



·rede
e-Tec
Brasil

Técnico Agropecuária

Valber Mendes Ferreira

Irrigação e Drenagem



UFRN
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

Ministério da
Educação

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA



Irrigação e Drenagem

Valber Mendes Ferreira



Florianópolis
2011

Presidência da República Federativa do Brasil
Ministério da Educação
Secretaria de Educação a Distância

© Colégio Agrícola de Floriano, órgão vinculado a Universidade Federal do Piauí (UFPI)
Este Caderno foi elaborado em parceria entre o Colégio Agrícola de Floriano da Universidade Federal do Piauí (UFPI) e a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) para o Sistema Escola Técnica Aberta do Brasil – e-Tec Brasil.

Equipe de Elaboração

Colégio Agrícola de Floriano / UFPI

Reitor

Prof. Luiz de Sousa Santos Júnior

Vice-Reitor

Prof. Edwar de Alencar Castelo Branco

Diretor

Prof. Gilmar Pereira Duarte

Coordenador Institucional

Prof. Jossivaldo de Carvalho Pacheco
(Coord. Geral)

Prof. Sidclay Ferreira Maia
(Coord. Adjunto)

Coordenadora do Curso

Profª. Rosiane de Neiva Ribeiro

Professor-Autor

Valber Mendes Ferreira

Equipe de Produção

Secretaria de Educação a Distância / UFRN

Reitora

Profª. Ângela Maria Paiva Cruz

Vice-Reitora

Profª. Maria de Fátima Freire Melo Ximenes

Secretária de Educação a Distância

Profª. Maria Carmem Freire Diógenes Rêgo

Secretária Adjunta de Educação a Distância

Profª. Eugênia Maria Dantas

Coordenador de Produção de Materiais Didáticos

Prof. Marcos Aurélio Felipe

Revisão

Cristinara Ferreira dos Santos
Emanuelle Pereira de Lima Diniz
Kaline Sampaio de Araújo
Luciane Almeida Mascarenhas de Andrade
Verônica Pinheiro da Silva

Diagramação

Ana Paula Resende
Rafael Marques Garcia

Arte e Ilustração

Adauto Harley
Anderson Gomes do Nascimento

Projeto Gráfico

e-Tec/MEC

Ficha catalográfica

Catalogação da publicação na fonte. Bibliotecária Verônica Pinheiro da Silva.

L864a Ferreira, Valber Mendes.

Irrigação e drenagem / Valber Mendes Ferreira. – Floriano, PI: EDUFPI, 2011.

126 p. : il. (Técnico em Agropecuária).

ISBN 978-85-7463-441-8

Esse material foi revisado e diagramado pela Secretaria de Educação a Distância da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

1. Agropecuária. 2. Irrigação. 3. Drenagem I. Colégio Agrícola de Floriano, PI.

II. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. III. Título.

CDU 630*26

Apresentação e-Tec Brasil

Prezado estudante,

Bem-vindo ao e-Tec Brasil!

Você faz parte de uma rede nacional pública de ensino, a Escola Técnica Aberta do Brasil, instituída pelo Decreto nº 6.301, de 12 de dezembro 2007, com o objetivo de democratizar o acesso ao ensino técnico público, na modalidade a distância. O programa é resultado de uma parceria entre o Ministério da Educação, por meio das Secretarias de Educação a Distância (SEED) e de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC), as universidades e escolas técnicas estaduais e federais.

A educação a distância no nosso país, de dimensões continentais e grande diversidade regional e cultural, longe de distanciar, aproxima as pessoas ao garantir acesso à educação de qualidade, e promover o fortalecimento da formação de jovens moradores de regiões distantes, geograficamente ou economicamente, dos grandes centros.

O e-Tec Brasil leva os cursos técnicos a locais distantes das instituições de ensino e para a periferia das grandes cidades, incentivando os jovens a concluir o ensino médio. Os cursos são ofertados pelas instituições públicas de ensino e o atendimento ao estudante é realizado em escolas-polo integrantes das redes públicas municipais e estaduais.

O Ministério da Educação, as instituições públicas de ensino técnico, seus servidores técnicos e professores acreditam que uma educação profissional qualificada – integradora do ensino médio e educação técnica, – é capaz de promover o cidadão com capacidades para produzir, mas também com autonomia diante das diferentes dimensões da realidade: cultural, social, familiar, esportiva, política e ética.

Nós acreditamos em você!

Desejamos sucesso na sua formação profissional!

Ministério da Educação
Janeiro de 2010

Nosso contato
etecbrasil@mec.gov.br

Indicação de ícones

Os ícones são elementos gráficos utilizados para ampliar as formas de linguagem e facilitar a organização e a leitura hipertextual.



Atenção: indica pontos de maior relevância no texto.



Saiba mais: oferece novas informações que enriquecem o assunto ou “curiosidades” e notícias recentes relacionadas ao tema estudado.



Glossário: indica a definição de um termo, palavra ou expressão utilizada no texto.



Mídias integradas: remete o tema para outras fontes: livros, filmes, músicas, *sites*, programas de TV.



Atividades de aprendizagem: apresenta atividades em diferentes níveis de aprendizagem para que o estudante possa realizá-las e conferir o seu domínio do tema estudado.

Sumário

| | |
|--|-----------|
| Palavra do professor-autor | 9 |
| Apresentação da disciplina | 11 |
| Projeto instrucional | 13 |
| Aula 1 – Irrigação: conceito, histórico e importância | 15 |
| 1.1 Conceituando irrigação | 15 |
| 1.2 Histórico da irrigação..... | 16 |
| 1.3 Histórico da irrigação no Brasil..... | 18 |
| 1.4 Importância da irrigação para a agricultura..... | 20 |
| Aula 2 – Métodos de irrigação | 25 |
| 2.1 Métodos de irrigação..... | 25 |
| Aula 3 – Avaliação dos sistemas de irrigação: teste de uniformidade de água | 51 |
| 3.1 Avaliação dos sistemas de irrigação..... | 51 |
| 3.2 Importância da uniformidade da irrigação..... | 51 |
| 3.3 Fatores que afetam a uniformidade de distribuição de água..... | 52 |
| 3.4 Teste de uniformidade em sistema de irrigação por aspersão..... | 53 |
| 3.5 Teste de uniformidade em sistema de irrigação localizada..... | 57 |
| Aula 4 – Infiltração de água no solo | 63 |
| 4.1 Infiltração x infiltrabilidade..... | 63 |
| 4.2 Velocidade de infiltração..... | 66 |
| Aula 5 – Dimensionamento do sistema de irrigação | 75 |
| 5.1 Parâmetros para o dimensionamento de um sistema de irrigação..... | 75 |
| 5.2 Problemas hidráulicamente determinados..... | 82 |
| 5.3 Dimensionamento do sistema de irrigação por aspersão..... | 85 |
| 5.4 Dimensionamento do sistema de irrigação por gotejamento | 89 |
| 5.5 Dimensionamento hidráulico do sistema..... | 95 |

| | |
|--|------------|
| Aula 6 – Manejo de irrigação | 101 |
| 6.1 Importância do manejo da irrigação..... | 101 |
| 6.2 Como fazer o manejo da irrigação..... | 101 |
| Aula 7 – Drenagem agrícola | 115 |
| 7.1 Drenagem agrícola: conceito | 115 |
| 7.2 Como se divide a drenagem agrícola? | 116 |
| 7.3 Sistemas de drenagem..... | 118 |
| 7.4 Tipos de drenos e materiais drenantes..... | 118 |
| Referências | 123 |
| Curriculo do professor-autor | 126 |

Palavra do professor-autor

Caros(as) Alunos (as),

A irrigação é uma operação agrícola que tem como principal objetivo suprir as necessidades de água das plantas, no qual se desenvolve a agricultura. É imprescindível nas áreas das regiões onde a chuva é escassa ou insuficiente para o bom desenvolvimento da cultura.

A prática da irrigação requer conhecimentos essenciais para sua implantação e condução. Identificar qual o sistema de irrigação a ser utilizada numa determinada área para uma determinada cultura é a primeira etapa, porém, o correto dimensionamento do sistema e o manejo da irrigação são etapas indispensáveis para bons resultados.

A técnica de irrigação não deve ser considerada isoladamente, mas sim como parte de um conjunto de atividades que visa maximizar a produção agrícola. As características do sistema de irrigação, quantidade de água fornecida à cultura, taxa de infiltração de água do solo são de fundamental importância para a prática da irrigação. Esse e outros assuntos serão abordados nesta disciplina, cujo objetivo é proporcionar conhecimentos suficientes para que vocês possam atuar na área da irrigação e drenagem.

Bom estudo a todos(as)!

Apresentação da disciplina

Na Aula 1, você irá estudar o conceito, histórico e importância da irrigação para a agricultura.

Na Aula 2, você vai ver a classificação dos métodos de irrigação e suas principais características.

Na Aula 3, você vai estudar os principais testes de uniformidade de água para os sistemas de aspersão e gotejamento.

Na Aula 4, você irá estudar a infiltração de água no solo, sua importância e os principais fatores que nela interferem, bem como os principais métodos de determinação da velocidade de infiltração. Você verá como se faz a construção de uma planilha de infiltração em nível de campo.

Na Aula 5, você irá identificar os parâmetros essenciais para o dimensionamento de um sistema de irrigação e verá como dimensionar um projeto de irrigação por aspersão e por gotejamento.

Na Aula 6, você estudará a importância do manejo da irrigação do solo, as principais técnicas de controle e manejo de irrigação e o que são estações meteorológicas. Verá como construir uma planilha de manejo com auxílio da estação meteorológica.

Na Aula 7, última aula da disciplina, você vai estudar a drenagem agrícola. Verá o conceito, sua importância e os tipos de drenagem. Conhecerá também os tipos de dreno e os principais materiais drenantes.

