

# 7. Irrigação

Marcos Brandão Braga <sup>1</sup>, Anderson Luiz Feltrim<sup>2</sup>, Lino Carlos Borges<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Hortaliças

marcos.braga@embrapa.br

<sup>2</sup>Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina -

Estação Experimental de Caçador,

andersonfeltrim@epagri.sc.gov.br

<sup>3</sup>Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária (Emater-GO),

lino.borges@goias.gov.br.

## 1. Introdução

Existem basicamente três métodos de irrigação no tomate tutorado:

- irrigação por aspersão, irrigação por superfície (sulco) e localizada (gotejamento).
- **Irrigação por aspersão:** seu uso não é recomendável, pois favorece o aparecimento de doenças foliares. Além disso, lava os produtos fitossanitários aplicados na parte aérea, o que pode provocar perdas significativas na produção e na qualidade dos frutos.
- **Irrigação por sulco:** por mais que se faça dentro das normas técnicas, é pouco eficiente. Pode apresentar perdas de mais de 40% da água por escoamento no final do sulco e por percolação profunda, além de ser um agente da erosão do solo, principalmente em áreas declivosas.
- **Irrigação localizada por gotejamento:** se bem dimensionada, é a mais eficiente. Isso porque, neste sistema, aplica-se água diretamente ao solo, em uma faixa ou ponto na linha de plantio, gerando economia de água/energia, sem provocar o molhamento foliar. Devido principalmente a esses fatores, é o sistema recomendado para a irrigação na Produção Integrada de tomate.

Adicionalmente ao sistema de irrigação por gotejamento, há necessidade de adoção de estratégias para o manejo adequado de água, de forma a racionalizar seu uso, minimizar o gasto de energia e reduzir a incidência de doenças e os impactos ambientais degradantes.

A irrigação localizada por gotejamento é a maneira indicada de se repor o consumo hídrico da cultura. As características desse sistema são:

- a aplicação pontual da água no solo,
- a alta frequência de irrigação,
- a aplicação de pequenas vazões, e,
- principalmente, a alta uniformidade de aplicação de água, alcançando alta eficiência.

Com a aplicação pontual de água, somente uma parte do solo é molhada. Com isso, há uma redução na evaporação direta da água do solo, devido à menor percentagem de área molhada e de sombreamento da área molhada.



Para maximizar a produtividade e gerar um produto de qualidade, é necessário o conhecimento das necessidades hídricas do tomate nas regiões em que é cultivado. Os fatores: cultivar, estágio de desenvolvimento da cultura, espaçamento entre plantas e clima da região, dentre outros, podem ser usados para definir as necessidades hídricas da cultura de tomate.

O aspecto mais importante relacionado ao manejo da água é a determinação da quantidade correta e o momento certo de realizar a irrigação, para evitar que ocorra perda de água por percolação e lixiviação de nutrientes, impedindo que a planta expresse seu potencial produtivo, seja pelo excesso ou falta de água.

O manejo da irrigação, aliado às práticas agrícolas preestabelecidas pelo Sistema de Produção Integrada de Tomate (Sispit), constitui base para a sustentabilidade da produção. Um bom sistema de manejo da irrigação deve levar em consideração: época de plantio, espaçamento, características de desenvolvimento das culturas, sistema de irrigação, variáveis meteorológicas diárias, análises fitopatológicas e entomológicas, adubação, plantas daninhas, manejo da cultura, colheita, etc. Deve também observar a interação de todos os fatores de condução da cultura com as características de cada propriedade.

Diante disso, políticas públicas de uso dos recursos hídricos, juntamente com a utilização correta da irrigação, de forma a manejar eficientemente a água e os fertilizantes, são essenciais para a manutenção do equilíbrio entre a produção agrícola e o meio ambiente. Dessa forma, o estudo de princípios básicos para a realização de um bom manejo de água e fertilizantes é imprescindível para a sustentação do ambiente.

Atualmente, na região de Caçador (SC), no Alto Vale do Rio do Peixe, os produtores adotam um turno de regra fixo, variando de 1 a 3 dias. Por outro lado, não utilizam nenhum sistema de monitoramento para a determinação da real necessidade de água da cultura do tomate. Geralmente, o monitoramento para se tomar a decisão da irrigação é feito de forma empírica, com observações visuais da umidade do solo, além da experiência dos técnicos e produtores.

## 2. Irrigação por gotejamento

A irrigação por gotejamento, como prática agrícola, permite a aplicação de adubos via água de irrigação (fertirrigação). Portanto, em relação à adubação convencional, apresenta maior eficiência na aplicação dos nutrientes, economia de mão de obra, melhor trânsito na cultura e, principalmente, melhor adequação na quantidade e época de fornecimento de nutrientes.

Quando bem dimensionado, esse sistema tem condições de controlar com maior precisão as aplicações de água e adubos ao longo de todo o ciclo da cultura, em comparação com o uso de irrigação por aspersão ou por superfície. Além disso, a irrigação por gotejamento pode proporcionar um incremento de produtividade e uma economia de água entre 30% e 50%, em comparação aos demais sistemas. A água aplicada, via gotejamento, diretamente no solo, sem molhar a folhagem e os frutos, contribui também para a diminuição da incidência de doenças na parte aérea e do apodrecimento de frutos, propiciando uma redução de até 60% no uso de fungicidas.

O inadequado dimensionamento do sistema de irrigação pode resultar na distribuição desuniforme dos adubos na área. Igualmente, as reações químicas dos adubos injetados neste sistema podem causar a corrosão de equipamentos, a precipitação de adubos, e, principalmente quando

as misturas e/ou as fontes são inadequadas, podem diminuir a vida útil e ocasionar desuniformidade da irrigação na área de cultivo. Por outro lado, o manejo incorreto da fertirrigação pode ocasionar a salinização do solo, pelo excesso de sais (cloretos, sulfatos, bicarbonatos, nitratos e boratos de sódio, magnésio, cálcio, etc.). Assim, recomenda-se usar produtos indicados para fertirrigação e seguir orientações técnicas de como proceder ao manejo dessas aplicações.

O estudo e o monitoramento das condições edafoclimáticas durante o desenvolvimento da cultura permitem aplicar, com alta precisão, a quantidade requerida de água no momento adequado, a partir de alguns instrumentos de medida e de controle instalados no campo.



