

Brasília, DF
Setembro, 2007

Autores

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

Henoque R. Silva
Engº Agrº, Ph.D.
Embrapa Hortaliças
Brasília, DF
henoque@cnph.embrapa.br

Embrapa
Hortaliças

Irrigação da Pimenteira

Foto: Waldir A. Marouelli



Foto: Cláudia S. C. Ribeiro



Foto: Cláudia S. C. Ribeiro

A pimenteira é cultivada em todas as regiões do país, com uma área anual de cerca de dois mil hectares. Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará e Rio Grande do Sul são os principais estados produtores. A produtividade de frutos depende do tipo de pimenta e do sistema de produção utilizado, variando de 10 a 30 t ha⁻¹.

Além de consumidas frescas, as pimentas doces e picantes podem ser processadas e utilizadas em diversas linhas de produtos na indústria de alimentos. A produção é realizada, principalmente, por agricultores familiares, havendo uma forte integração do pequeno agricultor com a agroindústria.

Em regiões com chuvas regulares e abundantes, a produção de pimentas pode ser realizada sem o uso da irrigação. Todavia, em locais com precipitação escassa ou mal distribuída, como nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, a irrigação é fundamental para a produção comercial.

A deficiência de água reconhecidamente reduz a produtividade e a qualidade de frutos. No entanto, plantas submetidas a condições de déficit hídrico moderado produzem frutos mais pungentes, com maior teor de sólidos solúveis e de matéria seca. O excesso de água no solo também pode comprometer a produção. Irrigações em excesso, especialmente em solos com problema de drenagem, prejudicam a aeração e favorecem o desenvolvimento de várias doenças de solo, como as causadas por *Pythium* spp., *Phytophthora* spp. e *Rhizoctonia solani*. Além do suprimento de água no momento oportuno e na quantidade correta, a forma de aplicação é determinante para o sucesso da cultura. De maneira geral, os sistemas por aspersão favorecem doenças da parte aérea, enquanto os sistemas superficiais favorecem doenças de solo.

Dentre os problemas freqüentemente observados em campos de produção de pimentas, relacionados à irrigação inadequada, estão: baixa eficiência no uso de água, de energia e de nutrientes, maior incidência de doenças fúngicas e bacterianas, baixa produtividade e baixa qualidade de frutos (pungência, coloração, etc.).

A atual circular é destinada a técnicos e produtores rurais ligados à produção de pimentas. Tem por objetivo apresentar informações básicas sobre irrigação, assim como aspectos relevantes do manejo de água para os principais sistemas de irrigação utilizados na cultura.

Sistemas de Irrigação

Muito embora possa ser irrigada por praticamente todos os sistemas de irrigação, a pimenteira no Brasil é irrigada principalmente pelos sistemas por aspersão, seguidos pelo sistema por sulco e, em muito menor escala, pelo gotejamento.

A escolha do sistema deve ter como base a análise de fatores como: custo inicial e de manutenção do sistema, tipo de solo, topografia, condições climáticas, rendimento da cultura, quantidade e qualidade de água disponível, uso de mão-de-obra, de água e de energia, incidência de pragas e de doenças. Na Tabela¹

são apresentadas algumas características operacionais dos principais sistemas de irrigação.

Sistemas por Aspersão

Dentre os sistemas por aspersão, os mais utilizados na cultura de pimenta são os convencionais¹, geralmente classificados em portátil, semiportátil e fixo. No sistema portátil, os componentes como motobomba, tubulações e aspersores são deslocados manualmente ao longo da área irrigada. O custo de aquisição do sistema é relativamente baixo, mas requer uso intensivo de mão-de-obra para as mudanças dos componentes. No sistema fixo não existe mudança de nenhum dos componentes, o que reduz o uso de mão-de-obra, mas aumenta o custo inicial (Tabela 1). No semiportátil, os aspersores e/ou linhas laterais são deslocados manualmente, enquanto parte ou todos os demais componentes permanecem fixos.

Para a produção de pimentas em larga escala, a exemplo da páprica, tem sido utilizado o sistema de pivô central. Este sistema apresenta como vantagens o menor gasto de mão-de-obra, a maior uniformidade de distribuição de água e o menor uso de energia, relativo aos demais sistemas por aspersão (Tabela 1).

A principal vantagem da aspersão em relação aos sistemas por superfície é a possibilidade de ser utilizada nos mais diversos tipos de

Tabela 1. Eficiência de irrigação, custo inicial, uso de energia e mão-de-obra para diferentes sistemas de irrigação.

Sistema	Eficiência* (%)	Custo (R\$ ha ⁻¹)	Energia** (kWh mm ⁻¹ ha ⁻¹)	Mão-de-obra (h ha ⁻¹ irrigação ⁻¹)
Sulco	40 - 70	1.000 - 3.000	0,3 - 3,0	1,0 - 4,0
Convencional portátil	60 - 75	2.000 - 3.500	3,0 - 6,0	1,5 - 3,0
Convencional semiportátil	60 - 75	2.500 - 5.000	3,0 - 6,0	0,7 - 2,5
Convencional fixo	70 - 85	6.000 - 12.000	3,0 - 6,0	0,2 - 0,5
Autopropelido	60 - 70	3.500 - 5.500	6,0 - 9,0	0,5 - 1,0
Pivô central	75 - 90	4.000 - 7.500	2,0 - 6,0	0,1 - 0,7
Gotejamento	75 - 95	8.000 - 14.000	1,0 - 4,0	0,1 - 0,3

* Em sistemas mal dimensionados ou com manutenção inadequada, a eficiência será, consideravelmente, menor.

