

## Manejo de Irrigação em Hortaliças com Sistema Irrigas®

# Circular 69 Técnica

Brasília, DF  
Setembro, 2009

### Autores

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

**Adonai G. Calbo**  
Eng° Agr., Ph.D.  
Embrapa  
Instrumentação  
Agropecuária  
São Carlos, SP  
adonai@cnpdia.embrapa.br

Fotos: Waldir A. Marouelli



### Introdução

As hortaliças, na sua maioria, apresentam ciclo curto (60-150 dias), sistema radicular relativamente superficial (20-40 cm) e alto teor de água na constituição das partes comercializadas (80-95%). Tais características fazem com que demandem solos férteis e com alta disponibilidade de água. Assim, a irrigação é uma das práticas agrícolas mais importantes para o sucesso da olericultura, fundamentalmente em regiões com baixo índice pluviométrico ou com precipitação mal distribuída. Mesmo em regiões úmidas, a falta de água é freqüentemente limitante à obtenção de produções elevadas e de boa qualidade.

Além de a água suprir as necessidades hídricas das plantas, proporciona a solubilização e a disponibilização dos nutrientes do solo para as mesmas. Cultivos submetidos a condições de excesso ou de falta de água são, por exemplo, mais predispostos a doenças e ao ataque de insetos-pragas. Irrigações, sobretudo em excesso, favorecem diretamente a disseminação e a multiplicação de determinados patógenos, e também a iniciação do processo infeccioso de várias doenças, com destaque para as bacterioses.

Oposto ao que possam parecer, questões sobre quando irrigar e quanto de água aplicar para suprir às necessidades hídricas das plantas não são geralmente de simples respostas para a grande maioria dos técnicos e produtores ligados a área de produção de hortaliças.

Apesar de existirem inúmeras estratégias para o manejo de irrigação, a maior parte dos olericultores irriga suas lavouras de forma imprópria, geralmente com desperdício de água. O baixo índice de adoção de tecnologias de manejo de irrigação deve-se ao fato de os produtores acreditarem que são caras, complexas, trabalhosas e que não proporcionam ganhos econômicos compensadores. Contudo, considerando a redução gradual de fontes de água de boa qualidade e que irrigações realizadas de forma adequada possibilitam aumento de produtividade entre 10% e 30%, além de reduzir o uso de água, de energia e de agroquímicos e melhorar a qualidade do produto colhido, a adoção de estratégias apropriadas para o manejo de irrigação é comumente viável do ponto de vista econômico, social e ambiental.

Dentre as estratégias de manejo de irrigação existentes, a avaliação do estado da água no solo é uma das mais utilizadas. A avaliação pode ser realizada de forma visual, por meio gravimétrico (secagem/pesagem) ou utilizando-se sensores específicos. A determinação visual da água no solo é pouco precisa e requer bastante experiência. Já o método gravimétrico é trabalhoso e demorado. Sensores, disponíveis no mercado em grande diversidade, apresentam, em geral, custo elevado, exigem manutenção constante, requerem calibração e/ou têm baixa precisão.

O “sistema gasoso de controle de irrigação” foi patenteado pela Embrapa no ano 2000, com marca registrada Irrigas®. O sistema é utilizado para avaliar a tensão matricial de água no solo, isto é, mede a “força” com que a água está aderida ao solo, o que afeta diretamente a absorção de água pelas plantas.

O sensor do sistema Irrigas® é durável, apresenta custo relativamente baixo, é de fácil instalação e leitura e, praticamente, não requer manutenção. O tensiômetro, equipamento mais utilizado em todo o mundo para fins de manejo de irrigação, requer, por exemplo, manutenção freqüente e tem custo que pode chegar a dez vezes o de um sensor Irrigas®.

Da mesma forma que um tensiômetro, o sensor Irrigas® deve permanecer instalado no solo durante todo o ciclo da cultura, de forma a fornecer informações que facilitam determinar o momento apropriado de se realizar as irrigações e estimar a quantidade de água a ser aplicada por irrigação. Similarmente a outros tipos de sensores, o sistema

Irrigas® pode ser utilizado para as diferentes espécies de hortaliças, tipos de solos e sistemas de irrigação.

A presente publicação tem por objetivo apresentar recomendações sobre o uso, manutenção e cuidados que devem ser dispensados no uso do sistema Irrigas® para o manejo de irrigação das principais hortaliças, incluindo procedimentos simplificados para se determinar quando e quanto irrigar.

## Características, Princípio de Funcionamento e Modelos de Sensores Irrigas®

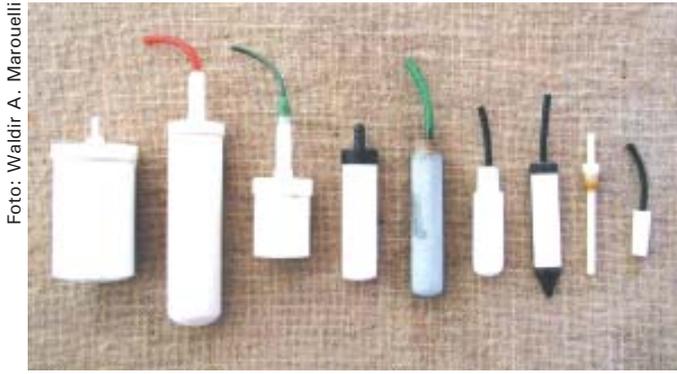
O sistema Irrigas®, na sua forma básica, consiste de uma cápsula porosa (sensor), conectada através de um tubo de plástico flexível a uma pequena cuba de leitura, e um frasco com água (Figura 1).

A cápsula porosa pode ser construída de várias formas, tamanhos e porosidades, conforme a aplicação para a qual se pretende. As cápsulas são feitas de cerâmica, podendo ainda ser construídas com diferentes tipos de resinas plásticas e outros materiais porosos (Figura 2). Para uso geral, podem ter diâmetro entre 2 cm e 6 cm e comprimento entre 3 cm e 10 cm. O tubo de plástico flexível tem diâmetro entre 5 mm e 8 mm e comprimento de 100 cm a 160 cm, podendo ser transparente ou não e de qualquer cor. A cuba de leitura deve ser de plástico rígido transparente, com 1 cm a 3 cm de diâmetro e 6 cm a 12 cm de comprimento, à semelhança do corpo de uma seringa de injeção



Foto: Waldir A. Marouelli

Fig. 1. Sistema Irrigas® comercial na sua forma básica, incluindo cápsula porosa (sensor), tubo de plástico flexível, cuba de leitura e frasco para teste de imersão.



**Fig. 2.** Sensores Irrigas® com de diferentes formatos, tamanhos, porosidades e materiais usados na construção da cápsula porosa.

sem o êmbolo. O frasco deve ser transparente, para facilitar a leitura com a cuba, e ter volume entre 200 ml e 500 ml.

O tipo de material utilizado na fabricação e a espessura de parede da cápsula devem propiciar suficiente resistência mecânica para facilitar a instalação e para maior durabilidade. A resistência mecânica da cápsula também está associada à sua porosidade; assim, cápsulas com poros de maior diâmetro, confeccionadas com um mesmo material, são mais frágeis.

