

RELATÓRIO TÉCNICO

PRODUTO 2

Ampliação do Conhecimento dos Produtores Rurais das Propriedades Indicadas a Respeito das Necessidades de Água das Culturas, Por Meio de Estratégia de Apoio e Divulgação de Informações Sobre Sistemas e Manejo de Irrigação, Com Aumento da Eficiência de Uso de Água na Agricultura.

**PROGRAMA DE INCENTIVO AO USO RACIONAL DE
ÁGUA NA AGRICULTURA (P22)**

ETAPA I: Rios Caratinga e Guandu

**Viçosa – MG
Maio, 2014**

FUNARBE

Fundação de Apoio à Universidade Federal de Viçosa

CONTRATO DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇO

Nº 10/2013

ATO CONVOCATÓRIO Nº 01/2013

CONTRATO DE GESTÃO Nº 072/ANA/2011

RELATÓRIO TÉCNICO

Produto 2

Ampliação do Conhecimento dos Produtores Rurais das Propriedades Indicadas a Respeito das Necessidades de Água das Culturas, Por Meio de Estratégia de Apoio e Divulgação de Informações Sobre Sistemas e Manejo de Irrigação, Com Aumento da Eficiência de Uso de Água na Agricultura.

PROGRAMA DE INCENTIVO AO USO RACIONAL DE ÁGUA NA AGRICULTURA (P22)

ETAPA I: Rios Caratinga e Guandu

VIÇOSA . MG
Maio, 2014

CONTRATO DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇO Nº 10/2013

ATO CONVOCATÓRIO Nº 01/2013
CONTRATO DE GESTÃO Nº 072/ANA/2011

RELATÓRIO TÉCNICO

Produto 2

Ampliação do Conhecimento dos Produtores Rurais das Propriedades Indicadas a Respeito das Necessidades de Água das Culturas, Por Meio de Estratégia de Apoio e Divulgação de Informações Sobre Sistemas e Manejo de Irrigação, Com Aumento da Eficiência de Uso de Água na Agricultura.

Programa de Incentivo ao Uso Racional de Água na Agricultura (P22)

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Instituto Bioatlântica (IBIO Ë AGB DOCE) Agência Nacional de Águas Ë ANA

Diretor Geral

Carlos Augusto Brasileiro de Alencar

Diretor Administrativo Financeiro

Edson de Oliveira Azevedo

Comissão de Acompanhamento dos Produtos

Gestor do Programa P22

Eduardo Freitas da Costa

EQUIPE EXECUTORA

Coordenador/Especialista I

Rubens Alves de Oliveira

Especialista III

Maurício Bernardes Coelho

Especialista II

Márcio Mota Ramos

Especialista IV

Ednaldo Miranda de Oliveira

EQUIPE DE APOIO

Amanda Juliana do Carmo

ÍNDICE

| Item | Conteúdo | Pág. |
|------|--|------|
| | APRESENTAÇÃO | 6 |
| | SISTEMAS E MANEJO DE IRRIGAÇÃO NA BACIA DO RIO DOCE | 8 |
| 1 | INTRODUÇÃO | 9 |
| 2 | SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO | 11 |
| 2.1 | Irrigação por Sulcos | 14 |
| 2.2 | Irrigação por Aspersão | 16 |
| | Sistema de Irrigação por Aspersão Convencional Semi-portátil | 19 |
| | Sistema de Irrigação por Aspersão Convencional Portátil | 21 |
| | Sistema de Irrigação por Aspersão com Canhão Hidráulico Portátil | 21 |
| | Pivô Central | 22 |
| 2.3 | Irrigação Localizada | 27 |
| 3 | MANEJO DA IRRIGAÇÃO | 33 |
| 3.1 | Parâmetros que Devem ser Considerados no Manejo da Irrigação | 33 |
| | Retenção de Água no Solo | 33 |
| | Densidade do Solo | 35 |

| | |
|---|----|
| Fator de disponibilidade de água no solo | 38 |
| Profundidade efetiva das raízes das culturas | 38 |
| Evapotranspiração da cultura | 39 |
| Eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação | 42 |
| Intensidade de aplicação de água | 42 |
| 3.2 Estratégias de manejo da irrigação | 43 |
| Manejo da irrigação baseado na umidade do solo | 44 |
| Manejo da irrigação baseado na estimativa da evapotranspiração da cultura | 49 |
| Tanque Classe A | 49 |
| Estação Meteorológica Automática | 52 |
| Irrigâmetro | 54 |
| Aspersão Convencional, Gotejamento e Microaspersão | 59 |
| Pivô Central e Sistema Linear | 61 |
| 4 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA | 75 |

APRESENTAÇÃO

Este documento consiste na apresentação dos trabalhos relativos ao desenvolvimento de estratégia de apoio para atender os objetivos de ampliação do conhecimento dos produtores rurais das propriedades indicadas a respeito dos sistemas e do manejo da irrigação, constituindo-se num meio de divulgação de informações técnicas sobre as necessidades de água das culturas e da eficiência de uso de água na agricultura irrigada, no âmbito da implementação do Programa de Incentivo ao Uso Racional de Água na Agricultura na Bacia Hidrográfica do Rio Doce . P22.

Neste material bibliográfico estão apresentadas as principais características dos sistemas de irrigação mais encontrados na Bacia do Rio Doce, incluindo-se irrigação por sulcos, por aspersão, por gotejamento e por microaspersão, além de diversas tecnologias para manejo da irrigação, com foco no uso do Irrigâmetro.

Nesse contexto, busca-se conscientizar e orientar tecnicamente os agricultores a realizarem as irrigações no momento adequado e na quantidade certa, evitando-se a falta de água para as culturas ou o seu desperdício pela aplicação em excesso, ocasionando problemas de drenagem, perda de nutrientes por lixiviação, contaminação dos lençóis subterrâneos e gastos excessivos com energia. Assim, o uso racional da água na agricultura traz ganhos econômicos, sociais e ambientais não apenas aos produtores rurais da bacia hidrográfica, mas para a sociedade como um todo.

Ao final do projeto objetiva-se disponibilizar, ao Instituto BioAtlântica, um livro que irá se constituir em instrumento valioso para capacitar produtores rurais que trabalham com agricultura irrigada na Bacia do Rio Doce, a adotarem

atitudes que possibilitam maior economia de água e de energia, como parte de um processo de preservação do meio ambiente e de melhoria da qualidade de vida das pessoas, além da garantia de disponibilidade hídrica para as futuras gerações.

SISTEMAS E MANEJO DE IRRIGAÇÃO NA BACIA DO RIO DOCE

Rubens Alves de Oliveira

Márcio Mota Ramos

1. INTRODUÇÃO

Água de boa qualidade é um recurso finito na natureza e a sua disponibilidade vem diminuindo gradativamente devido ao crescimento populacional, à expansão das diversas atividades humanas e à degradação do meio ambiente. Ela é usada para atender as necessidades básicas humanas e animais, para a manutenção dos ecossistemas e como insumo em muitas atividades econômicas, principalmente na agricultura irrigada.

O desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada depende da utilização adequada dos recursos hídricos para suprir as necessidades de água das culturas. Na agricultura irrigada, é essencial aumentar a produção de alimentos com o uso de práticas ambientalmente corretas e mais eficientes de utilização da água, incluindo-se o armazenamento da água da chuva, o aumento da eficiência dos sistemas de irrigação e o manejo racional da água aplicada às plantas.

Na Bacia Hidrográfica do Rio Doce têm sido irrigadas diversas culturas tais como café, milho, feijão, manga, coco-anão, morango, inhame, pastagem, entre outras. No entanto, a quase totalidade das propriedades rurais que possuem áreas irrigadas não dispõe de sistema de manejo racional da água de irrigação. Isto tem sido atribuído à falta de conhecimento do produtor sobre os benefícios resultantes da adoção do manejo da irrigação e aos baixos custos da água comparativamente ao custo de implantação de um programa de manejo e gerenciamento da irrigação, bem como à dificuldade de quantificar a redução do consumo de energia e os ganhos de produtividade das lavouras irrigadas de maneira adequada.

Na agricultura irrigada o objetivo é aumentar a produtividade da cultura e a qualidade da produção, com sustentabilidade ambiental e econômica. A

adoção da irrigação precisa estar em consonância com as demais práticas recomendadas de cultivo, exigindo acompanhamento técnico especializado e critérios corretos na tomada de decisões, além de maior controle administrativo das atividades agrícolas.

Ao adotar técnicas recomendadas de produção agrícola, incluindo-se fertilização do solo, rotação de culturas, manejo integrado de pragas e doenças, entre outras, e irrigar, observando o momento adequado e a quantidade certa de água a ser aplicada às culturas, o produtor aumenta a produtividade agrícola com economia de água e energia, melhora a sua renda e contribui para preservar o meio ambiente e promover a sustentabilidade no campo.

Assim, o produtor tem que repensar todo o seu sistema de produção, visto que o uso da tecnologia de irrigação implica em aumento do investimento e em maior intensificação das diversas operações e práticas de cultivo.

O sucesso do investimento em agricultura irrigada requer melhor planejamento por parte do produtor do que em agricultura de sequeiro, devendo dispor de equipamentos modernos, sementes selecionadas, fertilizantes, defensivos agrícolas, de informações técnicas a respeito da planta, do solo, da água e do clima, além de conhecimento da estrutura de comercialização dos seus produtos. Falhas em qualquer etapa do processo de produção podem ocasionar prejuízos econômicos para o produtor irrigante.

Na adoção de um programa de manejo da irrigação em uma propriedade agrícola, deve ser utilizado um ou mais aparelhos para determinar o consumo de água das culturas, tais como tensiômetro, tanque classe A, estação meteorológica automática e irrigômetro. A escolha da tecnologia é baseada no poder aquisitivo do produtor rural, na facilidade de uso do aparelho e na adequação operacional da tecnologia ao cotidiano da fazenda.

Com o objetivo de atender aos produtores rurais da Bacia Hidrográfica do Rio Doce, este manual disponibiliza informações básicas sobre os principais

sistemas de irrigação e as tecnologias de manejo que podem ser aplicadas para determinar a necessidade de água das culturas, visando aumentar a eficiência de uso dos recursos hídricos na bacia.

2. SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

A irrigação é uma técnica que consiste na aplicação de água às plantas, na quantidade e no momento certos, com sustentabilidade ambiental e econômica, visando criar condições apropriadas de umidade do solo para o pleno desenvolvimento da cultura.

As condições econômicas e sociais, inerentes a cada região, e as diversidades de solo, água, clima e culturas a ser exploradas possibilitam o uso de diferentes sistemas de irrigação, que podem ser agrupados em três métodos abrangentes: irrigação por superfície, irrigação por aspersão e irrigação localizada.

A escolha de um dos métodos citados deve ser baseada na viabilidade técnica e econômica do projeto, bem como dos benefícios sociais advindos. O processo é complexo e exige conhecimentos relativos ao solo, ao relevo, à planta, à água, ao clima, aos sistemas de irrigação e aos custos envolvidos.

O tipo de solo afeta principalmente a irrigação por superfície, não sendo recomendada para solos que possuem alta taxa de infiltração por causa da ocorrência de grande perda de água por percolação. A heterogeneidade dos solos não restringe nenhum método, mas torna complexo o manejo da irrigação por superfície.

O relevo do terreno interfere na indicação do método de irrigação. Em locais com relevo acidentado são recomendados os métodos de irrigação por aspersão e, principalmente, localizada (microaspersão e gotejamento). A

irrigação por superfície é indicada, na maioria dos casos, para terrenos que apresentam relevo relativamente plano, por causa da baixa movimentação de terra durante a etapa de execução do projeto, com consequente redução dos custos de investimento.

A planta influencia na escolha do método de irrigação. A cultura do arroz é, predominantemente, explorada sob condições de irrigação por inundação. Em culturas que exigem tratamento fitossanitário frequente, como é o caso de tomate para consumo ~~na~~ natural, não se recomenda o método de irrigação por aspersão, por efetuar o molhamento da parte aérea e a lavagem dos produtos químicos aplicados.

A qualidade da água afeta principalmente a irrigação localizada, por causa de problemas relacionados ao entupimento de emissores, com efeito direto na redução da vazão de microaspersores e gotejadores.

Na bacia hidrográfica do Rio Doce é usual encontrar elevadas concentrações de ferro na água. Água com concentração de ferro superior a 0,2 miligrama por litro (0,2 mg/L) deve merecer atenção especial dos projetistas de sistemas de irrigação por microaspersão e, principalmente, por gotejamento, uma vez que o risco de entupimento dos emissores é moderado. O entupimento é ocasionado por um biofilme constituído por mucilagem bacteriana que se forma no interior da tubulação (Figura 1), dos microaspersores e dos gotejadores. Água com concentração de ferro superior a 1,5 miligramas por litro pode obstruir os emissores em pouco tempo e inutilizar o sistema de irrigação, resultando em prejuízos financeiros para o produtor rural.



Figura 1. Mucilagem bacteriana formada no interior da tubulação de polietileno.

Dentre os fatores climáticos, o vento é o mais determinante na escolha do método de irrigação. Em regiões em que a velocidade média do vento é maior que 5 metros por segundo (5 m/s), não se recomenda o uso de irrigação por aspersão e microaspersão, por ocasionar elevada perda por arrastamento e reduzir a uniformidade de aplicação de água na área irrigada. Condições climáticas que apresentam baixa umidade relativa do ar e elevada temperatura favorecem a perda de água por evaporação, contribuindo para reduzir a eficiência de irrigação.

Os custos de implantação do projeto de irrigação e de sua operação e manutenção devem ser considerados na escolha do método de irrigação. Em geral, os custos totais de sistemas de irrigação são crescentes na seguinte ordem: irrigação por superfície, aspersão e localizada. O método de irrigação por superfície usualmente apresenta baixo consumo de energia, mas, por outro lado, é o que consome mais água, o que tem restringido a ampliação da área irrigada e favorecido o avanço dos métodos de irrigação por aspersão e localizada. De maneira geral, tem diminuído a implantação de sistemas de irrigação por aspersão com uso de aspersores de alta pressão, do tipo canhão hidráulico, por causa do elevado consumo de energia.

2.1. Irrigação por Sulcos

Este método de irrigação é caracterizado pela aplicação e condução da água em sulcos construídos paralelamente às fileiras das plantas, nas parcelas a ser irrigadas. Após a aplicação de determinada vazão no início dos sulcos a água começa a escoar (Figura 2) e, à medida que avança em direção à parte mais baixa da área, vai ocorrendo a infiltração. Numa irrigação conduzida de maneira adequada, a água deve escoar no final dos sulcos durante um tempo suficiente para aplicação da lâmina de água necessária. Assim, parte da água infiltrada fica retida no perfil do solo explorado pelas raízes das plantas, propiciando o armazenamento de água para utilização durante o período compreendido entre duas irrigações consecutivas.

O uso de sistema de irrigação por sulcos demanda grande quantidade de água e muita mão-de-obra por unidade de área, comparativamente aos métodos de irrigação por aspersão e localizada.

A irrigação por sulcos é recomendada para solos mais argilosos. O seu uso em solos arenosos resulta em elevadas perdas de água e de nutrientes para as camadas mais profundas.

Este método de irrigação é indicado para a maioria das culturas tais como milho, feijão (Figura 2), algodão, cebola, banana, uva, tomate, cana-de-açúcar (Figura 3), entre outras.