Projeto instrucional

Disciplina: Irrigação e drenagem (45 horas)

Ementa: Irrigação: conceito, histórico e importância. Métodos de irrigação. Avaliação dos sistemas de irrigação: teste de uniformidade de água. Infiltração de água no solo. Dimensionamento do sistema de irrigação. Manejo de irrigação. Drenagem agrícola.

| AULA | OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM | CARGA HORÁRIA (horas) |
|---|---|-----------------------|
| 1. Irrigação: conceito, histórico e importância | Conceituar irrigação. Conhecer o histórico da irrigação. Definir a importância da irrigação para a agricultura e o desenvolvimento socioeconômico do país. | 6 |
| 2. Métodos de irrigação | Diferenciar os principais métodos de irrigação, seus sistemas e seus principais componentes. Identificar as vantagens e desvantagens de cada método de irrigação. | 7 |
| 3. Avaliação dos sistemas de irrigação: teste de uniformidade de água | Identificar as principais causas do funcionamento inadequado dos sistemas de irrigação. Estabelecer os critérios necessários para o teste de uniformidade em sistema de irrigação por aspersão. Calcular o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC). Estabelecer os critérios necessários para o teste de uniformidade em sistema de irrigação localizada. Calcular o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD). | 7 |
| 4. Infiltração de água no solo | Conceituar infiltração e infiltrabilidade. Identificar os fatores que interferem na infiltração dos solos. Calcular a velocidade e a capacidade ou taxa de infiltração de água nos solos. Definir os métodos para determinação da infiltração nos solos. | 6 |
| 5. Dimensionamento do sistema de irrigação | Definir os parâmetros necessários para dimensionar um sistema de irrigação. Dimensionar um projeto de irrigação por aspersão e por gotejamento. | 7 |
| 6. Manejo de irrigação | Reconhecer a importância do manejo da irrigação do solo. Identificar e aplicar as principais técnicas de controle e manejo de irrigação. Definir o que são estações meteorológicas. Construir planilhas de manejo com auxílio da estação meteorológica. | 6 |
| 7. Drenagem agrícola | Conceituar drenagem agrícola e conhecer sua importância. Identificar os tipos de drenagem agrícola. Conhecer os tipos de dreno e materiais drenantes. | 6 |

Aula 1 – Irrigação: conceito, histórico e importância

Objetivos

Conceituar irrigação.

Conhecer o histórico da irrigação.

Definir a importância da irrigação para a agricultura e o desenvolvimento socioeconômico do país.

1.1 Conceituando irrigação

Para início de conversa, é preciso saber o que é irrigação. Você saberia defini-la?



a



b

Figura 1.1: (a) Irrigação de lavoura (b) Irrigação de jardinagem

Fonte: (a) <<http://viajeaqui.abril.com.br/national-geographic/especiais/energia/fotos/fontes-energia-493138.shtml?foto=8p>>;

Fonte: (b) <http://www.terragua.com.br/clientes.php>>. Acesso em: 9 jun. 2011.

De imediato, pode parecer que irrigação é a mesma coisa que molhar, mas não é simples assim. Molhar é simplesmente fornecer água de modo irregular sem se preocupar com a quantidade fornecida até que o solo aparente estar molhado ou mesmo úmido. Irrigação é um método artificial pelo qual se calcula a quantidade de água aplicada na planta, com o objetivo de suprir as necessidades hídricas totais ou suplementares da planta na falta de chuva. A irrigação viabiliza o cultivo de espécies de plantas em locais onde sem sua

aplicação seria impossível, como em locais áridos ou até em locais onde não há uma disposição regular de chuvas.

Apesar de se constituir em uma técnica que proporciona alcançar a máxima produção, a irrigação não deve ser considerada isoladamente para se garantir o sucesso da produção, deve ser acompanhada com as demais práticas agrícolas.

No Brasil, em especial, a irrigação tem sido alvo de considerável interesse, principalmente nas regiões Nordeste e Centro-Sul, visto ser de fundamental importância em regiões áridas.

Para melhor compreender a sua importância para a agricultura e o desenvolvimento socioeconômico do país, você estudará a seguir o histórico da irrigação e o seu desenvolvimento no Brasil.

1.2 Histórico da irrigação

A irrigação é uma técnica milenar, uma das mais antigas conhecidas e praticadas pelo homem. A história da irrigação revela um percurso de riqueza, prosperidade e muita segurança.

As civilizações antigas tiveram seu crescimento em regiões secas ou áridas, onde a produção oriunda da agricultura só acontecia mediante a irrigação. Dessa forma, grandes civilizações surgiram às margens dos rios, como por exemplo, o rio Nilo no Egito e o rio Eufrates na Mesopotâmia. Com o tempo essas civilizações se tornaram grandes produtoras de alimentos.

Os camponeses descobriram que o rebaixamento do nível dos rios proporcionava condições ideais para o plantio, pois a semente iria encontrar o solo com umidade suficiente para a sua germinação. Porém, quando os rios enchiam novamente aqueles camponeses que haviam plantado perdiam tudo. Nesse contexto, surgiu a idéia de controlar a cheia dos rios.

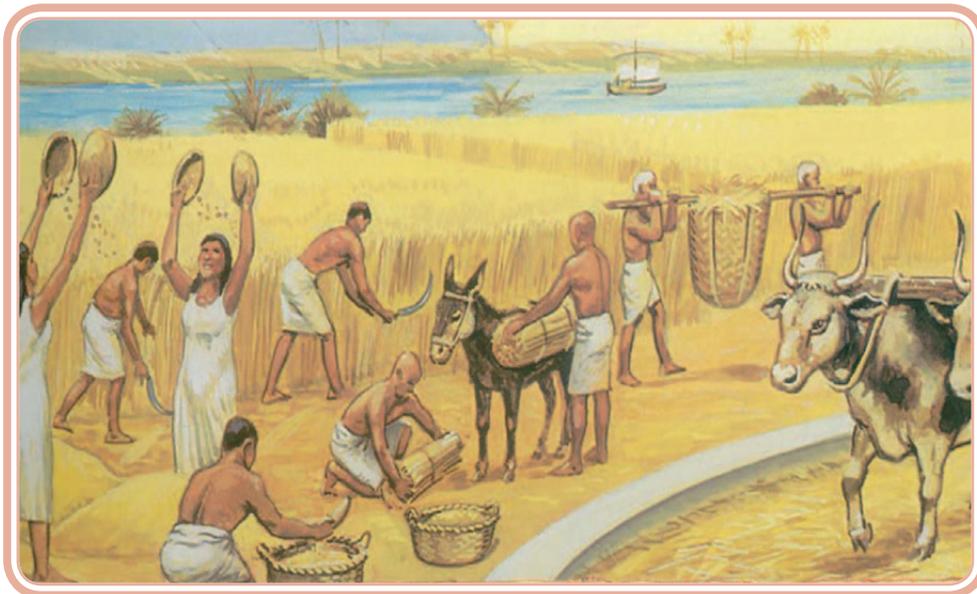


Figura 1.2: Agricultura às margens do rio Nilo

Fonte: <<http://sites.google.com/site/trabalhox/2542424527.jpg>>. Acesso em: 4 ago. 2011.

Foi construída, então, às margens do Nilo, a primeira obra de irrigação a partir da construção de diques, represas e canais, para o aproveitamento das águas do rio.

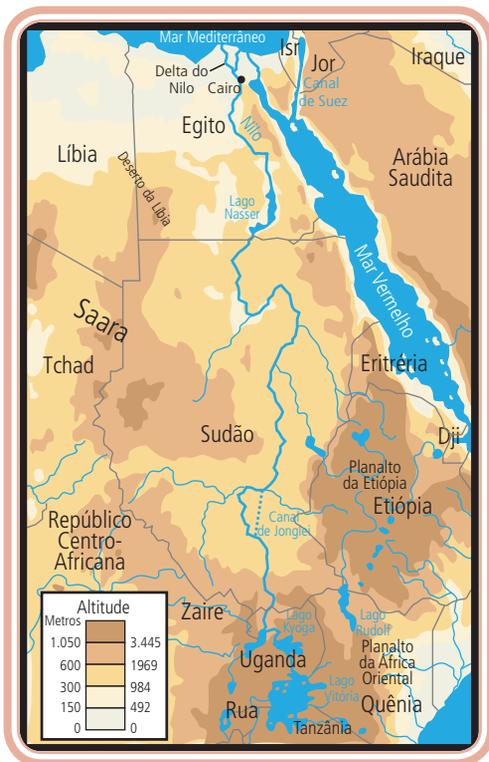


Figura 1.3: Mapa do rio Nilo

Fonte: Encyclopedia Britânica

No geral, parte da água do rio era desviada para um canal de derivação que a levava, por gravidade, ao local onde seria utilizada.

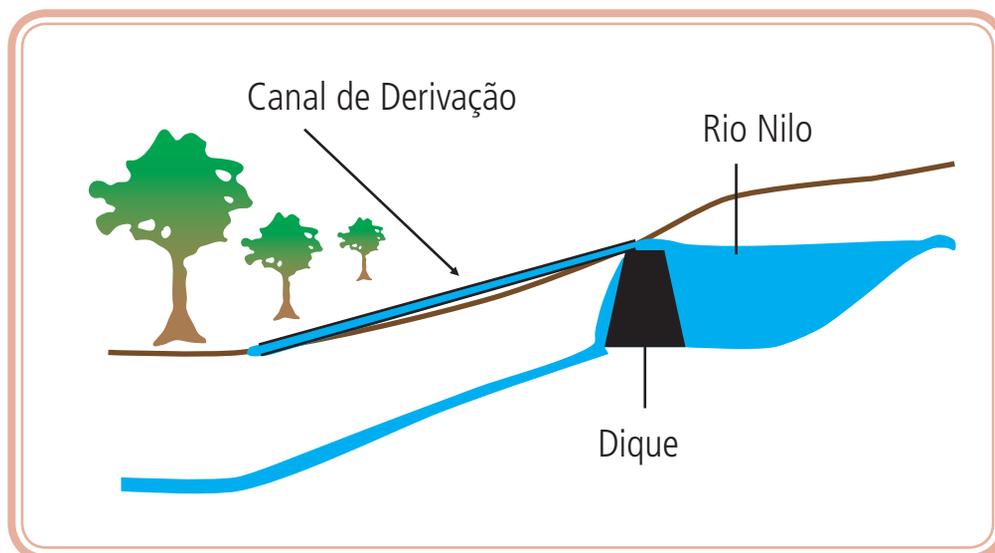


Figura 1.4: Esquema de desvio da água do rio Nilo

Fonte: autoria própria.