Diferentemente do tensiômetro, que atua com vácuo parcial, o Irrigas® básico é um sistema aberto que funciona a partir do equilíbrio entre a água/ar presente no solo e na cápsula porosa. Para fins de manejo de irrigação, o sensor deve estar posicionado na zona radicular da cultura. Uma vez instalado, a cápsula porosa entra em equilíbrio hídrico com o solo em poucas horas.

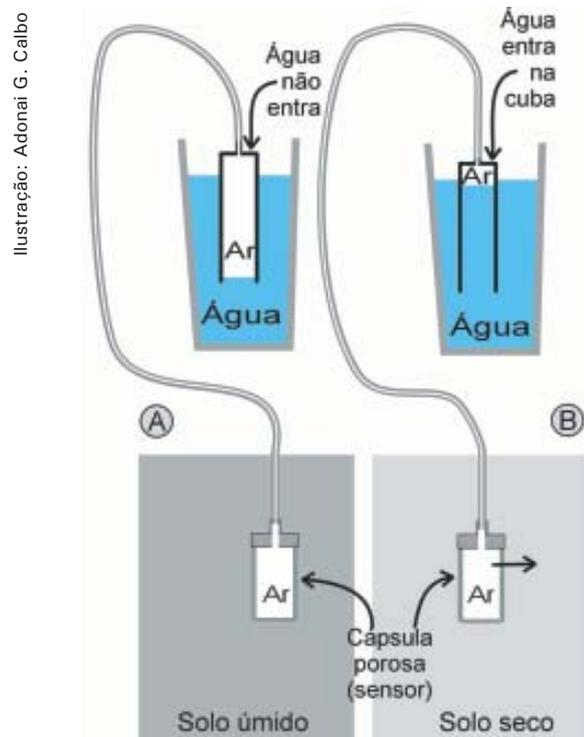
Quando o solo está úmido, a água retida preenche parcialmente os poros da cápsula de tal maneira que esta se apresenta impermeável à passagem do ar (Irrigas® “fechado”). Assim, no momento da medição da tensão de água no solo, a passagem de ar através dos poros da cápsula é bloqueada quando a cuba de leitura é imersa no frasco com água (teste de imersão), não possibilitando que a água entre na mesma (Figura 3a). Por outro lado, quando o solo está seco, devido à extração de água pelas raízes das plantas e/ou perda de água por evaporação, a maior parte da água presente nos poros da cápsula se desloca para o solo, tornando-a permeável à passagem de ar (Irrigas® “aberto”). Assim, no momento do teste de imersão, a água do frasco subirá dentro da cuba de leitura no sentido de se igualar com o nível da água no frasco (Figura 3b). Por conseguinte, a cultura

deve ser irrigada apenas quando a água entra na cuba (Irrigas® “aberto”). Após a irrigação ou chuva suficiente, a água do solo satura novamente os poros da cápsula bloqueando a passagem de ar (Irrigas® “fechado”).

O sistema Irrigas® básico, com o procedimento descrito acima, não possibilita avaliar quantitativamente o valor exato da tensão de água no solo, mas sim se a tensão está acima ou abaixo da tensão de referência da cápsula porosa.

A tensão de referência do sensor Irrigas® é definida pela pressão de borbulhamento da cápsula porosa, que está diretamente associada ao diâmetro dos poros maiores da cápsula (Figura 4). Assim, cápsulas com poros de maior diâmetro apresentam tensão de referência menor que aquelas com poros de menor diâmetro. No caso de um sensor Irrigas® de 25 kPa, os maiores poros da cápsula têm diâmetro aproximado de 11  $\mu\text{m}$  (0,011 mm).

No caso de um sensor com tensão de referência de 25 kPa, a tensão de água no solo estará acima de 25 kPa se o teste de imersão indicar sensor Irrigas® “aberto”, ao passo que se o teste indicar sensor



**Fig. 3.** Diagrama ilustrando leitura (teste de imersão) de um sistema Irrigas® sob condições de: (a) solo “úmido”, em que o sensor “fechado” não permite a entrada de água na cuba de medição; e (b) solo “seco”, em que o sensor “aberto” permite a entrada de água na cuba de leitura.

Foto: Waldir A. Marouelli



**Fig. 4.** Cápsulas porosas com diâmetro máximo de poros de 0,028 mm (cor branca) e 0,003 mm (cor cinza) para confecção de sistemas Irrigas® com tensões de referência de 10 kPa e 85 kPa, respectivamente.

Irrigas® “fechado”, a tensão estará abaixo de 25 kPa. Apesar de não fornecer leituras quantitativas de tensão, o usuário poderá verificar nos tópicos seguintes que tal aparente problema não limita o uso deste procedimento para fins de manejo de irrigação.

Sensores Irrigas® com tensões de referência de 15 kPa, 25 kPa e 40 kPa podem ser facilmente encontrados no mercado. Apesar das cápsulas porosas poderem ser de diferentes formatos e tamanhos, aquelas atualmente comercializadas são cilíndricas, com diâmetro em torno de 2,5 cm e comprimento de 9,0 cm. Adicionalmente, também existe disponível um mini sensor de 12 kPa, com cerca de 3 cm de comprimento e 1 cm de diâmetro, indicado para uso em substratos como os utilizados na produção de mudas em tubetes e bandejas.

Cápsulas de cerâmica com pressão de borbulhamento entre 120 kPa e 200 kPa, disponível para uso em tensiômetros, podem ser facilmente adaptadas para uso no sistema Irrigas®. Neste caso, devido à menor condutividade ao ar quando o solo torna-se mais seco, pode ser recomendado o uso de duas a três cápsulas interligadas em paralelo, ou mediante o uso de cuba transparente de imersão de pequeno diâmetro (4-5 mm).

A escolha da tensão de referência do sensor depende do tipo de aplicação, da hortaliza a ser cultivada e do sistema de irrigação em questão, sendo abordada em detalhes no item “Escolha de sensores Irrigas®”.

Para facilitar a visualização da subida da água no interior da cuba de leitura durante o teste de imersão, a cuba pode ser construída com uma pequena esfera flutuante em seu interior (Figura 5). Para que a esfera não saia deve existir uma espécie de tela na extremidade da cuba.

O sistema Irrigas® também pode ser utilizado sem o dispositivo básico para realizar o teste de imersão (cuba de leitura e frasco com água). Para tal, existe disponível um leitor eletrônico portátil denominado comercialmente de MPI-03 (Figura 6). O leitor, que utiliza um micro-compressor e duas pilhas do tipo AA, ascende uma luz verde para a condição de sensor “fechado” (solo “úmido”) ou uma luz vermelha para a condição de sensor “aberto” (solo “seco”). O leitor MPI-03 é compacto, não requer calibração e faz a leitura de qualquer quantidade de sensores Irrigas® instalados no solo.

O sensor Irrigas® também pode ser empregado para a automação da irrigação com sistemas de tensiometria a gás, que possibilitam a leitura

Foto: Waldir A. Marouelli



**Fig. 5.** Detalhe da esfera flutuante no interior da cuba (a), para facilitar a leitura durante o teste de imersão, e da tela para a contenção da esfera (b).