Na bacia hidrográfica do Rio Doce, este método tem sido mais utilizado na irrigação da cultura do tomate, observando-se uma tendência de substituição por sistema de irrigação por gotejamento com uso de fitas gotejadoras.



Figura 2. Cultura do feijão irrigada por sulcos.



Figura 3. Cultura da cana-de-açúcar irrigada por sulcos, com aplicação da água por meio de tubo janelado.

2.2. Irrigação por Aspersão

No método de irrigação por aspersão a água é conduzida em tubulações até os aspersores e, ao passar pelos bocais, são formados jatos que se fragmentam em gotas no ar, distribuindo-se sobre a cultura e o solo da área irrigada, assemelhando-se a uma chuva.

A irrigação por aspersão adapta-se a diferentes tipos de solos e culturas, podendo ser usada em terrenos planos ou com relevo um pouco acidentado. Uma limitação é a interferência nos tratamentos fitossanitários, por lavar os produtos químicos pulverizados na parte aérea das plantas.

Em geral, os sistemas de irrigação por aspersão são constituídos de um conjunto motobomba, tubulações, peças acessórias e aspersores.

O conjunto motobomba (Figura 4) é constituído por uma bomba do tipo centrífuga de eixo horizontal, dotada de um ou mais rotores, e o motor é, geralmente, elétrico ou a diesel.



Figura 4. Motobomba centrífuga.

As tubulações, na maioria dos casos, são constituídas de tubos de PVC ou aço zincado, com 6 metros de comprimento, dotados de dispositivo para engate rápido.

As peças acessórias são aquelas comuns a sistemas de recalque tais como válvula de pé com crivo, curvas, redução excêntrica, manômetro, ampliação concêntrica, válvulas de gaveta e de retenção, além de outras peças próprias do sistema de aspersão tais como adaptadores, válvula de linha ou hidrante, cotovelo de derivação, válvula de saída para aspersor, tubo de subida, tripé e tampão final. Dependendo do tipo de sistema de irrigação por aspersão pode-se ter outras peças especiais.



Figura 5. Peças de sistemas de irrigação por aspersão.

Os aspersores são dispositivos que efetuam a distribuição da água na área irrigada, na forma de chuva artificial.

As condições operacionais dos aspersores afetam a distribuição da água. Os aspersores devem funcionar dentro dos limites de pressão especificados

pele fabricante, para se obter uma distribuição adequada de água na área irrigada.

A vazão do aspersor depende do diâmetro e da pressão da água no bocal. A faixa de pressão, na qual a distribuição da água é adequada, é diferente para os vários tipos de aspersores. A pressão de funcionamento dos aspersores varia de 6 a 92 metros de coluna de água (6 a 92 mca), sendo que a maioria dos aspersores que têm sido usados no campo está na faixa de pressão intermediária a esses valores. Devido ao aumento do custo de energia, tem aumentado o uso de aspersores de baixa pressão.

O aspersor pode ser do tipo rotativo, também conhecido como aspersor de impacto (Figura 6), ou do tipo fixo, denominado difusor (Figura 7).

Os aspersores rotativos possuem mecanismo próprio para efetuar a rotação em torno de seu eixo, com velocidade variando entre 0,5 e 2,0 rotações por minuto (0,5 a 2,0 rpm), podendo ter giro completo (360°) ou setorial (< 360°). O aspersor setorial é dotado de mecanismo adicional que possibilita efetuar a regulagem do ângulo de molhamento, sendo geralmente usado na última posição de aspersor da linha lateral em situações onde existem locais próximo à periferia da área irrigada cujo molhamento é indesejável.



Figura 6. Aspersores rotativos.



Figura 7. Aspersor do tipo spray, com diversos modelos de bocais e placas espalhadoras, e o seu uso em pivô central.

a) Sistema de Irrigação por Aspersão Convencional Semi-portátil

A Figura 8 mostra um sistema de irrigação por aspersão convencional semi-portátil. É um dos sistemas de irrigação mais usados no Brasil, sendo geralmente constituído por um conjunto motobomba, tubos de PVC ou de aço zincado, peças acessórias e aspersores.

Nesse sistema existe uma tubulação principal que conduz água até as tubulações laterais, onde ficam instalados os aspersores. A tubulação principal é fixa, podendo ser enterrada, e as tubulações laterais são movimentadas manualmente, ficando em funcionamento em cada posição durante o tempo suficiente para aplicação da quantidade de água necessária à cultura.

Os aspersores são do tipo rotativo, geralmente funcionando com pressão entre 20 e 30 metros de coluna de água (20 a 30 mca).

Após a irrigação de determinada área, a linha lateral é desmontada e os tubos e aspersores são transportados manualmente até a nova posição a ser irrigada. Após a montagem da linha lateral, o sistema de irrigação é novamente

colocado em funcionamento, sendo esse procedimento repetido para todas as posições de linha lateral, até completar a irrigação de toda a área.



Figura 8. Sistema de irrigação por aspersão convencional.

Na bacia hidrográfica do Rio Doce tem sido comum o uso, nesse sistema, de aspersores do tipo ~~canhão~~ canhão hidráulico, de pequeno e médio porte, funcionando com pressão entre 50 e 70 metros de coluna de água (50 a 70 mca), principalmente na irrigação de capineiras, pastagens e das culturas do milho e do café. Por causa da elevada intensidade de aplicação de água desses aspersores, em condições de relevo acidentado pode ocorrer escoamento superficial, erosão do solo e acúmulo de água nas partes mais baixas do terreno, ocasionando problemas ambientais que resultam em prejuízos para o produtor rural.



Figura 9. Escoamento superficial e acúmulo de água nas partes baixas do terreno podem ocasionar prejuízos econômicos para o produtor rural.

b) Sistema de Irrigação por Aspersão Convencional Portátil

Este sistema é usualmente empregado na irrigação de pequenas áreas. Neste caso, tanto a linha principal quanto a linha lateral são móveis. Em algumas situações, a motobomba, com motor diesel, pode ser montada sobre carreta para facilitar o transporte em casos de irrigação de áreas adjacentes.

c) Sistema de Irrigação por Aspersão com Canhão Hidráulico Portátil

Este sistema de irrigação é geralmente constituído de um conjunto motobomba, tubos de PVC ou de aço zincado dotados de engate rápido, peças acessórias e um ou mais aspersores de grande porte do tipo **canhão hidráulico**.

Neste sistema, a linha lateral possui um hidrante em cada posição de conexão de aspersor, operando com apenas um **canhão hidráulico** durante o tempo suficiente para aplicação da quantidade de água necessária à cultura.

Terminada a irrigação numa posição de aspersor na linha lateral, o **canhão hidráulico** é deslocado para a posição seguinte, irrigando a área à sua volta, e assim sucessivamente, até completar todas as posições de aspersor na linha lateral. Em seguida, a linha lateral é transportada e montada numa nova posição na linha principal, repetindo-se o procedimento anterior até irrigar toda a área.

Comparativamente aos sistemas de irrigação por aspersão convencional, e considerando a mesma área a ser irrigada, o sistema com **canhão hidráulico** portátil geralmente demanda menos mão-de-obra e necessita de conjunto motobomba mais potente, por causa de maior altura manométrica ocasionada pela elevada pressão de serviço do aspersor, usualmente entre 55 e 80 metros de coluna de água (55 a 80 mca).

d) Pivô Central

O sistema pivô central (Figura 10) é geralmente constituído por uma tubulação de sucção, conjunto motobomba, tubulação adutora e o próprio equipamento pivô central.

A tubulação de sucção e o conjunto motobomba são componentes comuns de sistemas de recalque, sendo geralmente instalados fora da área irrigada. Em algumas situações podem ser instalados no centro da área quando se usa poço ou canal localizados próximo ao centro do pivô central.

A tubulação adutora, que fica enterrada, conduz água da bomba hidráulica até a torre central do pivô central, sendo de PVC ou de aço zincado.



Figura 10. Cana-de-açúcar irrigada por pivô central.

O pivô central possui uma linha lateral suspensa, sustentada por torres, treliças, tirantes e cabos metálicos. As torres são estruturas triangulares de aço com duas rodas pneumáticas nas extremidades da base.

A tubulação da linha lateral do pivô central, onde ficam instalados os aspersores, é de aço galvanizado, com diâmetro variando de 144 a 250 milímetros (144 a 250 mm), sendo comum o uso de tubos com diâmetro de 168 milímetros (168 mm).

A torre central (Figura 11) é uma estrutura metálica em forma de pirâmide, denominada ponto pivô, montada sobre base de concreto. O equipamento gira em torno desse ponto, irrigando áreas circulares. Nessa estrutura ficam instalados o painel de controle e o tubo de elevação, o qual fica posicionado na vertical e conduz a água da tubulação adutora para a linha lateral suspensa.



Figura 11. Torre central do pivô central.

O painel de controle do pivô pode ser analógico (Figura 12) ou digital e apresenta, dependendo do fabricante, os seguintes componentes: chave geral, botões seletores do sentido de rotação, relê percentual, luz indicadora de sistema ligado, entre outros.



Figura 12. Painel de comando analógico de um pivô central.

Do ponto de vista do manejo da irrigação, os dois componentes mais importantes são a chave seletora do sentido de rotação e o relê percentual, também conhecido como percentímetro.

A chave seletora do sentido de rotação permite girar o pivô no sentido horário ou anti-horário.

O relê percentual permite controlar a velocidade de giro do pivô, em termos percentuais, podendo ser manobrado mesmo com o equipamento em funcionamento. Os valores indicados expressam o percentual do tempo de energização do motor da última torre do pivô central. Por exemplo, se o relê percentual for regulado em 100%+ a última torre movimentará ininterruptamente, alcançando, assim, a velocidade máxima, que resulta no menor tempo para uma volta completa do pivô central. Se a regulagem for 50%+, a última torre movimentará durante determinado período de tempo, por exemplo 30 segundos, permanecerá parada durante esse mesmo tempo, sendo esse processo repetido continuamente enquanto o equipamento permanecer ligado. Se a regulagem for 70%+, a última torre movimentará durante 42 segundos e permanecerá parada durante 18 segundos, por exemplo, sendo esse processo repetido continuamente enquanto o equipamento permanecer ligado.

No manejo da irrigação, é necessário calcular inicialmente a lâmina de água a ser aplicada à cultura e, posteriormente, a correspondente percentagem de rotação do pivô, cujo valor deve ser ajustado no percentímetro.

A conexão do tubo de elevação do pivô central ao primeiro lance da linha lateral é feita por uma peça denominada pivoflex, que permite o giro da tubulação em torno de um eixo fixo.

As tubulações dos lances são interligadas por meio de pino esférico, com alojamento próprio, e por mangotes especiais. Isso permite amplo movimento

em todas as direções para adaptação do equipamento a irregularidades da superfície do terreno.

A distância entre as torres varia de 38 a 60 m. A maior distância entre torres é mais econômica, devendo ser usada apenas em condições de relevo suave e uniforme e em solos que apresentem boa estabilidade quando molhados, evitando problemas de atolamento do pivô central.

A altura livre sobre o solo varia em torno de 2,70 metros (2,70 m) ou, opcionalmente, 3,70 e 5,40 metros (3,70 e 5,4 m) para a irrigação de culturas de porte elevado, como nos casos de cana-de-açúcar, mamão, entre outras.

Cada torre móvel é equipada com um motoredutor com potência de 0,75; 1,0 ou 1,5 cavalo-vapor (0,75; 1,0 ou 1,5 cv), montado sobre a viga-base, o qual aciona os redutores finais das rodas, através de eixos cardans e acoplamentos elásticos.



Figura 13. Torre móvel de um pivô central.

As rodas das torres são de aço com pneus do tipo usado no eixo traseiro de tratores agrícolas. As duas rodas são montados nas extremidades da viga-base da torre de maneira que os pneus fiquem com garras opostas, para que

possam se cruzar no terreno, visto que o equipamento pode girar em dois sentidos.

A velocidade de deslocamento da última torre é regulada no painel de controle do pivô central. A velocidade e o alinhamento das demais torres são controlados por uma caixa individual com componentes eletromecânicos e por barras metálicas de controle existentes na parte superior de cada uma delas.

O último lance da tubulação fica em balanço, com a finalidade de aumentar a área irrigada com menor custo. Alguns pivôs centrais possuem um aspersor setorial do tipo canhão hidráulico instalado na extremidade da tubulação em balanço, com a mesma finalidade mencionada anteriormente; entretanto, esta prática está em desuso por causa da alta intensidade de aplicação de água, da elevada perda por arrastamento pelo vento e da possibilidade de formação de precipitações com predominância de gotas grandes, que podem ocasionar danos ao solo e às culturas.

2.3. Irrigação Localizada

O método de irrigação localizada é caracterizado pela aplicação de água sobre o solo, na região das raízes das plantas, em pequena intensidade e alta frequência, visando manter a umidade do solo próximo à capacidade de campo.

A irrigação localizada abrange os métodos de irrigação por gotejamento (Figura 14) e por microaspersão (Figura 15). Os gotejadores geralmente aplicam vazões na faixa de 2 a 12 litros por hora (2 a 12 L/h), enquanto que os microaspersores operam na faixa de 20 a 200 litros por hora (20 a 200 L/h).



Figura 14. Planta de maracujá irrigada por gotejamento.



Figura 15. Plantas de coco-anão irrigadas por microaspersão.

Os sistemas de irrigação localizada apresentam as seguintes vantagens:

- a) Maior produtividade da cultura
- b) Melhor controle da quantidade de água aplicada para as plantas
- c) Menor consumo de energia
- d) Maior eficiência de aplicação de água
- e) Menor desenvolvimento de ervas daninhas entre linhas de plantio

- f) Melhor adaptação a diferentes tipos de solo e condições de relevo do terreno
- g) Maior facilidade de distribuição de produtos químicos por meio da água de irrigação
- h) Menor exigência de mão-de-obra e maior facilidade de automação
- i) Menor incidência de doenças fúngicas na lavoura.

As desvantagens são:

- a) entupimento de emissores, principalmente gotejadores; e
- b) elevado custo inicial de investimento.

Um sistema de irrigação localizada é constituído basicamente por um conjunto motobomba, estação ou cabeçal de controle, tubulações (de recalque, principal, derivação e laterais) e emissores (gotejadores ou microaspersores).

O conjunto motobomba é usualmente constituído por um motor elétrico e por uma bomba centrífuga. A potência do motor depende da altura manométrica, da vazão e da eficiência da bomba.

Na estação de controle (Figura 16) existem filtros, injetor de produtos químicos, válvulas, manômetros, entre outros. Nos sistemas automatizados existem painéis de controle digitais, válvulas solenoides, de retrolavagem, de controle hidráulico etc.

Os filtros são de três tipos mais comuns: de areia, de tela e de disco.

O filtro de areia é usado para reter o material orgânico e as partículas maiores presentes na água de irrigação. A sua limpeza é feita por meio de retrolavagem, com inversão do sentido de escoamento da água no interior do filtro, com retirada da água com impurezas do sistema. Quando a água de irrigação é limpa, como a encontrada em poços profundos, o uso do filtro de areia pode ser dispensado.