** Altura de recalque entre 5 e 50 m. Dividir por 3,2 para estimar gastos com diesel (L mm⁻¹ ha⁻¹).

Fonte: Adaptado de Marouelli e Silva (1998).

¹ A designação convencional está ligada ao aspecto histórico da introdução deste sistema de irrigação.

solo e topografia, além de ter menor custo que o sistema por gotejamento. Por outro lado, favorece maior incidência de doenças da parte aérea, pois além de lavar os agrotóxicos aplicados, proporciona condições de alta umidade no dossel, sobretudo quando as regas são realizadas em regime de alta frequência.

Sistemas por Superfície

Dentre os sistemas superficiais, o sistema por sulco é o mais indicado para a cultura, sendo utilizado principalmente por pequenos produtores. Uma das principais vantagens é o custo inicial baixo, muito menor que os sistemas por aspersão e por gotejamento ([Tabela 1](#)). Outra vantagem é a de molhar somente a superfície do solo, o que reduz problemas de doenças da parte aérea. Como desvantagem, estes sistemas não são recomendados para solos com alta taxa de infiltração, como os arenosos, terrenos de topografia declivosa ou com ondulação acentuada. Mesmo para terrenos relativamente planos se faz necessário, em geral, algum tipo de nivelamento para melhoria da distribuição de água no solo. Outros sistemas superficiais, como a irrigação por faixas e por inundação, mesmo que temporária, não devem ser utilizados, pois a cultura não tolera solos encharcados.

Por não molhar a parte aérea das plantas, o sistema por sulco, a exemplo do gotejamento, pode favorecer a proliferação de ácaros e insetos, a exemplo de pulgões, os quais são agentes transmissores de viroses, além de doenças como o oídio. A irrigação por sulco pode favorecer ainda a disseminação de patógenos ao longo dos sulcos, caso a água de irrigação esteja contaminada. Assim, o conhecimento da origem e da qualidade da água são condições básicas para minimizar tais riscos.

Sistema por Gotejamento

Mais recentemente, alguns produtores de pimenta malagueta no estado do Ceará têm optado pelo uso do gotejamento. A grande

vantagem do sistema consiste na aplicação da água de forma localizada, na zona radicular, sem que esta atinja as folhas e frutos, reduzindo expressivamente a ocorrência de doenças da parte aérea.

A fertirrigação e a conservação de água (20-40%) e de energia fazem do gotejamento um sistema atrativo para a cultura de pimenta. Fertilizantes, a exemplo dos nitrogenados e potássicos, podem ser aplicados de forma parcelada via água de irrigação, aumentando a eficiência no uso de nutrientes pelas plantas e a produtividade de frutos.

As principais desvantagens do gotejamento são o alto custo e o risco de entupimento. O custo está diretamente relacionado ao espaçamento entre linhas de plantio, que determina maior ou menor gasto com as linhas de gotejamento. Assim, o sistema é mais recomendado para as pimentas cultivadas com espaçamento entre linhas acima de 100 cm, como a malagueta, e para aquelas com alto retorno econômico.

A presença de partículas sólidas e orgânicas, de carbonatos, de ferro e de bactérias na água, assim como a formação de precipitados insolúveis dentro da tubulação durante a fertirrigação, são as principais causas de entupimento de gotejadores. Estes problemas podem ser contornados utilizando-se sistemas de filtragens e realizando-se o tratamento químico da água.

Manutenção e Cuidados

O dimensionamento hidráulico do sistema de irrigação inclui, entre outros parâmetros, 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 e da vazão máxima não-erosiva. Sistemas mal dimensionados distribuem água de maneira pouco uniforme, o que compromete o desenvolvimento das plantas e aumentam os gastos de água e

energia, além de acarretar problemas de erosão, perdas de nutrientes por percolação e escoamento superficial. Procedimentos para os dimensionamentos agrônomo e hidráulico do sistema incluem determinações e cálculos que fogem do objetivo desta circular técnica.

Muitas vezes, o sistema de irrigação, inicialmente dimensionado e instalado de forma adequada, sofre modificações ou é transferido de área, sem a devida orientação técnica, afetando seu desempenho.

Além de aumentar a vida útil do equipamento, a manutenção preventiva e adequada visa manter o sistema operando com eficiência durante todo o ciclo da cultura. Bombas, motores e demais partes móveis devem ser mantidas conforme recomendação do fabricante. Aspersores devem ser mantidos em posição vertical e inspecionados periodicamente, borrachas de vedação, registros, válvulas de derivação e outros acessórios devem ser substituídos quando apresentarem qualquer sinal de vazamentos. Problemas de vazamentos, além de provocar desperdício de água e 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 para com o sistema de irrigação estão relacionados, sobretudo, à pressão de serviço do sistema. Pressão abaixo da recomendada reduz a uniformidade de distribuição de água e, no caso da aspersão, provoca a formação de gotas muito grandes, o que pode ocasionar compactação do solo e a derrubada de flores e frutos pequenos. Por outro lado, pressão muito alta compromete a tubulação, acarreta maior consumo de energia e provoca a formação de gotas muito pequenas, favorecendo maior evaporação e deriva de água pelo vento.

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 este aberto lentamente até que a pressão de operação, indicada no manômetro instalado após o mesmo, seja igual aquela prevista em projeto. No final da irrigação, deve-se proceder de forma inversa, ou seja, primeiro fechar o registro para depois desligar a bomba, a fim de evitar problemas de pulsos bruscos de pressão na tubulação principal (golpe de aríete) e no conjunto motobomba. Bombas centrífugas requerem a eliminação do ar do corpo interno e da tubulação de sucção (escorva) para que ocorra o funcionamento normal e a lubrificação do eixo pela própria água.