Após o plantio das mudas, as necessidades hídricas totais para a cultura do tomate no campo, com 90 a 120 dias, são de 400 a 600 mm, mas o excesso durante o período de floração provoca o aumento das quedas das flores e redução do crescimento. Igualmente variações de umidade do solo podem causar desbalanceamento de cálcio, podridão apical e rachaduras nos frutos. Os inícios da frutificação e do desenvolvimento dos frutos são os estágios da cultura que apresentam maior sensibilidade à deficiência de água no solo.

A irrigação, apesar de ser cada vez mais utilizada pelos produtores, ainda é feita sem controle técnico científico. São raros aqueles que fazem uso de equipamentos e de indicadores da necessidade hídrica da cultura (tensiômetros, tanque classe "A"). Quando não são realizadas corretamente, algumas metodologias de estimativas da quantidade de água a ser aplicada podem provocar danos indesejáveis, como a salinização do solo, a baixa produtividade, o aumento de doenças fúngicas e a qualidade inferior de frutos, além do desperdício de água.

Para o manejo adequado da água de irrigação, é necessário o controle da umidade do solo e/ou o conhecimento da evapotranspiração durante o ciclo de desenvolvimento da cultura. Para tanto, é indispensável que os parâmetros relacionados às plantas, ao solo e ao clima sejam conhecidos para que seja determinado o momento (quando) e qual a quantidade de água a ser aplicada. Dessa forma, o manejo da aplicação de água adequado é essencial para o sucesso da atividade.

### 3. Manejo da irrigação por gotejamento com base no solo

a estrutura física é o fator determinante que irá definir a umidade do solo, que influenciará diretamente o volume de água nele armazenado. Logo, é de suma importância o conhecimento da estrutura física e da umidade do solo. Eles são fundamentais para estudos do movimento e disponibilidade da água no solo, bem como a época e a quantidade de água a ser aplicada em irrigação.

Para viabilizar o manejo de irrigação e possibilitar o cálculo da estimativa da lâmina de água a ser utilizado em cada turno de rega, são necessárias algumas informações importantes, como: profundidade efetiva do sistema radicular, potencial de água crítico para as culturas, capacidade de campo, ponto de murcha permanente e curva de retenção. A curva de retenção de água no solo é essencial para quem maneja usando a tensão de água no solo (tensiometria).

- **Profundidade efetiva das raízes:** compreende a camada desde a superfície do solo até onde se concentra a maior parte das raízes absorventes ou finas. Tal informação é importante não somente para a determinação da lâmina de irrigação, mas também para a instalação de

sensores para o monitoramento da água no solo no controle das irrigações. A profundidade efetiva do sistema radicular é onde se concentra em torno de 80% do total de raízes absorventes (finas) da cultura.

- **Potencial de água crítico para uma cultura:** indica o valor até o qual as irrigações devem ser realizadas sem que ocorram prejuízos à produtividade/qualidade, e, por isso determina o momento de irrigação.
- **Capacidade de campo (Cc):** o solo funciona como um reservatório de água, o qual tem como limite máximo a Cc, ou seja, a quantidade de água que o solo pode reter contra a aceleração gravitacional. Esse ponto evita a lixiviação de nutrientes, o escoamento superficial e a percolação profunda.
- **Ponto de murcha permanente (Pm):** nesse ponto, a água existente no solo não está mais disponível às plantas, pois a força de retenção exercida pelo solo sobre a água é maior que a capacidade da planta em absorvê-la.
- **Curva de retenção de água no solo:** em um solo homogêneo, para cada valor de umidade ( $\theta$ ), existe um valor correspondente de potencial de água no solo ( $\psi$ ). A elaboração de um gráfico, com essas variáveis, se denomina curva de retenção de água no solo. As coletas das amostras de solo para a determinação da curva de retenção de água devem ser preferencialmente indeformadas. Devem ser coletadas por meio de anéis volumétricos que mantenham sua estrutura. Isso porque, apesar da textura ser o principal fator que influencia na retenção de água no solo, a estrutura também exerce bastante influência, sobretudo na faixa compreendida entre 0 e 100 kPa - a mais importante para manejo as irrigações.

A coleta das amostras de solo para a determinação da curva de retenção pode ser feita em diferentes camadas, preferencialmente nos primeiros 0,20 m (camada mais arável), sendo a profundidade efetiva do sistema radicular do tomate de 0,40 m, a curva de retenção deve ser determinada nas duas camadas (0 a 0,20m e 0,20m a 0,40m). Entretanto o manejo da irrigação deve se basear na camada de 0 - 20 cm na fase inicial e na soma das duas camadas na fase de maior desenvolvimento vegetativo, floração/frutificação e produção.

O uso da curva de retenção para o manejo da irrigação é bastante simples. A irrigação é efetuada quando o solo atinge um potencial ou umidade que prejudique o desenvolvimento da cultura e, dessa forma, o monitoramento no campo é constante. Para a determinação do potencial de água no solo, são utilizados tensiômetros em vários pontos na lavoura. Com auxílio de um tensímetro, faz-se a leitura instantânea da tensão. Normalmente, em cultivos de tomate de mesa, as tensões críticas de irrigação variam de 15 a 25kPa. Valores menores de tensões (15kPa) são usados por alguns dias (10 a 20 dias), até o pagamento definitivo das mudas transplantadas. Após esse período, pode-se passar a trabalhar com limites críticos de 25 kPa.