De um modo geral, o aproveitamento da irrigação para a agricultura nas civilizações antigas se deu simplesmente pela necessidade de se obter uma maior produção de alimentos para suprir as necessidades dos povos. Diante disso, se buscava sempre melhorar e aumentar as áreas agricultáveis próximas ou às margens dos rios.



1. Qual a finalidade da construção dos primeiros projetos de irrigação no antigo Egito?
2. Para ampliar o seu conhecimento acerca do histórico da irrigação, pesquise mais sobre o tema e produza um texto com as informações coletadas.

1.3 Histórico da irrigação no Brasil

A história da irrigação no Brasil tem sua origem no Rio Grande do Sul, durante a colonização do país. Naquela época, iniciaram-se grandes cultivos do arroz irrigado, porém, sem tecnologia. O Brasil começou a ter uma expressiva ocupação das áreas irrigadas por volta de 1970 a 1980, devido a incentivos dos governos através de projetos e programas no combate à seca. Diante disso, foi inevitável o seu desenvolvimento através de obras, como construções de barragens e de perímetros irrigados.

Em meados dos anos 80, houve um grande avanço, tanto na fabricação como na modernização dos equipamentos de irrigação, isso devido à grande demanda por produtos mais modernos e que suprissem as necessidades dos pequenos e grandes produtores. Esse comportamento refletiu-se de maneira notável sobre o uso dos recursos hídricos.

De acordo com o Censo Agropecuário do IBGE das décadas de 70, 80 e 90, o Brasil mostra um crescimento de suas áreas irrigadas. Isso fica mais notório de 2000 a 2007, quando a área irrigada no Brasil teve um incremento médio de 120.000 ha por ano, nas áreas irrigadas por sistemas pressurizados.

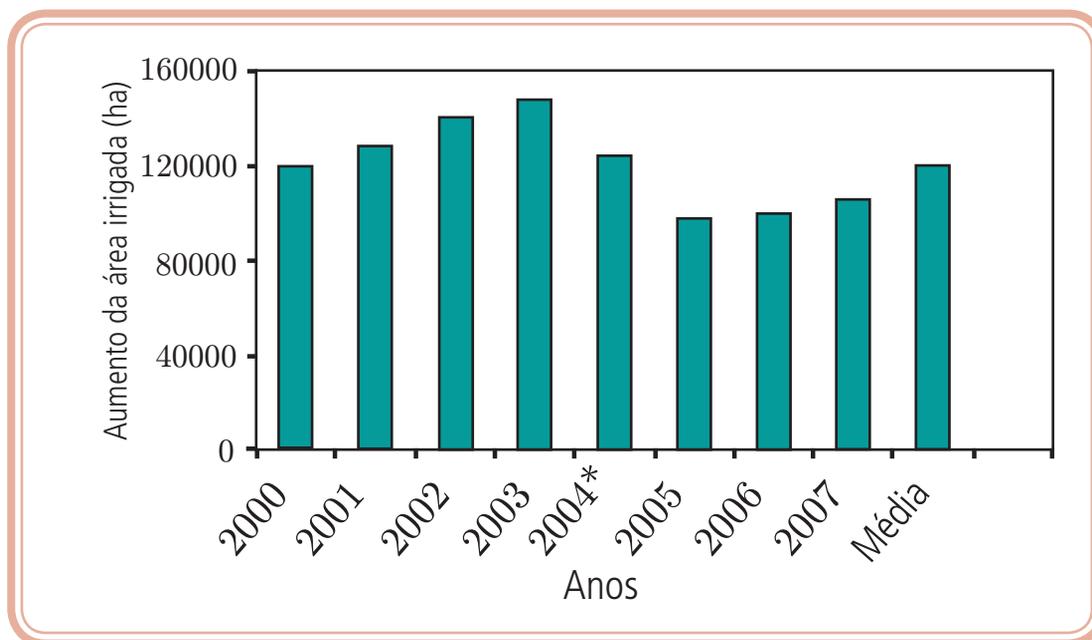


Figura 1.5: Aumento da área irrigada por sistemas de irrigação pressurizados, no período de 2000 a 2007

Fonte: Câmara Setorial de Equipamentos de Irrigação (CSEI) da ABIMAQ.

Na Figura 1.6, podemos observar as áreas irrigadas pelos diferentes métodos de irrigação por região do Brasil, destacando-se a região Sul.

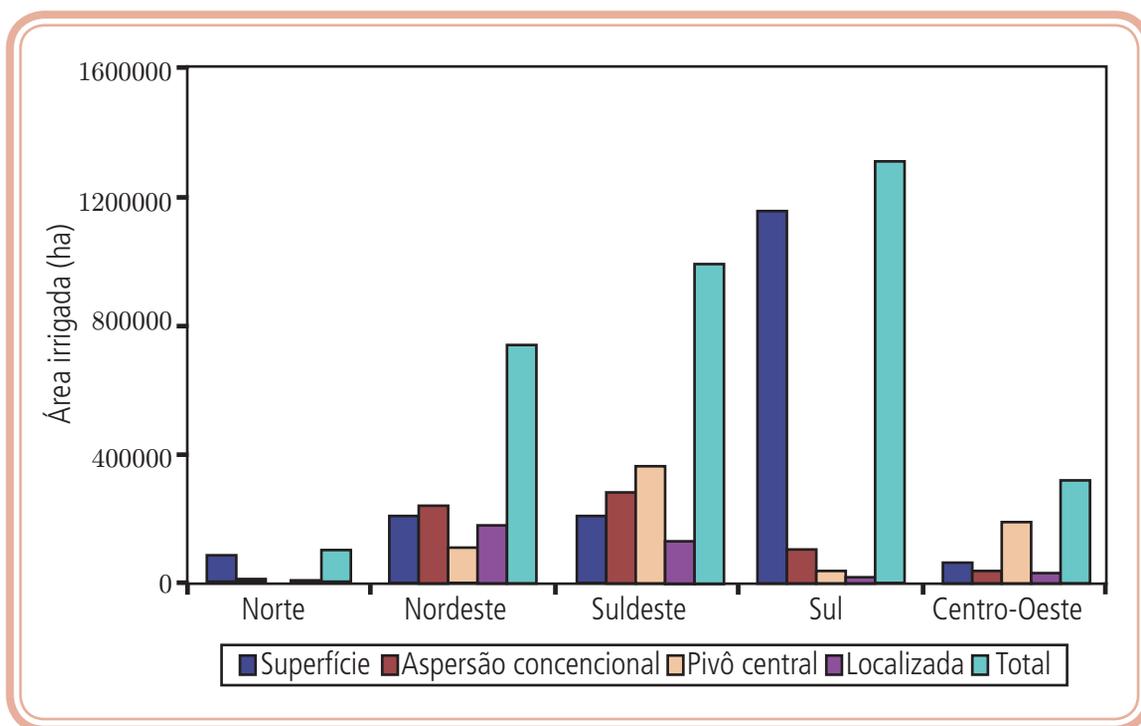


Figura 1.6: Área irrigada (ha) pelos diferentes métodos de irrigação e por região do Brasil

Fonte: Christofidis (2006).

Diante do contexto, podemos dizer que a irrigação no Brasil nos próximos anos irá sofrer um incremento devido às necessidades de maiores produções e melhor qualidade dos produtos agrícolas.



1. Qual a região do Brasil que apresenta maior área irrigada? Justifique com informações históricas e dados estatísticos.
2. Para ampliar o seu conhecimento acerca da evolução da irrigação no Brasil, pesquise mais sobre o tema e produza um texto com as informações coletadas.

1.4 Importância da irrigação para a agricultura

Você verá nesta seção alguns aspectos que demonstram a importância da irrigação para a agricultura e para o desenvolvimento socioeconômico.

- Garantia de produção e redução dos riscos na produção de alimentos: o produtor ao irrigar garante sua produção e poderá até mesmo fazer um planejamento baseado no mercado, ou seja, poderá escalonar a produção, fornecendo o produto no período da entressafra.



Figura 1.7: Garantia de safra (uva irrigada)

Fonte: <<http://www.turismo.rs.gov.br/portal/index.php?q=galeria&rr=45>>. Acesso em: 10 jun. 2011.

- Geração de empregos permanentes: com a irrigação, é necessário pessoal para instalação, manutenção e operação dos sistemas de irrigação.



Figura 1.8: Geração de empregos

Fonte: Fotos de Valber Mendes Ferreira.

- Aumento de produtividade das culturas e melhoria da qualidade do produto: ao fornecer água em quantidades adequadas para o pleno desenvolvimento da cultura, o produtor obterá não só maiores produtividades, mas também melhor qualidade de seus produtos.