Necessidade de Água da Cultura

A necessidade total de água da pimenteira é variável, pois além das condições climáticas, depende do tipo de pimenteira e da duração do ciclo de desenvolvimento. Em termos gerais, varia de 500 a 800 mm, podendo ultrapassar os 1.000 mm para cultivares de ciclo longo. A necessidade diária de água, também chamada de evapotranspiração da cultura, engloba a quantidade de água transpirada pelas plantas mais a água evaporada do solo, varia de 3 a 10 mm dia⁻¹ no pico de demanda da cultura.

Similarmente a outras solanáceas, o ciclo fenológico da pimenteira não segue o modelo clássico das hortaliças, em que é dividido em quatro estádios distintos com relação às necessidades hídricas (inicial; vegetativo; frutificação; e maturação), pois nesta espécie os estádios de frutificação e de maturação se sobrepõem. Assim, existem ao mesmo tempo plantas em pleno florescimento, com frutos em desenvolvimento e com frutos maduros. Ademais, o ciclo da pimenteira pode se estender por períodos de até cinco ou mais meses, o que vai depender principalmente da sanidade das plantas. A duração de cada estágio depende da cultivar, das condições climáticas e do sistema de cultivo. No caso do estabelecimento da cultura a partir de mudas, ter-se-ia, antes do estágio inicial, um quinto estágio, que é o de formação de mudas.

Estádio de Formação de Mudas

Estende-se da semeadura até a retirada das mudas para o transplante, o que ocorre quando estas apresentarem de 4 a 6 folhas, com cerca de 10 cm de altura.

A produção de mudas pode ser realizada em sementeira, diretamente em canteiros, em copinhos de papel ou em bandejas. Em qualquer dos casos, irrigações leves e freqüentes são decisivas para a obtenção de mudas de alta qualidade e vigor, prevenindo a falta e evitando o excesso de água. A água de irrigação deve ser de boa qualidade, pois quando proveniente de fontes contaminadas pode transmitir doenças às mudas em formação.

A sementeira deve ser em terreno com excelente drenagem natural, de preferência em solo de textura média, que não forme torrões, com boa fertilidade e bom teor de matéria orgânica. Para melhorar a drenagem do solo, os canteiros devem ter cerca de 25 cm de altura, podendo ser mais altos durante a produção de mudas no verão, quando ocorrem chuvas abundantes.

Antes da semeadura, o canteiro deve ser irrigado até o solo atingir umidade entre

80% e 100% da água disponível no solo na profundidade até 30 cm. Da semeadura até 5 a 10 dias após a emergência, as regas devem ser leves e freqüentes; em geral, duas vezes por dia, uma pela manhã e outra à tarde. Sob condições de clima ameno e solo com alta capacidade de retenção de água, uma irrigação por dia pode ser suficiente. Com o crescimento das mudas, deve-se irrigar a cada um ou dois dias, sempre no período da tarde, evitando-se excesso ou falta de água. A partir da [Tabela 2](#) pode-se estabelecer a freqüência de irrigação conforme a textura do solo e a evapotranspiração de referência (ET_o²). Para minimizar o impacto de gotas de chuva e/ou provocada pela irrigação por aspersão, sugere-se recobrir as sementeiras com uma fina camada de palha.

No caso de sementeiras a campo, as mudas devem ser retiradas, preferencialmente, com o torrão para se evitar danos às raízes e possibilitar melhor pegamento. Para tal, o canteiro deve ser irrigado na véspera para facilitar o arranquio.

A produção de mudas em bandejas deve ser realizada em ambiente protegido. As bandejas, geralmente de isopor com 128 células ou

Tabela 2. Turno de rega (dias) durante os estádios de formação de mudas em sementeira e inicial da cultura de pimenta e número de dias para se paralisar as irrigações antes da colheita, conforme a textura do solo e a evapotranspiração de referência (ET_o), para irrigação por aspersão e sulco.

ET _o < 5 mm dia ⁻¹			ET _o > 5 mm dia ⁻¹		
Textura			Textura		
Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
Formação de mudas em sementeira*					
1-2 x dia	1-2	1-2	2-3 x dia	1-2 x dia	1-2
Inicial: transplante de mudas; semeadura até emergência de plântulas					
1	2	3	2 x dia	1	2
Inicial: após a emergência de plântulas					
2	3	4	1	2	3
Paralisação das irrigações					
3	7	10	2	5	7

* Considerar o menor turno de rega no período entre a semeadura e 5-10 dias após a emergência.
Fonte: Marouelli *et al.* (2001).

² Evapotranspiração de um cultivo padrão (grama 'batatais'). Usado para estimar o consumo de água de uma cultura específica por meio de coeficientes tabelados (ver o item "manejo da água de irrigação").

mais, devem ser preenchidas com substrato comercial ou com misturas preparadas na propriedade, nunca com o solo puro. As regas devem ser realizadas, de preferência, nas horas de temperaturas mais amenas. Em geral, são requeridas de uma a duas irrigações diárias. A quantidade de água por irrigação deve aquela suficiente para dar início ao escoamento na parte inferior da bandeja. Devido ao pequeno volume de substrato disponível para cada muda, o controle de irrigação é muito mais delicado que no sistema de produção de mudas em sementeira.

Estádio Inicial

O estágio inicial de estabelecimento da cultura, no caso de semeio direto no campo, vai da semeadura até as plantas atingirem 4 a 6 folhas definitivas. No caso de mudas, a duração vai do transplante até o pegamento das mudas, 5 a 10 dias depois.