Determinado o momento da irrigação, calcula-se a quantidade de água a ser repostada pela seguinte equação:

$$L_L = (\theta_{cc} - \theta_i) * Z$$

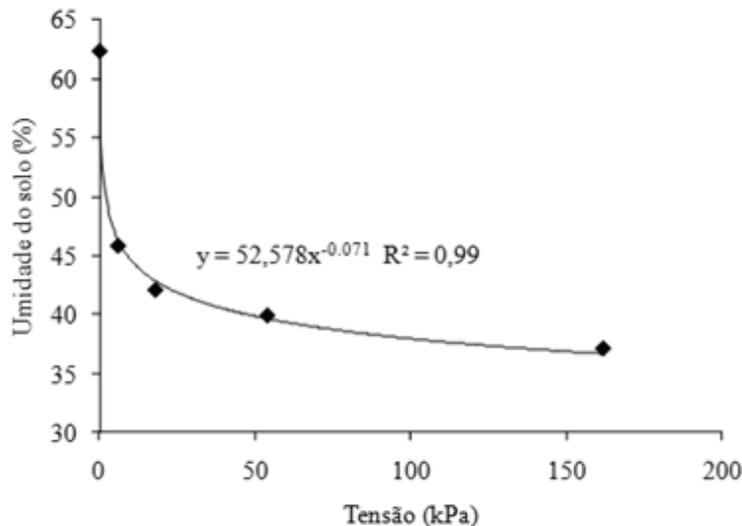
Onde:

$L_L$  = Lâmina líquida de irrigação (mm),

$\theta_{cc}$  = Umidade na capacidade de campo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ),

$\theta_i$  = Umidade de irrigação correspondente ao potencial mínimo (máxima tensão ou tensão crítica) de água no solo preestabelecido para a cultura ( $\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$ ),  
 $Z$  = Profundidade efetiva do sistema radicular (mm).

Na Figura 1, temos um exemplo prático de utilização da curva de retenção de água no solo para manejo da irrigação, em uma área experimental cultivada com tomate de mesa tutorado.



**Figura 1.** Curva de retenção de água do solo, umidade base volume.

Fonte: Becker et al. 2016

A curva representa a camada da profundidade efetiva do sistema radicular da cultura do tomateiro em pleno desenvolvimento ( $Z = 400$  mm). Admitindo a tensão na capacidade de campo ( $\theta_{cc}$ ) igual a 10 kPa, obtém-se, através da equação do gráfico, uma umidade na capacidade de campo igual a 44,65 % ( $\theta_{cc} = 0,4465 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ).

Considerando a tensão de irrigação ( $\theta_i$ ) igual 25 kPa, obtém-se uma umidade de irrigação igual a 41,83 % ( $\theta_i = 0,4183 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ). Substituindo os valores de  $Z$ ,  $\theta_{cc}$  e  $\theta_i$  na equação  $L_L = (\theta_{cc} - \theta_i) * Z$ , tem-se uma lâmina de irrigação  $L_L = 11,3$  mm.

A lâmina de água determinada pela curva de retenção é a lâmina líquida a ser aplicada, porém, como nenhum sistema de irrigação tem 100% de eficiência, deve-se fazer a correção e aplicar uma lâmina bruta de irrigação.

A eficiência de irrigação é um conceito largamente utilizado, tanto em projetos quanto no manejo de sistemas de irrigação. O conceito de eficiência abrange dois aspectos básicos: a uniformidade de aplicação e as perdas, que podem ocorrer durante a operação do sistema. Para que a eficiência possa atingir valores altos, é necessário que as perdas durante a operação sejam as menores possíveis e que haja a maior uniformidade de aplicação e distribuição da água na área.

A uniformidade de aplicação de água, em sistemas de irrigação por gotejamento, pode ser expressa por meio de vários coeficientes. Destacam-se aí o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) (Bernardo et al., 2019). Para os sistemas de irrigação localizada, é mais frequente o uso do CUD, pois possibilita uma medida mais restrita, dando maior peso às plantas que recebem menos água.



A determinação de eficiência de distribuição de água do sistema é feita no campo com o auxílio de um recipiente, um cronômetro e uma proveta - de preferência com precisão de 1 a 2 mL. A aferição da vazão dos gotejadores deve ser realizada no início, meio e fim do tubo gotejador e em diferentes pontos da lavoura, incluindo obrigatoriamente aqueles mais altos e baixos.

Uma forma de evitar variações na pressão entre pontos altos e baixos na linha lateral são utilizados tubos ou fitas gotejadoras autocompensantes. Ressalta-se que sempre deve observar os limites de pressão de trabalho fornecida pelos fabricantes. Outro fator de baixa uniformidade de aplicação é o alto coeficiente de variação de fabricação, entre as marcas de tubos/fita gotejadora e/ou entupimento dos gotejadores. A lâmina bruta de irrigação é definida pela seguinte equação:

$$L_b = L_L / E_a$$

Onde:

$L_b$  = Lâmina bruta de irrigação (mm),

$L_L$  = Lâmina líquida de irrigação (LRN – lâmina real necessária) (mm).

$E_a$  = Eficiência do sistema (decimal).

Admitindo que a eficiência do sistema de irrigação por gotejamento é de 90% (0,9), tem-se uma lâmina bruta de irrigação de 12,5 mm.

Entretanto, no gotejamento, apenas uma fração da área do solo é molhada. Por isso, este valor de lâmina bruta ( $L_b$ ) deve ser diminuído, multiplicado por um fator  $P_a$  (percentagem de área molhada - decimal). O fator  $P_a$  é função do tipo do solo, espaçamento entre linhas laterais e vazão dos gotejadores e do tempo de aplicação da lâmina de irrigação. A percentagem de área molhada deve ser determinada no campo. Considerando um valor médio de  $P_a$  de 65%, tem-se uma lâmina final ( $L_f = L_b \times P_a$  (decimal) a ser aplicada de 8,1 mm ( $8,1 \text{ L.m}^{-2}$ ).

## 4. Equipamento para a medição da tensão de água no solo

no uso de qualquer instrumento para monitoramento da umidade do solo, deve-se escolher cuidadosamente o local de instalação, pois esses aparelhos refletem medidas pontuais. Para a cultura do tomate, os sensores devem ser instalados cerca de 10 a 20 cm ao lado do tubo/fita de gotejamento, sempre dentro da área molhada.

A uniformidade de distribuição de água da irrigação e textura do solo influi no número de sensores a serem instalados em uma área irrigada. Em sistemas com distribuição uniforme, o número de sensores pode ser menor quando comparado a sistemas menos eficientes; em áreas com sistemas com baixa uniformidade (gotejamento < 75%), pode comprometer a prática efetiva do manejo adequado das irrigações.