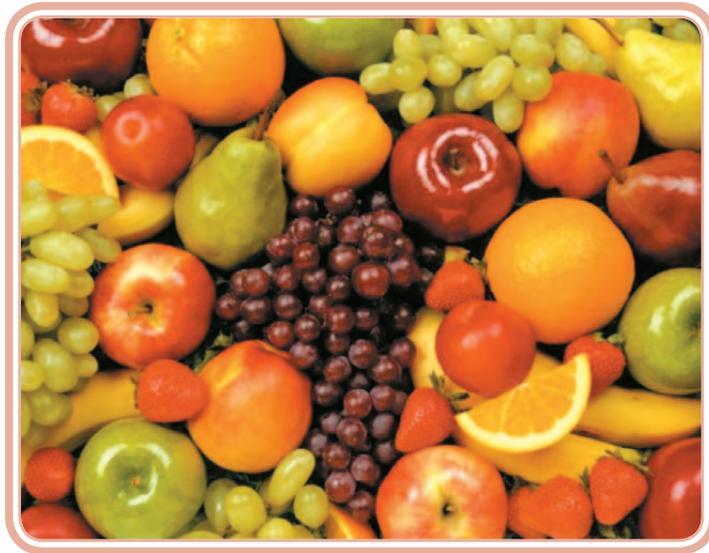


Figura 1.9: Frutas de boa qualidade

Fonte: <<http://www.paraiba.com.br/2011/02/10/89000-preco-de-frutas-e-verduras-tem-variacao-de-170-na-capital>>. Acesso em: 10 jun. 2011.

- Aumento no número de safras agrícolas: dependendo da cultura, o produtor terá um aumento de safras. Um exemplo é o feijão-caupi, que terá 3 safras durante o ano.



Figura 1.10: Aumento do rendimento (soja)

Fonte: <<http://www.onacional.com.br/noticias/agronegocios/13987>>. Acesso em: 10 jun. 2011.

- Desenvolvimento socioeconômico: com a implantação da irrigação, ocorreram mudanças socioeconômicas como, por exemplo, o aumento da renda *per capita*, crescimento dos estabelecimentos comerciais e industriais, melhoria das condições de saúde.



Figura 1.11: Melhoria das condições de saneamento

Fonte: <<http://www.investne.com.br/frases/novo-indicador-abrange-realidade-socioeconomica-brasileira>>. Acesso em: 10 jun. 2011.

1. Faça uma pesquisa sobre a importância da irrigação e o seu impacto para a agricultura e para o desenvolvimento do Brasil. Apresente dados, exemplos etc.



Resumo

Nesta aula introdutória, você estudou o conceito de irrigação, seu histórico e sua importância para a agricultura e para o desenvolvimento do país.

Avaliação

1. Conceitue irrigação.
2. Considerando o contexto histórico, em qual região se deu o início da irrigação? Quais eram as fontes e formas de captação de água?
3. No Brasil, onde se deu o início da história da irrigação?
4. Escreva sobre a importância da irrigação para a agricultura.

Aula 2 – Métodos de irrigação

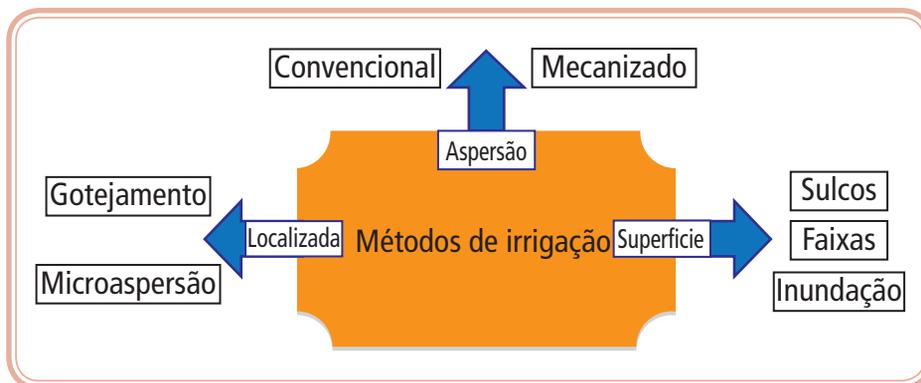
Objetivos

Diferenciar os principais métodos de irrigação, seus sistemas e seus principais componentes.

Identificar as vantagens e desvantagens de cada método de irrigação.

2.1 Métodos de irrigação

O método de irrigação é a forma pela qual a água pode ser aplicada às culturas. Há basicamente três tipos: **aspersão**, **localizada** e **superfície**. Para cada método, podem ser empregados dois ou mais sistemas de irrigação.



Você sabe por que há muitos tipos de sistemas de irrigação? Isso se deve a grande variação de solo, clima, culturas, disponibilidade de energia e condições socioeconômicas para as quais o sistema de irrigação deve ser adaptado. Vejamos a seguir os possíveis sistemas, conforme seu respectivo método de irrigação.

2.1.1 Sistemas de irrigação por aspersão

A irrigação por aspersão é o método em que a aplicação de água na superfície do terreno assemelha-se a uma chuva, isso devido ao fracionamento de um jato de água em gotas menores lançado no ar atmosférico sob pressão por meio de pequenos orifícios ou bocais. De forma geral, os sistemas de

irrigação apresentam vantagens e desvantagens que devem ser analisadas quando se deseja selecionar um sistema a ser utilizado.



Figura 2.1: Sistema de irrigação por aspersão

Fonte: <<http://portuguese.cri.cn/199/2007/07/12/1@70989.htm>>. Acesso em: 6 out. 2010.

O sistema de irrigação por aspersão, como os demais que você verá nesta aula, apresenta vantagens e desvantagens. Podemos elencar como vantagens os seguintes pontos:

- Não é necessário o nivelamento do solo, é o método que mais se adapta às condições topográficas e geométricas de terreno, ou seja, terrenos com declividades, desde as mais acentuadas, até mesmo as superfícies menos uniformes.
- Permite um bom controle da lâmina de água a ser aplicada desde que se tenha um bom manejo da irrigação.
- Possibilita a automatização podendo o produtor obter economia de mão de obra.
- Possibilita a economia de água (maior eficiência), desde que seja bem dimensionado o sistema e que se aplique um programa de manejo de irrigação.
- Permite o uso da Quimigação (a aplicação de produtos e tratamentos fitossanitários via água de irrigação).

- Possibilidade de uso em solos de baixa capacidade de retenção de água (solos arenosos) desde que as irrigações sejam frequentes e com menor quantidade de água.
- Quase não interfere nas práticas culturais. Existem sistemas de fácil desmontagem.
- Não existem perdas de água por evaporação ou infiltração, isso devido à condução de água ser feita por tubo fechado.
- Permite que a tubulação seja enterrada, tendo assim uma maior área disponível para a cultura.
- Permite que a irrigação seja feita durante o período noturno, evitando assim o horário de pico de utilização de energia elétrica.

Quanto às desvantagens, o sistema de irrigação por aspersão pode apresentar:

- Elevados custos iniciais de operação e manutenção.
 - O vento afeta a uniformidade de distribuição de água dos aspersores.
 - Pelo fato de molhar as folhas das plantas, favorece o desenvolvimento de algumas doenças.
 - Os constantes impactos das gotas de água no solo podem provocar compactação e erosão do solo.
 - A frequência do contato das gotas de água no período da floração e frutificação em algumas culturas poderá causar prejuízos à fixação de botões florais ou mesmo de frutos novos, interferindo assim na produtividade.
 - É muito trabalhosa a atividade de transporte das tubulações portáteis e acessórios dos sistemas convencionais.
1. O que são métodos de irrigação? Conceitue e exemplifique.
 2. Que sistema de irrigação faz a aplicação de água na superfície do terreno e assemelha-se a uma chuva?



3. Cite duas vantagens e duas desvantagens do sistema de irrigação por aspersão.

Existem dois tipos de sistemas de irrigação por aspersão: os convencionais e os por aspersão mecanizada. Vamos estudar cada um deles a seguir.

2.1.1.1 Sistemas de irrigação por aspersão convencionais

Os sistemas de irrigação por aspersão convencionais podem ser apresentados em diferentes tipos. De forma geral, são constituídos por linhas principais, secundárias e laterais. A mobilidade dessas linhas define os diferentes tipos de sistemas. Vejamos cada um deles.

a) Sistema portátil

São aqueles constituídos de tubulações portáteis montadas na superfície do terreno, permitindo que todas as linhas e componentes desloquem-se em diversas posições na área irrigada. Existe uma desvantagem no que diz respeito ao custo operacional, pois é maior devido à quantidade de mão de obra requerida no deslocamento das tubulações.



Figura 2.2: Sistema portátil

Fonte: <http://www.tigre.com.br/pt/pdf/catalogo_irrigacao.pdf>. Acesso em: 6 out. 2010.

b) Sistema semiportátil (ou semifixo)

É aquele em que apenas as linhas laterais se deslocam nas diferentes posições da área irrigada. As linhas principais e secundárias podem ser enterradas ou ficar sobre a superfície do terreno. Tem a vantagem de menor investimento de capital; contudo, exigem mais mão de obra no manejo e operação.

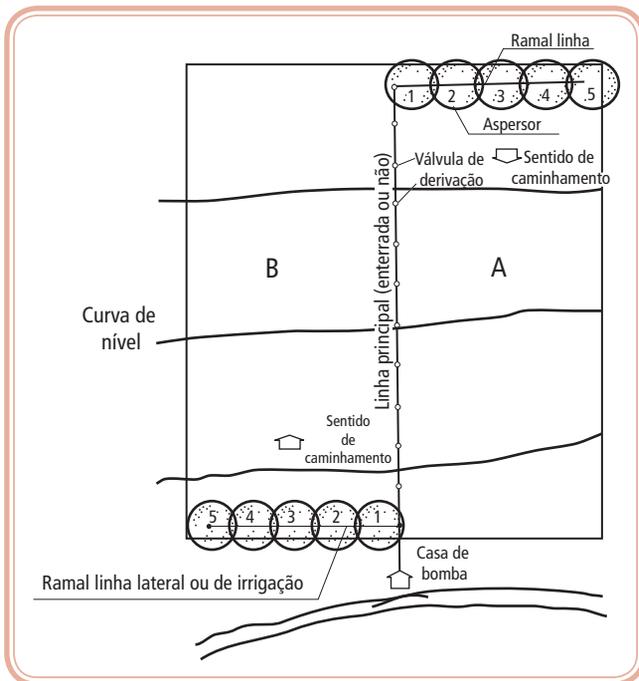


Figura 2.3: Sistema semiportátil (ou semifixo)

Fonte: <http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/irriga4.html> Acesso em: 21 mar. 2011.

c) Sistema fixo permanente

São aqueles em que as linhas principais, secundárias e laterais são enterradas e suficientes para cobrir toda a área. Esse sistema é muito utilizado em áreas de tamanho pequeno, pois apresenta alto custo de aquisição inicial por unidade de área, justificando-se o seu uso apenas para irrigação de áreas com culturas de elevado valor econômico e mão de obra escassa ou cara.