Foto: Hidrosense



Fig. 6. Dispositivo eletrônico portátil (MPI-03) para leitura de sensores Irrigas® em substituição a cuba de leitura e frasco para teste de imersão.

continua da tensão da água entre zero e a tensão de referência do sensor utilizado, diferentemente do sistema Irrigas® básico. Modelos comerciais de sistema Irrigas® de tensiometria a gás vêm sendo utilizado com sucesso principalmente em cultivo protegido e em viveiro de mudas. Por serem controladores com alguma complexidade e de custo “elevado”, não serão tratados em maiores detalhes na presente publicação. Para aqueles que desejarem maiores informações sobre características técnicas e de uso de tais controladores sugere-se consultar o livro “Sistema Irrigas para manejo de irrigação: fundamentos, aplicações e desenvolvimentos”, publicado pela Embrapa e disponível no endereço “[www.cnph.embrapa.br/paginas/erie\\_documentos/publicacoes2006/sistema\\_irrigas.pdf](http://www.cnph.embrapa.br/paginas/erie_documentos/publicacoes2006/sistema_irrigas.pdf)” e/ou realizar uma busca na Internet utilizando as palavras-chave “sensores Irrigas”.

## Construção de um Sistema Irrigas® Básico

Apesar de disponível no mercado a um preço acessível, o sistema Irrigas® básico pode ser construído de forma rápida e fácil pelo próprio produtor (Figura 7). A principal preocupação que se deve ter é quanto à porosidade da cápsula a ser utilizada, pois como mencionado anteriormente, o diâmetro dos poros maiores é que determina a tensão de referência do sensor.

A forma mais prática para se construir um sistema Irrigas® artesanal é utilizar uma vela de cerâmica porosa normalmente usada para a filtragem de água em filtros de barro tradicionais (Figura 7), que pode ser encontrada em supermercados. As velas disponíveis têm cerca de 6 cm de diâmetro e 9 cm de comprimento e, geralmente, apresentam microporosidade que possibilitam construir sensores com tensão de referência entre 20 kPa e 30 kPa, tipicamente ao redor de 25 kPa.

Um tubo flexível de baixo custo e fácil de ser achado no mercado é o tipo espaguete cristal, a base de PVC ou silicone, com diâmetro de 5 mm a 7 mm (Figura 7). O comprimento do tubo, que depende da profundidade de instalação e da posição do sensor no canteiro, pode variar entre 100 cm e 160 cm.

A cuba de leitura pode ser feita usando o corpo de uma seringa de injeção, sem o êmbolo, com capacidade de 10 ml a 20 ml (Figura 7). Vale destacar que a graduação existente no corpo da seringa não tem nenhuma função durante a leitura do sensor, devendo preferencialmente ser removida por raspagem.

A forma de fixação do tubo plástico à tampa da cápsula porosa (vela de filtro) e à base da cuba (corpo da seringa) pode ser apenas por encaixe. Caso necessário, o tubo pode ser fixado com cola de PVC, epóxi ou outro tipo de adesivo resistente à água, e/ou utilizando pedaço de tubo flexível com diferente diâmetro.

Para realizar o teste de imersão pode ser utilizado qualquer recipiente (frasco) transparente

Foto: Waldir A. Marouelli



Fig. 7. Sistema Irrigas® artesanal construído com vela de cerâmica porosa para a filtragem de água (sensor), tubo flexível tipo espaguete, corpo de seringa de injeção sem o êmbolo (cuba) e vidro de conserva com tampa (frasco).

disponível, desde que tenha abertura maior que o diâmetro da cuba de leitura. É desejável que tenha tampa para facilitar o transporte com água e, caso necessário, possa ser deixado no campo. Pode ser usado um vidro de conserva de 100 ml a 500 ml (Figura 7).

Para aqueles que desejarem construir sensores Irrigas® com outros tipos de cápsulas porosas, sugere-se consultar o livro “Sistema Irrigas para manejo de irrigação: fundamentos, aplicações e desenvolvimentos” para informações sobre como determinar a pressão de borbulhamento da cápsula porosa, ou seja, a tensão de referência do sensor.

## Solo: Reservatório de Água

O solo tem a capacidade de armazenar água em seus poros, como se fosse uma esponja, fornecendo-a às plantas na medida de sua necessidade. Como qualquer reservatório, o solo tem capacidade limitada, a qual depende das características de suas partículas e da profundidade explorada pelas raízes das plantas. Se água for aplicada em excesso, parte dela será perdida por drenagem profunda, com o conseqüente arraste de nutrientes (lixiviação) para baixo da zona explorada pelo sistema radicular da cultura.

Para se determinar o momento adequado de se irrigar, o conhecimento da “força” com que a água é retida pelo solo (tensão matricial) é geralmente mais importante do que se saber quanto de água tem o solo. Por exemplo, um solo pode ter bastante água, mas esta pode estar fortemente retida às partículas do solo, dificultando sua extração pelas raízes. Por outro lado, existem solos, como os de textura mais arenosa, que armazenam menos água, mas liberam esta água mais facilmente para as plantas.

Nem toda a água presente no solo está disponível para as plantas de maneira similar. À medida que o solo vai secando mais difícil se torna para a planta extrair água por meio de suas raízes. Por outro lado, reservatório cheio não é garantia de bom desenvolvimento das plantas. Muito embora, neste caso, a água esteja livremente disponível (tensão próximo à zero), pode saturar grande parte dos espaços porosos do solo, comprometendo a aeração e afetando negativamente o funcionamento das raízes.

Como regra geral, podemos considerar as seguintes faixas de tensão matricial de água no solo:

- 0-10 kPa – Solo próximo à saturação. Tensões nesta faixa por períodos contínuos indicam irrigações em excesso, perda de água por drenagem profunda, lixiviação de nutrientes e deficiência de aeração para as raízes.
- 10-20 kPa – Solo com excelente condição de umidade e boa aeração. Faixa de tensão indicada para a irrigação de hortaliças altamente sensíveis ao déficit de água, de solos de textura grossa (arenosos) e/ou via gotejamento.
- 20-40 kPa – Solo com boa condição de umidade e excelente aeração. Faixa de tensão indicada para a irrigação de hortaliças sensíveis ao déficit de água.
- 40-70 kPa – Solo com disponibilidade limitada de umidade e excelente aeração. Faixa de tensão indicada para a irrigação de hortaliças com tolerância moderada ao déficit de água.
- > 70 kPa – Solo com baixa disponibilidade de água e excelente aeração. Condição indicada apenas para hortaliças tolerantes ao déficit de água ou durante fases de desenvolvimento específicas.

Para se determinar a quantidade correta de água a ser aplicada a cada irrigação, visando repor a água do solo (reservatório), é desejável conhecer a umidade volumétrica do solo no momento da irrigação (reservatório no “nível mínimo de segurança”) e a umidade máxima que não prejudique a aeração (reservatório “quase cheio”). Como já mencionado, não se deve esperar que as plantas utilizem toda a água do solo (reservatório “vazio”) para irrigar, já que a produção poderá ser seriamente comprometida. Como o sistema Irrigas® não fornece leitura direta de umidade do solo, esta pode ser determinada indiretamente a partir da curva característica de retenção de água do solo, que relaciona a umidade volumétrica e a tensão matricial de água no solo. A curva, que varia para cada solo, pode ser determinada em laboratórios especializados. A utilização da curva de retenção foge do escopo da presente publicação, já que será apresentado um procedimento simplificado para a estimativa da lâmina de água a ser aplicada por irrigação. Para aqueles que desejarem maiores informações sobre o tema, recomenda-se consultar o livro “Manejo da irrigação em hortaliças”, publicado pela Embrapa.