No uso de tensiômetros para manejo das irrigações, a recomendação geral deve utilizar mais de uma estação de controle para e estas deverão ser implantadas em locais que recebam a lâmina média de água aplicada pelo equipamento, normalmente, em um solo homogêneo usa-se por ta-

lhão mínimo de três estações de monitoramento (tensiômetros). O local de instalação deve ser de fácil acesso e ser representativo do tipo de solo e do desenvolvimento da cultura da área irrigada. Isso quer dizer que, se a planta próxima ao sensor morrer ou apresentar um desenvolvimento muito inferior ao resto da lavoura, os equipamentos deverão ser realocados próximos a uma planta sadia e em pleno desenvolvimento.

Depois de instalados, os equipamentos devem evitar o pisoteio excessivo ao redor deles. Em cada estação de controle, deverão ser instalados, ao menos, dois sensores em profundidades diferentes: um na profundidade correspondente ao centro das raízes (50% da profundidade efetiva - PeS) e o segundo imediatamente abaixo do sistema radicular. Como sugestão pode ser instalada de uma a três estações por hectare dependendo da uniformidade (textura) do solo da área.

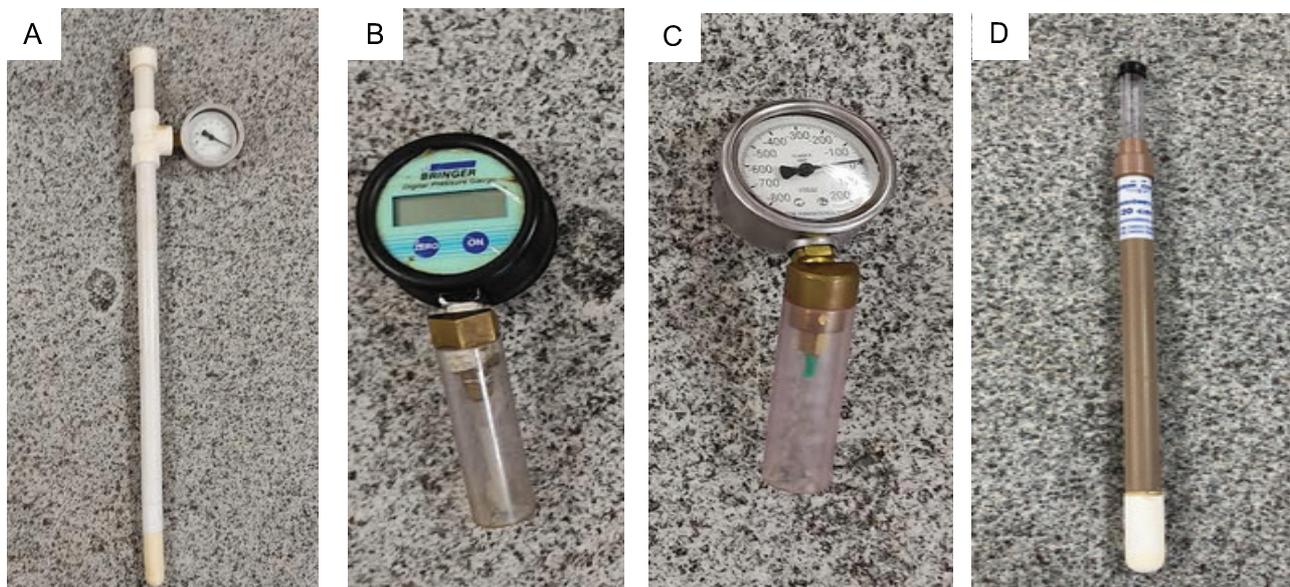
Em irrigações por gotejamento, os sensores de umidade devem ser instalados de 10 a 15 cm de distância do emissor, dependendo da dimensão do bulbo e/ou faixa molhada.



O tensiômetro é o equipamento mais utilizado para a aferição da tensão de água no solo (Figura 2A), por ser simples e de fácil operação. É constituído de toco de tubo de PVC de ½ polegada, tendo na extremidade inferior uma cápsula porosa e na parte superior uma tampa de borracha (tensiômetro de punção). Entre o tubo de PVC e a rolha, há um tubo acrílico, no qual se pode observar o nível de água dentro do tensiômetro. A extremidade com a cápsula porosa deve ser enterrada no solo até 50% da profundidade efetiva do sistema radicular, para o tensiômetro, que indicará o momento de irrigar, e outra imediatamente abaixo da PeS. Após instalação deve-se completar o tubo com água (destilada ou fervida), onde o ar é expulso para fora do tensiômetro. Imediatamente, no interior do tubo (tensiômetro), forma-se uma pressão atmosférica efetiva igual a zero. Dessa forma, existe uma tendência natural do tensiômetro (maior potencial água) perder água para o solo (menor potencial água), até estabelecer-se o equilíbrio.

À medida que o tensiômetro vai perdendo água para o solo, cria-se um vácuo em seu interior equivalente à tensão da água no solo, tornando o potencial de água dentro do tensiômetro igual ao potencial de água no solo (potencial matricial). Normalmente, a medição do potencial da água (tensão) e dependendo do tipo de tensiômetro usado, pode ser feito diretamente no vacuômetro acoplado (Figura 2A) e com tensímetro digital (Figura 2B) ou analógico (Figura 2C) de agulha, caso use tensiômetros com vedação de borracha siliconada - tensiômetro de punção (Figura 2D).

A agulha dentro do “cilindro” do tensímetro (aparelho leitura tensão) serve para espetar a borracha siliconada do tensiômetro de punção, e a leitura do valor da tensão é mostrada no visor do aparelho. É recomendável não encher totalmente o tensiômetro de água para seu funcionamento, a fim de evitar o contato da agulha do tensímetro com a água no momento da aferição da tensão. Outro detalhe: sugere-se, sempre que puder (semestralmente), proceder à calibração do tensímetro, uma vez que as células de cargas presentes no equipamento, muitas vezes, com o uso perdem a calibração ou já vêm descalibradas.



**Figura 2.** Tensiômetro com vacuômetro (A), tensímetro digital de punção (B), tensímetro analógico de punção (C) e tensiômetro de punção (D)

Fotos: Marcos Braga

## 5. Manejo de irrigação com base em dados climáticos

este manejo tem como principal objetivo determinar a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), que corresponde à quantidade de água evapotranspirada para atmosfera por uma cultura em condições normais de cultivo. Em razão das dificuldades de obter uma medida direta da ET<sub>c</sub>, é feita uma medida indireta a partir da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) e do coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>).