Figura 2.4: Sistema fixo permanente

Fonte: http://3.bp.blogspot.com/_LEJ14qvRteY/S7yq_3f9nSI/AAAAAAAAABU/b-r4EWb3a1k/s1600/ORCA+038.jpg. Acesso em: 6 out. 2010.

2.1.1.2 Sistemas de irrigação por aspersão mecanizada

Os sistemas de irrigação por aspersão mecanizada além do movimento de rotação deslocam-se ao longo do terreno, efetuando a irrigação. Esses sistemas possuem um mecanismo de propulsão que permite a sua movimentação enquanto aplica água no terreno. Atualmente, existem diversos tipos de sistemas mecanizados. Vejamos os principais.

a) Sistema autopropelido

O autopropelido é um aspersor do tipo canhão, montado sobre um carinho de rodas. É rebocado por um trator, a uma determinada distância, e depois recolhido por meio de um carretel enrolador acionado por um mecanismo hidráulico. Ele irriga uma faixa de terra longa e estreita. Seu deslocamento se dá através da movimentação hidráulica de um carretel.



Figura: 2.5: Sistema autopropelido

Fonte: <<http://www.fortpen.com/produto2>>. Acesso em: 6 out. 2010.

Dentre as vantagens que um sistema autopropelido apresenta, está a alta capacidade de irrigação, facilidade de manejo e mão de obra reduzida. Acerca das desvantagens, esse sistema requer o auxílio de um trator e o operador para transporte do equipamento, exige mais energia devido à pressão do jato, sua eficiência de distribuição de água é prejudicada pelo vento.

b) Sistema de pivô central

É um sistema que possui movimentação circular, constituído em geral de uma linha com vários aspersores, com tubos de aço conectados entre si, montados em torres dotadas de rodas. Um pequeno motor elétrico, colocado em cada torre, permite o acionamento independente dessas.



Figura 2.6: Sistema de pivô central (base fixa)

Fonte: <<http://www.agrovisao.com/det.asp?id=006>>. Acesso em: 6 out. 2010.

A água vem de um ponto de captação através uma adutora enterrada, que abastece a tubulação suspensa. A velocidade de deslocamento de cada torre e do avanço da linha de distribuição é determinada pela velocidade da torre externa que é regulada por uma central de controle (caixa) que fica junto à base do pivô (Figura 2.6). O deslocamento do pivô inicia-se na última torre, que propaga uma reação em cadeia, a começar da penúltima torre até a primeira.

Dentre as principais vantagens, tem-se a possibilidade de controlar a direção do equipamento, baixa exigência de mão de obra; bom potencial de uniformidade de aplicação de água, possibilidade de aplicação de fertilizantes e outros produtos químicos.

As limitações da irrigação por esse sistema, quando analisamos que o pivô central irriga áreas circulares, temos aproximadamente 20% da área não irrigada, por isso, utilizam-se equipamentos especiais os quais oneram mais o sistema. Como na prática, a intensidade de aplicação de água na extre-

midade da linha de irrigação varia muito, tornam-se necessárias práticas de conservação de solo para reduzir ou mesmo evitar o escoamento superficial (plantio em nível, terraços, plantio direto etc.)

Para o pivô central ser implantado é obrigado que a área esteja totalmente livre de obstáculos (construções) ou qualquer elemento que limite a movimentação da linha de irrigação.



1. Quais são as vantagens de um sistema portátil de irrigação por aspersão convencional?
2. Em que casos o sistema fixo permanente de aspersão convencional é indicado?
3. Caracterize os sistemas de aspersão mecanizada?
4. Cite duas vantagens do autopropelido.
5. De que consiste o pivô central?

2.1.1.3 Componentes de um sistema de irrigação por aspersão

Um sistema de irrigação por aspersão geralmente é constituído de componentes importantes para o fornecimento de água (aspersores, acessórios, tubulações, motobomba). Vejamos em que consiste cada um desses componentes.

a) Aspersores

São as peças principais do sistema, tem o objetivo de distribuir a água no terreno na forma de chuva. Na maioria dos sistemas de irrigação por aspersão são utilizados os aspersores rotativos. Estes aspersores podem ser de giro completo (360°) ou do tipo setorial.



Figura 2.7: Aspersor de giro completo



Figura 2.8: Aspersor do tipo setorial

Fonte: <<http://www.fabrimar.com.br/produto>> Acesso 25 fev. 2011

Existem aspersores com um e dois bocais, diferenciados entre si apenas pelo diâmetro.

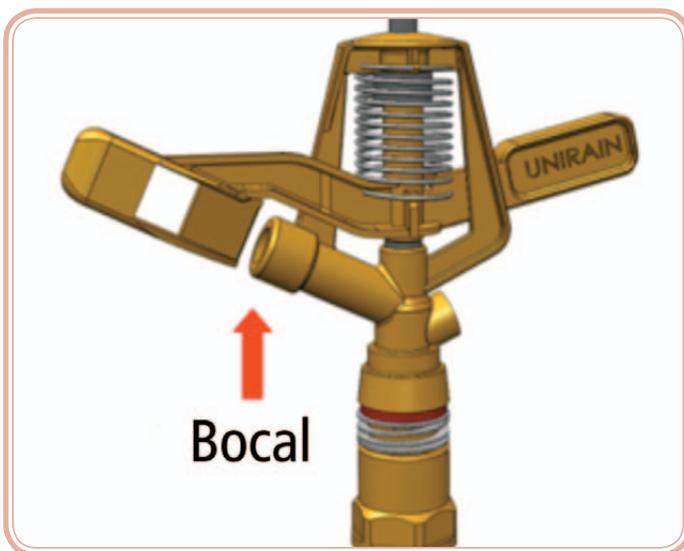


Figura 2.9: Aspersor de um bocal

Fonte: <<http://unirain.com>>. Acesso em: 6 out. 2010.



Figura 2.10: Aspersor de dois bocais

Fonte: <<http://www.terramolhada.com/produtos/especs/66.pdf>> Acesso 25 fev. 2011

Segundo Bernardo et al. (2006), os aspersores disponíveis no mercado se classificam em quatro grupos, segundo a pressão de serviço. Vejamos agora quais são:

- **Aspersores de pressão de serviço muito baixa:** são aqueles que possuem faixa de pressão variando entre 4 e 10 mca. Possuem pequeno raio de alcance e são em geral estacionários (ex: aspersores de jardim).



Figura 2.11: Aspersor para jardim

Fonte: <<http://www.rumo.com.br/sistema/listaprodutos.asp?IDLoja=4421&Y=9908936097870&Det=True&IDProduto=605011&q=aspersor-pop-up-sprinkler-pro-200---gardena>> Acesso 25 fev. 2011

- **Aspersores de pressão de serviço baixa:** são aqueles que possuem faixa de pressão entre 10 e 20 mca. Possuem raio de alcance de 6 a 12 m e são em geral rotativos (ex: aspersores de subcopa de pomar).



Figura 2.12: Aspersor de subcopa de pomar

Fonte: <http://www.fabrimar.com.br/produto_selecionado.asp?ref_produto=Sub%207&cat_produto=Irriga%E7%E3o> Acesso 25 fev. 2011

- **Aspersores de pressão de serviço média:** são aqueles que possuem faixa de pressão entre 20 e 40 mca. Possuem raio de alcance entre 12 e 36 m. Esse tipo é o mais utilizado pelo fato de se adaptarem a um número maior de solos e culturas. Estes aspersores possuem um ou dois bocais (Figuras 2.9 e 2.10).
- **Aspersores de pressão de serviço alta:** estes aspersores são conhecidos como gigantes ou canhões hidráulicos. Possuem faixa de pressão entre 40 e 80 mca e longo alcance (30 e 80 m), é usado principalmente na irrigação de cana-de-açúcar, pastagens e capineiras (Figura 2.13).



Figura 2.13: Aspersor gigante tipo canhão

Fonte: <<http://www.lojakrebs.com.br/produto/aspersor-plona-rl-300.html>> Acesso 25 fev. 2011.

b) Acessórios

Os acessórios mais comuns são o acoplamento rápido aspersor, o adaptador fêmea, o adaptador macho, o cap macho, a curva 45°, a curva 90°, a derivação de rosca, a derivação de saída fêmea, o registro esfera soldável, o registro esfera roscável, a curva de derivação, a junta borracha vedação, entre outros.



Figura 2.14: Acessórios mais utilizados nos sistemas de aspersão

Fonte: <http://www.tigre.com.br/pt/pdf/catalogo_irrigacao.pdf>. Acesso em: 6 out. 2010.

c) Tubulações

Nos sistemas de irrigação por aspersão as tubulações têm uma importância fundamental, pois através delas é que a água é conduzida até os aspersores. Podem ser confeccionados de diferentes matérias, podendo ser de alumínio, aço zincado, aço galvanizado ou PVC rígido, com comprimento padrão de 6 metros e diâmetro variando entre 2" e 8".



Figura 2.15: (a) Tubos de alumínio; (b) Tubos de aço zincado; (c) Tubos de PVC rígidos

Fonte: (a) <<http://www.mercotubos.com.br/>>; (b) <<http://www.mfrural.com.br/>>; (c) <http://www.tigre.com.br/pt/pdf/catalogo_irrigacao.pdf>. Acesso em: 6 out. 2010.

d) Motobomba

O conjunto motobomba tem a finalidade de captar a água na fonte e conduzi-la pelas tubulações até os aspersores. As mais utilizadas nos projetos de irrigação são as do tipo centrífuga.