A deficiência de água pode prejudicar a germinação de sementes e o pegamento de mudas e, desta forma, comprometer o estande e a produtividade de frutos. Irrigações em excesso, tanto neste quanto nos estádios subsequentes, favorecem uma maior incidência de doenças de solo.

A primeira irrigação antes do plantio ou do transplante das mudas deve ser suficiente para elevar a umidade do solo até a capacidade de campo nos primeiros 30 cm do solo. A lâmina de água a ser aplicada, dependendo da textura e da umidade inicial do solo, varia de 15 a 25 mm para solos de textura grossa até 30 a 50 mm para solos de textura fina.

A partir da semeadura direta no campo até a emergência de plântulas, as irrigações devem ser leves e frequentes procurando manter a umidade da camada superficial do solo (0 a 15 cm) próxima à capacidade de campo. Neste período, as regas devem ser a cada um a quatro dias, dependendo da textura do

solo e das condições climáticas. Já em solos arenosos e sob condições de alta temperatura e baixa umidade relativa do ar, assim como antes da emergência das plântulas, podem ser necessárias de uma a duas irrigações diárias ([Tabela 2](#)).

No caso de mudas, as irrigações devem ser realizadas a cada um a três dias até o completo estabelecimento das mesmas; em solos arenosos podem ser necessárias mais de uma irrigação por dia ([Tabela 2](#)).

Para gotejamento, as irrigações devem ser realizadas mais frequentemente que as recomendações para aspersão e sulco; como sugestão, sugere-se uma frequência em torno de 50% maior.

Estádio Vegetativo

Compreende o período entre o estabelecimento inicial das plantas e o início do florescimento. Limitação drástica no desenvolvimento vegetativo das plantas resultantes da ocorrência de déficits hídricos durante a fase de rápido crescimento vegetativo tem efeito negativo na produção da pimenteira, mesmo que o suprimento de água no estágio de frutificação seja adequado. Já a deficiência moderada de água favorece maior crescimento do sistema radicular das plantas, o que é vantajoso por aumentar a capacidade de absorção de água e nutriente pela planta.

Irrigações excessivas, principalmente por aspersão, tanto neste quanto nos estádios seguintes favorecem maior ocorrência de doenças fúngicas e bacterianas, além de aumentar a lixiviação de nutrientes, em especial de nitratos.

Estádio de Frutificação

Vai da floração plena até o início da maturação de frutos. É comum, entre os diferentes tipos de pimentas, a ocorrência de um período onde existem flores, frutos verdes e maduros, o que requer a realização de várias colheitas. Neste caso, o término do estágio de frutificação deve

ser por ocasião do início da maturação das pimentas a serem apanhadas na penúltima ou antepenúltima colheita com produção econômica.

O estágio de frutificação é o mais crítico em relação à deficiência de água, sobretudo durante a floração plena e o pegamento de frutos. A deficiência de água favorece a queda e o abortamento de flores e frutos, além de reduzir o tamanho final de fruto e favorecer a ocorrência de podridão apical.

Irrigações excessivas, em solos com drenagem deficiente, reduzem a aeração no solo e favorecem doenças, comprometendo a produtividade e a qualidade de frutos. Irrigações freqüentes por aspersão devem ser evitadas em condições onde podridão de frutos e doenças foliares são favoráveis.

Estádio de Maturação

Período entre o início da maturação³ de frutos e a última colheita. É o estágio menos sensível à deficiência de água no solo. Irrigações freqüentes, entretanto, podem prejudicar a qualidade e a produção de frutos, além de favorecer maior incidência de doenças foliares e podridão de frutos, principalmente quando realizadas por aspersão.

Maior pungência em pimentas picantes, maior teor de sólidos solúveis em pimentas para molhos, maior teor de matéria seca e melhor coloração em pimentas para páprica e maior concentração na maturação podem ser obtidos impondo níveis moderados de deficiência de água no solo, por meio da adoção de turnos de rega mais espaçados do que no estágio de frutificação e/ou da antecipação do final das irrigações. A redução da freqüência de irrigação durante o estágio de maturação possibilita ainda frutos mais vermelhos e maior uniformidade de maturação. Na [Tabela 2](#) é apresentada sugestão de época de paralisação das irrigações

em função da textura do solo e demanda evaporativa da atmosfera.

Manejo da Água de Irrigação

O fornecimento de água à cultura no momento oportuno e na quantidade adequada envolve parâmetros relacionados à planta, ao solo e ao clima. Vários são os métodos disponíveis para o controle da irrigação; todos com vantagens e desvantagens. Ainda que o murchamento das folhas no início da tarde seja um indicativo da necessidade de irrigação, existem critérios mais precisos para aconselhar quando irrigar. Métodos que permitem um controle de irrigação criterioso, como os do balanço de água no solo e da tensão matricial limite, baseiam-se no conhecimento de propriedades físico-hídricas do solo, de necessidades hídricas específicas da cultura e/ou de fatores climáticos usados na determinação da evapotranspiração. Estes métodos requerem o uso de equipamentos para o monitoramento da água no solo (tensiômetros, blocos de resistência elétrica, etc.) e/ou para estimativa da evapotranspiração (tanque classe A, termômetros, higrômetros, radiômetros etc.), além de mão-de-obra qualificada.

A seguir é apresentado o método do turno de rega simplificado, um procedimento alternativo que não requer cálculos complicados e o uso de equipamentos. O método possibilita estimar valores de turno de rega e lâmina de irrigação, para cada estágio de desenvolvimento da cultura, em função das condições climáticas históricas da região (normais de temperatura e umidade relativa média do ar), da textura do solo e da profundidade efetiva do sistema radicular das plantas.

