir entre 5-20 kPa, considerando o limite inferior para solos de textura grossa (arenosos) e períodos de alta evapotranspiração. Nesse caso, a avaliação da tensão deve ser realizada a não mais de 5 cm de distância da muda e de profundidade.

Estádio vegetativo

O estágio vegetativo vai do estabelecimento inicial das plantas até o início da frutificação. Em termos de exigência hídrica da planta, os estádios vegetativo e de maturação são os mais tolerantes ao déficit hídrico.

A deficiência moderada de água, principalmente no início do estágio vegetativo, favorece o aprofundamento do sistema radicular, permitindo maior eficiência futura na absorção de água e de nutrientes pelas raízes. Limitação no crescimento das plantas, resultante da adoção de tal estratégia, tem pequeno efeito na produção desde que o suprimento de água no estágio de frutificação seja adequado.

Irrigações em excesso, tanto nesse quanto nos estádios seguintes, favorecem maior ocorrência de doenças e lixiviação de nutrientes, sobretudo de nitrato.

De forma a submeter o tomateiro a condições de déficit hídrico moderado, as irrigações, durante o estágio vegetativo, podem ser realizadas considerando uma tensão-crítica de água no solo entre 100-200 kPa, nos casos da irrigação por aspersão e por sulco. No caso do gotejamento, irrigar considerando uma tensão-crítica entre 30-70 kPa.

Estádio de frutificação

O estágio de frutificação, que se prolonga até o início da maturação, é o mais crítico à deficiência hídrica e o que exige a máxima demanda de água. A ocorrência de déficit hídrico, mesmo que moderado, reduz o tamanho de frutos, comprometendo a produtividade. Já a ocorrência de déficit hídrico severo pode reduzir a viabilidade do pólen e o número de frutos por planta, além de causar danos fisiológicos, como a podridão apical de frutos. Por

outro lado, o excesso de água pode favorecer o crescimento demasiado das plantas e a ocorrência de doenças de solo e da parte aérea.

Para o manejo de irrigação por gotejamento nesse estágio, deve-se procurar manter a umidade do solo próxima à capacidade de campo, ou seja, irrigar quando a tensão atingir 10-15 kPa. Já para os sistemas por sulco e por aspersão, as irrigações devem ser mais espaçadas, irrigando-se quando a tensão alcançar 25-50 kPa.

Em condições de alta infestação de patógenos de solo e/ou visando diminuir a propagação da doença, sugere-se aumentar o intervalo entre irrigações, de forma reduzir a disponibilidade de água no solo para as plantas. Nesses casos, recomenda-se irrigar considerando as tensões-críticas de 25-40 kPa, para solos arenosos, e 50-100 kPa, para solos argilosos. Tal estratégia somente possibilitará algum benefício quando praticada preventivamente ou no início dos primeiros sintomas da doença.

Estádio de maturação

Durante esse estágio, que vai do início da maturação até a colheita de frutos, há uma considerável redução do uso de água pelas plantas (20-50%). Para efeito prático, uma vez que existe uma sobreposição entre os estádios de frutificação e o de maturação, considerar que início da maturação ocorre quando 10-30% das plantas estiverem com pelo menos um fruto maduro.

Irrigações em excesso prejudicam a coloração, reduzem o teor de sólidos solúveis e a acidez dos frutos, e, principalmente no caso da aspersão, aumenta a incidência de frutos podres. Para maior uniformidade na maturação e para aumentar o teor de sólidos solúveis, as irrigações devem ser realizadas adotando-se um turno de rega mais espaçado do que durante o estágio de frutificação e serem paralisadas vários dias antes da colheita.

Para máxima produtividade de frutos, irrigar sempre que a tensão-crítica de água no solo atingir 100-200 kPa, para aspersão e sulco, e 15-30 kPa, para gotejamento. Para a produção de frutos com teor mais alto de sólidos solúveis, permitindo-se uma pequena redução de produtividade, deve-se irrigar apenas quando a tensão atingir 200-500 kPa, na aspersão, e 40-50 kPa, no gotejamento.

Para aspersão, em solos de Cerrado, maior produtividade pode ser obtida realizando-se a última irrigação quando 10-30% dos frutos apresentarem-se maduros (2-3 semanas antes da colheita). Já para máximo rendimento de polpa, paralisar as irrigações mais cedo, ou seja, quando 20-50% das plantas estiverem com pelo menos um fruto maduro (4-5 semanas antes da colheita).

Para tomateiro irrigado por gotejamento, nas condições de Brasil Central, sugere-se suspender o fornecimento de água às plantas com 40-50% de frutos maduros (10-15 dias antes da colheita), para maior rendimento de polpa. Maior produtividade de frutos é alcançada irrigando-se até mais próximo da colheita, com 60-90% de frutos maduros (5-10 dias antes da colheita)

Métodos de manejo da água de irrigação

Embora a produção de tomate para processamento seja, geralmente, associada a um elevado nível tecnológico, sabe-se que a irrigação é ainda realizada de forma inadequada por muitos produtores.

O momento de irrigar e a quantidade de água a aplicar são questões básicas no manejo da água de irrigação. Deve-se fornecer água às plantas em tempo e em quantidade para prevenir o estresse hídrico, favorecendo incremento de produtividade e a qualidade da produção. O manejo da água de irrigação visa ainda minimizar o desperdício de água, a lixiviação de nutrientes e a degradação do meio-ambiente.

A decisão de quando irrigar, no entanto, deve ser adequada a algumas situações ou estratégias específicas de manejo da cultura. Por exemplo, deve-se irrigar antes da aplicação de agrotóxicos foliares e após as adubações em cobertura.

A quantidade de água a cada irrigação é, em regra, a necessária para que o solo retorne a sua condição de capacidade de campo na camada de solo correspondente à profundidade radicular efetiva do tomateiro. Havendo risco de salinidade, o que pode ocorrer em regiões áridas e semiáridas, deve-se aplicar uma fração de água adicional para manter o adequado balanço de sais no solo.

Vários são os métodos para o controle da irrigação na cultura do tomate. Vão desde aqueles mais

simples, tendo como base observações visuais do solo e da planta, até os mais sofisticados, que utilizam sensores, programas computacionais e transmissão de dados via satélite.

Apesar do custo, a adoção de estratégias apropriadas para o manejo da água de irrigação é normalmente viável do ponto de vista econômico, sobretudo no caso de tomateiro para processamento que é cultivado em grandes áreas. Isso porque tais métodos possibilitam incrementos de produtividade, melhoria na qualidade dos frutos e redução no uso de água, de energia e de agroquímicos.