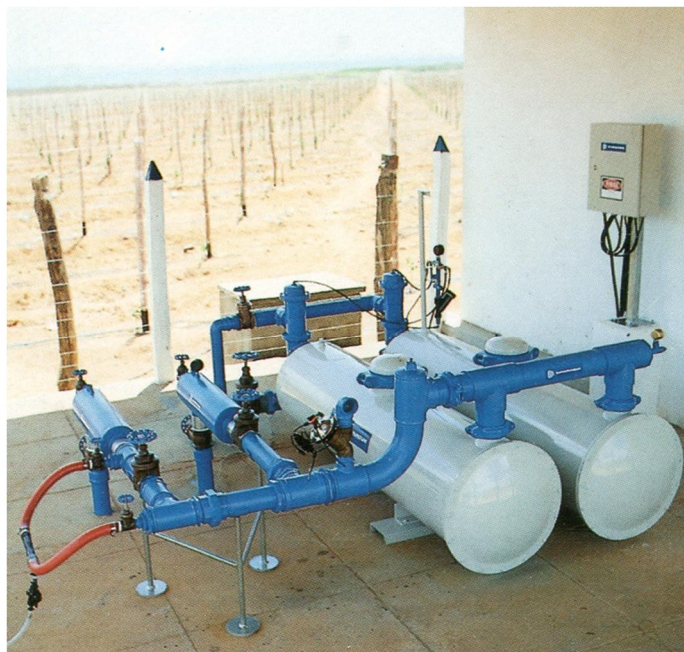


Figura 16. Estação de controle de sistema de irrigação localizada, com filtros de areia horizontais.

O filtro de tela (Figura 17) tem grande eficiência na retenção de pequenas partículas sólidas, porém, entopem facilmente com algas. A tela usada apresenta orifícios cujas dimensões podem variar de 0,074 a 0,200 milímetros (0,074 a 0,200 mm).

O filtro de discos (Figura 18) possui um elemento filtrante composto por vários anéis plásticos, com ranhuras, montados sobre um suporte central cilíndrico. A água é filtrada ao passar pelos pequenos condutos formados pelas ranhuras dos anéis adjacentes. A qualidade da filtragem vai depender da espessura das ranhuras.



Figura 17. Filtro de tela de sistema de irrigação localizada.



Figura 18. Filtro de discos de sistema de irrigação localizada.

As tubulações utilizadas podem ser de diferentes materiais. As linhas de recalque, principal e de derivação ficam normalmente enterradas, e o material mais usado é o PVC. As linhas laterais, em maior quantidade, são de polietileno, com diâmetros nominais de 10, 13, 16 e 20 milímetros (10, 13, 16 e 20 mm).

Os gotejadores e microaspersores são peças importantes do sistema, por caracterizarem o método de irrigação localizada. Os gotejadores podem ser conectados sobre a linha lateral ou inseridos na tubulação, como nos casos de tubos gotejadores e de fitas gotejadoras.

A conexão dos microaspersores é sobre a tubulação, em orifícios abertos no momento da instalação no campo usando-se perfurador apropriado, preferencialmente do próprio fabricante do emissor.

Os sistemas de irrigação por gotejamento e por microaspersão são, geralmente, de maior custo que os sistemas de aspersão, sendo recomendados para diversas culturas tais como café, tomate, morango, melão, melancia, pimenta do reino (gotejamento); abacate, citrus, goiaba, guaraná, manga, noqueira pecã e seringueira (microaspersão); banana, cacau, mamão e uva (gotejamento ou microaspersão).

Existem sistemas alternativos de irrigação localizada, de baixo custo, que podem ser desenvolvidos na própria fazenda, como o sistema xiquexique (Figura 19). Do ponto de vista técnico, os sistemas alternativos devem ser evitados por causa da baixa uniformidade de distribuição de água que apresentam em comparação com os sistemas comerciais.



Figura 19. Confeção de sistema alternativo por gotejamento do tipo xiquexique.

3. MANEJO DA IRRIGAÇÃO

A irrigação consiste na aplicação de água no solo, na quantidade e no momento certo, com a finalidade de proporcionar a umidade necessária ao pleno desenvolvimento das culturas. Isso propicia o aumento da produtividade e da qualidade dos produtos e reduz o risco de perda da produção ocasionada por períodos de estiagem.

A necessidade de água das plantas varia com a sua fase de desenvolvimento e com as condições climáticas locais. Plantas jovens consomem menos água que adultas em pleno desenvolvimento. Além disso, aquelas cultivadas em local de clima seco e quente necessitam, diariamente, de maior quantidade de água, em comparação com outras cultivadas em ambientes úmidos e com temperaturas amenas.

Durante o manejo da irrigação de uma cultura deve-se monitorar e quantificar, periodicamente, o consumo de água pelas plantas, possibilitando determinar o tempo de funcionamento do sistema de irrigação. A sua adoção poderá ocasionar vários benefícios, destacando-se a economia de água e energia, que possibilitam melhor aproveitamento dos recursos hídricos e aumento da renda do produtor.

Para irrigar de maneira eficiente, é necessário conhecer alguns parâmetros relacionados ao solo, ao clima, à água, à planta e ao sistema de irrigação.

3.1. Parâmetros que Devem ser Considerados no Manejo da Irrigação

a) Retenção de Água no Solo

O solo é o reservatório natural de água para as plantas. Essa água armazenada e disponível às plantas está compreendida entre a capacidade de campo (Cc) e o ponto de murcha permanente (Pm). A capacidade de campo

corresponde ao limite superior da água disponível e representa a umidade do solo após a drenagem da água contida nos macroporos pela ação gravitacional. Essa condição de umidade favorece maior absorção de água e nutrientes pelas plantas. O ponto de murcha permanente corresponde ao limite inferior de água disponível. Tal condição de umidade restringe severamente a absorção de água pelas plantas, que morrerão se não houver reposição da água no solo.

Na Figura 20, apresenta-se a curva de retenção de água de um solo arenoso. À medida que a umidade diminui, a água remanescente fica mais fortemente retida entre as partículas do solo, acarretando aumento da tensão.

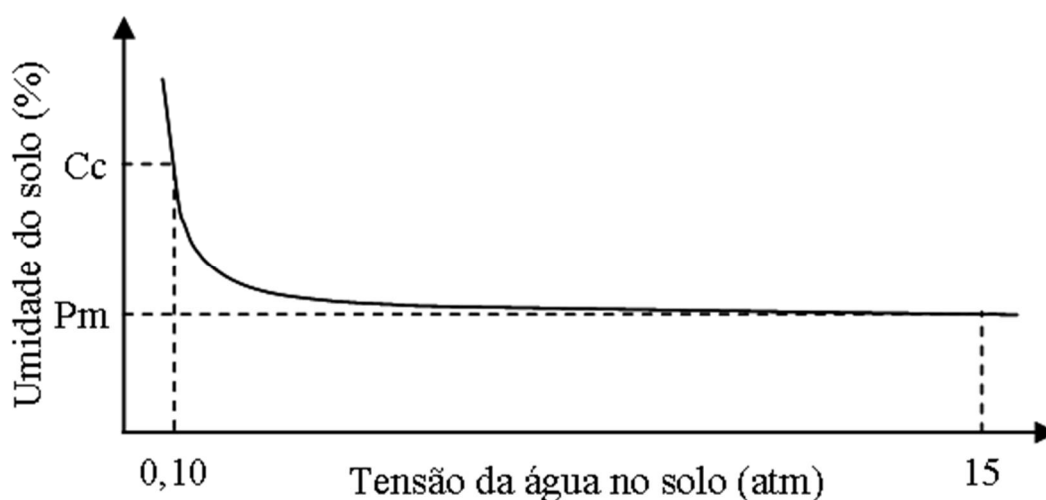


Figura 20. Curva de retenção de água no solo.

A capacidade de campo e o ponto de murcha permanente são de caráter dinâmico, pois dependem da interação solo. água. clima. planta. Na irrigação, para fins práticos, a umidade correspondente à capacidade de campo (Cc) é obtida na tensão de um décimo de atmosfera (0,10 atm) para solos arenosos e de um terço de atmosfera (0,33 atm) para os argilosos. A umidade correspondente ao ponto de murcha permanente (Pm) é obtida na tensão de 15 atmosferas (15 atm).

Tabela 1. Resultado da análise físico-hídrica de um solo argiloso.

| Tensão (atm) | Umidade do solo (% em peso) |
|--------------|-----------------------------|
| 0,10 | 36,1 |
| 0,33* | 33,8 |
| 15,00** | 23,5 |

*Cc = 33,8 % em peso; **Pm = 23,5% em peso

Tabela 2. Resultado da análise físico-hídrica de um solo arenoso.

| Tensão (atm) | Umidade do solo (% em peso) |
|--------------|-----------------------------|
| 0,10* | 4,9 |
| 0,33 | 4,5 |
| 15,00** | 2,9 |

*Cc = 4,9 % em peso; **Pm = 2,9% em peso

b) Densidade do Solo

A densidade do solo é a relação entre a massa e o volume de uma amostra de solo seco. Na sua determinação pode-se utilizar um trado Uhland, cujo cilindro é cravado no solo, na profundidade média da camada de solo explorada pelas raízes das plantas. Após a retirada do cilindro, a amostra é preparada e levada à estufa para secagem por 24 horas, a uma temperatura aproximada de 105 °C, para determinação de sua massa. O volume é determinado com uso dos valores do diâmetro e da altura da amostra de solo.

Na amostragem para determinação da densidade do solo pode-se também usar o método recomendado por Oliveira e Ramos (2008), denominado Método do Tubo de PVC.

O Método do Tubo de PVC consiste em nivelar previamente a superfície do solo, umedecê-lo (Figura 21A) e, posteriormente, cravar um tubo com diâmetro nominal de 50 mm e comprimento de 15 cm (Figura 21B), tendo uma das extremidades afiada, até que a borda superior do tubo de PVC fique à superfície do solo (Figura 21C). Em seguida, escava-se o solo em torno do tubo de PVC para facilitar o acesso à sua extremidade inferior. Com uma faca, corta-se o solo na base do tubo (Figura 21D), retira-se o conjunto (tubo com solo) e apara-se a base da amostra, para eliminar o excesso de solo (Figura 21E). Em seguida faz-se uma limpeza do tubo e a vedação das extremidades da amostra de solo com fita plástica adesiva (Figura 21F). Para fins de irrigação, recomenda-se fazer pelo menos três repetições na área irrigada.

Os tubos de PVC com as amostras devem ser enviados para um laboratório, solicitando-se a determinação da densidade do solo. Após a determinação da densidade pode-se usar uma amostra composta para obter os valores da capacidade de campo e do ponto de murcha permanente.

No laboratório, o solo contido no tubo de PVC deve ser retirado e colocado em estufa à temperatura de 105 graus Celsius (105 °C), durante 24 horas. Após esse tempo, o solo seco é pesado e a sua densidade é calculada com aplicação da equação seguinte.

$$D_s = \frac{m_s}{V_s} \quad (1)$$

Em que:

D_s : densidade do solo, g/cm³;

m_s : massa de solo seco, g; e

V_s : volume da amostra de solo, cm³.

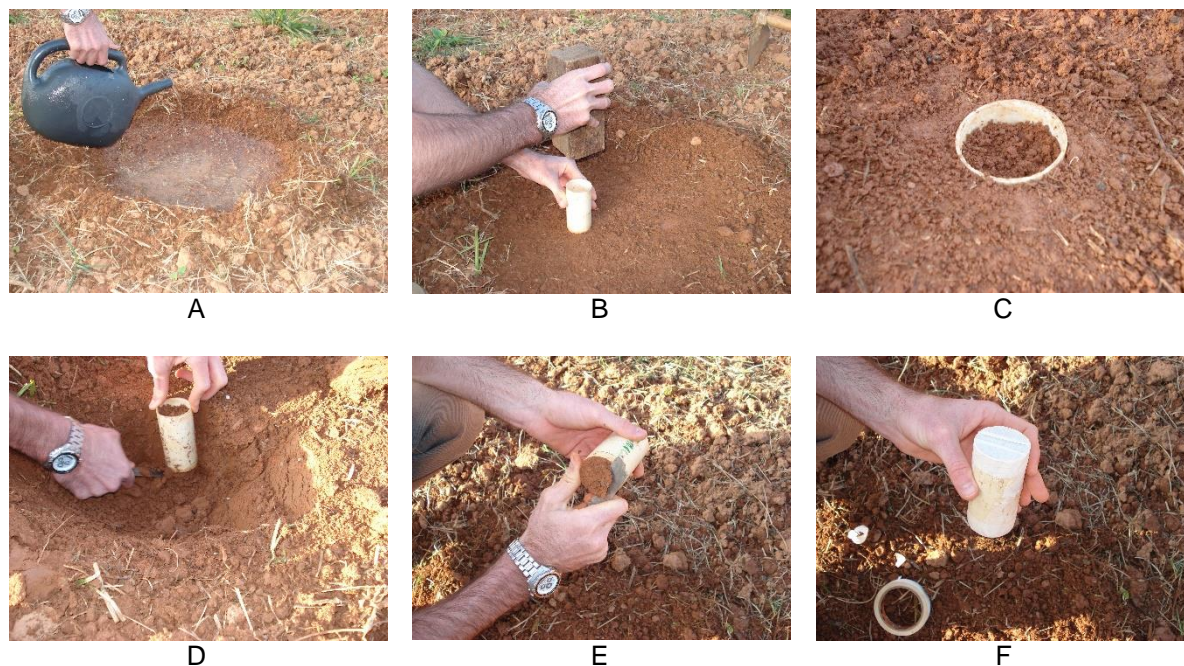


Figura 21. Procedimento para amostragem do solo pelo método do tubo de PVC.

Durante a cravação do tubo de PVC geralmente ocorre compactação, com rebaixamento da superfície do solo dentro do tubo, como pode ser observado na Figura 21C. O erro decorrente da compactação é eliminado no Método do Tubo de PVC ao se considerar, no cálculo da densidade do solo, o volume interno do tubo de PVC, e não o volume da amostra de solo compactada.

O volume interno do tubo de PVC (V_s) é calculado multiplicando-se a área da seção transversal do tubo pelo seu comprimento.

$$V_s = \frac{3,1416 D^2}{4} C \quad (2)$$

Em que:

D = diâmetro interno do tubo de PVC, cm, e

C = comprimento do tubo de PVC, cm.

Portanto, ao considerar o volume da amostra de solo igual ao volume interno do tubo de PVC, elimina-se o erro decorrente da compactação do solo que geralmente ocorre durante a amostragem.

c) Fator de disponibilidade de água no solo

Estando a umidade na capacidade de campo, com a ocorrência da evapotranspiração, o nível de água no solo diminui, tornando cada vez mais difícil a absorção de água e nutrientes pelas plantas. Em irrigação, não se deve permitir que o teor de água no solo atinja o ponto de murcha permanente. Assim, no manejo adequado da irrigação deve-se considerar uma umidade mínima do solo com a finalidade de evitar que as plantas reduzam as suas atividades metabólicas por causa da restrição de água.