Sistemas por Aspersão e Sulco

Passo 1: Determinar, na [Tabela 3](#), a evapotranspiração de referência (ET_o), em função de dados históricos médios mensais de

³ No caso de várias colheitas, considerar o início da maturação dos frutos a serem colhidos na penúltima ou antepenúltima colheita.

temperatura e umidade relativa do ar disponíveis na região. Os dados podem ser obtidos, muitas vezes, no Serviço de Extensão Rural disponível da região.

Passo 2: Determinar, na [Tabela 4](#), o coeficiente de cultura⁴ para cada estágio de desenvolvimento.

Passo 3: Determinar a evapotranspiração da pimenteira (ETc) para cada estágio da cultura:

$$ETc = Kc \times ETo$$

em que:

ETc = evapotranspiração da cultura, mm dia⁻¹;

Kc = coeficiente de cultura, adimensional;

ETo = evapotranspiração de referência, mm dia⁻¹.

Passo 4: Determinar, na [Tabela 4](#), a profundidade efetivada do sistema radicular da cultura (Z) para cada estágio de desenvolvimento.

Tabela 3. Evapotranspiração de referência (ETo), em mm dia⁻¹, em função da temperatura e umidade relativa média do ar.

Temperatura (oC)	Umidade relativa (%)										
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
14	5,5	5,0	4,6	4,1	3,7	3,2	2,7	2,3	1,8	1,4	0,9
16	6,1	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
18	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	3,9	3,3	2,8	2,2	1,7	1,1
20	7,3	6,7	6,1	5,5	4,9	4,3	3,6	3,0	2,4	1,8	1,2
22	8,0	7,3	6,6	6,0	5,3	4,6	4,0	3,3	2,7	2,0	1,3
24	8,6	7,9	7,2	6,5	5,8	5,0	4,3	3,6	2,9	2,2	1,4
26	9,4	8,6	7,8	7,0	6,2	5,5	4,7	3,9	3,1	2,3	1,6
28	10,1	9,3	8,4	7,6	6,7	5,9	5,1	4,2	3,4	2,5	1,7
30	10,9	10,0	9,1	8,2	7,3	6,4	5,4	4,5	3,6	2,7	1,8
32	11,7	10,7	9,7	8,8	7,8	6,8	5,8	4,9	3,9	2,9	1,9
34	12,5	11,5	10,4	9,4	8,4	7,3	6,3	5,2	4,2	3,1	2,1

Obs.: Valores de ETo nos intervalos de umidade relativa e temperatura apresentados podem ser obtidos por interpolação linear.

Fonte: Marouelli *et al.* (2001).

Tabela 4. Coeficiente de cultivo (Kc) para sistemas de irrigação por aspersão, sulco e gotejamento, e profundidade efetiva do sistema radicular (Z) nos diferentes estágios de desenvolvimento da pimenteira.

Estádio	Kc		Z (cm)
	Aspersão / sulco	Gotejamento	
Formação de mudas	1,10	--	5-10
Inicial*	0,85	0,65	5-10
Vegetativo	0,60	0,50	15-25
Frutificação	1,05	1,00	30-40
Maturação**	0,85	0,80	30-40

* No caso de semeadura direta no campo, usar, da emergência de plântulas até o final do estágio inicial, Kc = 0,35 para aspersão/sulco e 0,40 para gotejamento.

**Para a produção de pimentas onde o teor de matéria seca e/ou de sólidos solúveis é importante, como para páprica e molhos líquidos, reduzir o valor de Kc para 0,75, no caso de aspersão e sulco, e para 0,70, no caso de gotejamento.

Fonte: Adaptado de Doorenbos e Kassam (1986) e Viñals *et al.* (1996).

⁴ No caso de várias colheitas, considerar o início da maturação dos frutos a serem colhidos na penúltima ou antepenúltima colheita.

Não se deve considerar todo o perfil do solo explorado pelas raízes, mas apenas a profundidade efetiva onde se encontra cerca de 80% do sistema radicular. Para uma melhor estimativa deste parâmetro é recomendável fazer uma avaliação visual do sistema radicular no próprio local de cultivo.

Passo 5: Determinar a textura do solo.

Dentre os fatores que afetam a capacidade de armazenamento de água do solo (textura, estrutura, tipo de argila, teor de matéria orgânica etc.), a textura é o mais importante. Para fins de uso do método de manejo simplificado, a caracterização do solo é feita de acordo com a classe textural, como a seguir:

Textura fina: franco-argilo-siltoso, franco-argiloso, argila arenosa, argila siltosa, argila, muito argiloso.

Textura média: franco, franco-siltoso, franco-argilo-arenoso, silte (obs.: solos de cerrado de textura fina devem ser considerados, para efeito dos cálculos de irrigação, como de textura média).

Textura grossa: areia, areia franca, franco-arenoso.

Muitas vezes, o produtor dispõe da classe textural do solo por se tratar de um requerimento de alguns bancos para o financiamento agrícola. Caso não disponível, a análise pode ser realizada a preços acessíveis na maioria dos laboratórios de análises de solo.

Passo 6: Determinar o turno de rega (intervalo entre irrigações consecutivas) para cada estágio da cultura, em função da evapotranspiração, textura do solo e profundidade efetiva das raízes. Utilizar a [Tabela 2](#) para os estádios de formação de mudas e inicial ou a Tabela 5 para os demais estádios.

Passo 7: Determinar a lâmina de água real necessária por irrigação:

$$LRN = TR \times ETc$$

em que:

LRN = lâmina de água real necessária, mm.

Passo 8: Corrigir o valor de LRN em função da eficiência de irrigação do sistema (E_i):

$$LTN = \frac{100 \times LRN}{E_i \times (1 - LR)}$$

em que:

LTN = lâmina de água total necessária, mm;

E_i = eficiência de irrigação, % ([Tabela 1](#));

LR = fração de lixiviação requerida, decimal.