Dada à dinâmica da necessidade diária de água das plantas e aos inúmeros fatores que a afetam, os métodos mais indicados para estabelecer o manejo de irrigação em lavouras comerciais de tomate são aqueles alicerçados na estimativa da ETc em tempo real (balanço de água) e/ou no uso de sensores para avaliação diária da tensão de água ou da umidade do solo.

Método do balanço de água no solo

O método do balanço de água no solo consiste na realização de um controle diário da ETc, da precipitação, da lâmina de irrigação, da ascensão capilar da água, além das perdas de água por percolação profunda e por escoamento superficial. Sob condições de irrigação controlada, onde as perdas de água por percolação e por escoamento superficial são mínimas e o fluxo capilar ascendente desprezível, a determinação diária da ETc e da precipitação efetiva permite definir quando e quanto irrigar, desde que se conheça a capacidade de armazenamento de água pelo solo.

A irrigação deve ser realizada quando a disponibilidade de água no solo estiver reduzida a um valor mínimo que não prejudique o desempenho da cultura (turno de rega variável), ou seja, quando a expressão abaixo for verdadeira.

$$\sum_{i=1}^n (ETc_i - Pe_i) \geq LRD \quad (\text{Eq. 1})$$

em que:

ETc = evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹);

n = número de dias entre duas irrigações consecutivas;

Pe = precipitação efetiva (mm dia⁻¹);

LRD = lâmina de água real disponível no solo para as plantas (mm).

O valor de LRD, também conhecido como lâmina de água no solo facilmente disponível para as plantas, pode ser determinado por:

$$LRD = (\theta_{CC} - \theta_{Ulc}) \times Z_r \times f_{Am} \quad (\text{Eq. 2})$$

em que:

θ_{CC} = umidade do solo correspondente á capacidade de campo (cm³ cm⁻³);

θ_{Ulc} = umidade-crítica do solo para fins de irrigação (cm³ cm⁻³);

Z_r = espessura da camada de solo correspondente à profundidade efetiva do sistema radicular da cultura (mm);

f_{Am} = fração de área molhada do solo pelo sistema de irrigação (decimal).

A umidade-crítica pode ser determinada a partir da curva característica de retenção de água no solo, considerando as tensões-críticas recomendadas anteriormente. Caso não se disponha da curva de retenção, estimar a umidade-crítica da seguinte forma:

$$\theta_{Ulc} = \theta_{CC} - (\theta_{CC} - \theta_{PMP}) \times f_r \quad (\text{Eq. 3})$$

em que:

θ_{PMP} = umidade do solo correspondente ao ponto de murcha permanente (cm³ cm⁻³);

f_r = fator de reposição de água ao solo (decimal).

Para tomateiro irrigado por aspersão e sulco, considerar um fator de reposição de 0,65-0,80, para solos de textura grossa, a 0,45-0,60, para solos de textura fina, devendo os menores valores ser adotados durante os estádios mais sensíveis ao déficit hídrico. Para gotejamento, considerar um fator entre 0,45-0,65, para textura grossa, a 0,30-0,45, para textura fina.

A fração de área molhada do solo deve expressar a média de área molhada pela irrigação ao longo do perfil do solo e não somente na superfície. Enquanto

na aspersão tem-se 100% de área molhada ($f_{Am} = 1,0$), no gotejamento a fração geralmente varia entre 0,40-0,75. Principalmente em solos com cascalho ou torrões na superfície, a fração molhada na superfície é muito menor que a fração média efetivamente molhada no perfil de solo explorado pelas raízes.

Definido o momento de irrigar, a lâmina de água a ser aplicada a cada irrigação é calculada pela seguinte equação:

$$LRN = \sum_{i=1}^n (ETc_i - Pe_i) \quad (\text{Eq. 4})$$

em que:

LRN = lâmina de água real necessária para irrigação (mm).

A ETc deve ser determinado em tempo real, usando um método que permita o seu cálculo diário. Caso o método de FAO Penman-Monteith não possa ser utilizado, utilizar métodos com precisão de no máximo 5 dias, como o do tanque Classe A.

O manejo de irrigação pelo método do balanço de água no solo, que normalmente é feito com turno de rega variável, devido a variabilidade da ETc , também pode ser realizado a partir de um turno de rega prefixado. O turno de rega, para cada estágio da cultura, pode ser estabelecido, por exemplo, a partir da lâmina de água no solo facilmente disponível para o tomateiro e a ETc histórica, ou seja:

$$TR_{max} = \frac{LRD}{ETc_{hist}} \quad (\text{Eq. 5})$$

em que:

TR_{max} = turno de rega máximo (dias);

ETc_{hist} = evapotranspiração da cultura com base em série histórica (mm dia⁻¹).

No caso do tomateiro, que requer aplicações semanais de agrotóxicos, o conhecimento antecipado das datas das irrigações permite ao produtor programar as pulverizações após as irrigações.

O grande avanço tecnológico e a redução de custos nas áreas de informática e eletrônica, estações

agrometeorológicas automáticas e transmissão de dados via satélite, rádio ou celular, tem permitido uma expansão da utilização de dados climáticos para fins de manejo utilizando-se o método do balanço de água no solo.

Ajustes nos valores de Kc , visando uma determinação mais precisa da ETc nas safras seguintes, pode ser feito medindo-se a umidade do solo diretamente no campo antes de cada irrigação. Esses valores de umidade devem, então, ser confrontados contra aqueles estimados durante o balanço.

Método da tensão de água no solo

Outro método muito utilizado em todo o mundo e que possibilita um bom manejo da água de irrigação é o da tensão de água no solo. Para se irrigar no momento oportuno é necessário o monitoramento contínuo e no local de cultivo da tensão ou do teor de água no solo. Isso pode ser feito por meio de sensores que medem diretamente a tensão de água, como o tensiômetro e o Irrigas[®], ou a umidade do solo, como sensores do tipo capacitivo e TDR (reflectometria no domínio do tempo).

Os sensores, em regra, permanecem instalados no solo junto às plantas durante todo o ciclo da cultura, sendo as leituras realizadas geralmente pela manhã por meio da visita em cada estação de controle. Embora ainda não utilizados no Brasil em tomateiro para processamento, devido o alto custo, existem sensores que são conectados diretamente a controladores de irrigação, permitindo que o sistema de irrigação seja ligado e desligado automaticamente e supra as necessidades hídricas das plantas.