Figura 2.16: Motobomba

Fonte: <<http://irrigartsystems.blogspot.com/>>. Acesso em: 6 out. 2010.



1. Quais os componentes de um sistema de aspersão?
2. Qual a importância das tubulações?
3. Caracterize os aspersores.
4. Quais os principais acessórios de um sistema de aspersão?

2.1.2 Sistema de irrigação localizada

Para compreender o sistema de irrigação localizada é necessário primeiramente conhecer os dois métodos utilizados: por gotejamento e por microaspersão.

A irrigação localizada por **gotejamento** compreende a aplicação de água, gota a gota diretamente na região da raiz da planta em alta frequência e baixo volume, de modo que mantenha o solo na região radicular das plantas uma boa umidade. Com isso, a eficiência de aplicação é bem maior e o consumo de água menor.

A irrigação localizada por **microaspersão** trata-se de um sistema de irrigação em que a água é aspergida através de microaspersores (miniaturas de aspersores) próximo ao sistema radicular das plantas.

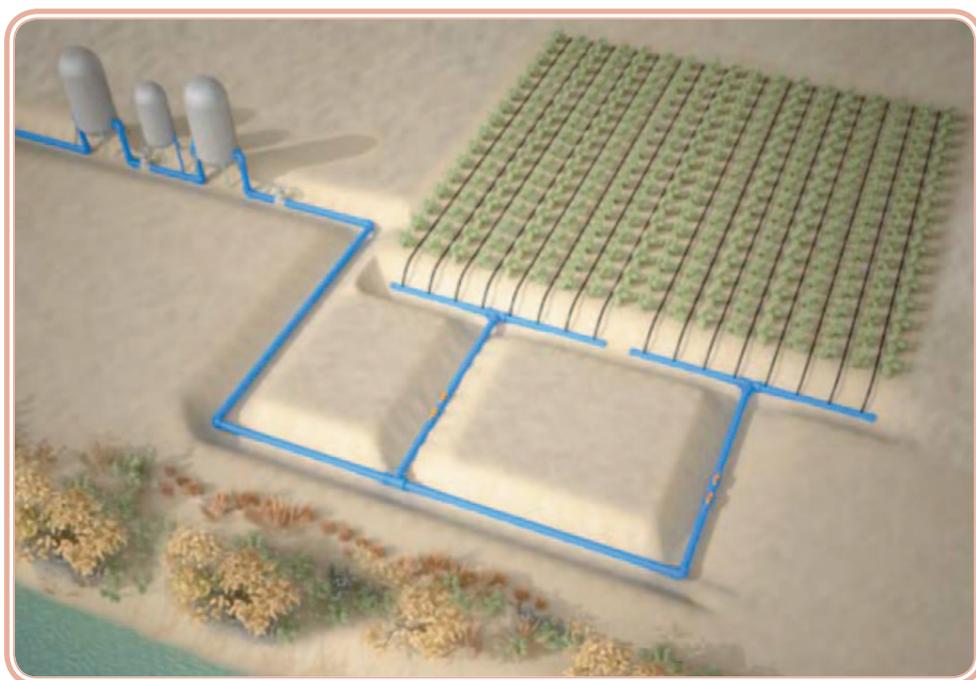


Figura 2.17: Esquema de um sistema de irrigação localizada

Fonte: <http://www.tigre.com.br/pt/pdf/catalogo_irrigacao.pdf>. Acesso em: 6 out. 2010.

No estudo dos sistemas de irrigação localizada, é importantíssimo conhecer as principais diferenças entre os sistemas de **gotejamento** e **microaspersão**. As diferenças fundamentais são:

Quadro 2.1: Diferenças fundamentais entre os sistemas de gotejamento e de microaspersão

| | Gotejamento | Microaspersão |
|-------------------|--|--|
| Aplicação da água | Em pontos, utilizando emissores denominados gotejadores. | Sobre uma pequena área circular ou setorial, através de emissores denominados microaspersores. |
| Vazão | Até 20 l/h em cada ponto de emissão. | Até 200 l/h. |
| Pressão | Inferiores a 10 mca. | Entre 10 e 20 mca. |

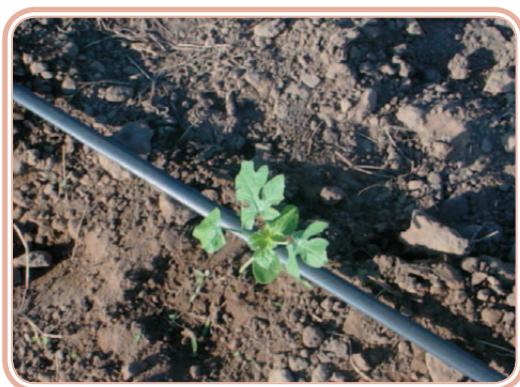


Figura 2.18: Irrigação por gotejamento

Fonte: Valber Mendes Ferreira.



Figura 2.19: Irrigação por microaspersão

Fonte: Foto de Valber Mendes Ferreira

O sistema de irrigação localizada, como os demais que você já viu nesta aula, apresenta vantagens e desvantagens. Podemos elencar como vantagens os seguintes pontos:

- Favorece aumento da produtividade, melhorando a qualidade do produto, pois a umidade será aproximadamente constante ao longo da linha de cultivo.
- Permite economia de água, pois irriga apenas a área ao redor da planta.
- Permite a realização dos tratos culturais, até mesmo o movimento de máquinas e implementos sem retirar o sistema.
- Permite a aplicação de produtos químicos (fertilizantes, inseticidas, fungicidas) via água de irrigação.
- Diminui a incidência de doenças nas plantas pelo fato de não molhar a parte aérea.
- Não precisa de conjunto de motobombas de alta potência, pois o sistema opera em baixas pressões e vazões e curtos períodos de operação, reduz a energia elétrica e permite a automação.
- Limita o desenvolvimento e a disseminação de ervas daninhas, pelo fato de molhar apenas uma parcela do solo.

Quanto às limitações do sistema de irrigação localizada, destacamos os seguintes pontos:

- Um elevado custo inicial quando comparado a outros sistemas.
- É um sistema que necessita constantemente de manutenção devido a problemas de entupimento nos emissores.
- O sistema radicular da planta pode apresentar limitação no crescimento devido ao fato das raízes tenderem a se desenvolver somente na região do bulbo molhado, próximo ao emissor, ao longo de cada linha lateral.

Agora que você já entendeu o que é um sistema de irrigação localizada, seus tipos e suas vantagens e desvantagens, vamos estudar que componentes específicos são utilizados neste método.

2.1.2.1 Componentes do sistema de irrigação localizada

Os principais componentes de um sistema de irrigação localizada são: cabeçal de controle, emissores (gotejadores ou microaspersores), linhas laterais (tubos de polietileno que suportam os emissores), ramais (tubulação), sistemas de filtragem (filtros separadores, tela, disco ou areia), automação (controladores, solenoides e válvulas), válvulas de segurança (controladora de bomba, ventosa, antivácuo), fertirrigação (reservatórios, injetores, agitadores) e bombeamento (motor, bomba). Você já viu alguns desses componentes anteriormente, no sistema de irrigação por aspersão. A seguir, vamos estudar os principais de suma importância: o cabeçal de controle, os emissores e os sistemas de filtragem.

a) Cabeçal de controle

É o local onde encontramos um conjunto de elementos que permitem no sistema de irrigação a filtragem da água, medição, controle de pressão e aplicação de fertilizantes.

É constituído, em geral, das seguintes partes:

- Manômetros
- Registros

- Medidores de vazão
- Filtros
- Sistemas de controle e automação
- Injetor de fertilizantes
- Válvulas de controle de pressão



Figura 2.20: Cabeçal de controle de sistema de irrigação localizada

Fonte: <<http://www.netasul.com.br/>>. Acesso em: 6 out. 2010.

b) Emissores

Os emissores utilizados neste tipo de sistema podem ser **gotejadores** ou **microaspersores**, como você viu no destaque anterior.

Os gotejadores podem ser do tipo *on line* (**em linha**), que compreendem os gotejadores que são acoplados à tubulação de polietileno após perfuração da mesma, conforme a figura a seguir:



Figura 2.21: Gotejador *on line*

Fonte: <<http://www.quebarato.com.br/>>. Acesso em: 6 out. 2010.

Os gotejadores *in line* são emissores que já vêm inseridos na tubulação de polietileno, conforme a figura a seguir.



Figura 2.22: Gotejador *in line*

Fonte: <http://www.matanativa.com.br/cientec/InformacoesTecnicas_Irriga/Irrigacao_Metolrriga_Localizada.asp>. Acesso em: 6 out. 2010.

Já os microaspersores são emissores que, como o próprio nome indica, funcionam como aspersores de porte reduzido, ou seja, são miniaturas de aspersores.



Figura 2.23: Microaspersor

Fonte: <<http://www.pivot.com.br>>. Acesso em: 6 out. 2010.

c) Sistemas de filtragem

Na irrigação localizada é fundamental a utilização de filtros antes que a água entre nas linhas dos emissores para evitar entupimentos e consequentemente, a má uniformidade na distribuição da água ao longo da linha lateral. No mercado existem diferentes tipos de filtros. Vejamos alguns deles:

- **Filtros de tela:** A tela pode ser de tela (plástico ou inox). Os tamanhos vão desde pequenos filtros plásticos de $\frac{3}{4}$ polegadas até filtros metálicos automáticos de grande porte.



Figura 2.24: Filtro de tela

Fonte: <plasnovatubos.com.br>. Acesso em: 6 out. 2010.

A limpeza dos filtros pode ser manual ou automática. Essa prática é de fundamental importância, pois garante a eficiência do mesmo. Toda vez que a diferença entre a pressão de entrada e a pressão de saída superar um valor predeterminado, será o momento de limpeza.

- **Filtros de disco:** É constituído de discos empilhados nos quais a água é forçada a passar entre eles. Veja a figura a seguir:



Figura 2.25: Filtro de disco

Fonte: <plasnovatubos.com.br>. Acesso em: 6 out. 2010.