Em regiões semi-áridas, principalmente, o solo pode conter altas concentrações de sais solúveis e a água de irrigação pode ser salina e prejudicar a cultura pelo efeito dos íons presentes. Sob tais condições, deve-se aplicar uma fração adicional de água para lavar os sais solúveis e evitar que acumulem no solo:

$$LR = \frac{CEa}{15 - CEa}$$

em que:

CEa = condutividade elétrica da água de irrigação⁵, dS m⁻¹.

Quando a água não apresenta problemas de salinidade ($CEa < 0,7$ dS m⁻¹) não se faz necessário aplicar a fração de lixiviação; portanto, usar $LR = 0$.

Passo 9: Calcular o tempo de irrigação.

Para aspersão convencional, o tempo necessário para aplicar a quantidade de água necessária é determinado por:

$$T_i = \frac{60 \times LTN}{I_a}$$

em que:

T_i = tempo de irrigação, min;

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

A intensidade de aplicação de água pelo sistema de irrigação varia com o diâmetro de bocais, pressão de serviço e espaçamento entre aspersores, podendo ser obtida de catálogos técnicos dos fabricantes de aspersores ou em testes de campo.

⁵ Expressa, de forma indireta, a quantidade de sais dissolvidos na água.

No caso de pivô central, deve-se selecionar a velocidade de deslocamento, em porcentagem, que seja suficiente para que o sistema aplique uma lâmina igual ou ligeiramente superior a LTN, conforme tabela fornecida pelo fabricante do pivô ou avaliação de campo.

Para irrigação por sulco, o tempo de irrigação é igual ao tempo necessário para a água atingir

o final do sulco mais o tempo suficiente para infiltrar a lâmina de água requerida pelas plantas (LRN). O comprimento do sulco e a velocidade de infiltração são dependentes do tipo de solo, sendo recomendado a sua avaliação em testes de campo.

Sistema por Gotejamento

Por irrigar um menor volume de solo, ser um

Tabela 5. Turno de rega (dia) para a cultura de pimenta irrigada por aspersão ou sulco, em função da evapotranspiração da cultura (ETc), profundidade de raízes, textura do solo e estágio de desenvolvimento das plantas.

ETc (mm dia ⁻¹)	Profundidade efetiva de raízes (cm)											
	10			20			30			40		
	Textura			Textura			Textura			Textura		
	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
Estádios vegetativo e de maturação												
1	3	7	10	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2	2	3	5	3	7	10	5	11	15	7	14	20
3	1	2	3	2	5	7	4	7	10	5	10	13
4	1	2	3	2	4	5	3	5	8	4	7	10
5	1	1	2	1	3	4	2	4	6	3	6	8
6	2 x dia	1	2	1	2	3	2	4	5	2	5	7
7	2 x dia	1	1	1	2	3	2	3	4	2	4	6
8	--	--	--	1	2	3	1	3	4	2	4	5
9	--	--	--	1	2	2	1	2	3	2	3	4
10	--	--	--	1	1	2	1	2	3	1	3	4
11	--	--	--	2 x dia	1	2	1	2	3	1	3	3
Estádio de frutificação												
2	--	--	--	3	5	8	4	8	12	5	11	16
3	--	--	--	2	4	5	3	5	8	4	7	11
4	--	--	--	1	3	4	2	4	6	3	5	8
5	--	--	--	1	2	3	2	3	5	2	4	6
6	--	--	--	1	2	3	1	3	4	2	4	5
7	--	--	--	1	2	2	1	2	3	2	3	5
8	--	--	--	1	1	2	1	2	3	1	3	4
9	--	--	--	2 x dia	1	2	1	2	3	1	2	4
10	--	--	--	2 x dia	1	2	1	2	2	1	2	3
11	--	--	--	2 x dia	1	1	1	1	2	1	2	3
12	--	--	--	2 x dia	1	1	1	1	2	1	2	3
13	--	--	--	2 x dia	1	1	2 x dia	1	2	1	2	2
14	--	--	--	2 x dia	1	1	2 x dia	1	2	1	2	2

Obs.: 2 x dia = 2 irrigações por dia.

Fonte: Elaborado segundo Marouelli *et al.* (2001).

sistema fixo e minimizar a incidência de doenças da parte aérea, as irrigações por gotejamento são realizadas, geralmente, em regime de alta frequência.

Passos 1 a 5: Proceder conforme recomendado para aspersão e sulco.

Passo 6: Determinar, na [Tabela 6](#), o turno de rega para cada estágio da cultura.

Passos 7 e 8: Proceder conforme recomendado para aspersão e sulco.

Passo 9: Determinar o tempo necessário para cada irrigação.

$$Ti = 6.000 \times \frac{TR \times ETc \times SI \times Sg}{Vg \times Ei \times (1 - LR)}$$

em que:

SI = espaçamento entre laterais, m;

Sg = espaçamento entre gotejadores, m;

Vg = vazão do gotejador, L h⁻¹;

Ei = eficiência de irrigação, %.

A eficiência de irrigação depende, principalmente, das características do sistema, do tipo de solo e do manejo de água, devendo

ser avaliada diretamente no campo. Em termos gerais, para solos arenosos usar Ei entre 80% e 85% e para solos argilosos entre 90% e 95%. Para sistemas com problemas de dimensionamento e/ou de entupimento, Ei pode atingir valores inferiores a 60%, o que vai comprometer o rendimento da cultura.