A ET<sub>o</sub> corresponde à evapotranspiração de uma superfície gramada (8-15cm). Hoje, também, usa-se o conceito empírico da evapotranspiração de uma cultura fictícia que se desenvolve sem restrições hídricas/nutricionais etc. O K<sub>c</sub> integra as características da cultura, além das condições edafoclimática e de cultivo do local. O K<sub>c</sub> é um coeficiente adimensional dado pela relação entre a ET<sub>c</sub> e a ET<sub>o</sub> e pode variar de acordo os estádios fenológicos da planta. Dessa forma, para a maior precisão na determinação do ET<sub>c</sub>, é necessário determinar o K<sub>c</sub> da região ou escolher um K<sub>c</sub> em que as condições edafoclimáticas são semelhantes às características da região do cultivo.

Os valores de ET<sub>o</sub> podem ser estimados usando dados de estações meteorológicas, aplicando a equação padrão FAO de Penman-Monteith (Allen et al., 1998). Também, pode-se obter de dados da evaporação do Tanque Classe A (Bernardo et al., 2019). A instalação desse tanque deve ser acompanhada por técnicos, pois exige a pratica de uma série de normas, que se não cumpridas, podem subestimar ou superestimar a ET<sub>o</sub>.

Para fins didáticos e de manejo da água de irrigação, o ciclo do tomate pode ser dividido nos seguintes estádios:

- estágio inicial (1 a 10 dias após transplântio - DAT);
- estágio de desenvolvimento (DAT – 11 a 30 dias);
- estágio de intermediário (DAT- 31 a 60 dias);
- estágio final (DAT- 61 a 90 dias), e
- estágio da colheita (DAT- 90 até final).

Os valores médios de  $K_c$  nesses estádios, para condições de regas por gotejamento, sem e com cobertura de mulching plástico, são apresentados na Tabela 1.

**TABELA 1. Coeficientes de cultura ( $K_c$ ) para tomate, conforme o sistema de irrigação e presença de cobertura do solo com filme de polietileno (mulching), durante os diferentes estádios de desenvolvimento da cultura e sistema de irrigação por gotejamento**

Estádio <sup>(1)</sup>	Gotejamento <sup>(2)</sup>	Gotejamento com mulching <sup>(2)</sup>
Inicial (I)	0,40	0,20
Vegetativo (II)	0,75	0,55
Floração/frutificação (III)	1,10	0,90
Maturação/produção plena (IV)	0,80	0,65

<sup>(1)</sup> Estádio I: transplântio até pleno pegamento de mudas; II: pegamento até florescimento pleno; III: do florescimento até frutificação plena; IV: maturação frutos até última colheita.

<sup>(2)</sup>  $K_c$  para gotejamento já integram os coeficientes de ajustes para compensar a menor perda de água por evaporação.

Fonte: adaptado de Carrijo e Marouelli (2002); Marouelli et al. (2011).

Com os dados de  $ET_o$  e  $K_c$ , estima-se a  $ET_c$  por meio da fórmula:

$$ET_c = K_c * ET_o$$

Onde:

**$ET_c$** = Evapotranspiração da cultura (mm dia<sup>-1</sup>)

**$ET_o$** = Evapotranspiração de referência (mm dia<sup>-1</sup>)

**$K_c$** = Coeficiente da cultura (adimensional)

Para a estimativa da lâmina de água, via dados climáticos e balanço de água, a LRN poderá ser calculada usando a seguinte equação:

$$LRN = \sum_{i=1}^n (ET_{c_i} - Pe_i) \times Am$$

Em que **LRN** é a lâmina real de água necessária (mm) e **Pe** é a precipitação efetiva no período considerado, caso em cultivo aberto. Deve-se considerar, para efeito de manejo das irrigações, que se estiver irrigando por gotejamento (molha uma parte da superfície do solo) deve-se considerar nesta equação o fator área molhada ( $Am$ ), que irá reduzir a lâmina aplicada.

Onde:

**LRN** = Lâmina real necessária (lâmina líquida de irrigação) (mm),

**ETc** = Evapotranspiração da cultura (mm dia<sup>-1</sup>),

**P<sub>e</sub>** = Precipitação efetiva (mm dia<sup>-1</sup>),

**n** = Número de dias entre duas irrigações consecutivas (turno de rega fixo ou variável).

Nesse caso, também se deve considerar, para definir a lâmina bruta de aplicação, a eficiência do sistema (Ea).

Determinada a lâmina bruta de irrigação, calcula-se o tempo de irrigação pela seguinte equação:

$$Ti = 60 \frac{LRN S_l S_g}{E_a Q_g}$$

Onde:

**Ti** = Tempo de irrigação em minutos

**ETc** = Evapotranspiração da cultura (mm dia<sup>-1</sup>)

**S<sub>l</sub>** = Espaçamento entre linhas (m)

**S<sub>g</sub>** = Espaçamento entre gotejadores (m)

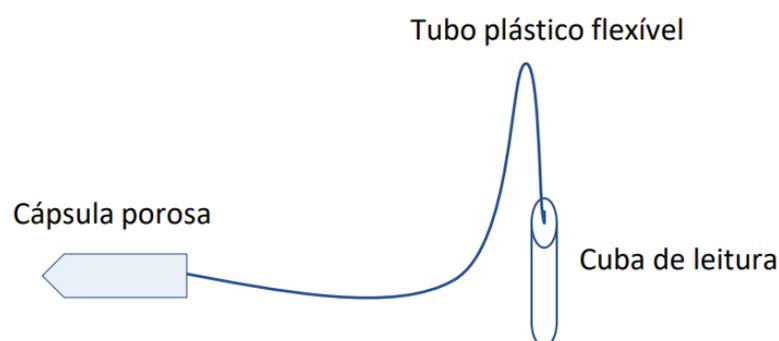
**E<sub>a</sub>** = Eficiência do sistema (decimal)

**Q<sub>g</sub>** = Vazão do gotejador (L h<sup>-1</sup>)

## 6. Manejo de irrigação utilizando o Irrigas®

O Irrigas® é uma tecnologia simples desenvolvida pela Embrapa e tem como função básica indicar se o solo está úmido ou seco. É de fácil uso e manutenção, pois não necessita de acrescentar água em seu interior, nem equipamento especial para fazer a leitura e a instalação. Assim, é uma tecnologia de grande ajuda ao agricultor no manejo diário da irrigação, podendo definir quando e quanto irrigar (Marouelli et al., 2015). Comparado ao tensiômetro, o Irrigas® é durável, de custo relativamente baixo, de fácil instalação e leitura, além de não requerer manutenção.