O Irrigas[®] é um sensor de tensão, desenvolvido pela Embrapa, que apresenta custo reduzido, baixa manutenção e é de fácil utilização. O sensor está disponível para as tensões de referência de 15 kPa, 25 kPa e 40 kPa. Tem como desvantagem o fato de não indicar, de forma quantitativa, a tensão atual no solo, mas apenas se a tensão encontra-se abaixo ou acima do valor de referência do sensor.

A decisão sobre quando irrigar deve ser feita com base em avaliações da tensão ou da umidade do solo entre 40-50% da profundidade radicular

efetiva, em pelo menos três locais representativos da área (estações de controle). Sensores instalados entre 100-120% da profundidade efetiva possibilitam ajustar a lâmina de água aplicada a cada irrigação.

Estabelecido o momento de irrigar, a quantidade de água a ser reposta ao solo é calculada a partir da curva de retenção de água no solo, por meio da seguinte equação:

$$LRN = (\theta_{CC} - \theta_{UI}) \times Z_r \times f_{Am} \tag{Eq. 6}$$

em que:

θ_{UI} = umidade do solo no momento da irrigação ($cm^3\ cm^{-3}$).

Para usuários que não dispõem de informações, nem mesmo de ordem prática, sobre a capacidade de retenção de água do solo, a lâmina de irrigação pode ser estimada a partir dos dados apresentados na Tabela 3, utilizando-se a seguinte equação:

$$LRN = AD_f \times Z_r \times f_{Am} \tag{Eq. 7}$$

em que:

AD_f = quantidade de água facilmente disponível no solo ($mm\ cm^{-1}$).

Tabela 3. Quantidade de água facilmente disponível no solo ($mm\ cm^{-1}$), conforme a tensão de água no solo no momento da irrigação.

Tensão (kPa)	Textura do solo ¹		
	Grossa	Média	Fina
10	0,15	0,22	0,25
15	0,20	0,32	0,45
20	0,23	0,42	0,60
25	0,25	0,48	0,70
30	0,28	0,54	0,80
40	0,33	0,66	0,90
50	0,35	0,72	1,00

¹ Textura grossa incluem solos de classe textural: areia, areia franca e franco arenoso; textura média: franco, franco siltoso, franco argilo-arenoso e silte; e textura fina: franco argilo-siltoso, franco argiloso, argila arenosa, argila siltosa, argila e muito argiloso.
Obs.: solos de cerrado de textura fina devem ser considerados, para efeito de retenção de água, como de textura média.
Fonte: adaptado de Marouelli (2008).

Método combinado da tensão e evapotranspiração

Os dois métodos anteriores (balanço e tensão de água no solo) podem ser utilizados de forma combinada, com resultados positivos. O momento de irrigar é determinado a partir da medição da tensão de água no solo (sensor) e a quantidade de água é calculada com base na ETc (equação 4).

Método do calendário de irrigação

O calendário de irrigação consiste no pré-estabelecimento de turnos de regas e de lâminas de irrigação para cada estágio da cultura. Por utilizar valores históricos de ETc é menos preciso que os anteriores, devendo ser utilizado somente quando não existe outra alternativa a ser empregada. A menor precisão decorre das condições meteorológicas serem dinâmicas e afetarem a ETc ao longo do tempo. Pode-se ter uma melhor precisão em regiões áridas e semiáridas ou durante estações secas.

O turno de rega a ser prefixado para cada estágio da cultura é determinado pela equação 5. Como a ETc utilizada refere-se, frequentemente, à ETc média histórica, seu valor pode ser superado, em tese, em um a cada dois anos. Assim, por segurança, é mais acertado prefixar um valor de turno de rega em torno de 25% menor que o calculado na equação 5. A lâmina de água a ser aplicada por irrigação é obtida por:

$$LRN = TR \times ETc_{hist} \tag{Eq. 8}$$

em que:

TR = turno de rega a ser adotado (dias).

No calendário de irrigação, a ETc é determinada com base em uma série histórica de ETo, utilizando-se métodos como os de Penman-Monteith, tanque Classe A, Blaney-Criddle-FAO, Hargreaves-Samani, Jensen-Haise, Priestley-Taylor e Radiação-FAO.

Visando o auxílio de produtores com menor experiência e que não adotam critérios e/ou equipamentos necessários para manejar a irrigação de forma consistente, desenvolveu-se tabelas que

permitem estimar valores de ETC (Tabelas 4 e 5) e de turno de rega (Tabelas 6 e 7).

Na Tabela 4 (aspersão e sulco) e na Tabela 5 (gotejamento), a ETC é estimada a partir de dados históricos de temperatura e umidade relativa do ar para cada estágio do tomateiro. Na Tabela 6 (aspersão e sulco) e na Tabela 7 (gotejamento), o turno de rega é computado em função da ETC, estágio da cultura, profundidade efetiva de raízes e textura do solo. A lâmina de irrigação é obtida multiplicando o turno de rega pela ETC (equação 8).

Assessoramento da irrigação

Semelhantemente ao que ocorre em outros países, existem atualmente no mercado brasileiro empresas especializadas que oferecem serviços e programas de computador para a realização do manejo em tempo real pelo método do balanço diário de água no solo.

A limitação para contratar esse serviço, por razões econômicas, é que algumas dessas empresas somente têm interesse quando a área irrigada

Tabela 4. Evapotranspiração da cultura do tomate para processamento (mm dia^{-1}) irrigado por aspersão e por sulco (solo sem cobertura por palhada), conforme a umidade relativa (UR_m) e temperatura (T_m) média do ar e o estágio da cultura.

UR _m (%)	Temperatura (°C)													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
	Estádio inicial¹													
40	3,3	3,7	4,2	4,7	5,1	5,7	6,2	6,8	7,3	8,0	8,6	9,3	9,9	10,7
50	2,8	3,1	3,5	3,9	4,3	4,7	5,2	5,6	6,1	6,6	7,2	7,7	8,3	8,9
60	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8	4,1	4,5	4,9	5,3	5,7	6,2	6,6	7,1
70	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6	5,0	5,3
80	1,1	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,4	2,7	2,9	3,1	3,3	3,6
90	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8
	Estádio vegetativo													
40	2,4	2,6	3,0	3,3	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,1	6,5	7,0	7,5
50	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4	5,8	6,3
60	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0
70	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8
80	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5
90	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
	Estádio de frutificação													
40	3,9	4,4	4,9	5,5	6,1	6,7	7,3	8,0	8,6	9,4	10,1	10,9	11,7	12,5
50	3,3	3,7	4,1	4,6	5,0	5,5	6,1	6,6	7,2	7,8	8,4	9,1	9,7	10,4
60	2,6	2,9	3,3	3,7	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,2	6,7	7,3	7,8	8,4
70	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4	5,8	6,3
80	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2
90	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1
	Estádio de maturação													
40	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4	5,8	6,3
50	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,9	5,2
60	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2
70	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1
80	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1
90	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0

¹ No caso de regas diárias, a ETC durante o estágio inicial deverá ser multiplicada por 1,25.
Fonte: adaptado de Marouelli et al. (2008).