Para irrigação por gotejamento da cultura de pimenta, LR pode ser estimado por:

$$LR = 0.8 \times CEa$$

Exemplo de Caso

Para melhor compreensão do método simplificado, apresenta-se um exemplo para a seguinte condição:

- Região: Catalão, GO
- Cultivar: Jalapeño
- Estádio de desenvolvimento: frutificação
- Solo: classe textural franco-argiloso (cerrado)
- Água: condutividade elétrica de 0,1 dS m⁻¹
- Mês do ano: maio
- Dados históricos médios: temperatura de 20,6 °C e umidade relativa de 68%.

Tabela 6. Turno de rega (dia) para a cultura de pimenta irrigada por gotejamento, evapotranspiração da cultura (ETc), profundidade de raízes e textura do solo.

ETc (mm/ dia)	Profundidade efetiva de raízes (cm)											
	10			20			30			40		
	Textura			Textura			Textura			Textura		
	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
1	1	2	2	2	3	5	--	--	--	--	--	--
2	2 x dia	1	1	1	2	2	1	2	4	2	3	5
3	3 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	1	1	2	2	1	2	3
4	3 x dia	2 x dia	2 x dia	2 x dia	1	1	1	1	2	1	2	2
5	4 x dia	2 x dia	2 x dia	2 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	1	1	1	2
6	5 x dia	3 x dia	2 x dia	3 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	1	1	1	2
7	--	--	--	3 x dia	2 x dia	2 x dia	2 x dia	1	1	2 x dia	1	1
8	--	--	--	3 x dia	2 x dia	2 x dia	3 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	1
9	--	--	--	4 x dia	2 x dia	2 x dia	3 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	1
10	--	--	--	4 x dia	3 x dia	2 x dia	3 x dia	2 x dia	2 x dia	2 x dia	1	1
11	--	--	--	5 x dia	3 x dia	2 x dia	3 x dia	2 x dia	2 x dia	2 x dia	1	1
12	--	--	--	5 x dia	3 x dia	2 x dia	3 x dia	2 x dia	2 x dia	3 x dia	2 x dia	1

Obs.: 2 x dia = 2 irrigações por dia.

Fonte: Elaborado segundo Marouelli *et al.* (2001).

- Sistema de irrigação: aspersão convencional
- Intensidade de aplicação de água do sistema (I_a): 15,0 mm h⁻¹

A solução do exemplo é desenvolvida seguindo os passos apresentados anteriormente para aspersão.

Passo 1: Pela [Tabela 3](#), para $T_m = 20,6$ °C e $UR_m = 68\%$, obtém-se por interpolação que $ET_o = 4,1$ mm dia⁻¹.

Passo 2: Pela [Tabela 4](#), para irrigação por aspersão e estágio de frutificação, tem-se: $K_c = 1,05$.

Passo 3: Para $K_c = 1,05$ e $ET_o = 5,0$ mm dia⁻¹, obtém-se:

$$ET_c = 1,05 \times 4,1 \text{ mm dia}^{-1} = 4,3 \text{ mm dia}^{-1}$$

Passo 4: Avaliações de campo, realizadas em um cultivo de pimenta em área próxima no ano anterior, indicaram: $Z = 30$ cm.

Passo 5: Conforme indicado no procedimento apresentado, solo franco-argiloso de cerrado deve ser considerado como de textura média.

Passo 6: Pela [Tabela 5](#), para solo de textura média e $Z = 30$ cm, o turno de rega, durante o estágio de desenvolvimento em questão, será $TR = 3$ dias.

Passo 7: Para $TR = 3$ dias e $ET_c = 4,3$ mm dia⁻¹, obtém-se:

$$LRN = 3 \text{ dias} \times 4,3 \text{ mm dia}^{-1} = 12,9 \text{ mm}$$

Passo 8: Para $LRN = 12,9$ mm, uma eficiência de irrigação estimada de $E_i = 70\%$ e $LR = 0$, haja vista CE_a ser menor que 0,7 dS m⁻¹, obtém-se que:

$$LTN = \frac{100 \times 12,9 \text{ mm}}{70\% \times (1-0,0)} = 18,4 \text{ mm}$$

Passo 9: Para $LTN = 18,4$ mm e $I_a = 15,0$ mm h⁻¹, obtém-se o seguinte tempo de irrigação:

$$T_i = \frac{60 \times 18,4 \text{ m}}{15,0 \text{ mm h}^{-1}}$$

Outros Métodos para o Manejo de Irrigação

Para a produção de pimentas em grande escala é aconselhável adotar um método com melhor precisão do que o apresentado anteriormente, como aqueles baseados na avaliação da umidade do solo e/ou da evapotranspiração da cultura em tempo real. Maiores informações sobre a utilização de tais métodos são apresentadas, em detalhe, no livro “Manejo da Irrigação em Hortaliças”, publicado pela Embrapa Hortaliças.

A precisão do método do turno de rega simplificado pode ser sensivelmente melhorada calculando-se a evapotranspiração da cultura em tempo real. Assim, o valor de ET_c a ser considerado deve ser igual à média da evapotranspiração ocorrida no período entre duas irrigações consecutivas. Uma forma simples para o cálculo da evapotranspiração é o uso do tanque classe A, que pode ser instalado nas imediações ou dentro da área cultivada. Como qualquer outro método para a estimativa da ET_c , o tanque classe A também apresenta algumas restrições e requer cuidados especiais.