O Irrigas® é composto de duas partes principais: uma cápsula porosa (cerâmica) e uma cuba de leitura (cilindro), conectadas por um tubo plástico flexível (Figura 3).



**Figura 3.** Estrutura básica de um Irrigas®  
Ilustração: Marcos Braga

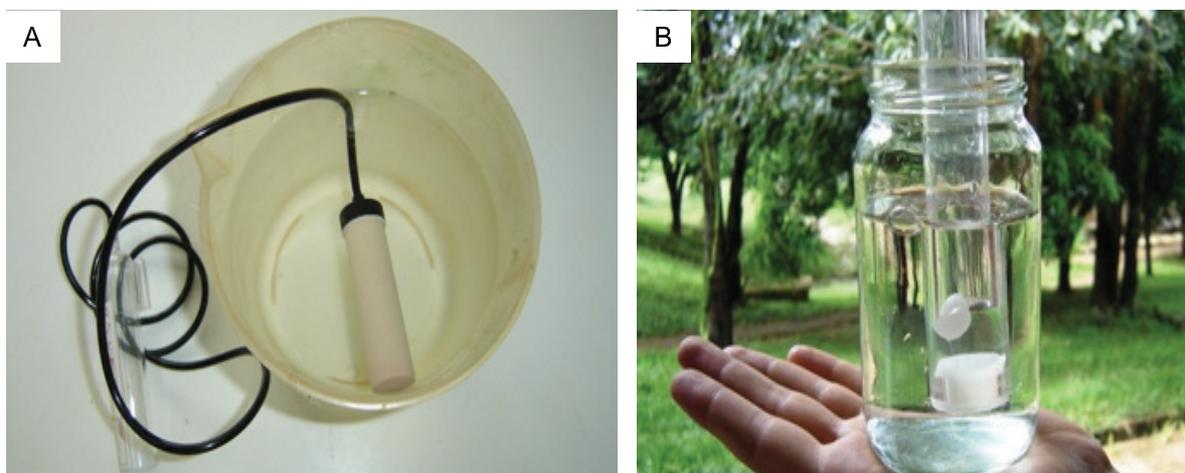
A cápsula porosa é a parte que irá para dentro do solo, na metade da profundidade efetiva do sistema radicular da planta (50% da profundidade radicular); uma parte do tubo flexível ficará para dentro do solo e outra para fora. A cuba ficará fora do solo e é onde se realizam as leituras diárias do sensor.

Os modelos de Irrigas<sup>®</sup> disponíveis no mercado são três: o de 15 kPa, 25 kPa e 40 kPa. O kPa é apenas uma unidade de medida de pressão, que para o Irrigas<sup>®</sup> corresponde à força com que a água fica retida nos poros da cápsula ou do solo. Logicamente, isso tem relação direta com o diâmetro dos poros das cápsulas: se os poros são maiores, a água vai ficar retida com pouca força; se os poros são menores, a água ficará retida com mais força. Assim, os poros das cápsulas dos modelos de Irrigas<sup>®</sup> são diferentes: maiores no modelo Irrigas<sup>®</sup> de 15kPa e menores no de 40kPa.

Nota-se que o Irrigas<sup>®</sup> não é um tensiômetro, uma vez que são leituras estanques. Quando a força que a água está retida nas cápsulas é rompida, o Irrigas<sup>®</sup> dá a leitura (sensor aberto); ou seja, há necessidade de efetuar irrigação. Mais explicitamente, o Irrigas<sup>®</sup> não define a qualquer tempo o valor da tensão de água no solo, como faz um tensiômetro.



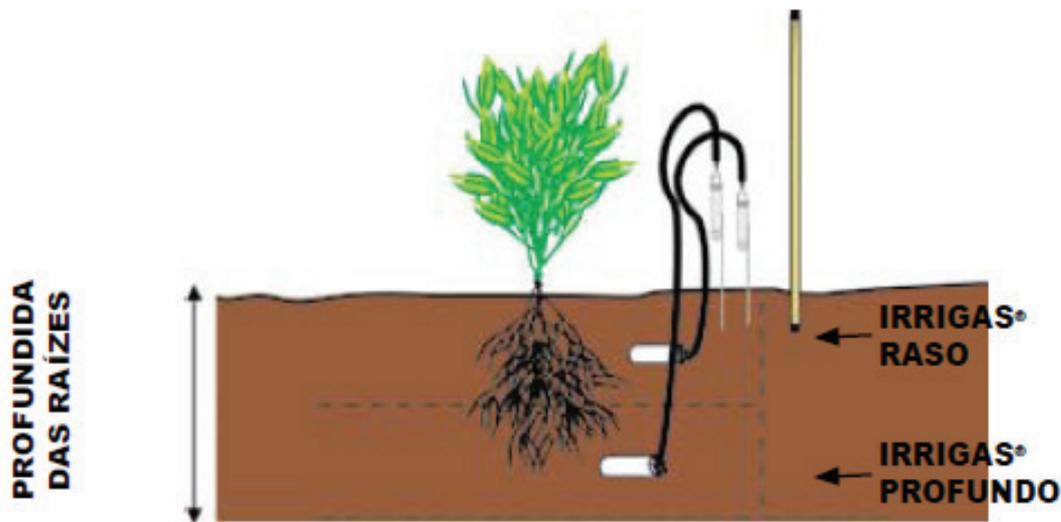
Para a instalação em campo (solo), sugere-se que, antes, os sensores Irrigas<sup>®</sup> passem por um teste simples. Ele consiste em fazer uma leitura do sensor após ser colocado dentro de um vasilhame com água, por um tempo de 15 a 30 segundos. Após esse tempo, teste a leitura (Figura 4). Se a leitura indicar sensor aberto (água subindo por dentro da cuba), o aparelho está com defeito e não deve ser instalado. Caso indique sensor fechado (água não sobe na cuba), pode ser instalado no campo.