O fator de disponibilidade de água no solo (f) é importante no cálculo da umidade mínima e da lâmina de água necessária à cultura. O valor de f representa a fração do total de água armazenada no solo, entre a capacidade de campo e o ponto de murcha, que pode ser usada pela cultura, de maneira que as plantas não sofram restrição de água num nível que possa comprometer o seu desenvolvimento e reduzir a produtividade. Os valores de f geralmente variam entre 0,2 e 0,7. Os menores valores são indicados para culturas mais sensíveis a déficit hídrico, como as olerícolas, e os maiores valores para culturas mais resistentes a déficit hídrico, como trigo e algodão.

d) Profundidade efetiva das raízes das culturas

A profundidade efetiva (Z) corresponde à profundidade do perfil do solo, na qual se concentram aproximadamente 80% das raízes das plantas. No manejo da irrigação, para a maioria das culturas, pode-se monitorar e controlar a umidade da camada de solo com 25 cm de profundidade.

e) Evapotranspiração da cultura

O processo que associa a transferência de água do solo e das plantas para a atmosfera, na forma de vapor de água, é denominado evapotranspiração (ET). Ela representa, na prática, o consumo de água de uma cultura, geralmente expresso em milímetro por dia (mm/d). Um milímetro representa a altura da camada formada pela aplicação de um litro de água numa área de um metro quadrado (1 mm = 1 L/m²).

O consumo de água pelas plantas é maior em regiões mais ensolaradas, com temperatura elevada, umidade relativa baixa e ventos fortes, podendo chegar a 10 milímetros por dia (10 mm/d).

A evapotranspiração varia com o tipo de cultura, por causa das características próprias das espécies vegetais. Dessa maneira, houve a necessidade de definir a evapotranspiração de referência (ET₀) e, a partir daí, estimar a evapotranspiração da cultura de interesse (ET_c).

Várias metodologias podem ser utilizadas para se determinar o valor da ET₀. No manejo da irrigação têm sido mais utilizados o método do tanque Classe A e a estação meteorológica automática. No caso de uso do tanque, o valor da ET₀ é obtido multiplicando-se o valor da lâmina evaporada, medida no micrômetro de gancho, por um coeficiente tabelado. A estação meteorológica automática, por sua vez, fornece diretamente o valor da ET₀ calculado por meio da aplicação da equação de Penmann-Monteith FAO-56, com uso dos valores dos elementos meteorológicos obtidos em sensores.

A evapotranspiração da cultura de interesse é obtida a partir de estimativa da ET₀, aplicando-se a equação 3:

$$ET_c = K_s K_c ET_0 \quad (3)$$

em que:

E_{Tc} = evapotranspiração da cultura, mm/d;

K_s = coeficiente que depende da umidade do solo, adimensional; e

K_c = coeficiente da cultura, adimensional.

Algumas culturas apresentam alta sensibilidade ao déficit hídrico, sendo necessário o uso de turno de rega pequeno, geralmente de um ou dois dias. Assim, pode-se fazer o manejo simplificado da irrigação, assumindo o valor de K_s igual a 1,0.

O coeficiente da cultura (K_c) integra as diferenças entre a evapotranspiração da cultura e a evapotranspiração da cultura de referência, sob as mesmas condições climáticas. Ele depende do tipo de cultura, dos estádios fenológicos, das práticas culturais adotadas, da frequência de irrigação, entre outros.

Os estádios fenológicos de cada cultura são divididos da seguinte maneira:

Estádio I . Da emergência até 10% do desenvolvimento vegetativo.

Estádio II . Desde o final do estágio I até 70 a 80% do desenvolvimento vegetativo ou início do florescimento.

Estádio III . Desde o final do estágio II até o início da maturação.

Estádio IV . Desde o final do estágio III até a colheita.

No manejo da irrigação, os valores diários de K_c para o estágio II são obtidos assumindo-se a linearidade entre o final do estágio I e o início do III. Procedimento semelhante deve ser aplicado no estágio IV.

Na Tabela 3 estão os valores de K_c para algumas culturas, nos seus diferentes estádios de desenvolvimento.

Tabela 3. Valores médios de coeficiente de cultura para algumas culturas, nos quatro estádios de desenvolvimento.

| Cultura | Estádios de desenvolvimento | | | |
|--------------------|-----------------------------|------|------|------|
| | I | II | III | IV |
| Abóbora | 0,50 | 0,75 | 1,00 | 0,80 |
| Abobrinha | 0,50 | 0,75 | 1,00 | 0,80 |
| Algodão | 0,45 | 0,75 | 1,15 | 0,85 |
| Alface | 0,70 | 0,85 | 1,00 | 0,95 |
| Alho | 0,70 | 0,85 | 1,05 | 0,75 |
| Amendoim | 0,45 | 0,75 | 1,05 | 0,80 |
| Banana | 0,50 | 0,80 | 1,10 | 0,95 |
| Batata | 0,45 | 0,80 | 1,15 | 0,75 |
| Beringela | 0,60 | 0,85 | 1,15 | 0,80 |
| Beterraba | 0,50 | 0,80 | 1,10 | 0,95 |
| Brócolis | 0,70 | 0,85 | 1,05 | 0,95 |
| Cana-de- açúcar | 0,45 | 0,85 | 1,20 | 0,75 |
| Cebola | 0,70 | 0,85 | 1,05 | 0,75 |
| Cenoura | 0,70 | 0,85 | 1,05 | 0,95 |
| Couve-flor | 0,70 | 0,85 | 1,05 | 0,95 |
| Ervilha-seca | 0,40 | 0,70 | 1,15 | 0,30 |
| Ervilha-verde | 0,50 | 0,80 | 1,15 | 1,10 |
| Espinafre | 0,70 | 0,85 | 1,00 | 0,95 |
| Feijão | 0,40 | 0,75 | 1,15 | 0,70 |
| Fumo | 0,40 | 0,75 | 1,10 | 0,95 |
| Lentilha | 0,40 | 0,75 | 1,10 | 0,30 |
| Melancia | 0,40 | 0,70 | 1,00 | 0,75 |
| Melão | 0,50 | 0,75 | 1,05 | 0,75 |
| Milho | 0,40 | 0,80 | 1,10 | 0,90 |
| Morango | 0,40 | 0,65 | 0,85 | 0,75 |

| | | | | |
|----------|------|------|------|------|
| Nabo | 0,50 | 0,80 | 1,10 | 0,95 |
| Pepino | 0,60 | 0,80 | 1,00 | 0,75 |
| Pimentão | 0,40 | 0,70 | 1,05 | 0,90 |
| Rabanete | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 0,85 |
| Repolho | 0,70 | 0,85 | 1,05 | 0,95 |
| Soja | 0,35 | 0,75 | 1,10 | 0,75 |
| Sorgo | 0,35 | 0,75 | 1,10 | 0,75 |
| Tomate | 0,60 | 0,85 | 1,15 | 0,90 |
| Trigo | 0,35 | 0,75 | 1,10 | 0,70 |

Fonte: Allen *et al.* (1998), adaptado.

f) Eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação

Na irrigação, apenas parte da água aplicada é efetivamente utilizada pela cultura. Durante a irrigação podem ocorrer perdas por evaporação e arrastamento pelo vento, por escoamento superficial, por percolação e por vazamentos nas tubulações.

De maneira geral, quando o sistema de irrigação for bem dimensionado e manejado adequadamente, pode-se considerar uma eficiência de aplicação de água (E_a) de 70% para os sistemas de irrigação que usam aspersores canhão hidráulico, 80% para os sistemas de aspersão convencional, 85% para pivô central e sistema linear, 90% para irrigação por microaspersão e 95% para irrigação por gotejamento.

g) Intensidade de aplicação de água

A intensidade da aplicação de água na irrigação por aspersão expressa a razão entre a vazão do aspersor e a sua área de abrangência no sistema. O

seu valor deve ser menor do que o da capacidade de infiltração de água no solo, a fim de evitar problemas de escoamento superficial e erosão.

A intensidade de aplicação pode ser calculada aplicando-se a equação 4:

$$I_a = \frac{q \cdot 3600}{E_1 \cdot E_2} \quad (4)$$

em que:

I_a = intensidade de aplicação de água, mm/h;

q = vazão do aspersor, L/s;

E_1 = espaçamento entre os aspersores, m; e

E_2 = espaçamento entre as linhas laterais, m.

O valor da intensidade de aplicação de água é usado no cálculo do tempo de funcionamento dos equipamentos de aspersão, microaspersão e gotejamento, visando aplicar a lâmina total necessária em cada irrigação.

3.2. Estratégias de manejo da irrigação

O manejo da irrigação pode ser conduzido com turno de rega fixo ou variável. O turno de rega (TR) é o intervalo, em dias, entre duas irrigações consecutivas numa mesma área. É calculado pela relação entre a lâmina real de água (LR), em milímetros (mm), e a evapotranspiração da cultura (ET_c), em milímetros por dia (mm/d).

O manejo com turno de rega fixo, consiste em realizar as irrigações em intervalos de tempo definidos, ou seja, diariamente, ou de dois em dois dias, ou de três em três dias, e assim por diante. Os menores turnos de rega ocorrem nos casos de culturas muito sensíveis ao déficit hídrico, com sistema radicular

raso e cultivadas em regiões com elevada demanda evapotranspirométrica e em solos com baixa capacidade de retenção de água, como os arenosos.

Uma vez estabelecido o turno de rega, torna-se necessário quantificar a lâmina total de água a ser aplicada, possibilitando calcular o tempo de irrigação.

A determinação da quantidade de água a ser aplicada por irrigação geralmente é feita através da avaliação da umidade do solo ou de estimativa da evapotranspiração da cultura.

a) Manejo da irrigação baseado na umidade do solo

Uma vez definido o turno de rega, deve-se avaliar a umidade do solo antes de cada evento de irrigação. Isso possibilita calcular a lâmina de água a ser aplicada pelo sistema de irrigação, a fim de retornar a umidade do solo para a capacidade de campo. Após a irrigação, uma parcela da água armazenada no solo será usada pela cultura durante o próximo período correspondente ao turno de rega. De maneira semelhante, deve-se fazer nova avaliação da umidade e novo cálculo da lâmina a ser aplicada, sendo esse procedimento repetido em todos os eventos de irrigação da cultura.

No manejo da irrigação, a umidade do solo é geralmente obtida de maneira indireta, sendo o tensiômetro o equipamento mais usado.

O tensiômetro é constituído por um tubo plástico com um vacuômetro e um tampão conectados na parte superior e uma cápsula de cerâmica porosa conectada na sua extremidade inferior. Recomenda-se instalá-lo no solo com a cápsula de cerâmica posicionada no ponto médio da profundidade efetiva do sistema radicular da cultura.



Figura 22. Tensiômetro usado no manejo da irrigação do feijoeiro.

Atualmente têm sido usados tensiômetros sem o vacuômetro metálico, denominados tubos tensiométricos, os quais possuem uma membrana de borracha siliconizada na extremidade superior. A leitura da tensão é feita com um tensímetro digital após puncionar a membrana siliconizada com uma agulha especial existente na base do medidor (Figura 23). Esse equipamento fornece maior precisão que o tensiômetro clássico e pode ser vantajoso quando houver a necessidade de instalação de muitas unidades no campo.



Figura 23. Uso de tensímetro digital e tubo tensiométrico no manejo da irrigação do feijoeiro.

Antes da instalação do tensiômetro no campo, recomenda-se encher o tubo com água e deixar a cápsula submersa durante um dia. Em seguida, deve ser feita a escorva, retirando-se o ar preso nos poros da cápsula com o uso de uma bomba de vácuo apropriada. O tensiômetro deve estar hermeticamente fechado para funcionar corretamente.

Quando o tensiômetro se encontra instalado adequadamente no campo, a água do seu interior entra em contato com a do solo, através dos poros da cápsula porosa, e o equilíbrio tende a se estabelecer. À medida que ocorre a evapotranspiração, a umidade do solo diminui e reduz a pressão dentro do tensiômetro, a qual é geralmente medida num vacuômetro metálico. No entanto, quando chove ou ocorre irrigação, a umidade do solo aumenta e o equilíbrio entre as águas do solo e do tensiômetro tende a ser novamente estabelecido, elevando a pressão no interior do equipamento.

O uso do tensiômetro fica restrito ao intervalo de tensões entre 0 (condição de solo saturado) e 0,75 atmosfera (0,75 atm). Em tensões maiores

ocorre perda de escorva devido à presença de ar no interior do tensiômetro, o que prejudica o seu funcionamento. Na prática da irrigação, recomenda-se trabalhar com tensões máximas até 0,65 atmosfera (0,65 atm), a fim de viabilizar o seu uso com uma margem de segurança que possibilita evitar os inconvenientes resultantes da perda de escorva.

O número de tensiômetros a ser instalados numa área irrigada depende, principalmente, das características do solo e da cultura, da precisão desejada no manejo e do poder aquisitivo do irrigante. Para fins práticos de irrigação, recomenda-se instalar um tensiômetro em cada parcela da área irrigada num dia. Isso possibilita determinar a umidade do solo antes de iniciar a irrigação em cada subárea, facilitando a prática do manejo.

A cápsula de cerâmica porosa deve ser instalada numa profundidade mediana representativa da camada de solo com maior concentração de raízes das plantas. No caso de culturas que apresentam sistema radicular mais profundo, pode-se dividir o perfil do solo abrangido pela maior concentração radicular em duas ou mais camadas, instalando-se tensiômetros com as cápsulas localizadas nas porções medianas de cada uma delas. Nesse caso, pode-se calcular a lâmina total a ser aplicada pelo sistema de irrigação como sendo a soma das lâminas necessárias para elevar a umidade à capacidade de campo em cada camada. Dessa maneira, aumenta-se a precisão no manejo, mas eleva-se o custo decorrente da aquisição de maior número de tensiômetros.

É recomendável instalar dois tensiômetros com as cápsulas de cerâmica localizadas a 1/3 e 2/3 da profundidade efetiva do sistema radicular da cultura, obtendo-se posteriormente a umidade média correspondente às duas leituras.

Antes da irrigação na parcela, deve-se efetuar a leitura no tensiômetro. O valor da tensão é convertido em umidade atual com uso da curva de retenção

obtida para o solo da área irrigada (Figura 20). A lâmina total de irrigação é calculada, aplicando-se a seguinte equação:

$$LI = \frac{(C_c - U_a)}{10 E_a} D_s Z \quad (5)$$

em que:

LI = lâmina total de irrigação, mm;

C_c = capacidade de campo, % em peso;

U_a = umidade atual do solo, % em peso;

D_s = densidade do solo, g cm⁻³;

Z = profundidade efetiva do sistema radicular, cm; e

E_a = eficiência de aplicação de água, decimal.

No caso de culturas irrigadas com sistema de aspersão convencional, o tempo de irrigação pode ser calculado por:

$$T_i = \frac{LI}{I_a} \quad (6)$$

em que:

LI = lâmina total de irrigação calculada com aplicação da equação 3, mm;

T_i = tempo de irrigação, h; e

I_a = intensidade de aplicação de água, mm/h.

b) Manejo da irrigação baseado na estimativa da evapotranspiração da cultura

Neste caso, a evapotranspiração da cultura é calculada diariamente a partir da ET_0 , determinada por meio do tanque Classe A ou da estação meteorológica automática, ou estimada diretamente por meio do Irrigâmetro. Um pluviômetro deve ser utilizado para quantificar a chuva.

b.1) Tanque Classe A

O tanque Classe A (Figura 24) é feito de chapa de aço inox, com 121 cm de diâmetro interno e 25,4 cm de altura. Deve ser instalado sobre um estrado de madeira com 15 cm de altura, devidamente nivelado, com água até 5 cm da sua borda.



Figura 24. Tanque Classe A com detalhe do micrômetro de gancho.