Tabela 5. Evapotranspiração da cultura do tomate para processamento (mm dia^{-1}) irrigado por gotejamento (solo sem cobertura por palhada), conforme a umidade relativa (UR_m) e temperatura (T_m) média do ar e o estágio da cultura.

UR _m (%)	Temperatura (°C)													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
	Estádio inicial													
40	3,3	3,7	4,2	4,7	5,1	5,7	6,2	6,8	7,3	8,0	8,6	9,3	9,9	10,7
50	2,8	3,1	3,5	3,9	4,3	4,7	5,2	5,6	6,1	6,6	7,2	7,7	8,3	8,9
60	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8	4,1	4,5	4,9	5,3	5,7	6,2	6,6	7,1
70	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6	5,0	5,3
80	1,1	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,4	2,7	2,9	3,1	3,3	3,6
90	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8
	Estádio vegetativo													
40	2,4	2,6	3,0	3,3	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,1	6,5	7,0	7,5
50	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4	5,8	6,3
60	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0
70	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8
80	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5
90	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
	Estádio de frutificação													
40	3,9	4,4	4,9	5,5	6,1	6,7	7,3	8,0	8,6	9,4	10,1	10,9	11,7	12,5
50	3,3	3,7	4,1	4,6	5,0	5,5	6,1	6,6	7,2	7,8	8,4	9,1	9,7	10,4
60	2,6	2,9	3,3	3,7	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,2	6,7	7,3	7,8	8,4
70	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4	5,8	6,3
80	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2
90	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1
	Estádio de maturação													
40	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4	5,8	6,3
50	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,9	5,2
60	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2
70	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1
80	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1
90	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0

Fonte: adaptado de Marouelli et al. (2008).

Tabela 6. Turno de rega (dia) para a cultura de tomate para processamento irrigado por aspersão e sulco, conforme a evapotranspiração da cultura (ETc), estágio da cultura, profundidade efetiva de raízes e textura do solo.

ETc (mm dia ⁻¹)	Profundidade de raízes (cm)								
	10			30			50		
	Textura			Textura			Textura		
	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
	Estádio inicial e de frutificação								
1	2	5	8	8	16	20	12	20	20
2	1	2	4	4	8	12	6	12	20
3	1	2	2	3	5	8	4	9	12
4	1	1	2	2	4	6	3	6	10
5	2 x dia	1	1	1	3	4	2	5	8
6	2 x dia	1	1	1	2	4	2	4	6
7	2 x dia	1	1	1	2	3	2	4	5
8	--	--	--	1	2	3	1	3	5
9	--	--	--	1	1	2	1	3	4
10	--	--	--	1	1	2	1	2	4
11	--	--	--	1	1	2	1	2	3
12	--	--	--	1	1	2	1	2	3
	Estádio vegetativo e de maturação								
1	--	--	--	12	20	20	20	20	20
2	--	--	--	6	12	18	10	20	20
3	--	--	--	4	8	12	5	15	20
4	--	--	--	3	6	9	5	10	15
5	--	--	--	2	5	7	4	8	12
6	--	--	--	2	4	6	3	7	10
7	--	--	--	1	3	5	2	6	8
8	--	--	--	1	3	4	2	5	7

Fonte: adaptado de Marouelli et al. (2008).

Tabela 7. Turno de rega (dia) para a cultura de tomate para processamento irrigado por gotejamento, conforme a evapotranspiração da cultura (ETc), profundidade efetiva de raízes e textura do solo.

ETc (mm dia ⁻¹)	Profundidade de raízes (cm)								
	10			30			50		
	Textura			Textura			Textura		
	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
	Estádio inicial e de frutificação								
1	1	1	2	2	5	6	4	8	10
2	2 x dia	2 x dia	1	1	2	3	2	4	5
3	3 x dia	2 x dia	2 x dia	1	1	2	1	2	3
4	3 x dia	2 x dia	2 x dia	2 x dia	1	1	1	2	2
5	3 x dia	3 x dia	2 x dia	2 x dia	1	1	1	1	2
6	3 x dia	3 x dia	2 x dia	2 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	1
7	--	--	--	2 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	1
8	--	--	--	3 x dia	2 x dia	2 x dia	2 x dia	1	1
9	--	--	--	3 x dia	2 x dia	2 x dia	2 x dia	1	1
10	--	--	--	3 x dia	2 x dia	2 x dia	2 x dia	2 x dia	1
11	--	--	--	3 x dia	2 x dia	2 x dia	2 x dia	2 x dia	1
12	--	--	--	3 x dia	2 x dia				

Fonte: adaptado de Marouelli et al. (2008).

ultrapassa 100 hectares. Todavia, em algumas regiões, já se pode encontrar técnicos autônomos e pequenas empresas que oferecem serviços de assessoramento de irrigação em áreas menores.

Tempo de irrigação

O tempo de irrigação para que seja aplicada a lâmina de água necessária em sistemas por aspersão e gotejamento depende da capacidade e da eficiência de aplicação de água do equipamento. Para sistema por sulco, o tempo depende da capacidade de infiltração de água no solo e do comprimento do sulco.

Irrigação por aspersão

Antes de calcular o tempo de irrigação, é necessário corrigir o valor inicialmente calculado da lâmina de água real necessária (LRN), de forma a contemplar a desuniformidade na aplicação de água do sistema de irrigação e, quando necessário, a fração de lixiviação de sais. A lâmina total de água a ser aplicada por irrigação é determinada por:

$$LTN = \frac{LRN}{Ea \times (1 - LR)} \quad (\text{Eq. 9})$$

em que:

LTN = lâmina total de água a ser aplicada por irrigação (mm);

Ea = eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação (decimal);

LR = fração de lixiviação mínima requerida (decimal).

Na aspersão, a eficiência de aplicação de água pode ser determinada por:

$$Ea = CUC \times (1 - P_{e/v}) \quad (\text{Eq. 10})$$

em que:

CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen (decimal);

$P_{e/v}$ = perda combinada de água por evaporação e arrastamento pelo vento (decimal).