## Escolha de Sensores Irrigas®

A aquisição de sensores Irrigas® deve ser feita de acordo com a tensão-limite de água no solo indicada para o bom desempenho da hortaliça a ser cultivada, escolhendo-se dentre os sensores com tensões de referência de 15 kPa, 25 kPa e 40 kPa atualmente comercializados.

Quanto ao uso, por exemplo, o sensor Irrigas® de 15 kPa é indicado para hortaliças bastante exigentes em água, como a alface e o alho, enquanto o de 40 kPa é recomendado para aquelas que não toleram irrigações freqüentes, como a ervilha-seca e a lentilha. Além da hortaliça, é necessário definir qual o sistema de irrigação que será utilizado. Por exemplo, na irrigação por gotejamento geralmente devem ser usados sensores de 15 kPa e 25 kPa, ao passo que na irrigação por sulco os sensores mais usualmente indicados são os de 25 kPa e 40 kPa. Sensores com diferentes tensões de referência podem também ser usados em conjunto como forma de aprimorar o manejo de irrigação.

A seleção da tensão de referência do sensor Irrigas® que será utilizado para indicar quando irrigar

depende prioritariamente da hortaliça a ser cultivada e do sistema de irrigação utilizado.

Na Tabela 1, as principais hortaliças são agrupadas em função das tensões-limites estabelecidas a partir dos sensores Irrigas® disponíveis no mercado, ou seja, 15 kPa, 25 kPa e 40 kPa, e do sistema de irrigação.

Além do sensor a ser utilizado para indicar quando irrigar é recomendado instalar, em cada ponto de amostragem do solo, um segundo sensor que possibilitará avaliar se a quantidade de água aplicada por irrigação não está em excesso. Para tal fim, recomenda-se utilizar o Irrigas® de 25 kPa, independente da tensão de referência do sensor selecionado para indicar quando irrigar.

Exemplo 1: Um produtor deseja cultivar pimentão e repolho e irrigar por gotejamento e por sulco, respectivamente. Quais sensores devem ser utilizados para indicar quando e quanto irrigar?

Solução do exemplo 1: Pela Tabela 1 tem-se que para pimentão irrigado por gotejamento deve-se utilizar sensor Irrigas® de 15 kPa, ao passo que para repolho irrigado por sulco usar sensor Irrigas® de 40 kPa. Sensores Irrigas® com tensão de

**Tabela 1.** Sugestão de tensão de referência para sensores Irrigas®, conforme a hortaliça a ser cultivada e o sistema de irrigação a ser utilizado.

Irrigas® (kPa)	Hortaliça
	Aspersão
15	Aipo, alface, alho, cebola, cenoura, folhosas em geral, morango, rabanete
25	Abóbora, abobrinha, alho-porro, batata, berinjela, brócolos, ervilha-torta, espinafre, feijão-vagem, jiló, melancia, melão, nabo, pimentão
40	Batata-doce, beterraba, couve, couve-flor, mandioquinha-salsa, milho-doce, pepino, pimenta, quiabo, repolho, tomate
40*	Ervilha-seca, grão-de-bico, lentilha
Sulco	
25	Abóbora, abobrinha, aipo, alface, alho, alho-porro, batata, berinjela, brócolos, cebola, cenoura, ervilha-torta, espinafre, feijão-vagem, folhosas em geral, jiló, melancia, melão, morango, nabo, pimentão, rabanete
40	Batata-doce, beterraba, couve, couve-flor, mandioquinha-salsa, milho-doce, pepino, pimenta, quiabo, repolho, tomate
40*	Ervilha-seca, grão-de-bico, lentilha
Gotejamento	
15	Abóbora, abobrinha, aipo, alface, alho, alho-porro, batata, berinjela, brócolos, cebola, cenoura, ervilha-torta, espinafre, feijão-vagem, folhosas em geral, jiló, melancia, melão, morango, nabo, pimentão, rabanete
25	Batata-doce, beterraba, couve, couve-flor, mandioquinha-salsa, milho-doce, pepino, pimenta, quiabo, repolho, tomate
40	Ervilha-seca, grão-de-bico, lentilha

\* Tais hortaliças, quando irrigadas por aspersão ou sulco, requerem regas apenas quando a tensão de água no solo esteja ao redor de 100 kPa. Assim, ao utilizar sensor Irrigas® de 40 kPa, somente irrigar entre 1-4 dias após o sensor indicar solo "seco" (1 dia para solo arenoso e clima quente/seco; 4 dias para solo argiloso e clima ameno).

Fonte: Adaptado de Marouelli (2008).

referência de 25 kPa devem ser usados para avaliar se a lâmina de irrigação em ambas as culturas está adequada, ou seja, falta ou excesso.

## Preparo de Sistemas Irrigas®

Como citado, o sistema Irrigas® não requer calibração e os cuidados antes de serem levados a campo para instalação são bastante simples, como descrito nas etapas a seguir:

- Realizar inspeção visual de cada sensor Irrigas®. Observar se a cápsula porosa, o tubo e a cuba não estão danificados e se as conexões do tubo flexível tanto com a cápsula quanto com a cuba de leitura encontram-se bem afixadas e/ou vedadas contra vazamentos.
- Realizar teste de vazamento para verificar se o sensor Irrigas® está em condições de uso. Para tal, colocar a cápsula porosa completamente dentro da água por 30 segundos. Retirar a cápsula e mergulhar a cuba de leitura no frasco com água para verificar se o sensor está “aberto” ou “fechado”. Se a leitura indicar sensor “fechado”, então se infere que o sensor está funcionando corretamente e pronto para ser instalado. Se a leitura indicar sensor “aberto”, o sistema apresenta algum tipo de problema.
- Constatado algum problema durante a inspeção visual ou no teste de vazamento, substituir a parte danificada ou reparar conexões com vazamento. Se necessário usar cola resistente à água, como a base de PVC ou epóxi.
- A cápsula porosa não deve ficar dentro da água por mais que 60 segundos, pois pode causar o enchimento de sua cavidade interna e comprometer o funcionamento do sensor. Caso isso ocorra, deixar o sensor pendurado ao ar até que a água pare de escorrer livremente.
- Os sensores não devem ser manuseados sem necessidade, pois a oleosidade das mãos junto com solo prejudica a condutividade hidráulica superficial da cápsula, isto é, afeta a velocidade de resposta do sensor.

## Instalação de Sensores Irrigas®

Os cuidados na escolha de locais e na instalação de sensores são importantes para que as leituras

realizadas sejam confiáveis. Os sensores devem ser instalados em pelo menos três locais (estações de controle) distintos de uma unidade de irrigação<sup>1</sup>. Para áreas heterogêneas devem ser instalados em pelo menos cinco locais. Não se deve instalar apenas um sensor por unidade de irrigação, pois apenas um ponto de amostragem pode levar a interpretações erradas. Isto porque existe uma grande variabilidade espacial da umidade do solo mesmo em áreas com plantas aparentemente uniformes, devido a diferenças de textura de solo, distribuição irregular de água pelo sistema de irrigação e, principalmente, pelos padrões de distribuição espacial das raízes no solo.