- **Filtros de areia:** São filtros em que a água passa por uma camada de areia que retém a sujeira. Esses filtros são geralmente instalados antes do cabeçal de controle, antes dos filtros de tela e disco, pois a sua principal função é uma pré-filtragem. Lembramos que para um maior sucesso na filtragem os filtros devem ser usados em conjunto.



Figura 2.26: Filtros de areia

Fonte: <<http://www.tractor-rega.com/filtros.htm>>. Acesso em: 6 out. 2010.



1. Que sistema compreende a aplicação de água, gota a gota diretamente na região da raiz da planta em alta frequência e baixo volume, de modo que mantenha o solo na região radicular das plantas uma boa umidade?
2. Cite uma diferença entre o gotejador e o microaspersor.
3. Qual o objetivo do sistema de filtragem na irrigação localizada?
4. Quais os tipos de filtros utilizados na irrigação localizada?

2.1.3 Sistema de irrigação por superfície

Trata-se do método de irrigação não pressurizado, ou seja, a distribuição da água para a cultura se dá por gravidade através da superfície do solo. As principais vantagens do método de superfície são:

- Permite um menor custo unitário e uma boa simplicidade operacional.
- Não há a necessidade de equipamentos de alta tecnologia, pois o sistema funciona bem com equipamentos simples.
- Em relação aos sistemas de aspersão tem a vantagem de não sofrer efeitos do vento.
- A economia no consumo de energia é menor quando comparado com aspersão.
- Diferente dos sistemas localizados permite a utilização de água com sólidos em suspensão.
- Do mesmo modo, o sistema de irrigação por superfície também apresenta algumas limitações, tais como:
 - Em áreas com declividades acentuadas é preciso a sistematização ou regularização do terreno, tornando-se mais trabalhoso.
 - Seu dimensionamento é complexo, pois requer ensaios de campo e avaliações permanentes.
 - Existe uma grande necessidade de um bom planejamento, pois o sistema apresenta uma baixa eficiência de distribuição de água durante a aplicação.

- Como o sistema é bastante simples não desperta interesse comercial, em função de utilizar poucos equipamentos.

Além disso, podem apresentar diferentes tipos, conforme você verá a seguir.

2.1.3.1 Tipos

Existem vários tipos de sistemas de irrigação por superfície e há condições em que eles podem ser usados. Estes sistemas são combinações dos seguintes métodos de irrigação por superfície:

a) Irrigação por sulcos

É o sistema em que a água é aplicada através de pequenos canais abertos, escoando e infiltrando-se lentamente no solo.



Figura 2.27: Irrigação localizada por sulcos

Fonte: Lauro Pereira da Mota

b) Irrigação em faixas

Neste sistema, a água é aplicada em faixas do terreno, paralelas às fileiras das plantas com uma pequena diferença de nível. A água escorre do nível maior para o nível menor.

c) Irrigação por inundação

A água é aplicada diretamente no solo, pelo efeito da gravidade e em altas doses. A aplicação de água é feita de maneira que ela escoe e mantenha uma lâmina de água uniforme, em faixas ou parcelas circundadas por diques, durante um determinado tempo. Muito usado na cultura do arroz no sul do país. Não deve ser usada em culturas sensíveis à saturação do solo.



Figura 2.28: Irrigação por inundação (arroz)

Fonte: Foto de Valber Mendes Ferreira



1. Que sistema de irrigação faz a distribuição da água para a cultura por gravidade através da superfície do solo?
2. Quais os tipos de sistemas de irrigação por superfície?

Resumo

Nesta aula, você estudou os principais métodos de irrigação: por aspersão, localizada e por superfície. Identificou suas vantagens e limitações e aprendeu quais são seus principais componentes.

Atividades de aprendizagem

1. Conceitue métodos de irrigação e cite quais são os seus tipos.
2. O que são sistemas de irrigação por aspersão?
3. Cite 5 vantagens e 5 desvantagens do sistema de irrigação por aspersão.
4. Quais os tipos de sistemas de irrigação por aspersão convencional?
5. Quais os sistemas de irrigação por aspersão mecanizada?
6. Cite os principais componentes de um sistema de irrigação por aspersão.
7. Quais as principais vantagens e desvantagens do autopropelido?
8. Como funciona o pivô central?
9. O que é uma irrigação localizada?
10. Quais as principais diferenças entre o gotejador e o microaspersor?
11. Cite 3 vantagens e 3 limitações da irrigação localizada.
12. Quais os principais componentes de um sistema de gotejamento?
13. Quais os tipos de gotejadores?
14. Qual o objetivo do sistema de filtragem na irrigação localizada?
15. Quais os tipos de filtros usados na irrigação localizada?
16. Quais os tipos de irrigação por superfície?
17. Quais as principais vantagens e limitações da irrigação por superfície?

Aula 3 – Avaliação dos sistemas de irrigação: teste de uniformidade de água

Objetivos

Identificar as principais causas do funcionamento inadequado dos sistemas de irrigação.

Estabelecer os critérios necessários para o teste de uniformidade em sistema de irrigação por aspersão.

Calcular o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC).

Estabelecer os critérios necessários para o teste de uniformidade em sistema de irrigação localizada.

Calcular o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD).

3.1 Avaliação dos sistemas de irrigação

A avaliação da operação dos sistemas de irrigação está ligada a diversos parâmetros do desempenho, definidas em determinações de campo, como vazão, tempo de irrigação e uniformidade de aplicação de água, os quais são considerados fundamentais para tomadas de decisões em relação ao diagnóstico do sistema.

Com a avaliação dos sistemas de irrigação tem-se o conhecimento da qualidade da irrigação que está sendo implementada, a partir de uma gama de coeficientes de uniformidade de aplicação de água, os quais expressam a variabilidade de distribuição aplicada pelo sistema de irrigação.

3.2 Importância da uniformidade da irrigação

A uniformidade da irrigação tem efeito no rendimento das culturas e é considerada um dos fatores mais importantes no dimensionamento e na operação de sistemas de irrigação. O conceito de uniformidade de distribuição foi introduzido por Christiansen em 1942, referindo-se à variabilidade da lâmina

de água aplicada ao longo da extensão da superfície do terreno irrigado. Reduzidos valores de uniformidade determina em geral, maior consumo de água e energia, maior perda de nutrientes e, ao mesmo tempo, podem proporcionar plantas com déficits hídricos, em significativa proporção da área irrigada (SCALOPPI; DIAS, 1996).

A-Z

Lixiviação

dissolução dos elementos solúveis que fazem parte de uma matéria pela ação de ácidos, solventes etc.

Para Evans et al (1995 apud BONOMO, 1999), a uniformidade de distribuição de água para irrigação é um importante fator de projeto que afeta a produção das culturas, a eficiência e a **lixiviação** de fertilizantes. Outro fator a ser considerado é que se o sistema de irrigação for também utilizado para a aplicação de produtos químicos, via água de irrigação, a uniformidade de distribuição desses produtos na área vai estar diretamente ligada à uniformidade de aplicação da água, afetando, desse modo, tanto a produtividade das culturas como os problemas relacionados à lixiviação de produtos químicos.

A seguir, você pode ver uma tabela contendo os níveis desejáveis de uniformidade na distribuição da água para irrigação.

Tabela 3.1: Classificação dos índices de uniformidade de distribuição de água

| Classe | Uniformidade |
|-------------|--------------|
| Excelente | Acima de 90 |
| Bom | 90-80 |
| Razoável | 80-70 |
| Ruim | 70-60 |
| Inaceitável | Abaixo de 60 |

Fonte: ASAE (1996).

3.3 Fatores que afetam a uniformidade de distribuição de água

Os fatores que afetam a uniformidade de distribuição da água podem ser classificados em **climáticos** e **não climáticos**. Os fatores climáticos são evaporação, temperatura do ar, umidade relativa e condições locais do vento.

Os fatores não climáticos são os relacionados ao equipamento e ao método de avaliação. Quanto ao equipamento, os fatores são: pressão de operação do emissor, velocidade e alinhamento da linha lateral do equipamento e altura do emissor. A redução da altura do emissor em relação à cultura é uma técnica muito utilizada para reduzir as perdas por evaporação e deriva.

1. Quais os parâmetros definidos em campo que servem para avaliação da operação dos sistemas de irrigação?
2. O que acontece se os valores de uniformidade forem reduzidos?
3. Como são classificados os fatores que afetam a uniformidade de distribuição da água?



3.4 Teste de uniformidade em sistema de irrigação por aspersão

Para avaliação da uniformidade da aplicação por aspersão, o coeficiente mais conhecido e largamente utilizado é o de Christiansen (CUC), sendo 80% seu valor mínimo aceitável, podendo-se admitir valores inferiores se a precipitação pluvial tem uma contribuição significativa durante a estação de cultivo, ou se os sistemas são suficientemente reduzidos, compensando a diminuição do lucro devido à redução de produção da cultura (SALES, 1997).

Na irrigação por aspersão, o sistema precisa ser avaliado após a implantação do projeto, visando verificar se o seu desempenho está de acordo com o que foi preestabelecido, possibilitando, se necessário, a realização de ajustes para melhorar a sua *performance* e, periodicamente, com o objetivo de avaliar a qualidade da manutenção e do manejo do sistema.

3.4.1 Sobreposição dos aspersores durante o teste

Quando o teste de uniformidade em sistema de irrigação por aspersão for realizado, o alcance de cada aspersor deve ser superior a 70% do espaçamento entre os aspersores. Por exemplo, para aspersores espaçados de 10 metros, o alcance deve ser superior a 7 metros.