O manejo de irrigação pode também ser realizado por sensores que medem a tensão matricial, ou seja, a “força” com que a água é retida pela matriz do solo. Desta forma, pode-se determinar o momento exato de se irrigar e a quantidade de água a ser aplicada por irrigação. Para pimenteira irrigada por aspersão ou sulco, a tensão recomendada varia entre 25 e 30 kPa, durante o estágio de frutificação, e entre 50 e 60 kPa durante os estádios vegetativo e de maturação. Para irrigação por gotejamento, a tensão matricial deve ser mantida entre 10 e 15 kPa, sendo o menor valor para solos de textura arenosa. O sensor mais utilizado para medição da tensão é o tensiômetro.

Recentemente foi desenvolvido, pela Embrapa Hortaliças, um sensor de tensão denominado

Irrigas, que apresenta custo reduzido, baixa manutenção e é de fácil utilização. O sensor não fornece leituras contínuas de tensão, mas indica se a tensão está abaixo ou acima de seu valor de referência. Atualmente, o sensor esta disponível para as tensões de referência de 10, 25 e 45 kPa. Sensores com diferentes valores de referência podem ser instalados lado a lado para melhor monitorar a tensão matricial. Maiores informações sobre o Irrigas® podem ser obtidas na página da Embrapa Hortaliças (www.cnpq.embrapa.br).

Fertirrigação

Fertirrigação é o processo de aplicação de fertilizantes via água de irrigação. O processo é próprio para uso em sistemas por aspersão e, principalmente, por gotejamento. Pela facilidade de aplicação, os fertilizantes podem ser injetados na tubulação de forma parcelada para atender as necessidades das plantas. O parcelamento permite manter a fertilidade no solo próxima ao nível ótimo durante todo o desenvolvimento da cultura, possibilitando incrementos de produtividade e minimizando a lixiviação de nutrientes.

Os principais dispositivos de injeção de fertilizantes são os do tipo “venturi”, tanque de diferencial de pressão e bombas injetoras (diafragma e pistão). Todos os dispositivos podem ser utilizados em sistemas por gotejamento, sendo a bomba de pistão a melhor opção para pivô central, por exemplo. O venturi

é o mais utilizado em sistemas por gotejamento, devido principalmente ao seu baixo custo.

Os nutrientes mais comumente aplicados por meio da fertirrigação são aqueles de maior mobilidade no solo, como nitrogênio e potássio. A ocorrência de podridão apical e a necessidade de pulverizações foliares com cálcio podem ser eliminadas aplicando-se parte do cálcio via fertirrigação durante o florescimento e a frutificação. Os demais nutrientes, a exemplo do fósforo, devem ser aplicados preferencialmente como adubação básica no sulco de plantio.

Para gotejamento sugere-se aplicar de 10% a 20% da recomendação total de nitrogênio e de potássio em pré-plantio, de forma a se ter uma reserva no solo suficiente para o desenvolvimento inicial das plantas. O restante é fornecido via fertirrigação à medida que as plantas se desenvolvem ([Tabela 7](#)). Para solos arenosos, as fertirrigações devem ser realizadas a cada um a três dias; para solos argilosos pode-se adotar frequência semanal.

Para pivô central, deve-se aplicar um terço do nitrogênio em pré-plantio e parcelar o restante via água de irrigação, a partir de 30 dias após o plantio, a cada duas ou três semanas, até o início da maturação. O potássio e o cálcio, embora menos utilizados, também podem ser aplicados via água. A fertirrigação via aspersão convencional é viável desde que a uniformidade de distribuição de água do sistema seja superior a 65%.

Tabela 7. Dosagens relativas (%) de nitrogênio, potássio e cálcio para fornecimento via fertirrigação ao longo do ciclo da pimenteira, em relação ao total recomendado.

Textura	Ciclo relativo da cultura (%)									
	Plantio	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
Nitrogênio e potássio										
Grossa	10	5	5	5	10	15	15	20	10	5
Fina	20	5	5	5	10	15	15	20	5	0
Cálcio										
Todas	50	0	0	5	10	10	15	10	0	0

Fonte: Adaptado de Viñals *et al.* (1996).

Os principais fertilizantes utilizados para fertirrigação são: uréia, cloreto de potássio, nitrato de cálcio, nitrato de potássio, sulfato de amônio, sulfato de potássio e cloreto de cálcio. O cálcio não deve ser aplicado em água contendo bicarbonato (acima de 400 mg L⁻¹) ou ser injetado simultaneamente com fertilizantes à base de sulfatos ou fosfatos, sob o risco de precipitar e causar o entupimento de gotejadores. Vários outros cuidados devem ser tomados para evitar problemas de entupimento.

Referências Bibliográficas

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. Rome: FAO, 1986. 193 p.

(Irrigation and Drainage Paper, 33).

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. **Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças**. Brasília, DF: EMBRAPA-CNPq, 1998. 15 p. (Circular Técnica da Embrapa Hortaliças, 11).

MARQUELLI, 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**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Embrapa Hortaliças, 2001. 111 p.

VIÑALS, F. N.; ORTEGA, R. G.; GARCIA, J. C. **El cultivo de pimientos, chiles y ajies**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1996. 607 p.



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



Circular Técnica, 51

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Hortaliças
Endereço: BR 060 km 9 Rod. Brasília-Anápolis
C. Postal 218, 70.539-970 Brasília-DF
Fone: (61) 3385-9110
Fax: (61) 3385-9042
E-mail: sac@cnph.embrapa.br

1ª edição
1ª impressão (2007): 500 exemplares

Comitê de Publicações

Presidente: Gilmar P. Henz
Secretária-Executiva: Fabiana S. Spada
Editor Técnico: Flávia A. Alcântara
Membros: Alice Maria Quezado Duval
Edson Guiducci Filho
Milza M. Lana

Expediente

Normalização Bibliográfica: Rosane M. Parmagnani

Editoração eletrônica: José Miguel dos Santos