As estações de controle devem ficar em locais representativos da unidade de irrigação. Não devem ser em locais onde ocorra baixa demanda hídrica, como em lugares sem plantas, sombreados ou onde as plantas estão com problemas de crescimento, ou ainda onde possa haver acúmulo de água. Assim, instalar junto a plantas saudáveis, com crescimento normal. Se a área apresentar mais de um tipo de solo e não puder ser subdividida em unidades de irrigação distintas, as estações de controle deverão ser localizadas nas partes onde predominar solo de textura mais grossa, pois será neste tipo de solo onde as plantas serão submetidas primeiramente à falta de água.

Em cada estação de controle, os sensores devem ser instalados em duas profundidades, um a cerca de 50% da profundidade efetiva do sistema radicular<sup>2</sup> (Irrigas® “raso”) e outro no limite inferior do sistema radicular<sup>3</sup> (Irrigas® “profundo”).

O sensor raso é utilizado para indicar o momento de se irrigar e o profundo permite avaliar se a lâmina de água aplicada a cada irrigação é excessiva. Os sensores devem ser aprofundados, pelo menos uma vez ao longo do ciclo da cultura, à medida que as plantas e as raízes crescem. Para hortaliças, em geral, o sensor raso pode ser instalado entre 10 cm e 20 cm e o profundo entre 30 cm e 40 cm. A menor profundidade, dentro de cada faixa, deve ser considerada durante as fases

<sup>1</sup> A denominação unidade de irrigação é atribuída a uma área contínua, independentemente do tamanho, irrigada em um mesmo dia e cultivada por uma hortaliça plantada na mesma época.

<sup>2</sup> Profundidade efetiva é aquela onde se concentram cerca de 80% das raízes da cultura; geralmente corresponde à profundidade onde as raízes se tornam difícil de serem visualizadas.

<sup>3</sup> Limite inferior do sistema radicular corresponde a 100% da profundidade efetiva do sistema radicular.

iniciais da cultura (até início de floração) ou para condições e/ou hortaliças com sistemas radiculares mais superficiais.

Visando diminuir erros, é desejável avaliar a profundidade efetiva das raízes diretamente no campo em cada fase de desenvolvimento das plantas. Uma avaliação visual do sistema radicular, em uma trincheira aberta perpendicularmente à linha de plantio, pode dar uma boa idéia da profundidade a ser considerada.

De maneira geral, os sensores (raso e profundo) devem ser instalados ao longo na linha de plantio entre 10 cm e 15 cm da planta. No caso de irrigação por gotejamento, instalar entre 10 cm e 15 cm distante do gotejador. No caso de irrigação por sulco, os sensores devem ser posicionados a 25% do comprimento final dos sulcos.

Para uma instalação adequada dos sensores, os seguintes cuidados e etapas devem ser observados:

- Até a instalação os sensores devem ser mantidos em local seco. Ao contrário de tensiômetros, que devem permanecer na água até a instalação, sensores Irrigas® devem ser mantidos fora da água.
- Fazer um buraco no solo até a profundidade desejada para a instalação do sensor utilizando-se uma cavadeira, enxada, sacho, pazinha de jardinagem (Figura 8) ou, no caso de solo macio, com as próprias mãos. A instalação poderá ser tanto em solo seco quanto úmido. O mesmo buraco pode ser usado para instalar os dois sensores (raso e profundo).
- Colocar a cápsula no fundo do buraco sobre uma camada de solo (1-3 cm) ligeiramente solto (Figura 9). A cápsula pode ser instalada na posição horizontal ou vertical. Na posição horizontal a cápsula amostra uma camada de solo mais estreita, sendo a posição indicada quando se deseja manejar a irrigação quando as plantas ainda são pequenas, como no caso de plântulas recém germinadas ou após o transplante de mudas.
- Para que haja um perfeito contato da cápsula com o solo, condição fundamental para o bom funcionamento do sensor, o solo ao redor da cápsula deve ser levemente compactado com as mãos.

- Encher o buraco aberto com solo anteriormente retirado, não deixando nenhuma depressão no terreno que possa acumular água. Compactar levemente com as mãos de forma a tentar restaurar a densidade inicial do solo. O acúmulo de água no local poderá manter o sensor “fechado” mesmo quando o solo já estiver “seco” nas áreas adjacentes.
- Os sensores devem ser reinstalados quando se perceber, a posteriori, que o local inicialmente escolhido não é representativo da área ou que o sistema radicular se desenvolveu bastante. No caso de crescimento das raízes, os sensores podem ser reinstalados no mesmo local.
- Convém identificar a cuba de leitura com rótulos de cores diferentes, com identificação da profundidade e/ou da tensão de referência do sensor.



**Fig. 8.** Ferramentas (enxada pazinha de jardinagem, sacho e cavadeira) que podem ser utilizadas na abertura do buraco para a instalação de sensores Irrigas®.



**Fig. 9.** Instalação de sensores Irrigas® raso e profundo, na posição horizontal, a 50% e 100% da profundidade efetiva em uma lavoura de cenoura em fase inicial.

- Colocar uma estaca ou bandeirinha suficientemente visível a cerca de 20 cm dos sensores (Figura 10), com identificação da estação de controle, para que possam ser mais facilmente visualizados.

## Leitura de Sensores Irrigas®, Recomendações de Uso e Cuidados

A leitura dos sensores (raso e profundo) deve ser feita diariamente, preferencialmente pela manhã (Figura 11). Para condições onde possa requerer mais de uma irrigação por dia (solos de textura grossa, clima quente e seco e /ou irrigação por gotejamento) é recomendado realizar uma segunda leitura no início da tarde. Caso a leitura indicar sensor “aberto”, irrigar novamente.

A fim de não alterar as características do solo (infiltração e retenção de água) e prejudicar o crescimento das plantas deve-se evitar o pisoteio ao redor das estações de controle. Procurar manter uma distância de pelo menos 50 cm dos sensores durante as leituras, o que é possível deixando a



Fig. 11. Leitura de sensores Irrigas® instalados em lavoura de pimenta por meio da introdução da cuba de leitura dentro do frasco com água.

cuba o mais afastada possível do local de instalação dos sensores.

É desejável que seja feito um registro diário das leituras dos sensores, inclusive com anotações das chuvas e irrigações realizadas. Na Figura 12 é apresentado um exemplo de ficha mensal para anotar as leituras dos sensores, informações sobre a cultura, identificação da unidade de irrigação, data de plantio, tipos e profundidades de instalação dos sensores, lâmina de irrigação e de chuva.

Um aspecto que geralmente causa questionamento de usuários é sobre o significado da velocidade com que a água entra no interior da cuba de leitura. Água entrando lentamente na cuba indica que a tensão de água no solo está ligeiramente acima da tensão de referência do sensor, mas já está na hora de se irrigar. Caso o solo seque ainda mais, os poros da cápsula vão ficar mais cheios de ar e a água vai entrar mais rapidamente na cuba.

Para o bom funcionamento dos sensores e a confiabilidade dos dados obtidos devem ser observadas algumas recomendações de uso e cuidados, a saber:

- A cavidade interna da cápsula porosa e o tubo flexível devem ficar sempre cheios de ar e nunca com água.
- A cuba de leitura não deve permanecer submersa no frasco com água, pois, nas horas mais frias, pode haver sucção de água para o tubo flexível e para o interior da cápsula, o que, em consequência, pode gerar leituras falsas de solo úmido.