O nível de água pode baixar até 2,5 cm, variando entre 5,0 e 7,5 cm em relação à borda do tanque. A manutenção nessa faixa é feita repondo-se água no tanque quando o nível desce e se aproxima de 7,5 cm da borda, em decorrência da evaporação, ou retirando-se água do tanque quando o nível se encontra muito próximo à borda, com distância inferior a 5,0 cm, em decorrência de chuva. Após a reposição ou a retirada de água do tanque, deve-se fazer a medição do nível de água, cuja leitura será usada como referência no cálculo

da lâmina evaporada seguinte. A lâmina de água evaporada no tanque pode ser medida diariamente com uso do micrômetro de gancho, obtendo-se a ET_0 com a aplicação da equação 7:

$$ET_0 = Kt \text{ Ev} \quad (7)$$

em que:

ET_0 = evapotranspiração de referência, mm/d;

Kt = coeficiente do tanque; e

Ev = evaporação da água no tanque, mm/d.

Na determinação do coeficiente do tanque (Tabela 4) devem ser consideradas as condições climáticas e aquelas relacionadas à superfície do solo em volta do tanque.

Tabela 4. Valores do coeficiente do tanque Classe A para a estimativa da ET_0 .

| Tanque Circundado por Grama | | | | | Tanque Circundado por Solo Descoberto | | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|-------------|----------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------|----------|------|
| UR (%) média | Baixa < 40 | Média 40-70 | Alta >70 | UR (%) média | Baixa < 40 | Média 40-70 | Alta >70 | |
| Vento (km/d) | Posição do tanque R (m) ¹ | | | Posição do tanque R (m) ¹ | | | | |
| < 175 | 1 | 0,55 | 0,65 | 0,75 | 1 | 0,70 | 0,80 | 0,85 |
| | 10 | 0,65 | 0,75 | 0,85 | 10 | 0,60 | 0,70 | 0,80 |
| | 100 | 0,70 | 0,80 | 0,85 | 100 | 0,55 | 0,65 | 0,75 |
| | 1000 | 0,75 | 0,85 | 0,85 | 1000 | 0,50 | 0,60 | 0,70 |
| Moderado 175-425 | 1 | 0,50 | 0,60 | 0,65 | 1 | 0,65 | 0,75 | 0,80 |
| | 10 | 0,60 | 0,70 | 0,75 | 10 | 0,55 | 0,65 | 0,70 |
| | 100 | 0,65 | 0,75 | 0,80 | 100 | 0,50 | 0,60 | 0,65 |
| | 1000 | 0,70 | 0,80 | 0,80 | 1000 | 0,45 | 0,55 | 0,60 |

| | | | | | | | | |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Forte | 1 | 0,45 | 0,50 | 0,60 | 1 | 0,60 | 0,65 | 0,70 |
| 425-700 | 10 | 0,55 | 0,60 | 0,65 | 10 | 0,50 | 0,55 | 0,65 |
| | 100 | 0,60 | 0,65 | 0,75 | 100 | 0,45 | 0,50 | 0,60 |
| | 1000 | 0,65 | 0,70 | 0,75 | 1000 | 0,40 | 0,45 | 0,55 |
| Muito forte | 1 | 0,40 | 0,45 | 0,50 | 1 | 0,50 | 0,60 | 0,65 |
| > 700 | 10 | 0,45 | 0,55 | 0,60 | 10 | 0,45 | 0,50 | 0,55 |
| | 100 | 0,50 | 0,60 | 0,65 | 100 | 0,40 | 0,45 | 0,50 |
| | 1000 | 0,55 | 0,60 | 0,65 | 1000 | 0,35 | 0,40 | 0,45 |

Fonte: Doorembos & Pruitt (1977). ¹Refere-se à menor distância (m) do centro do tanque ao limite da bordadura (grama ou solo descoberto).

Os valores de ET_0 são determinados diariamente com aplicação da equação 7, obtendo-se, em seguida, os valores de ET_c por meio da equação 3, os quais são acumulados ao longo do período correspondente ao turno de rega, fornecendo a lâmina de água a ser reposta ao solo pelo sistema de irrigação.

A lâmina total de irrigação é calculada, aplicando-se a equação 8:

$$LI = \frac{\sum ET_c}{E_a} \quad (8)$$

em que:

LI = lâmina total de irrigação, mm;

nET_c = soma dos valores de ET_c ocorridos durante o período correspondente ao turno de rega, mm; e

E_a = eficiência de aplicação de água dos aspersores, em decimal.

No caso de sistema de irrigação por aspersão, uma vez obtido o valor de LI, pode-se calcular o tempo de irrigação aplicando-se a equação 6.

Se ocorrer chuva no período, deve-se verificar se a lâmina precipitada foi suficiente para repor o déficit de água no solo existente até o momento da ocorrência de chuva. Caso isso tenha ocorrido, deve-se zerar o somatório dos

valores de ET_c existente, visto que a lâmina deficitária foi repostada ao solo pela lâmina precipitada. Durante os dias restantes do turno de rega, deve-se acumular novamente os valores diários da ET_c . A lâmina total de irrigação é calculada aplicando-se a equação 8, e o tempo de irrigação é obtido por meio da equação 6.

Se a lâmina precipitada for menor do que a lâmina correspondente ao somatório da ET_c , a diferença entre elas fornece a lâmina deficitária atual após a ocorrência da chuva. Nesse caso, essa diferença será acrescida aos novos valores diários da ET_c verificados durante os dias restantes do turno de rega. A lâmina total e o tempo de irrigação são calculados da mesma maneira descrita anteriormente.

No Brasil, o uso do tanque Classe A tem sido insignificante no manejo da irrigação. A dificuldade de adequação operacional deste equipamento ao cotidiano da propriedade agrícola é decorrente da necessidade de obter os valores do coeficiente do tanque, de considerar a chuva no manejo da irrigação e de ter que efetuar cálculos diariamente, com preenchimento de tabelas.

b.2. Estação Meteorológica Automática

A estação meteorológica automática (Figura 25) é constituída por uma unidade de memória central, ligada a vários sensores de medição de temperatura e umidade relativa do ar, pressão atmosférica, radiação solar, velocidade do vento, precipitação pluvial, entre outros.



Figura 25. Estação meteorológica automática.

De acordo com o modelo de estação, os valores dos elementos meteorológicos são armazenados em determinados intervalos de tempo (por exemplo, a cada 5, 10, 15, 20, 30, 60 minutos ou mais), dependendo da configuração.

Os valores diários de ET_0 são obtidos com aplicação da equação de Penman-Monteith - FAO 56, sendo necessário o uso de programa de computador devido à complexidade dos cálculos.

Obtidos os valores diários de evapotranspiração de referência, obtêm-se, em seguida, os valores de evapotranspiração da cultura com aplicação da equação 4, os quais são acumulados ao longo do período correspondente ao turno de rega, fornecendo a lâmina de água a ser reposta ao solo pelo sistema de irrigação.

No Brasil, o uso de estação meteorológica automática para fins de manejo da irrigação tem sido restrito a grandes propriedades agrícolas, geralmente por meio da contratação de serviço técnico especializado.

b.3. Irrigâmetro

O Irrigâmetro (Figura 26) é um aparelho desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa para uso no manejo da irrigação. Ele é ajustado para estimar a evapotranspiração da cultura, nas diversas fases de desenvolvimento das plantas, e fornecer diretamente o momento adequado de irrigar, a quantidade de água necessária às plantas e o tempo de irrigação, sendo de fácil manuseio.



Figura 26. Irrigâmetro usado no manejo da irrigação do cafeeiro.

- Irrigação Preliminar

O manejo da irrigação deve ser iniciado com o solo úmido. Para tanto, deve-se fazer uma irrigação preliminar visando elevar a umidade do solo à capacidade de campo. Para fins práticos, quando o solo estiver inicialmente seco, recomenda-se aplicar uma lâmina de água de 10 a 15 milímetros, no caso de solos arenosos, de 15 a 25 milímetros, no caso de solos de textura média, e de 25 a 40 milímetros, no caso de solos argilosos.

O tempo de irrigação, nos casos de sistemas de aspersão convencional, gotejamento e microaspersão, ou a velocidade de deslocamento nos casos de pivô central e sistema linear, podem ser obtidos no próprio Irrigâmetro. Por exemplo, vamos considerar que o Irrigâmetro da Figura 27 esteja sendo usado no manejo da irrigação num solo de textura média. Caso se deseje aplicar 20 milímetros numa irrigação preliminar, o tempo recomendável é de 2 horas (Figura 27-B).

Uma vez atendida a condição de solo úmido, o Irrigâmetro deve ser preparado de acordo com a fase ou estágio de desenvolvimento em que a cultura se encontra no campo.

Duas situações podem ocorrer: (1) início do manejo com o plantio da cultura e (2) início do manejo com a cultura já implantada, em desenvolvimento.

- Preparando o Irrigâmetro

No caso de início do manejo com o plantio da cultura, de acordo com a Tabela 5, o Irrigâmetro deve ser preparado com a face G da Régua de Manejo (Figura 27-A) voltada para frente e com a marca vermelha da Haste Deslizante na direção do número 2 na Régua de Nível, valor indicado para a fase de germinação da cultura (Figura 27-C).

No caso de início do manejo com a cultura em desenvolvimento, deve-se certificar em qual fase ela se encontra. De acordo com a Tabela 5, se a cultura estiver na fase 1, o Irrigâmetro deve ser preparado com a face 1 da Régua de Manejo voltada para frente e com a marca vermelha da Haste Deslizante na direção do valor 2,5 na Régua de Nível, indicado para a fase 1 de desenvolvimento da cultura. Se a cultura estiver na fase 2, o Irrigâmetro deve ser preparado com a face 2 da Régua de Manejo voltada para frente e com a marca vermelha da Haste Deslizante na direção do valor 3,5, indicado para a fase de desenvolvimento 2. Se a cultura estiver na fase 3, a face 3 da Régua

de Manejo deve ficar voltada para frente e com a marca vermelha da Haste Deslizante na direção do valor 4,5, valor indicado para a fase de desenvolvimento 3 da cultura. Caso seja necessário irrigar na fase 4, deve-se apenas posicionar a marca da Haste Deslizante na direção do número 3, valor indicado para a fase 4, mantendo-se a face 3 da Régua de Manejo.

Tabela 5. Valores do nível de água no Evaporatório de acordo com as fases de desenvolvimento da cultura

| Fase de desenvolvimento da cultura* | Face da Régua de Manejo | Faixa de valores do nível de água no Evaporatório (cm) | Nível recomendável** (cm) |
|-------------------------------------|-------------------------|--|---------------------------|
| Germinação | G | 1,0 a 2,5 | 2,0 |
| 1 | 1 | 1,5 a 3,0 | 2,5 |
| 2 | 2 | 2,5 a 4,0 | 3,5 |
| 3 | 3 | 3,5 a 5,0 | 4,5 |
| 4 | 3 | 2,5 a 3,5 | 3,0 |

* Germinação - do plantio até a emergência; Fase 1 . da emergência até 10% de cobertura do solo; Fase 2 . de 10 a 80% de cobertura do solo ou início do florescimento; Fase 3 . após 80% de cobertura do solo ou do início do florescimento até o início da maturação; Fase 4 - do início da maturação até a colheita.

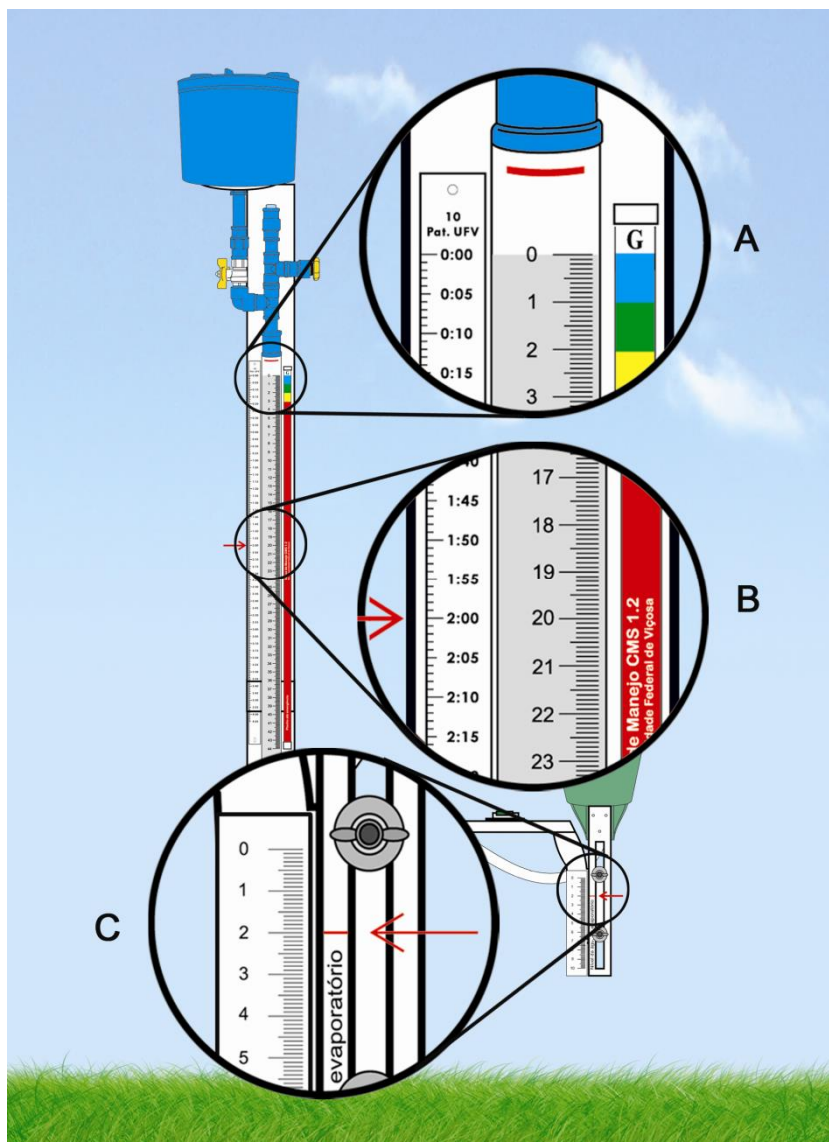


Figura 27. Irrigâmetro preparado para o início do manejo da irrigação.

- Iniciando o manejo da irrigação

O manejo deve ser iniciado logo após a ocorrência de uma irrigação preliminar, com aplicação de uma lâmina suficiente para repor o déficit de água no solo, de acordo com recomendação apresentada no item c.1. Neste momento, o Irrigâmetro já deve estar preparado.

- Quando irrigar

O momento adequado para irrigar a cultura é indicado na Régua de Manejo, bastando-se observar o nível da água no Tubo de Alimentação em relação às faixas coloridas.

Se o nível da água estiver na direção da faixa azul não se deve irrigar, pois sinaliza alta disponibilidade de água no solo. A irrigação nessa condição pode provocar encharcamento e perda de nutrientes para camadas mais profundas do solo.

Se o nível da água estiver na direção da faixa verde, é sinal de que ainda há boa disponibilidade de água no solo e que também não é necessário irrigar a cultura. Entretanto, nos casos de irrigações efetuadas apenas no período noturno, pode ser necessário irrigar com maior frequência e menor tempo de funcionamento. Assim, o operador pode decidir pela irrigação quando o nível da água se encontrar na direção da faixa verde.