**Figura 4.** Teste sensor Irrigas<sup>®</sup>. Imersão da cápsula porosa em um vasilhame (A). Imersão da cuba para leitura (B)

Fotos: Waldir Marouelli

A instalação do Irrigas<sup>®</sup> é similar à dos tensiômetros, considerando os aspectos de local, distribuição, e deve ser colocado no solo durante todo o ciclo da cultura (Figura 5).



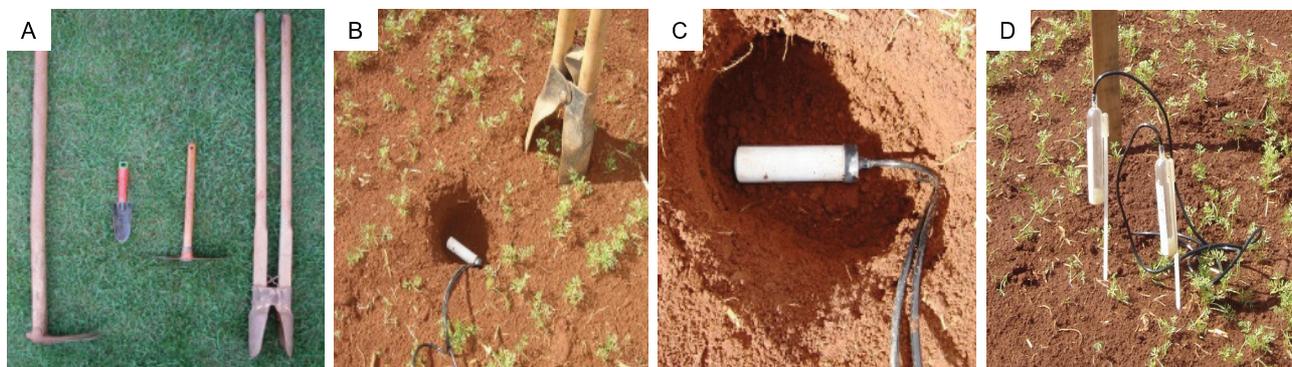
**Figura 5.** Instalação sensor Irrigas®

Fonte: Marouelli et al., 2015

Na figura 5, uma bateria de sensores Irrigas® é composta por dois sensores Irrigas® instalados no perfil do solo, próximos ao sistema radicular: um no meio da profundidade efetiva da raiz da cultura (este irá indicar o momento de irrigar); o segundo sensor fica abaixo do sistema radicular (indicará se as irrigações estão excessivas). Isso significa que, se após as irrigações esse sensor ler sempre “sensor fechado”, vai indicar que o tempo de irrigação (Ti) usado está alto e que o produtor irrigante deve diminuir o Ti nas próximas irrigações. Assim, o irrigante vai ajustando as lâminas de irrigação ao longo do tempo e do estágio de desenvolvimento da cultura.

O sensor pode ser instalado na distância de 0,10 a 0,25 m da planta (sistema irrigação por gotejamento), sempre dentro da área molhada. Não se esquece de que a profundidade de instalação do Irrigas® acompanha o crescimento do sistema radicular das plantas, igualmente, como se faz no manejo quando usa os tensiômetros.

A instalação pode ser realizada com o auxílio de cavador, não se esquecendo de acondicionar a cápsula porosa na horizontal (Figura 06). Normalmente, uma hora após a instalação o sensor irrigas® entra em equilíbrio com a umidade do solo, permitindo, assim, efetuar as leituras.



**Figura 6.** Instalação sensor Irrigas®. Instrumentos empregados (A); Cavador/sensor (B); Sensor na vertical (C); Sensores instalados (D)

Fotos: Waldir Marouelli e Marcos Braga.

No Irrigas® em solo úmido, a água retida preenche os poros da cápsula impedindo a passagem do ar, assim se diz que o sensor está fechado (água não sobe na cuba); não precisa de irrigação. Caso contrário, diz-se que o sensor está aberto (água sobe na cuba); a área necessita de irrigação.

Normalmente, instalam-se três baterias de sensor Irrigas® por área de cultivo, nas quais as plantas devem estar no mesmo estágio de desenvolvimento e sob o mesmo sistema de irrigação. Quando na mesma área mais de um sensor Irrigas® indicador do momento de irrigar der leitura aberta, deve-se efetuar o processo de irrigação.

Marouelli et al. (2015) definem quais modelos de Irrigas® devem ser usados para cada cultura, em função do sistema de irrigação usado. Para o cultivo de tomate, é proposto o modelo de 25kPa para sistema de irrigação por gotejamento. Embora esse valor seja ideal para mais de  $\frac{3}{4}$  do ciclo da cultura do tomate, notou-se no campo, principalmente em solos de textura arenosa a mediana, que as irrigações com 25kPa durante os primeiros 10 dias do transplante de mudas de tomate, ocorreram perdas no pegamento das mudas, necessitando mais replantio. Assim, sugere-se que, até o pegamento das mudas transplantadas, manejar as irrigações com o sensor de 15kPa; após o pegamento, manejar as irrigações com o sensor de 25kPa.



Recomenda-se efetuar leituras dos Irrigas® instalados na área de uma a três vezes ao dia. Normalmente, as leituras são feitas no período da manhã. Porém, recomenda-se repetir as leituras à tarde, já que o sensor pode marcar uma demanda de irrigação nesse período e, assim, passar toda a tarde e a noite sem que a planta receba água no momento adequado. A depender do estágio de desenvolvimento da cultura e condições edafoclimáticas, isso virá a afetar o desenvolvimento das plantas, principalmente, no período do pegamento de mudas.

O Irrigas® não possibilita determinar o valor exato da tensão de água no solo. No entanto, permite informar se a tensão está acima ou abaixo da tensão de referência da cápsula porosa. Isso possibilita ao irrigante definir o tempo de irrigação em um sistema dinâmico de checagem dos sensores e dos tempos de irrigação, aumentando e ou diminuindo o Ti ao longo do ciclo da cultura, conforme demanda hídrica da planta. Hoje já existe um sistema Irrigas® automático, que permite determinar não só o momento de irrigar, mas também estimar o tempo das irrigações.