Fig. 10. Estação de controle sinalizada por uma estaca de madeira, com sensores Irrigas® raso e profundo instalados a 50% e 100% da profundidade efetiva do sistema radicular de uma lavoura de pimenta.

### Ficha Mensal para o Manejo de Irrigação

Hortaliça: \_\_\_\_\_

Unidade de irrigação: \_\_\_\_\_

Mês/ano: \_\_\_\_/\_\_\_\_

Data de plantio: \_\_\_\_/\_\_\_\_

Irrigas<sup>®</sup> raso (kPa): \_\_\_\_\_

Profundidade (cm): \_\_\_\_\_

Irrigas<sup>®</sup> profundo (kPa): \_\_\_\_\_

Profundidade (cm): \_\_\_\_\_

Data	Irrigas <sup>®</sup> raso				Irrigas <sup>®</sup> profundo				Irrigação/ chuva (mm)
	Estação de controle			Irriga?	Estação de controle			Excesso?	
	1	2	3		1	2	3		
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									

Obs.: Usar a letra F para sensor "fechado" e A para "aberto".

Fig. 12. Ficha de controle mensal para uma unidade de irrigação com três estações de controle, cada qual com dois sensores Irrigas<sup>®</sup>, um raso e outro profundo.

- Para evitar a entrada de água de chuva ou de irrigação por aspersão no tubo flexível e na cápsula porosa, manter a boca da cuba voltada para baixo entre as medições. Fincar uma pequena estaca no solo e manter a cuba inserida no topo da mesma.
- Para facilitar as leituras diárias pode-se deixar um frasco com água nas proximidades da área ou junto de cada estação de controle. Para evitar a procriação de mosquitos ou que a água evapore ou derrame, usar um frasco com tampa. O desenvolvimento de algas no interior do frasco pode ser evitado adicionando-se hipoclorito de sódio na água (5 ml de água sanitária por litro).
- Quando apenas uma cuba é utilizada para a leitura de vários sensores, deve-se ter o cuidado para não haver vazamento de ar na conexão entre a cuba e o tubo flexível de cada sensor.
- Leitura por dias seguidos indicando sensor “aberto”, mesmo quando visualmente o solo apresentar-se úmido, pode ser sinal de que a cápsula porosa, o tubo flexível ou a conexão entre ambos apresenta problema. A melhor opção é retirar o sensor para reparo e instalar outro em perfeito estado de funcionamento.
- É comum que sensores permaneçam “fechados” por vários dias na época de chuva, dias nublados ou durante a fase inicial de estabelecimento de culturas cultivadas em solo coberto com plástico ou com palha (“mulching”). No caso de “mulching”, a perda de água por evaporação é reduzida e o solo pode fornecer água às plantas ainda pequenas por mais de uma semana sem que o sensor se “abra”.

## Manejo de Irrigação com Sistema Irrigas®

O Irrigas® na sua forma básica é um sistema simples indicado para o manejo de irrigação de hortaliças e de várias outras espécies de plantas. Fornece informações suficientes para responder as duas questões básicas do manejo: quando e quanto irrigar.

### Quando irrigar?

A decisão sobre quando irrigar deve ser tomada com base nas leituras dos sensores rasos, sem levar em consideração os sensores “profundos”. As regas devem ser feitas a todo o momento que a maioria dos sensores rasos indicarem condição de

solo “seco” (Irrigas® “aberto”). Por exemplo, quando dois sensores, de um total de três, estiverem “abertos” deve-se irrigar. Por outro lado, se um sensor estiver “aberto” e dois “fechados” ou se nenhum estiver “aberto” não é hora de se irrigar; no caso de um sensor “aberto” possivelmente a irrigação ocorrerá no dia seguinte.

Atentar para o fato de que para um sensor com determinada tensão de referência as irrigações serão mais freqüentes em solos de textura grossa do que solos de textura fina, pois os primeiros retêm menos água. Irrigações mais freqüentes também acontecem em condições com alta temperatura, baixa umidade relativa do ar e/ou condições de vento.

Como indicado e exemplificado no item “Escolha de sensores Irrigas®”, a tensão de referência do sensor raso pode ser estabelecida a partir da Tabela 1 em função da hortaliça a ser cultivada e do sistema de irrigação empregado.

Na Tabela 1, o sensor de 40 kPa é indicado com reserva para as culturas de ervilha-seca, grão-de-bico e lentilha quando irrigadas por aspersão e por sulco, pois sob tais condições estas hortaliças necessitam ser regadas apenas quando a tensão de água no solo atinja cerca de 100 kPa. Ao utilizar o sensor de 40 kPa, a tensão de água no solo somente atingirá 100 kPa algum tempo depois dos sensores “abrirem”. Para solos de textura grossa sugere-se irrigar depois de transcorrido um período equivalente a 25% do número de dias que levou para o sensor “abrir”. Para solos de textura média e fina esperar por um período equivalente a 40%.

Exemplo 2: Sensores Irrigas® de 40 kPa levaram 5 dias para “abrir” depois que um campo de produção de lentilha foi irrigado por aspersão pela última vez. Quantos dias o produtor deve ainda aguardar para irrigar a lentilha?

Solução do exemplo 2: Desde que não chova depois da “abertura” dos sensores, o produtor deverá esperar por mais 2 dias (5 dias x 0,4). Assim, no total, terão transcorrido 7 dias desde a última irrigação (5 dias + 2 dias).

Sensores, em geral, não são preconizados para indicar o momento de se irrigar durante a fase de estabelecimento inicial da cultura (**do plantio até 5-10 dias após a emergência ou transplante**), pois as raízes são ainda muito superficiais, não extraindo água na profundidade do sensor. Nesta

fase, as irrigações devem ser realizadas a cada 1 a 4 dias, de forma a se manter úmida a camada superficial do solo (0-15 cm). Para algumas condições específicas, no entanto, a instalação de sensores Irrigas® na posição horizontal entre 2 cm e 3 cm abaixo da superfície do solo pode auxiliar na determinação do momento de se irrigar. Neste caso, sugere-se usar o Irrigas® de 15 kPa ou de 25 kPa, sendo o de 15 kPa mais indicado para aquelas hortaliças que requerem solos mais úmidos durante o estabelecimento inicial da cultura, como aquelas de sementes pequenas ou do tipo folhosas (alface, beterraba, cenoura, rúcula etc.). De qualquer forma, mesmo durante fase inicial é recomendada a instalação dos sensores “profundos” (15-20 cm de profundidade) para avaliar se a lâmina de água aplicada não é em excesso.

## Quanto irrigar?

Quanto irrigar diz respeito à quantidade de água que deve ser aplicada a cada irrigação. Pode ser estimada a partir da tensão de referência do sensor Irrigas® raso quando se dispõe da curva de retenção de água do solo. Como o produtor geralmente não dispõe desta curva, é apresentado a seguir um procedimento prático, onde a lâmina é ajustada por tentativa com base nas leituras diárias dos sensores rasos e “profundos”.