Quando o nível da água descer a ponto de atingir o início da faixa amarela é um alerta do momento de irrigar. O comprimento da faixa amarela estabelece uma margem de segurança no indicativo do momento de irrigar. Neste caso, a decisão de irrigar ou não cabe ao irrigante. Havendo margem de segurança ou indício de possibilidade de ocorrência de chuva, o irrigante pode aguardar o dia seguinte.

Caso o nível da água abaixe a ponto de atingir a faixa vermelha, o Irrigâmetro estará indicando baixa disponibilidade de água no solo, mostrando ao irrigante que o momento da irrigação já passou. Portanto, uma atenção maior neste sentido é importante, pois existem sérios riscos de redução significativa na produtividade da cultura, que se acentuam quanto mais baixo estiver o nível da água.

- Quanto irrigar

Havendo a decisão de irrigar, a quantidade de água necessária para a cultura estará indicada no Tubo de Alimentação do Irrigâmetro. De acordo com o sistema de irrigação do produtor, o Irrigâmetro estará equipado com uma régua apropriada que vai definir o tempo de irrigação ou a velocidade de deslocamento do equipamento.

b.3.1. Aspersão Convencional, Gotejamento e Microaspersão

No caso de irrigação com um desses sistemas, o Irrigâmetro estará equipado com uma Régua Temporal, específica para as características do sistema de irrigação do produtor. O tempo que o sistema de irrigação deve funcionar para aplicar a quantidade de água indicada no Tubo de Alimentação é facilmente obtido na Régua Temporal, observando-se o valor do tempo de irrigação que coincide com o nível da água.

Exemplo 1. Um produtor do município de Brejetuba, ES, está cultivando feijão que se encontra na fase de florescimento, sendo irrigado por aspersão convencional. Os aspersores do sistema de irrigação aplicam no solo uma lâmina líquida média de 10 mm em uma hora (10 mm/h). Sendo assim, o Irrigâmetro desse produtor está equipado com o modelo de Régua Temporal Nº 10 (Figura 35-A).

Análises preliminares das características físico-hídricas do solo indicaram que o modelo da Régua de Manejo é CS 1.2. O feijão se enquadra como uma cultura sensível (CS) ao déficit hídrico.

a) Nesta situação, como deve estar posicionada a Régua de Manejo?

Como as plantas estão florindo, a cultura do feijão se encontra na fase de desenvolvimento 3 e, de acordo com a Tabela 8, a Régua de Manejo deve estar instalada no Irrigâmetro com a face 3 voltada para a frente (Figura 35-A).

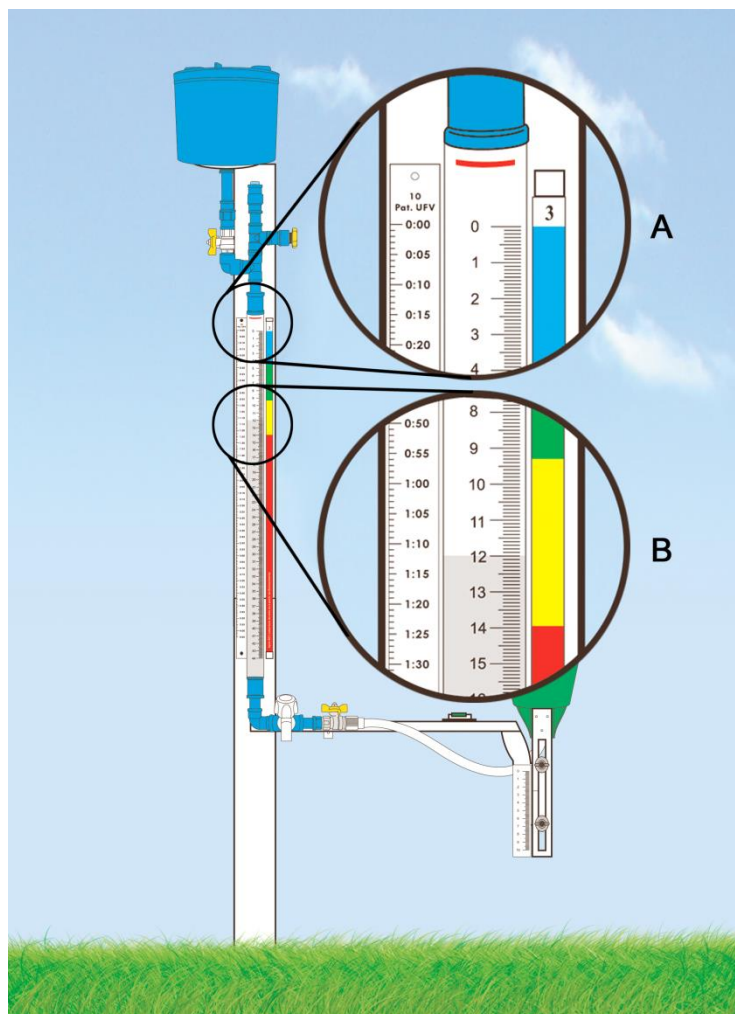


Figura 35. Irrigômetro instalado para manejar a irrigação do feijoeiro, na fase 3, com aspersão convencional (10 mm/h) (A), mostrando o momento de irrigar (faixa amarela), a lâmina líquida a ser aplicada (12 mm) e o tempo de irrigação (1 h e 12 min) (B).

b) De acordo com a Figura 35-B, após quatro dias da última irrigação do feijoeiro, o nível da água no Tubo de Alimentação do Irrigômetro estava em 12 mm, na direção da faixa amarela, indicando que a cultura precisa ser irrigada. Nesta situação, por quanto tempo o sistema de irrigação deverá funcionar para suprir o déficit de água no solo?

O tempo de irrigação é facilmente observado na Régua Temporal do Irrigômetro, igual a 1 hora e 12 minutos (Figura 35-B). Por exemplo, se o

irrigante ligar o equipamento de irrigação às oito horas, o sistema deverá funcionar até nove horas e doze minutos, e assim sucessivamente, se houver mais parcelas na área irrigada.

Ao iniciar o funcionamento do sistema de aspersão deve-se zerar o Irrigâmetro, preparando-o para a irrigação seguinte.

b.3.2. Pivô Central e Sistema Linear

No caso de irrigação com um desses sistemas móveis, o Irrigâmetro estará equipado com uma Régua Percentual, específica para as características do sistema de irrigação do produtor. A velocidade de deslocamento do sistema, para aplicação da quantidade de água indicada no Tubo de Alimentação, é facilmente obtida na Régua Percentual. Para isto basta observar o valor percentual que vai coincidir com o nível da água. Este valor vai definir a posição do percentímetro do equipamento de irrigação, para que seja aplicada a quantidade de água necessária à cultura.

Exemplo 2. Um produtor do município de Alpercata, MG, está cultivando milho, irrigado por pivô central. A cultura se encontra na fase inicial de desenvolvimento vegetativo. Após avaliações técnicas do pivô central e do solo, equipou-se o Irrigâmetro com uma Régua Percentual modelo 2.5/100 e com uma Régua de Manejo modelo CPS 1.1, a qual se encontra com a face 1 voltada para frente (Figura 36-A).

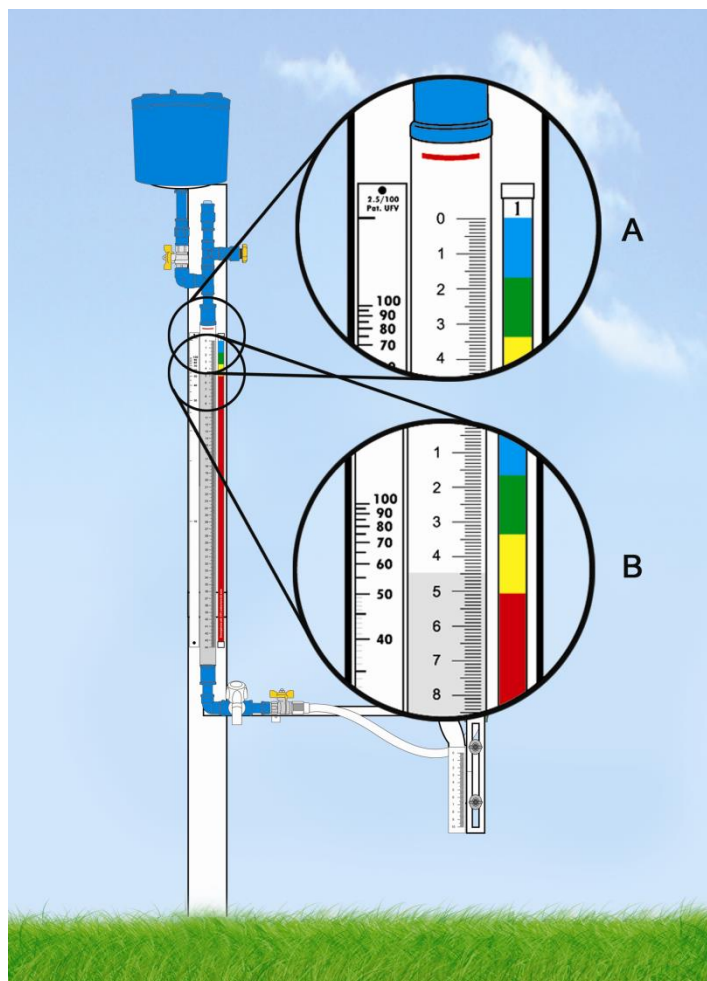


Figura 36. Irrigômetro instalado para manejar a irrigação do milho, na fase 1, com pivô central (2,5 mm a 100%) (A), mostrando o momento de irrigar (nível de água na faixa amarela), a lâmina líquida a ser aplicada (4,5 mm) e a velocidade percentual de deslocamento do pivô (56%) (B).

Após três dias da última irrigação, o nível da água no Tubo de Alimentação do Irrigômetro se encontrava no valor de 4,5 mm, na direção da faixa amarela, indicando necessidade de irrigação. A velocidade do pivô central para suprir o déficit de água no solo está indicada na Régua Percentual, com valor de 56% (Figura 36-B).

Nesse processo, assim que o pivô central iniciar a aplicação de água na lavoura, o Irrigômetro deverá ser zerado para o controle da irrigação seguinte.

- *Considerando a chuva no manejo da irrigação*

O Irrigâmetro também permite ao irrigante saber se a chuva foi ou não suficiente para atender as necessidades de água da lavoura. Isto possibilita reduzir o consumo de água e de energia.

No caso de ocorrer uma chuva, o operador do Irrigâmetro deve medir a lâmina precipitada no Pluviômetro e verificar, em seguida, se ela foi suficiente ou não para repor o déficit hídrico que existia no solo antes da ocorrência da chuva. Isto deve ser feito de acordo com o procedimento mostrado nos exemplos a seguir.

Exemplo 3. No município de Baixo Guandu, ES, um produtor está cultivando milho, na fase de florescimento, irrigado por um sistema de aspersão convencional que aplica uma lâmina de água de 10 milímetros por hora (10 mm/h). No transcorrer do manejo da irrigação ocorreu uma chuva. No dia seguinte, o irrigante observou que o consumo de água indicado no Tubo de Alimentação do Irrigâmetro era de 9 mm (Figura 37-A). Para quantificar a água de chuva no manejo da irrigação, deve-se proceder da seguinte maneira:

Passo 1. Medir a chuva na Proveta do Pluviômetro. No exemplo, observa-se na Figura 37-B uma chuva de 12,5 mm.

Passo 2. Retirar a Proveta do Pluviômetro, suspendendo-a e deslocando lateralmente a sua base.

Passo 3. Posicionar o fundo da Proveta no mesmo nível da água do Tubo de Alimentação do Irrigâmetro (Figura 38).

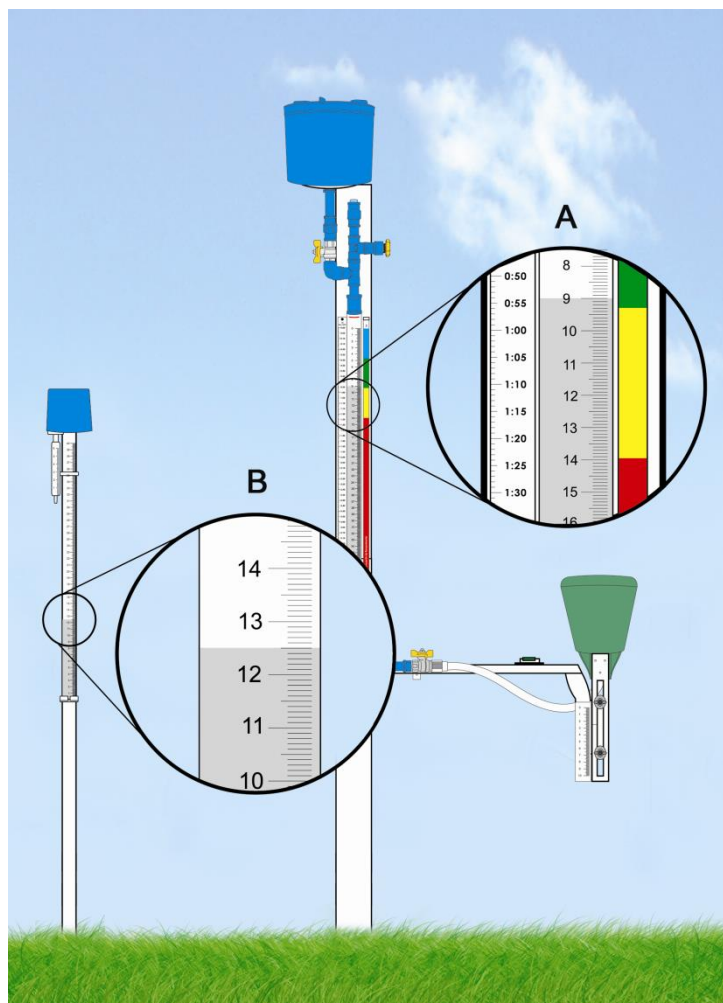


Figura 37. Irrigâmetro instalado para manejar a irrigação do milho, na fase 3, com aspersão convencional (10 mm/h), mostrando o nível da água no Tubo de Alimentação (9 mm) em (A), e a chuva medida na Proveta do Pluviômetro (12,5 mm) em (B).