## 7. Manejo de irrigação utilizando o método do tato-aparência

O método do tato-aparência (MTA) é relativamente antigo e, quando bem aplicado, pode ser eficiente nos manejos das irrigações, principalmente em solos com textura média a argila. Para ter uma boa eficiência no uso do MTA, faz-se necessário o treinamento dos usuários, uma vez que se usa o tato (mãos) na estimativa da água disponível no solo (AD).

Klocke & Fischaback (1984) relatam que a AD, a partir de uma amostra de solo, pode ser avaliada sem uso de qualquer tipo de sensor. Assim, permite obter informações suficientes para indicar ou não a necessidade de irrigar um cultivo, desde que a amostra do solo para a análise seja retirada na adequada profundidade. Ou seja, a profundidade onde se concentram os maiores volumes de raízes. Para tanto, é necessário um guia interpretativo para a estimativa da AD.



**SAIBA MAIS** Marouelli & Braga (2016) publicaram um guia prático para a estimativa da AD, levando em consideração a maioria dos tipos de solos (textura) encontrados no Brasil e as principais hortaliças cultivadas. É um guia autoexplicativo e visual, que, ao final, possibilita ainda estimar a lâmina de irrigação e o tempo necessário para sua aplicação. Ele está disponível gratuitamente na página da Embrapa na internet. Outra opção está no link: [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/guia\\_irrigas\\_000gul1eg9u02wx7ha0g934vgtvpy9xo.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/guia_irrigas_000gul1eg9u02wx7ha0g934vgtvpy9xo.pdf).

## 8. Considerações finais

o tomate apresenta um consumo de água diferenciado ao longo do seu ciclo, sendo que a exigência aumenta com o período de desenvolvimento dos frutos. Como é uma cultura que responde positivamente à aplicação de água, a prática da irrigação é de suma importância para a obtenção de uma maior produção de frutos de melhor qualidade.

Neste breve relato sobre manejo de irrigação, foram apresentados somente quatro metodologias para manejo: três baseadas no solo (tensiometria, Irrigas® e tato-aparência) e outro através de dados agroclimáticos.

Pode-se usar também a interação de métodos como: definir lâmina de irrigação com dados agroclimáticos e o momento de irrigar com os outros. Assim, a definição de métodos cabe ao técnico e ao produtor escolher o mais adequado para uso na propriedade, levando em consideração a condição edafoclimática da região, a disponibilidade de dados agroclimáticos e a situação econômica e social dos produtores.

## 9. Referências

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998, 328p. (Irrigation and Drainage Papers, 56)
- ALVARENGA MAR. **Cultura do tomateiro**. Lavras: UFLA. 2000, 91p. (Textos Acadêmicos 2)
- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D.; SOARES, A. A. **Manual de irrigação**. 9. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2019, 545p.
- BECKER, W.F., WAMSER, A.F., FELTRIM, A.L., SUSUKI, A., SANTOS, J.P., VALMORBIDA, J., HAHN, L., MARCUZZO, L.L., MUELLER, S. **Sistema de produção integrada para tomate tutorado em Santa Catarina**. Florianópolis, SC: Eapgri, 2016, 149p.
- CARRIJO, O. A.; MAROUELLI, W. A. Manejo da irrigação na produção de hortaliças em cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, 2002. Suplemento. (CD-ROM)
- BRAGA, M. B.; CALGARO, M. **Uso da tensiometria no manejo da irrigação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. 28 p.: il. (Embrapa Semiárido. Documentos, 235). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/884330/1/Documentos235.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2021.
- DENÍCULI, W., BERNARDO, S., THIÁBAUT, J. T. L., SEDIYAMA, G. C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v.27, n.50, p.155-162, 1980.

- DOORENBOS, J., PRUIT, W.O. **Crop water requirement**. Rome: FAO, 1977. 144p. (Irrigation and drainage, paper 24).
- DOORENBOS L; KASSAN AH. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campinas Grande, PB: UFPR; 1994. 306p.
- KELLER, J.; KARMELLI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinklers Manufacturing Corp., 1975. 133p.
- KLOCKE, N. L.; FISCHBACH, P. E. **Estimating soil moisture by appearance and feel**. Lincoln: University of Nebraska, 1984. 9 p. (Lincoln Extension. Publication, G84-690-A).
- LOPEZ, J.R.; ABREU, J.M.H.; REGALADO, A.P.; HERNADEZ, J.F.G. **Riego localizado**. 2 ed. Madrid: Centro Nacional de Tecnologia de Regadíos, p.217-229, 1992.
- MAROUELLI, W. A.; FREITAS, V. M.T.; COSTA JÚNIOR, A. D.; CALBO, A. G. **Guia prático para uso do Irrigas® na produção de hortaliças**. 2. ed., Brasília: Embrapa, 2015. 36 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1017645/guia-pratico-para-uso-do-irrigas-na-producao-de-hortalicas>. Acesso em: 20 mar. 2021.
- MAROUELLI, W. A.; BRAGA, M. B. **Método prático do tato-aparência do solo para manejo de irrigação em hortaliças**. Brasília: Embrapa, 2016, 20p. (Circular Técnica), disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/150605/1/CT-146-2.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2021.
- MAROUELLI, W. A.; OLIVEIRA, Á. S.; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, L. C.; SOUSA, V. F. **Manejo da água de irrigação**. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p.157-232.
- PAZ, V.P. S., TEODORO, R.E.F., MENDONÇA, F.C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.3, 2000.
- PIRES, R.C.M.; SAKAI, E.; ARRUDA, F.B.; FOLEGATTI, M.V. **Necessidades hídricas das culturas e manejo de irrigação**. In: MIRANDA, J.H.; PIRES, R.C.M. Irrigação. Vol. 1, Piracicaba, FUNEP, p.121-194, 2001.
- SILVA, A. M., SILVA, E. L. **Retenção da água pelo solo**. In. Conceitos básicos para irrigação. Lavras: Universidade Federal de Lavras, p.20-23, 1984.