- Aplicar uma lâmina de irrigação suficiente para que os sensores rasos passem a indicar leitura “fechado” (1-4 horas depois da irrigação), enquanto 1/3 a 2/3 dos sensores “profundos” continuem a apresentar a resposta “aberto” (dia seguinte ao da irrigação). Caso este objetivo seja alcançado deve-se manter o mesmo tempo de rega nas irrigações seguintes, considerando as mesmas profundidades de instalação dos sensores e efetiva de raízes. Assim, quando as raízes crescerem e os sensores forem aprofundados, deve-se aumentar o tempo de irrigação proporcionalmente ao crescimento das raízes.
- Caso os sensores rasos ainda permaneçam “abertos”, mesmo depois de uma hora a 4 horas após a irrigação, a lâmina aplicada terá sido insuficiente. Complementarmente, caso mais de 2/3 dos sensores “profundos”, que antes da irrigação estivessem “abertos”, venham a apresentar resposta “fechado” então se infere que a lâmina de água aplicada terá sido em excesso. Nestes casos, é preciso adequar o tempo de irrigação, no próximo evento, em

10% a 25%, ou seja, o tempo é aumentado se a irrigação foi insuficiente ou diminuído caso tenha havido excesso. Em qualquer situação o comportamento dos sensores rasos e “profundos” deve ser observado após as irrigações seguintes.

- Se a tensão de referência do sensor raso for de 25 kPa ou 40 kPa, pode se ter um melhor controle da lâmina de irrigação instalado-se um segundo sensor raso com tensão de referência de 15 kPa. A lâmina terá sido insuficiente se os sensores rasos de 25 kPa ou 40 kPa venham a dar resposta “fechado” e os de 15 kPa permaneçam “abertos”. Neste caso, aumentar o tempo da próxima irrigação em 5% a 15%.
- Se a irrigação tiver sido em excesso e “fechado” os sensores “profundos”, estes poderão permanecer “fechados” por mais de uma semana, mesmo que as irrigações subseqüentes sejam de duração menor. Isto pode ocorrer devido à existência de poucas raízes ao redor dos sensores “profundos” para extrair água.
- Como regra geral, a lâmina de água a ser aplicada em solos de textura grossa é muito menor que em solos de textura fina, pois têm menor capacidade de armazenamento de água. O mesmo se aplica a plantas jovens, devido à pequena profundidade das raízes. Ver a seguir sugestão para cálculo da lâmina de irrigação usando informações apresentadas na Tabela 2.

O usuário deve ter em mente que para se estabelecer a lâmina apropriada de irrigação é fundamental o uso da ficha de controle. O ajuste da lâmina não é possível de ser feito imediatamente de uma irrigação para a outra,

**Tabela 2.** Sugestão de lâmina de água necessária por irrigação, em milímetros, para cada centímetro de camada de solo, conforme a tensão de água no solo.

Tensão (kPa)	Textura do solo*		
	Grossa	Média	Fina
15	0,20	0,36	0,50
25	0,25	0,48	0,70
40	0,33	0,66	0,90
100	0,40	0,84	1,20

\* 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 do uso desta tabela, como de textura média.

Fonte: Adaptado de Marouelli (2008) e Marouelli et al. (2008).

podendo durar todo o ciclo da cultura. Todavia, a experiência adquirida numa safra será bastante útil para a próxima safra, mesmo que se cultive outra hortaliça. O aprendizado será muito mais lento sem o uso da ficha de controle.

Uma configuração para a instalação de sensores Irrigas® que, apesar de dispendiosa para muitos produtores, pode permitir um aprimoramento na qualidade do manejo de irrigação realizado é a instalação simultânea de sensores de 15 kPa, 25 kPa e 40 kPa nas duas profundidades recomendadas (raso e profundo). Com este conjunto de sensores pode-se inferir com melhor precisão a umidade (tensão) do solo a qualquer momento e permitir, por exemplo, um melhor e mais rápido ajuste da lâmina de água aplicada.

### Como estimar a lâmina de água a ser aplicada?

Para usuários que não dispõem de informações, nem mesmo de ordem prática, sobre a capacidade de retenção de água do solo a ser irrigado, sugere-se que a lâmina a ser aplicada seja inicialmente estimada a partir das informações apresentadas na Tabela 2. Para irrigação por aspersão e por gotejamento deve-se considerar a eficiência do sistema de irrigação para a determinação da lâmina total de água a ser aplicada por irrigação (LTN). Em geral, a eficiência varia de 60% a 75% para aspersão convencional<sup>4</sup> e autopropelido e de 75% a 90% para pivô central e gotejamento.

**Exemplo 3:** Um produtor irriga por aspersão convencional alguns canteiros de alface. A alface está em fase de formação de cabeça, a profundidade efetiva das raízes é de 25 cm (observação visual), o solo é de textura média e a eficiência de irrigação 70%. Qual a lâmina de água a ser aplicada por irrigação?

**Solução do exemplo 3:** Consideremos que o produtor está utilizando sensores rasos de 15 kPa para indicação do momento das irrigações (Tabela 1). Para solo de textura média e sensor de 15 kPa tem-se, pela Tabela 2, que a lâmina de água necessária é cerca de 0,36 mm/cm de solo. Para uma camada de solo de 25 cm, a lâmina real necessária por irrigação (LRN) será de 9,0 mm (0,36 mm/cm x 25 cm). Assim, a LTN durante a

fase de formação de cabeça da alface, considerando a eficiência de irrigação de 70%, será de 12,9 mm (9,0 mm/ 0,70).

Em se tratando de irrigação por gotejamento, deve-se considerar apenas a fração média de área molhada pela água de irrigação ao longo do perfil do solo, que depende do tipo de solo e do espaçamento entre gotejadores e entre linhas de gotejadores. É aconselhado abrir uma pequena trincheira para avaliação visual da fração molhada no perfil do solo. Para hortaliças, a percentagem de solo molhado varia entre 40% e 90%, sendo o menor valor para cultivos com maior espaçamento entre fileiras de plantas e solos de textura grossa. Assim, lâmina de água fornecida pela Tabela 2 deve ser multiplicada pela fração de área molhada para fins de ajuste. Para solos com cascalho ou torrões na superfície, a fração molhada na superfície é muito menor que a fração média efetivamente molhada ao longo do perfil de solo explorado pelas raízes.

**Exemplo 4:** Um produtor irriga por gotejamento uma lavoura de quiabo e controla a irrigação com sensores Irrigas® de 25 kPa. A cultura está na fase de frutificação, a profundidade efetiva das raízes é de 40 cm, o solo é de textura grossa, a percentagem de área molhada é de 40% e a eficiência de irrigação 85%. Qual a lâmina total de água a ser aplicada por irrigação (LTN)?

**Solução do exemplo 4:** Para solo de textura grossa e sensor de 25 kPa, tem-se, pela Tabela 2, que a lâmina de água é de 0,25 mm/cm de solo no caso de 100% de área molhada. Para gotejamento com fração de área molhada de 0,40, a lâmina de água ajustada será de 0,10 mm/cm de solo (0,25 mm/cm x 0,4). Para uma camada de solo de 40 cm, a LRN será de 4,0 mm (0,10 mm/cm x 40 cm). Para uma eficiência do sistema de 85%, a LTN será de 4,7 mm (4,0 mm/ 0,85).

### Como estimar o tempo de irrigação?

Determinar o tempo de irrigação necessário para que seja aplicada a lâmina de irrigação depende da capacidade de aplicação de água do sistema de irrigação, que varia bastante de propriedade para propriedade.