As perdas de água por evaporação e por arrastamento pelo vento são dependentes da velocidade do vento, da ETo e do tamanho de gotas, podendo variar entre 0,02-0,18. O menor valor é para gotas de tamanho normal, ETo menor que 4,0 mm dia⁻¹ e vento abaixo de 2 m s⁻¹, enquanto o maior pode ocorrer para gotas muito pequenas, ETo acima de 10,0 mm dia⁻¹ e vento superior a 4 m s⁻¹,

Valores típicos de eficiência de aplicação, para sistemas por aspersão com dimensionamento e manutenção minimamente aceitáveis, variam de 65-80%, para sistemas convencionais, 60-75%, para autopropelido, até 75-90%, para pivô central. Na prática, é comum encontrar sistemas operando com eficiência muito abaixo do aceitável.

Nas atuais regiões produtoras de tomate para processamento no Brasil não existem problemas de salinidade de solo ou de água, não sendo necessário, portanto, aplicar água em excesso para a lixiviação de sais (LR = 0,0). Em regiões onde existir o problema, o leitor deverá consultar uma publicação ou técnico especializado visando determinar a valor de LR a ser considerado.

Nos sistemas por aspersão convencional, o tempo de irrigação é determinado por:

$$Ti = \frac{LTN}{I_a} \quad (\text{Eq. 11})$$

em que:

Ti = tempo de irrigação (h);

I_a = intensidade de aplicação de água do sistema (mm h⁻¹).

Para pivô central e autopropelido, deve ser selecionada a velocidade de deslocamento necessária para que o sistema aplique uma lâmina igual ou ligeiramente superior a LTN.

Irrigação por gotejamento

Na irrigação por gotejamento, mesmo quando manejada de forma adequada, ocorrem perdas não controláveis de água por percolação profunda (P_{pp}), especialmente quando as irrigações são realizadas em regime de alta frequência. A lâmina total de água a ser aplicada é calculada por:

$$LTN = \frac{LRN}{Eu \times (1 - P_{pp})} \quad (\text{Eq. 12})$$

em que:

Eu = uniformidade de emissão (decimal);

P_{pp} = perdas não controláveis de água por percolação profunda (decimal).

A uniformidade de emissão é determinada por:

$$Eu = \frac{\bar{q}_{25\%}}{\bar{q}_{100\%}} \quad (\text{Eq. 13})$$

em que:

$\bar{q}_{25\%}$ = média das 25% menores vazões medidas;

$\bar{q}_{100\%}$ = média das vazões de todos os gotejadores.

As perdas de água por percolação profunda não controlável são função, dentre outros fatores, do tipo de solo e da profundidade radicular da cultura, variando de 0,00-0,10, para profundidade radicular inferior a 80 cm, a 0,00-0,05, para profundidade radicular acima de 80 cm. Os menores valores são para solos de textura muito grossa e os maiores para textura fina.

Valores típicos de uniformidade de emissão para sistemas por gotejamento variam entre 65-90%. Devido a problemas de dimensionamento inadequado, falta de manutenção e, principalmente, entupimento, é comum observar-se em campo sistemas com uniformidade abaixo de 50%.

O tempo de irrigação no gotejamento pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$Ti = \frac{LTN \times E_l \times E_e}{Q_e} \quad (\text{Eq. 14})$$

em que:

E_l = espaçamento entre linhas de emissores (m);

E_e = espaçamento entre emissores (m);

Q_e = vazão do emissor ($L \cdot h^{-1}$).

Irrigação por sulco

O tempo de irrigação deve ser igual ao tempo de avanço para a água chegar ao final do sulco mais o tempo de oportunidade necessário para aplicar a lâmina total de água (LTN). O comprimento do

sulco e a velocidade de infiltração de água são dependentes do tipo de solo, devendo ser avaliados em testes de campo. Para regiões sem problemas de salinidade, a LTN a ser aplicada no final do sulco é igual à LRN.

Irrigação na produção integrada

O modelo de produção integrada de tomate para processamento industrial (PITI) foi tema de um projeto de pesquisa realizado pela Embrapa Hortaliças entre os anos de 2005 e 2009. Teve como objetivo propor normas, validar tecnologias de produção e normas de manejo de irrigação utilizando práticas integradas, multidisciplinares e ecologicamente sustentáveis seguindo o modelo da produção integrada de frutas (PIF).

As normas da PITI foram validadas em unidades pilotos localizadas em áreas de produtores em diversos locais da região produtora de tomate para processamento do estado de Goiás.

Para o manejo de irrigação da cultura do tomate no campo é necessário estabelecer cartilhas de acompanhamento contendo informações sobre variáveis e parâmetros de irrigação conforme estabelecido nas normas aprovadas pelo comitê gestor da PITI.

As técnicas e os parâmetros de irrigação foram estabelecidos com base resultados de pesquisas realizadas pela Embrapa Hortaliças nos últimos 15 anos e apresentados na presente circular técnica. Relativo à qualidade da água, não existe trabalhos específicos para tomate para processamento, tendo sido considerado a Resolução nº 357 de 2005 do CONAMA, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água para fins e usos diversos.

As normas estabelecidas para a PITI indicam a obrigatoriedade do uso de sistemas de irrigação eficientes, que minimizem o uso da água e energia e reduza a incidência de doenças e de insetos-pragas, a realização de manutenção preventiva e que a cada dois anos a uniformidade de distribuição de água dos sistemas de irrigação seja avaliada. Como regulamentação, os sistemas devem apresentar coeficiente de uniformidade de distribuição da água acima de 80%.

Muito embora a norma não recomende um sistema de irrigação específico, tem-se que o gotejamento, comparativamente ao pivô central, minimiza a necessidade de utilização de fungicidas e reduz o uso de água e de energia, além de possibilitar incrementos de produtividade.

Pela norma é obrigatório o uso de um critério não empírico para o manejo da água de irrigação que minimize a aplicação de excesso de água, o que pode ser atingido utilizando-se um dos métodos apresentados na presente circular técnica. Outro aspecto a ser considerado está relacionado à data da última irrigação. Paralisar a irrigação na época correta pode reduzir o uso de água e energia, aumentar o teor de sólidos solúveis de frutos e minimizar problemas de frutos podres, sem comprometer o rendimento de polpa de tomate.

A norma da PITI prevê ainda a utilização de práticas de cultivo que conservem ou melhorem a drenagem natural do solo, pois o excesso de água favorece várias doenças de solo. Isso pode ser obtido minimizando o tráfego de máquinas na área e realizando rotação de culturas, práticas de cultivo mínimo e subsolagem.