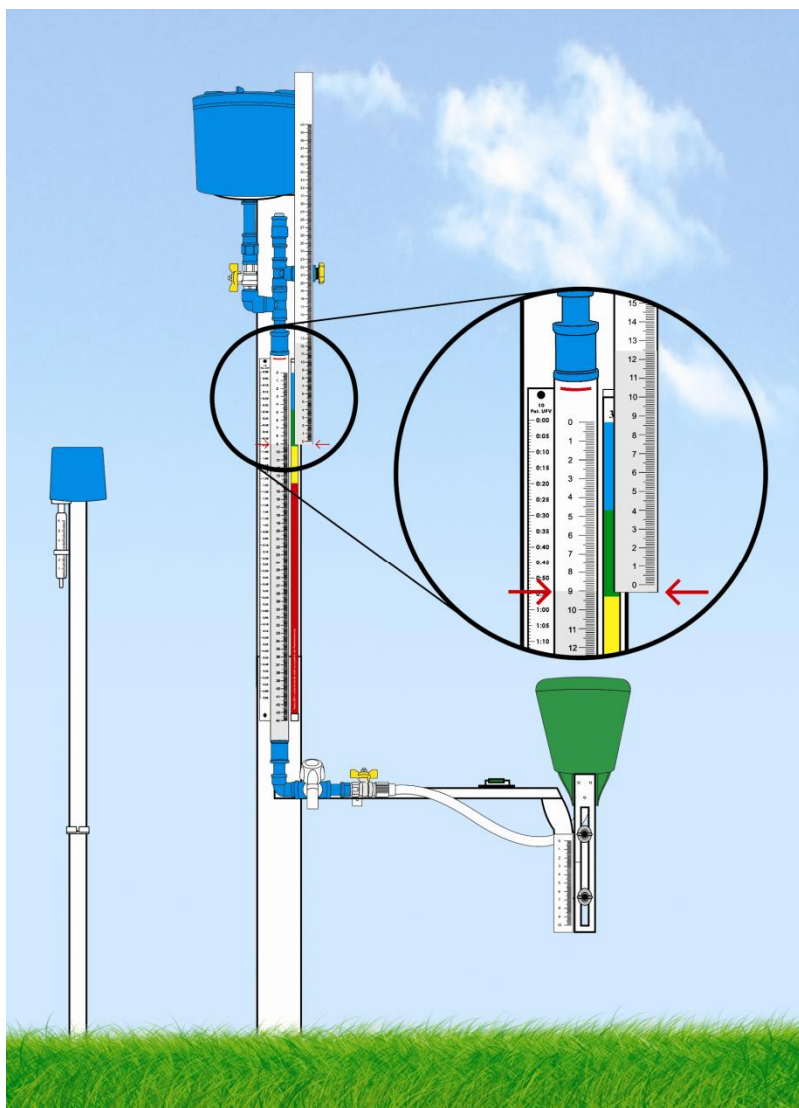


Figura 38. Posicionamento da base da Proveta do Pluviômetro no mesmo nível da água (9 mm) no Tubo de Alimentação.

Passo 4. Verificar se a posição do nível da água da Proveta ficou acima do valor zero da escala existente no Tubo de Alimentação do Irrigômetro (Figura 39).

Passo 5. Incluir a chuva no manejo da irrigação. Neste caso, a lâmina precipitada (12,5 mm) foi suficiente para repor o déficit de água que existia no solo (9 mm) antes da ocorrência da chuva, pois o nível da água na Proveta do Pluviômetro ficou acima do valor zero no Tubo de Alimentação do Irrigômetro (Figura 39).

Depois disso, deve-se esvaziar a Proveta do Pluviômetro e colocá-la novamente no suporte plástico. Em seguida deve-se retirar a água da chuva captada no Evaporatório do Irrigâmetro, com uso da Seringa (Figura 39).

Após a retirada da água de chuva do Evaporatório, deve-se acrescentar água no Tubo de Alimentação até que o nível fique próximo à sua extremidade superior (Figura 40). Para isso, deve-se fechar a Válvula Interconectora e abrir as válvulas de Abastecimento e Escapamento localizadas na parte superior do Irrigâmetro. Assim que a água atingir esse nível, deve-se fechar as válvulas de Abastecimento e de Escapamento.

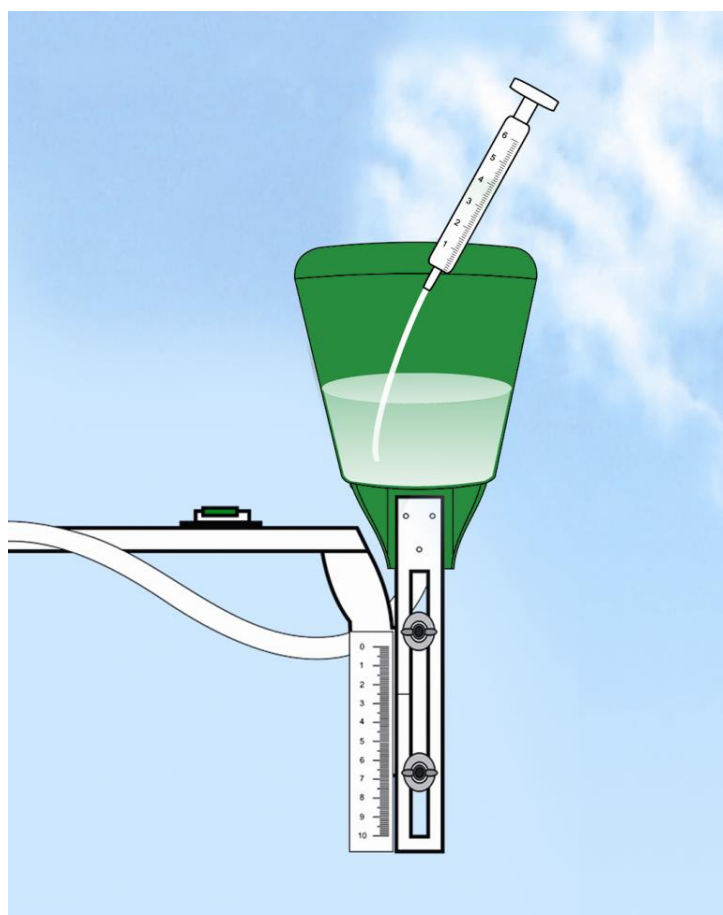


Figura 39. Retirada do excesso de água no Evaporatório, em decorrência de chuva, com uso da Seringa.

A água existente no interior do Tubo de Borbulhamento deve ser retirada abrindo-se a Válvula de Drenagem até que o nível da água no Tubo de Alimentação fique no zero da escala laminar, como mostrado na Figura 41. Depois, deve-se abrir a Válvula Interconectora, colocando novamente o Irrigâmetro em operação, para dar continuidade ao manejo da irrigação.

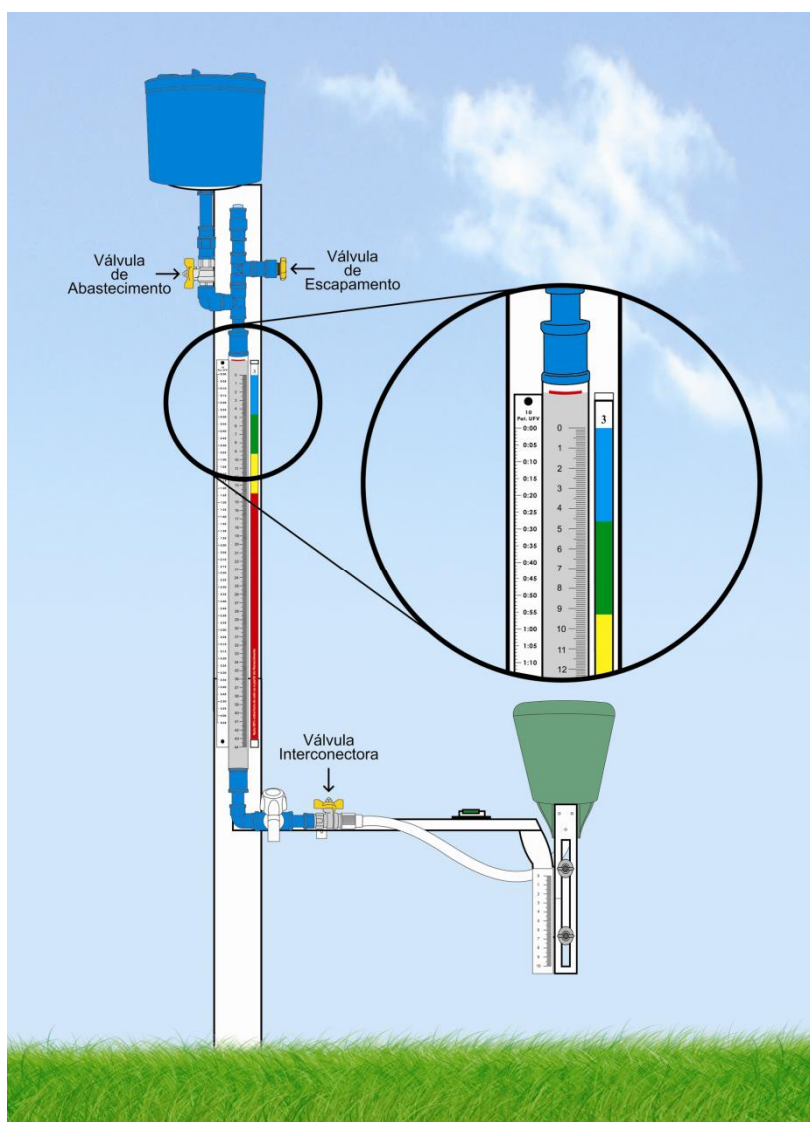


Figura 40. Reposição de água no Tubo de Alimentação até o nível ficar próximo à sua extremidade superior.

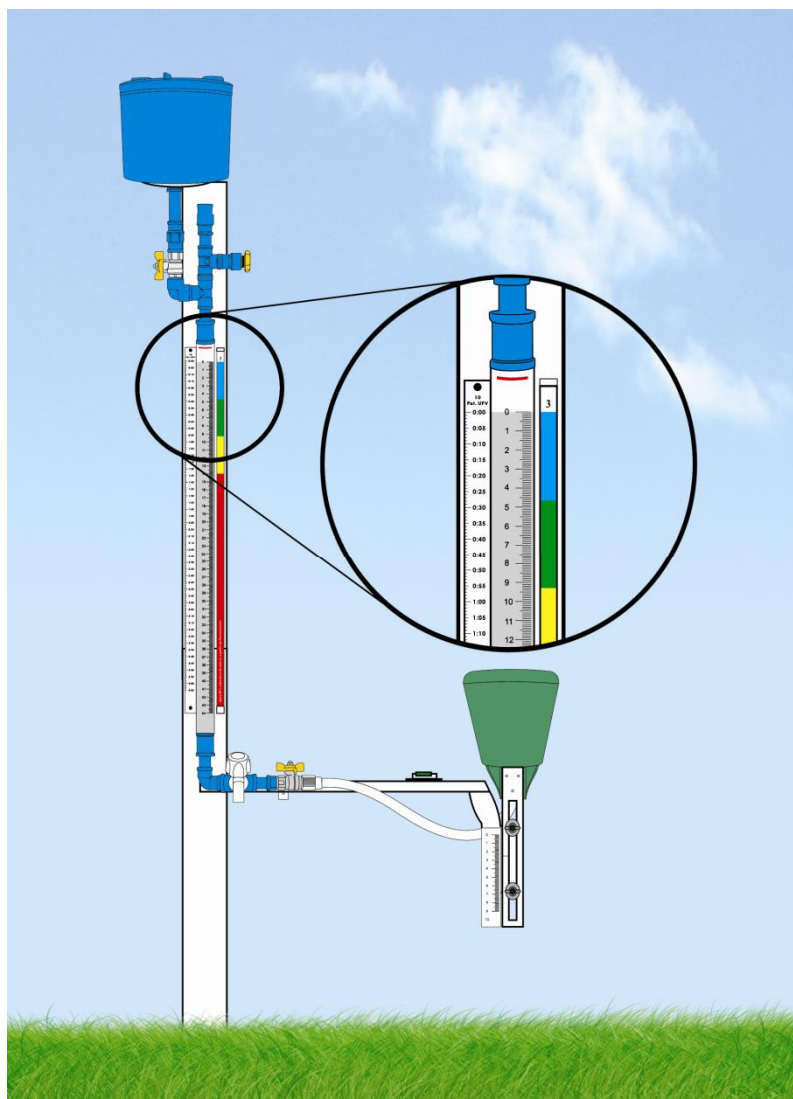


Figura 41. Irrigômetro preparado para a irrigação seguinte, com nível da água em zero no Tubo de Alimentação.

Importante: Caso ocorra chuva prolongada, com encharcamento do solo, recomenda-se zerar o Irrigômetro um a dois dias após a chuva, dependendo do tipo de solo e das suas condições de drenagem, a fim de evitar que haja indicação de irrigação com solo ainda úmido.

Exemplo 4. No transcorrer do manejo da irrigação do milho cultivado em Baixo Guandu, ES, houve outra chuva. No dia seguinte, o irrigante observou que o consumo de água indicado no Tubo de Alimentação do Irrigâmetro era de 16,7 mm (Figura 42-A). Para considerar a efetividade da água de chuva no manejo da irrigação, deve-se proceder da seguinte maneira:

Passo 1. Medir a precipitação na Proveta do Pluviômetro. Neste exemplo, observa-se que choveu 9,3 mm (Figura 42-B).

Passo 2. Retirar a Proveta do Pluviômetro, suspendendo-a e deslocando lateralmente a sua base.

Passo 3. Posicionar o fundo da Proveta no mesmo nível da água do Tubo de Alimentação do Irrigâmetro (Figura 43-A).

Passo 4. Verificar a posição do nível da água da Proveta. Neste caso ficou na direção do valor 7,4 mm na escala laminar do Tubo de Alimentação do Irrigâmetro (Figura 43-B), indicando que, embora tenha chovido, ainda há um déficit de 7,4 mm de água no solo. Memorizar este valor.

Passo 5. Incluir a lâmina precipitada no manejo da irrigação. Nesse caso, a lâmina precipitada não foi suficiente para repor o déficit de água que existia no solo antes da ocorrência da chuva, pois o nível da água na Proveta ficou abaixo do nível zero no Tubo de Alimentação do Irrigâmetro (Figura 43-B).

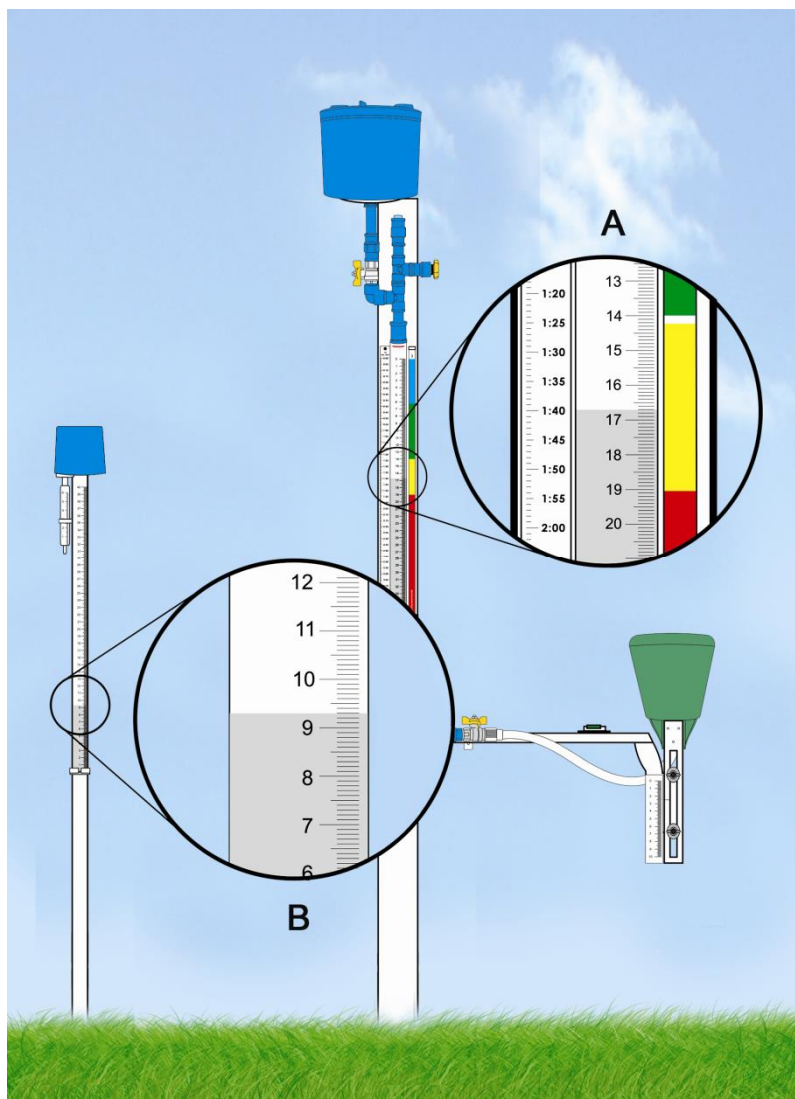


Figura 42. Nível da água no Tubo de Alimentação (16,7 mm) (A) e a chuva medida na Proveta do Pluviômetro (9,3 mm) (B).