Para aspersão convencional, o tempo de irrigação pode ser determinado com base na intensidade de aplicação de água do sistema:

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

<sup>4</sup> A designação convencional está ligada ao aspecto histórico da introdução deste sistema de irrigação. Moto-bomba, tubulações aspersores podem ser movidos manualmente na área ou permanecerem fixos.

em que:

$T_i$  = tempo de irrigação (min);

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

$I_a$  = intensidade de aplicação de água do sistema (mm/h).

A intensidade de aplicação de água depende do diâmetro de bocais, pressão de serviço e espaçamento entre aspersores, podendo ser obtida de catálogos técnicos dos fabricantes de aspersores.

Exemplo 5: Qual o tempo de irrigação necessário para se aplicar uma LTN de 12,9 mm na cultura de alface se o sistema por

aspersão convencional utilizado tem intensidade de aplicação de água de 15,0 mm/h?

Solução do exemplo 5: Pela equação acima, o tempo necessário de irrigação será de:

$$T_i = \frac{60 \times 12,9 \text{ mm}}{15,0 \text{ mm/h}} = 52 \text{ min}$$

Caso não se disponha de informações sobre a intensidade de aplicação de água do sistema, esta pode ser determinada a partir da vazão do aspersor, medida em condições de campo, e do espaçamento entre aspersores por meio da seguinte equação:

$$I_a = \frac{1000 \times Q}{E_a \times E_l}$$

em que:

$I_a$  = intensidade de aplicação de água (mm/h);

$Q$  = vazão do aspersor ( $m^3/h$ );

$E_a$  = espaçamento entre aspersores ao longo da lateral (m);

$E_l$  = espaçamento entre linhas laterais (m).

Exemplo 6: Qual a intensidade de aplicação de água de um sistema de irrigação por aspersão convencional que tem aspersores com vazão de 4,73  $m^3/h$  espaçados de 18 m x 18 m?

Solução do exemplo 6: A intensidade de aplicação de água calculada pela equação anterior é de:

$$I_a = \frac{1000 \times 4,73 \text{ m}^3/h}{18 \text{ m} \times 18 \text{ m}} = 14,6 \text{ mm/h}$$

Para pivô central e autopropelido deve ser selecionada a velocidade de deslocamento suficiente para que o sistema aplique uma lâmina igual ou ligeiramente superior a LTN, conforme tabela fornecida pelo fabricante ou avaliação de campo.

Para irrigação por sulco, o tempo de irrigação deve ser igual ao tempo necessário para a água atingir o final do sulco mais o tempo suficiente para infiltrar a lâmina real necessária (LRN). O comprimento do sulco e a velocidade de infiltração de água são dependentes do tipo de solo, devendo ser avaliados em testes de campo.

No caso do sistema por gotejamento, o tempo de irrigação é função da vazão e do espaçamento entre gotejadores, podendo ser determinado por:

$$T_i = \frac{0,006 \times LTN \times S_l \times S_g}{V_g}$$

em que:

$S_l$  = espaçamento entre linhas de gotejadores (cm);

$S_g$  = espaçamento entre gotejadores (cm);

$V_g$  = vazão do gotejador (L/h).

Exemplo 7: Qual o tempo de irrigação necessário para se aplicar uma LTN de 4,7 mm na cultura de quiabo se o sistema por gotejamento utilizado tem gotejadores com vazão de 1,0 L/h, espaçamento entre gotejadores de 30 cm e entre linhas de gotejadores de 100 cm?

Solução do exemplo 7: Pela equação anterior o tempo necessário de irrigação será de:

$$T_i = \frac{0,006 \times 4,7 \text{ mm} \times 100 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}}{1,0 \text{ L/h}} = 85 \text{ min}$$

## Manutenção e Armazenamento de Sistemas Irrigas®

Os sensores Irrigas® devem ser armazenados em perfeito estado de funcionamento após serem lavados e secos. Nunca guardar sujos e com umidade como retirados do solo.

Depois de retirados do solo todas as partes devem ser lavadas com água e, quando necessário, detergente neutro. No caso da cápsula porosa, usar uma esponja abrasiva macia ou escova, e nas demais partes esponja macia.

Diferentemente de outros sensores, como o tensiômetro, o Irrigas® praticamente não requer qualquer manutenção após sua utilização. Mesmo assim, fazer uma inspeção visual de todas as partes após a lavagem e, posteriormente, realizar o teste de vazamento conforme descrito no item "Preparo de Sistemas Irrigas®". Constatado algum problema, substituir a parte danificada ou fixar conexões com vazamento.

Para que a cápsula porosa possa secar o suficiente para ser armazenada é necessário que a mesma fique exposta ao ar pelo menos 24 horas. Caso disponível, utilizar a caixa individualizada fornecida pelo fabricante para guardar o sistema Irrigas®. Caso contrário, guardá-los de forma conjunta em uma mesma caixa, mantendo separados sensores com tensões de referência distintas.

## Referências Bibliográficas

CALBO, A. G.; SILVA, H. R.; MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Manejo de irrigação com sensores de cápsula porosa permeados por ar - Irrigas®. In: TALLER INTERNACIONAL RED RIEGOS CYTED, 2008, Florianópolis.[Anais...] Florianópolis: CYTED: PROCISUR, 2008. 12 p. CD-ROM.

CALBO, A. G. **Sistema de controle gasoso de irrigação baseado na determinação de umidade do solo por meio de cápsulas porosas.** Patente BR PI 0004264-1. 2000.

CALBO, A. G.; SILVA, W. L. C. Gaseous irrigation control system: description and physical tests for performance assessment. **Bragantia**, Campinas, v. 65, p. 501-510, 2006.

CALBO, A. G.; SILVA, W. L. C. **Sistema Irrigas para manejo de irrigação: fundamentos, aplicações e desenvolvimentos.** Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2005. 186 p.

MAROUELLI, W. A. **Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças.** Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2008. 15 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 57).

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, DF: EMBRAPA-SPI: EMBRAPA-CNPH, 1996. 72 p.

MAROUELLI, W. A.; CALBO, A. G.; CARRIJO, O. A. Avaliação de sensores do tipo Irrigas® para o controle da irrigação em hortaliças cultivadas em substratos. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 1, p. 88-95, 2005.

PASCHOLD, P. J.; MOHAMMED, A. Irrigas: a new simple soil moisture sensor for irrigation scheduling. **Journal of Applied Irrigation Science**, Germany, v. 38, p. 22-28, 2003.

PEREIRA, A. B.; SHOCK, C. A.; SHOCK, C. C.; FEIBERT, E. B. G. **Use of Irrigas® for irrigation scheduling for onion under furrow irrigation.** Ontario: Malheur Experiment Station: Oregon State University. 2005. p. 223-229. (Special Report, 1062).

**Circular Técnica, 69** 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) 3385-9115  
Fax: (61) 3385-9042  
E-mail: [sac@cnph.embrapa.br](mailto:sac@cnph.embrapa.br)

1ª edição  
1ª impressão (2009): 2000 exemplares

**Comitê de Presidente:** Warley M. Nascimento  
**Publicações** **Editor Técnico:** Mirtes F. Lima  
**Membros:** Jadir B. Pinheiro  
Miguel Michereff Filho  
Milza M. Lana  
Ronessa B. de Souza  
**Expediente** **Normalização Bibliográfica:** Rosane M. Parmagnani  
**Editoração eletrônica:** André L. Garcia (Tech Gráfica)