Apesar da aprovação da PITI pelo comitê gestor, com participação da maioria das indústrias de processamento de Goiás, a norma ainda não foi efetivamente adotada no âmbito dos produtores integrados. A principal alegação é de que falta mão-de-obra para realizar os monitoramentos da cultura e fazer os registros no caderno de normas.

Fertigação

A fertigação, prática para o fornecimento de fertilizantes às plantas via água de irrigação, é apropriada para uso em sistemas por aspersão (pivô central) e, principalmente, por gotejamento.

Pela facilidade de aplicação, os fertilizantes podem ser fornecidos parceladamente a fim de atender as necessidades das plantas. O parcelamento permite manter a fertilidade no solo próxima ao nível ótimo durante todo o ciclo do tomateiro, possibilitando ganhos de produtividade e reduzindo as perdas de nutrientes.

Os nutrientes mais usados para fertigação são aqueles de maior mobilidade no solo, como o

nitrogênio e o potássio. A fertigação com fósforo e cálcio, via gotejamento em solos com baixos a médios teores desses nutrientes, pode melhorar o rendimento do tomateiro em algumas situações.

Dosagem de nutrientes

A dosagem total de nitrogênio a ser fornecido ao tomateiro é normalmente calculada a partir da produtividade esperada, considerando que para cada tonelada de fruto a ser produzido deve-se aplicar entre 2,0-2,2 kg de N por hectare.

As quantidades de potássio, de fósforo e de cálcio devem ser definidas com base na análise química do solo, levando-se em consideração as necessidades totais da cultura, a produtividade almejada e a manutenção da fertilidade natural do solo. Sugere-se consultar publicações específicas sobre adubação ou um técnico da extensão rural.

Parcelamentos dos nutrientes

Nem todo o fertilizante deve ser aplicado via fertigação. Para gotejamento, sugere-se fornecer de 10-20% da recomendação total de nitrogênio e de potássio em pré-plantio, de forma a se criar uma reserva no solo suficiente para o desenvolvimento inicial das plantas. Para solos de baixa fertilidade, aumentar a proporção de fertilizantes em pré-plantio (20-30%).

O fósforo, por ser um elemento de baixa mobilidade no solo e que pode precipitar e provocar o entupimento (parcial ou total) dos gotejadores, notadamente em água salobra, deve ser fornecido preferencialmente em pré-plantio. Resultados de pesquisa têm demonstrado, no entanto, que, em solos de cerrado com baixa disponibilidade de fósforo ($P < 20 \text{ mg dm}^{-1}$), a aplicação de 40-60% do fósforo em pré-plantio, na forma de superfosfato simples, e o restante em fertigação, na forma P solúvel, pode aumentar significativamente a produtividade de tomate. Caso necessário, o fósforo deve ser injetado separadamente de outros fertilizantes, podendo ser necessário acidificar a água (pH 4,0-5,0) para mantê-lo em solução.

O fornecimento de cálcio e de magnésio às plantas é normalmente feito via calagem, com a aplicação de calcário dolomítico ou calcítico, e/ou por ocasião

do transplante das mudas usando fertilizantes contendo tais elementos. A fertigação com cálcio, a partir do florescimento, tem sido uma prática usada na irrigação por gotejamento de tomate para diminuir a ocorrência de podridão apical e a necessidade de pulverizações foliares de cálcio. Sempre lembrar que cálcio não deve ser aplicado em água contendo bicarbonato ($> 400 \text{ mg L}^{-1}$) ou injetado simultaneamente com fertilizantes à base de sulfatos ou fosfatos, sob o risco de precipitar e causar entupimento de gotejadores.

Utilizando-se marchas de absorção de nutrientes e considerando-se a capacidade de armazenamento e liberação de nutrientes pelo solo e a necessidade de se ter uma reserva de segurança no solo, foi ajustado e apresentado na Tabela 8 recomendações de parcelamento das quantidades de nitrogênio, potássio, fósforo e cálcio a serem fornecidas em pré-plantio e via fertigação ao longo do ciclo do tomateiro.

Frequência da fertigação

Quanto à frequência da fertigação, podem ser feitas tantas vezes quanto às aplicações de água, muito embora isso não seja prático ou econômico. Uma ou no máximo duas aplicações semanais são suficientes. Mesmo em solos arenosos, a fertigação semanal é recomendada, a menos que em condições com alto potencial de lixiviação.

Para pivô central, deve-se aplicar em torno de um terço do nitrogênio em pré-plantio e parcelar o restante via água, a partir do 30º dia após o transplante até o início da maturação, a cada duas ou três semanas. O potássio e o cálcio, embora menos utilizados, também podem ser fornecidos via pivô central. A fertigação somente deve ser realizada em sistemas com uniformidade de aplicação acima de 80%. A aplicação de fertilizantes via água diminui a vida útil do sistema devido à corrosão.

Tabela 8. Sugestão de quantidade relativa de nitrogênio (N), potássio (K), fósforo (P) e cálcio (Ca) a ser aplicada via fertigação por aspersão e gotejamento, ao longo do ciclo fenológico do tomateiro para processamento.

Aspersão										
Nutriente	Período relativo ao ciclo da cultura (%) ¹									
	Plantio ²	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Quantidade relativa de nutriente (%) ³										
N	20	0	5	10	15	15	15	15	5	0
K	30	0	5	10	15	15	15	10	0	0
P	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca	V = 70% ⁴	0	5	15	20	20	20	15	5	0
Gotejamento										
Nutriente	Período relativo ao ciclo da cultura (%) ³									
	Plantio ²	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Quantidade relativa de nutriente (%) ³										
N	10	5	5	10	15	15	15	15	5	5
K	20	5	5	10	15	15	15	10	5	0
P ⁵	50	0	5	5	10	10	10	5	5	0
Ca	V = 70% ⁴	0	5	15	20	20	20	15	5	0

¹ % do ciclo total da cultura (Ex.: 30% equivalem ao 36o dia em um ciclo de 120 dias).

² % do total recomendado a ser aplicado de forma convencional em pré-plantio.

³ % em relação ao total a ser aplicado via fertigação.

⁴ Aplicar a quantidade necessária para que a saturação de bases atinja 70%.

⁵ Aplicar todo o P em pré-plantio caso a análise de solo indicar $P > 20 \text{ mg dm}^{-1}$.

Fonte: adaptado de Scaife & Bar-Yosef (1995), Marouelli & Silva (2002b), Hochmuth & Smajstrla (2003) e Silva et al. (2003).