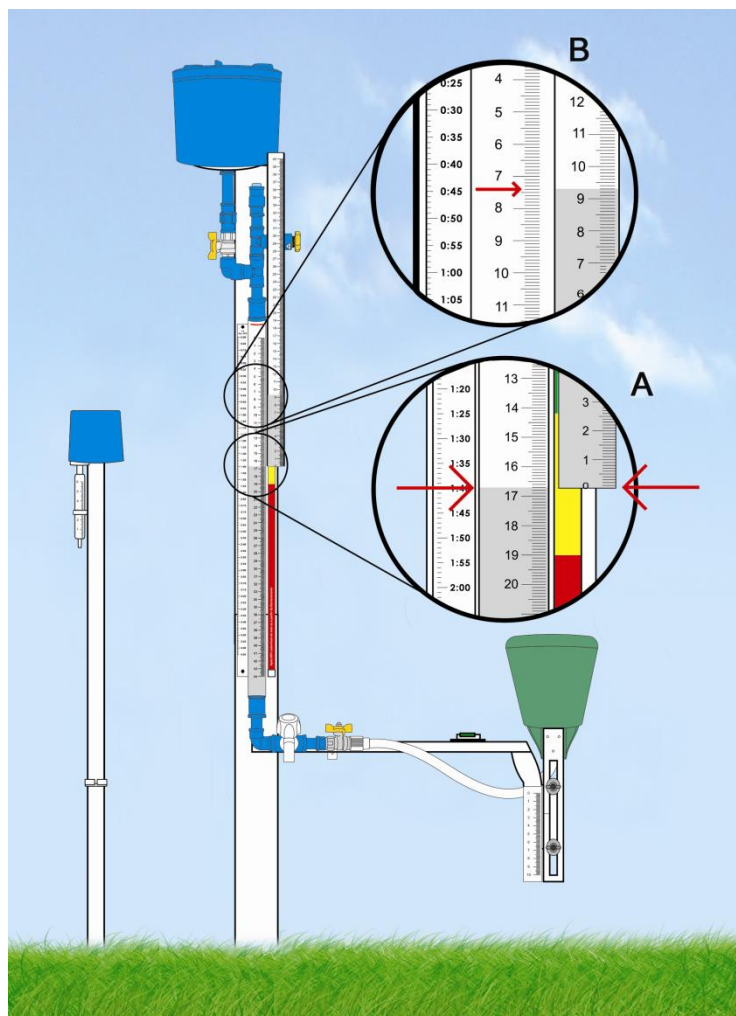


Figura 43. Posicionamento da base da Proveta do Pluviômetro no mesmo nível da água (16,7 mm) no Tubo de Alimentação (A) e o nível que a água da proveta atinge (7,4 mm) no Tubo de Alimentação (B).

Inicialmente, deve-se esvaziar a Proveta do Pluviômetro e colocá-la no suporte plástico. O procedimento seguinte é retirar a água da chuva captada no Evaporatório do Irrigâmetro, com uso da Seringa (Figura 39). A retirada da água deve ser realizada até ocorrer a liberação de ar na extremidade inferior do Tubo de Borbulhamento. Quando parar a liberação de ar, significa que o nível de água dentro do Evaporatório foi restabelecido para o mesmo nível que existia antes da ocorrência da chuva.

Em seguida, deve-se acrescentar água no Tubo de Alimentação até que o nível atinja aproximadamente 3,0 cm acima do valor 7,4 mm (Figura 44). Para isso, deve-se fechar a Válvula Interconectora e abrir as válvulas de Abastecimento e de Escapamento, localizadas na parte superior do Irrigâmetro. Assim que a água atingir, aproximadamente, a altura de 3,0 cm acima do valor 7,4 cm, deve-se fechar as válvulas de Abastecimento e de Escapamento. A água existente no interior do Tubo de Borbulhamento deve ser retirada abrindo-se a Válvula de Drenagem até que o nível da água no Tubo de Alimentação atinja o valor 7,4 mm na escala laminar, como mostrado na Figura 45. Em seguida, deve-se abrir a Válvula Interconectora para colocar novamente o Irrigâmetro em operação e dar continuidade ao manejo da irrigação.

Neste exemplo, observa-se que, embora a chuva não tenha sido suficiente para repor integralmente o déficit de água no solo, não há necessidade de irrigar a cultura, pois o nível da água no Tubo de Alimentação ficou na direção da faixa de cor verde (Figura 45).

Nos dois exemplos anteriores mostrou-se que a inclusão da água de chuva no manejo da irrigação foi feita facilmente, uma vez que não houve necessidade de efetuar qualquer tipo de cálculo.

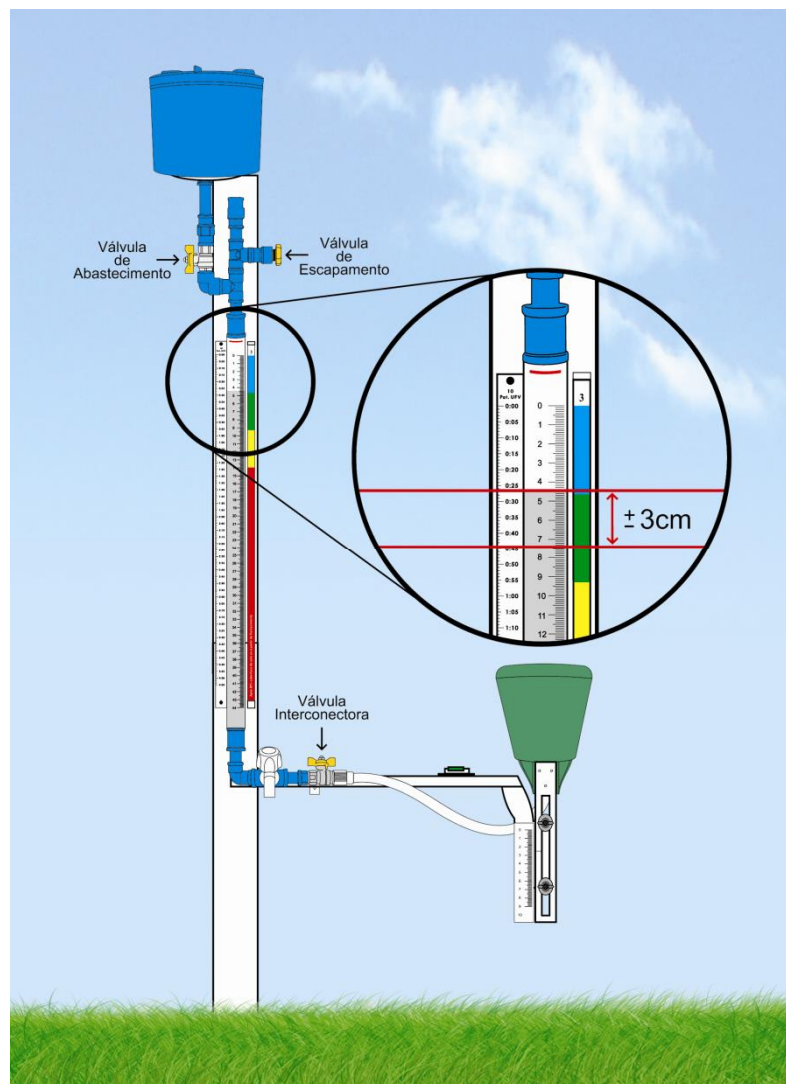


Figura 44. Reposição da água no Tubo de Alimentação cerca de 3 cm acima do valor memorizado (7,4 mm).

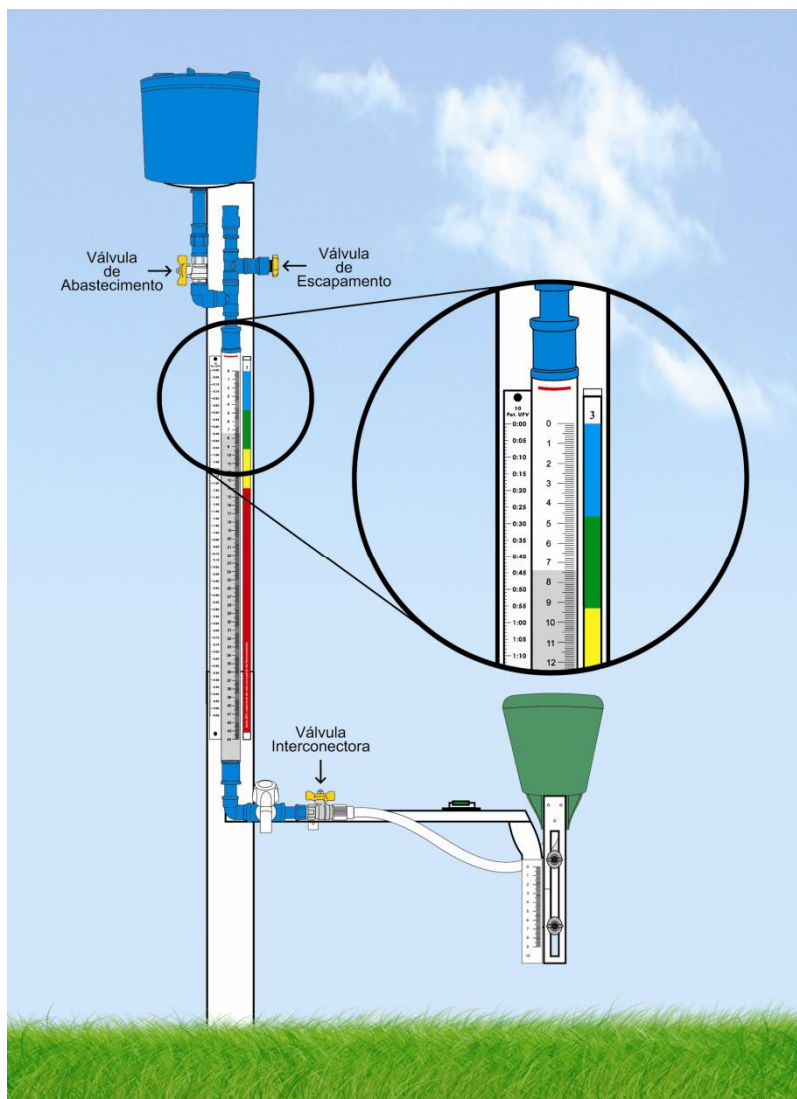


Figura 45. Nível da água no Tubo de Alimentação do Irrigâmetro (7,4 mm), após incluir a lâmina precipitada de 9,3 mm.

4. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 319p. FAO Irrigation and Drainage. Paper 56.

BERNARDO, S. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 1, n. 1, p. 7, 1992.

BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. 625p.

CAIXETA, S.P. **Efeitos de elementos meteorológicos na evapotranspiração estimada pelo Irrigâmetro nas condições climáticas da zona da mata mineira**. 2009. 51 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) . Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CASTRO JÚNIOR, W.L. **Uso de diferentes tecnologias de manejo da irrigação e análise econômica da produção de feijão-caupi na Região dos Cocais Ë MA**. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. L. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Revista Bahia Agrícola**, v.7, n.1, set. 2005.

CONTIN, F.S. **Tecnologia do Irrigâmetro aplicada no manejo da irrigação do feijoeiro**. 2008. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) . Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÉBAUT, J. T. L.; SEDIYAMA, G. C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 27, n. 150, p 155-162, 1980.

DOORENBOS, J.; PRUITT, J.O. **Crop water requeriment**. Rome: FAO, 1977. 144 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 24).

FALKENMARK, M.; ROCKSTRÖM, J. **Balancing water for humans and nature**: the new approach in ecohydrology. Earthscan, London, 2004. 247 p.

LOPES, A.S. et al. Manejo da irrigação (tensiometria e balanço hídrico climatológico) para a cultura do feijoeiro em sistemas de cultivo direto e convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v. 24, n. 1, p. 89-100, 2004.

MEDEIROS, A.T. **Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Paraipaba, CE**. 2002. 103 f. Tese (Doutorado em Agronomia) . Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

OLIVEIRA, E.M. **Desempenho do Irrigâmetro na estimativa da Evapotranspiração de referência na região do Alto Paranaíba-MG**. 2009. 63 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) . Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

OLIVEIRA, E.M. et al. Ajuste do Irrigâmetro para estimar a evapotranspiração da cultura nos seus diversos estádios de desenvolvimento. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36. Bonito, MS, 2007. **Anais...** Bonito, MS: SBEA, 2007b. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, R.A.; RAMOS, M.M. **Manual do Irrigâmetro**. 1ª edição, Viçosa, Minas Gerais, 2008. 144 p.

OLIVEIRA, R. A.; TAGLIAFERRE, C.; SEDIYAMA, G. C.; MATERAM, F. J. V.; CECON, P. R. Desempenho do Irrigâmetro na estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.12, n.2, p.166. 173, Campina Grande, PB, 2008.

PAULA, A.L.T. **Tecnologia do Irrigâmetro e da válvula intermitente para aspersor aplicada no perímetro irrigado do Jaíba**. 2009. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) . Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PAULINO, J. et al. Situação da agricultura irrigada no Brasil de acordo com o Censo Agropecuário de 2006. **Irriga**, Botucatu, SP, v. 16, n. 2, p. 163-176, 2011.

PEREIRA, A. R., SEDIYAMA, G. C.; VILLA NOVA, N. A. **Evapotranspiração**. Fundag: Campinas, SP, 2013. 323p.

SEDIYAMA, G.C. **Necessidade de água para os cultivos**. Brasília, DF: ABEAS, 1996. 176 p.

SILVA, E.M. et al. Manejo de irrigação para grandes culturas. In: FARIA, M.A. et al. **Manejo de irrigação**. Poços de Caldas, MG: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p. 239-280.

SMITH, M. **Report on the expert consultation on revision of crop water requirements**. Rome: FAO, 1991. 45 p.

SOUSA, V. F.; COELHO, E. F.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; FOLEGATTI, M. V.; FRIZZONE, J. A. Eficiência do uso da água pelo meloeiro sob diferentes frequências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.4, n.2, p.183-188, 2000.

TAGLIAFERRE, C. **Desempenho do Irrigâmetro e de dois minievaporímetros para estimativa da evapotranspiração de referência**. 2006. 99 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) . Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

TAGLIAFERRE, C. et al. Estimativa da evapotranspiração de referência com uso do Irrigâmetro em Vitória da Conquista-BA. **Irriga**, Botucatu, SP, v. 17, n. 1, p. 28-38, 2012.

Viçosa, 30 de maio de 2014

Rubens Alves de Oliveira
Coordenador