Fertilizantes para fertirrigação

Os principais fertilizantes utilizados para fertirrigação são aqueles com alta solubilidade, tais como: uréia, cloreto de potássio, nitrato de cálcio, nitrato de potássio, sulfato de amônio, sulfato de potássio, cloreto de cálcio, MAP (mono-amônio fosfato) e DAP (di-amônio fosfato). Para a escolha dos fertilizantes devem ser considerados, além do custo, aspectos relacionados à concentração de nutrientes, pureza, solubilidade, potenciais de volatilização e de lixiviação, índice de acidez e presença de elementos prejudiciais às plantas, dentre outros.

Muitos dos fertilizantes sólidos para adubação convencional, especialmente os granulados, são manufacturados utilizando-se substâncias para evitar que absorvam umidade com facilidade, não devendo ser utilizados para fertirrigação. Além disso, o uso de fertilizantes não totalmente solúveis não garante que a quantidade final de nutriente aplicado seja a indicada no rótulo do fertilizante.

Existem formulações sólidas N-P-K + micronutrientes próprias para fertirrigação. A desvantagem é que além do custo mais elevado que dos fertilizantes individuais, não satisfazem, muitas vezes, às necessidades específicas da cultura. Outra opção são os fertilizantes líquidos contendo nutrientes específicos ou com diferentes concentrações de N-P-K + micronutrientes. Embora mais práticos, devido à conveniência de manuseio e dos nutrientes estarem totalmente solubilizados, apresentam custo muito mais elevado que os fertilizantes sólidos. De qualquer forma, o recomendado é que o produtor, com a devida assistência técnica, possa preparar as soluções a partir da demanda da cultura e a custos mais acessíveis.

Na adubação convencional de pré-plantio podem-se aplicar fertilizantes menos solúveis e/ou mais baratos, tais como: sulfato de amônio, cloreto de potássio comum, superfosfato e termofosfato enriquecido com micronutrientes.

Preparo e aplicação da solução

Para evitar problemas de obstrução de filtros e principalmente gotejadores, fertilizantes sólidos devem ser previamente dissolvidos em um

tanque secundário, obedecendo às limitações de compatibilidade entre os mesmos. Nesse tanque, a solução deve ser deixada em repouso por 24 horas para que resíduos não solúveis sedimentem no fundo do tanque. Somente a solução livre de resíduos deve ser transferida para o tanque de solução e injetada na tubulação de irrigação.

A avaliação da compatibilidade de fertilizantes entre si e com água a ser utilizada pode ser feita por meio de um teste simples. Deve-se misturar o(s) fertilizante(s) a ser(em) injetado(s) com a água a ser utilizada para irrigação em um recipiente, na mesma taxa de diluição a ser utilizada. Agitar a solução por alguns minutos e observar, por cerca de uma hora, a ocorrência de precipitados e a turbidez da solução. Se a solução permanecer clara e transparente, será provavelmente seguro aplicar o(s) fertilizante(s) testado(s) juntamente com a água de irrigação.

O procedimento de aplicação de fertilizantes via gotejamento envolve três fases; na primeira e na terceira, deve-se somente irrigar, e na segunda aplicação a solução contendo os nutrientes. A primeira permite equilibrar a pressão do sistema de irrigação, de modo a garantir maior uniformidade de distribuição dos fertilizantes. A segunda fase, em que o fertilizante é efetivamente aplicado, não deve ser inferior a 10 minutos, também para garantir um mínimo de uniformidade. A terceira fase deve ser suficiente para incorporar o fertilizante na zona radicular e lavar o sistema de irrigação, minimizando problemas de corrosão e entupimento, dentre outros.

No caso do pivô central, o fertilizante deve ser injetado na tubulação enquanto o sistema estiver em movimento. Para garantir maior uniformidade de distribuição e incorporação dos fertilizantes, o sistema deve aplicar uma lâmina mínima de 10 mm de água. Ao completar a área, o sistema deve permanecer funcionando apenas com água para lavar a tubulação por completo.

Os principais dispositivos para a injeção de fertilizantes na tubulação de irrigação são os do tipo “venturi”, tanque de diferencial de pressão e bombas injetoras (diafragma e pistão). Todos os dispositivos podem ser utilizados em gotejamento, sendo a bomba de pistão a melhor opção para pivô central. Em todos os casos, o fertilizante deve ser previamente solubilizado, descartando-se os resíduos sólidos.

Referências

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 328 p. (Irrigation and Drainage Papers, 56).
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2009.
- CARRIJO, O. A.; HOCHMUTH, G. Tomato response to preplant-incorporated or fertigated phosphorus on soils varying in Mehlich-1 extractable phosphorus. **HortScience**, Mount Vernon, v. 35, n. 1, p. 67-72. 2000.
- CARRIJO, O. A.; MAROUELLI, W. A.; SOUZA, R. B.; SILVA, W. L. C. Fertirrigação da cultura do tomate. In: BOARETTO, A. E.; VILAS BÔAS, R. L.; PARRA, I. R.V. (Ed.). **Fertirrigação: teoria e prática**. Piracicaba: CENEA/USP, 2006. p. 315-369. CD-ROM.
- HARTZ, T., HANSON, B. **Drip irrigation and fertigation management of processing tomato**. Davis: Vegetable Research and Information Center: University of California, 2005. 9 p.
- HOCHMUTH, G. J.; SMAJSTRLA, A. G. **Fertilizer application and management for micro (drip)-irrigated vegetables**. Gainesville: University of Florida: Cooperative Extension Service: Institute of Food and Agricultural Sciences, 2003. 33 p. (Circular 1181).
- KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkler and trickle irrigation**. New York: VanNostrand Reinhold, 1990. 652 p.
- LOPES, C. A.; MAROUELLI, W. A.; CAFÉ FILHO, A. C. Associação da irrigação com doenças de hortaliças. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 14, n. 151-179, 2006.
- LOWENGART-AYCICEGI, A.; MANOR, H.; KRIEGER, R.; GERA, G. Effects of irrigation schuling on drip-irrigated processing tomatoes. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 487, p. 513-518, 1999.
- MAROUELLI, W. A. **Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2008. 15 p. (Circular Técnica, 57).
- MAROUELLI, W. A.; CALBO, A. G. **Manejo de irrigação em hortaliças com sistema Irrigas®**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2009. 16 p. (Circular Técnica, 69).
- MAROUELLI, W. A.; LOPES, C. A.; SILVA, W. L. C. Incidência de murcha-bacteriana em tomate para processamento industrial sob irrigação por gotejamento e aspersão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 2, p. 320-323, 2005.
- MAROUELLI, W. A.; SANT'ANA, R. R.; SILVA, W. L. C.; MORETTI, C. L.; VILELA, N. J. Avaliação técnica e econômica do espaçamento de gotejadores em tomateiro para processamento cultivado em fileiras simples e duplas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 2, p. 202-206. 2003.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R. **Parâmetros para o manejo de irrigação por aspersão em tomateiro para processamento na Região do Cerrado**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2009. 28 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 49).
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R.; SILVA, W. L. C. Avaliação de diferentes manejos de água durante o estágio de maturação de tomateiro para processamento industrial irrigado por gotejamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, Brasília, v. 23, n. 2, p. 432, 2005. Suplemento.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Adequação da época de paralisação das irrigações em tomate industrial no Brasil Central. **Horticultura Brasileira**, Brasília,DF, v. 11, n. 2, p. 218-221, 1993.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Fertirrigação do tomateiro para processamento: o caso do nitrogênio. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 15., 2005, Teresina. **Anais....** Teresina: ABID, 2005. CD-ROM.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Profundidade de instalação da linha de gotejadores em tomateiro para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 206-210. 2002.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. **Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças**. 2.ed. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2011. 22 p. (Circular Técnica, 98).

- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. **Tomateiro para processamento industrial: irrigação e fertirrigação por gotejamento**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2002. 31 p. (Circular Técnica, 30).
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Water tension thresholds for processing tomatoes under drip irrigation in Central Brazil. **Irrigation Science**, New York, v. 25, p. 411-418, 2007.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; MORETTI, C. L. Production, quality and water use efficiency of processing tomato as affected by the final irrigation timing. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 225-230, 2004.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. 2.ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Hortaliças, 2008. 150 p.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. 5.ed. Brasília: Embrapa-SPI: Embrapa-CNPB, 1996. 72 p.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R.; VILELA, N. J. Eficiência econômica do manejo racional da irrigação em tomateiro para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 3, p. 238-243, 2000.
- MAROUELLI, W. A.; SOUZA, R. F.; VILELA, N. J.; ALMEIDA, V. E. S. Análise econômica de sistemas de irrigação em tomateiro para processamento, no estado de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 39., 2010, Vitória, ES. **A engenharia agrícola e o desenvolvimento das propriedades familiares: anais**. Jaboticabal: SBEA: ALIA, 2010. CD-Rom.
- PRIETO, M. H.; LÓPEZ, J.; BALLESTEROS, R. Influence of irrigation system and strategy of the agronomic and quality parameters of the processing tomatoes in Extremadura. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 487, p. 575-579, 1999.
- PULUPOL, L. U.; BEHBOUDIAN, M. H.; FISHER, K. J. Growth, yield, and postharvest attributes of glasshouse tomatoes produced under deficit irrigation. **HortScience**, Alexandria, v. 31, n. 6, p. 926-929, 1996.
- SANDERS, D. C.; HOWELL, T. A.; HILE, M. M. S.; HODGES, L.; MEEK, D.; PHENE, C. J. Yield and quality of processing tomatoes in response to irrigation rate and schedule. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 114, n. 6, p. 904-908, 1989.
- SCAIFE, A.; BAR-YOSEF, B. **Nutrient and fertilizer management in field grown vegetables**. Basel: International Potash Institute, 1995. 104 p. (IPI. Bulletin, 13).
- SILVA, H. R.; MAROUELLI, W. A.; VILLAS BÔAS, G. L.; CASTELO BRANCO, M.; SOUZA, R. B. Proposição de técnicas e parâmetros de irrigação para a produção integrada do tomateiro para processamento. In: NACHTIGALL, G. R.; SEBEN, S. S. (Ed.). SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS, 9.; SEMINÁRIO SOBRE SISTEMA AGROPECUÁRIO DE PRODUÇÃO INTEGRADA, 1., 2007, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2007. p. 212-216. (Embrapa Uva e Vinho. Documentos, 61).
- SILVA, H. R.; SILVA, W. L. C.; MAROUELLI, W. A.; CARRIJO, O. A. Estratégia de aplicação de fósforo via gotejamento em tomateiro. In: WORKSHOP TOMATE NA UNICAMP, 2003, Campinas. **Anais....** Campinas: Unicamp: Faculdade de Engenharia Agrícola, 2003. CD-Rom.
- SILVA, W. L. C.; MAROUELLI, W. A. Evaluation of irrigation scheduling techniques for processing tomatoes in Brasil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE, 1996, San Antonio. **Proceedings...** San Antonio: ASAE, 1996. p. 522-526.
- VILLAS BÔAS, G. L.; CASTELO BRANCO, M.; QUEZADO-DUVAL, A. M.; SILVA, H. R. da; LIZ, R. S. de; MADEIRA, N. R.; SOUZA, R. B. de; MORETTI, C. L.; GIORDANO, L. de B.; MELO, P. E. de; MAROUELLI, W. A.; MATTOS, L. M.; REIS, A.; LOPES, C. A.; INOUE-NAGATA, A. K. Produção integrada de tomate indústria. In: ZAMBOLIM, L.; NASSER, L. C. B.; ANDRIGUETO, J. R. TEIXEIRA, J. M. A.; KOSOSKI, A. R.; FACHINELLO, J. C. (Org.). **Produção integrada no Brasil: agropecuária sustentável alimentos seguros**. Brasília, DF: Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo, 2009. p. 867-894.

**Circular
Técnica 102**

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na
Embrapa Hortaliças
Rodovia BR-060, trecho Brasília-Anápolis, km 9
C. Postal 218, CEP 70.351.970 – Brasília-DF
Fone: (61) 3385.9105
Fax: (61) 3556.5744
E-mail: sac@cnph.embrapa.br
1ª edição
1ª impressão (2012): 1.000 exemplares

**Comitê de
Publicações**

Presidente: Warley Marcos Nascimento
Editor Técnico: Fábio Akyoshi Suinaga
Supervisor Editorial: George James
Secretária: Gislaíne Costa Neves
Membros: Agnaldo Donizete Ferreira de Carvalho,
Carlos Alberto Lopes, Ítalo Morais Rocha
Guedes, Jadir Borges Pinheiro,
José Lindorico de Mendonça,
Mariane Carvalho Vidal, Neide Botrel,
Rita de Fátima Alves Luengo

Expediente

Normalização bibliográfica: Antonia Veras
Editoração eletrônica: André L. Garcia