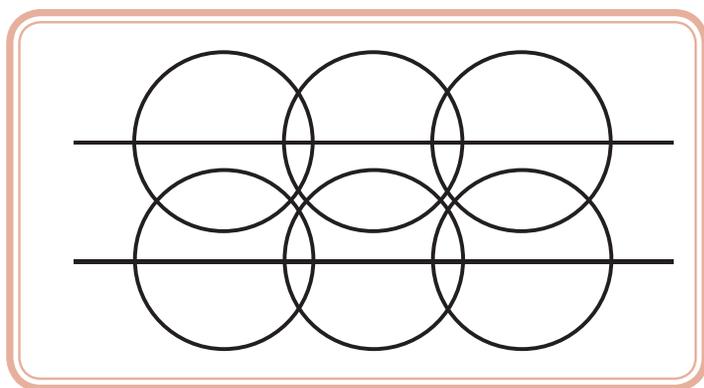


Figura 3.1: Esquema da sobreposição dos aspersores



Figura 3.2: Coletores instalados no campo

Fonte: Foto de Valber Mendes Ferreira.



Figura 3.3: Coletores entre os aspersores

Fonte: Foto de Valber Mendes Ferreira.

3.4.2 Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC)

$$CUC = 100 \cdot \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^N |X_i - \bar{X}|}{N \cdot \bar{X}} \right), \text{ em percentagem}$$

Sendo:

N = número de coletores ou pluviômetros

X_i = lâmina de água aplicada no i-ésimo ponto sobre a superfície do solo

X = lâmina média aplicada

Exemplo:

Avaliação de um sistema de irrigação por aspersão

Cultura: feijão

Espaçamento: 12 x 12 m

Tempo de irrigação: 1 hora

Vazão do aspersor: 2,4 m³h⁻¹

Pressão de operação: 14 mca

Dados de campo:

| Posição dos aspersores | Posição das linhas dos aspersores | | | |
|------------------------|-----------------------------------|---------|---------|---------|
| | Linha 1 | Linha 2 | Linha 3 | Linha 4 |
| Linha 1 | 114 | 115 | 101 | 148 |
| Linha 2 | 80 | 96 | 103 | 98 |
| Linha 3 | 106 | 90 | 85 | 117 |
| Linha 4 | 126 | 91 | 73 | 129 |

Cálculo do CUC: vazão média coletada $\bar{x} = 106,2$ ml

$$\text{CUC} = \frac{1 - 106,2 - 114 + 106,2 - 115 + \dots + 106,2 - 73 + 106,2 - 129}{16 \times 106,2}$$

CUC = 83,65%. Para sistemas por aspersão, é recomendado que a uniformidade de aplicação fique acima de 80%.



1. Qual o teste de avaliação mais utilizado no sistema de irrigação por aspersão?
2. Por que, na irrigação por aspersão, o sistema precisa ser avaliado após a implantação do projeto?
3. Utilizando o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), avalie o sistema de irrigação por aspersão abaixo:

Dados:

Cultura: Melancia

Espaçamento: 12 x 12 m

Tempo de irrigação: 1 hora

Vazão do aspersor: 2,6 m³h⁻¹

Pressão de operação: 16 mca

| Posição dos aspersores | Posição das linhas dos aspersores | | | |
|------------------------|-----------------------------------|---------|---------|---------|
| | Linha 1 | Linha 2 | Linha 3 | Linha 4 |
| Linha 1 | 116 | 117 | 103 | 150 |
| Linha 2 | 82 | 98 | 105 | 100 |
| Linha 3 | 108 | 92 | 87 | 118 |
| Linha 4 | 128 | 93 | 75 | 131 |

3.5 Teste de uniformidade em sistema de irrigação localizada

O índice de uniformidade, frequentemente utilizado para avaliar sistemas de irrigação localizada instalados, é o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), também chamado coeficiente de uniformidade de emissão (CUE), que leva em consideração os 25% do total das observações com menores vazões em relação à vazão média aplicada.

Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD)

$$CUD = 100 \cdot \frac{\bar{x}}{\bar{X}}, \text{ em percentagem}$$

Onde:

\bar{x} = lâmina média de 25% dos pluviômetros com as menores precipitações

\bar{X} = média das precipitações, considerando todos os pluviômetros

Segundo Calgaro et al (2008), caso o tempo de coleta de água seja o mesmo para todos os pontos, pode-se utilizar os dados de volume coletado diretamente na fórmula do CUD. Pretendendo-se saber a vazão nos emissores ao longo das linhas laterais, faz-se necessário transformar volumes em unidades de vazão, que normalmente para a irrigação localizada é l/h. Exemplo: foram coletados 200 ml em 120 segundos; a vazão desse emissor é:

Volume coletado = 200 ml x 3600 segundos = 720000 ml/h.

720000 ml/h + 120 segundos = 6000 ml/hora

6000 ml/ha + 1000 = 6 litros/hora

Os valores convertidos para litros/hora serão usados na fórmula para determinação do CUD. A tabela a seguir mostra dados obtidos em um sistema de irrigação localizada por gotejamento com 3 emissores por planta, vazão de projeto de 6,0 l/h e pressão de 1,5 kgf/cm².

| Posição dos emissores | | | | | | | | |
|---|-------------|--------------------------------|---------------|--------------------------------|---|--------------------------------|-------------|--------------------------------|
| Posição da linha | Primeiro | | 1/3 do início | | 2/3 do início | | Último | |
| | Vazão (l/h) | Pressão (kgf/cm ²) | Vazão (l/h) | Pressão (kgf/cm ²) | Vazão (l/h) | Pressão (kgf/cm ²) | Vazão (l/h) | Pressão (kgf/cm ²) |
| Inicial | 6,10 | 1,58 | 6,90 | 1,51 | 6,50 | 1,50 | 5,95 | 1,55 |
| 1/3 | 5,91 | 1,57 | 6,30 | 1,55 | 5,95 | 1,49 | 6,10 | 1,48 |
| 2/3 | 6,20 | 1,56 | 5,94 | 1,48 | 6,60 | 1,54 | 5,92 | 1,53 |
| Final | 5,93 | 1,54 | 6,17 | 1,52 | 6,80 | 1,51 | 6,40 | 1,51 |
| Média das vazões (Q _{médio}) = 6,23 l/h | | | | | Média das pressões (p _{med}) = 1,52 kgf/cm ² | | | |

$$\bar{x} = \frac{5,91 + 5,92 + 5,93 + 5,94}{4} = 5,93 \text{ l/h}$$

$$\text{CUD} = 5,93 / 6,23 = 0,95 \text{ ou } 95\%$$



Figura 3.4: Posicionamento para coleta do volume

Fonte: Foto de Valber Mendes Ferreira.



Figura 3.5: Coleta do volume de água

Fonte: Foto de Valber Mendes Ferreira.



Figura 3.6: Medida do volume de água coletado

Fonte: Foto de Valber Mendes Ferreira.

A melhoria dos valores de uniformidade pode ser obtida pela adoção de práticas de manejo, como limpeza periódica mais criteriosa do sistema de filtragem, possibilitando maior pressão nos pontos de emissão, assim como desentupimento dos gotejadores e limpeza das linhas laterais (BONOMO, 1999).



1. Qual o índice de uniformidade frequentemente utilizado para avaliar sistemas de irrigação localizada instalados?
2. Calcule o CUD de um sistema de irrigação localizada por gotejamento com 3 emissores por planta, vazão de projeto de 6,0 l/h e pressão de 1,5 kgf/cm².

Dados:

| Posição dos emissores | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-------------|--------------------------------|---------------|--------------------------------|--|--------------------------------|-------------|--------------------------------|
| Posição da linha | Primeiro | | 1/3 do início | | 2/3 do início | | Último | |
| | Vazão (l/h) | Pressão (kgf/cm ²) | Vazão (l/h) | Pressão (kgf/cm ²) | Vazão (l/h) | Pressão (kgf/cm ²) | Vazão (l/h) | Pressão (kgf/cm ²) |
| Inicial | 6,00 | 1,55 | 6,50 | 1,52 | 6,20 | 1,50 | 6,05 | 1,55 |
| 1/3 | 5,50 | 1,58 | 6,10 | 1,57 | 5,90 | 1,49 | 6,20 | 1,48 |
| 2/3 | 6,10 | 1,55 | 5,80 | 1,49 | 6,70 | 1,54 | 5,85 | 1,53 |
| Final | 5,60 | 1,52 | 6,10 | 1,53 | 6,90 | 1,51 | 6,45 | 1,51 |
| Média das vazões (Qmédio) = 6,12 l/h | | | | | Média das pressões (pmed) = 1,53 kgf/cm ² | | | |

Resumo

Nesta aula, você aprendeu a identificar as principais causas do funcionamento inadequado dos sistemas de irrigação. Estudou como estabelecer os critérios necessários para o teste de uniformidade em sistema de irrigação por aspersão e de irrigação localizada. Calculou o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD).

Atividades de aprendizagem

1. Qual a importância da uniformidade de distribuição de água nos sistemas de irrigação?
2. Qual a classificação dos índices de uniformidade de distribuição de água?
3. Quais são os fatores que afetam a uniformidade de distribuição de água?

4. Qual o coeficiente mais utilizado para avaliação da uniformidade de distribuição de água no sistema de irrigação por aspersão?
5. O que é necessário para que se tenha uma sobreposição de aspersores?
6. Calcule o CUC num sistema de irrigação por aspersão de acordo com as informações a seguir:

Dados:

Cultura: milho

Espaçamento: 12 x 12 m

Tempo de irrigação: 1 hora

Vazão do aspersor: 2,4 m³h⁻¹

Pressão de operação: 14 mca

Dados de campo:

| Posição dos aspersores | Posição das linhas dos aspersores | | | |
|------------------------|-----------------------------------|---------|---------|---------|
| | Linha 1 | Linha 2 | Linha 3 | Linha 4 |
| Linha 1 | 130 | 100 | 96 | 138 |
| Linha 2 | 86 | 96 | 100 | 97 |
| Linha 3 | 103 | 90 | 84 | 115 |
| Linha 4 | 120 | 96 | 75 | 125 |

Aula 4 – Infiltração de água no solo

Objetivos

Conceituar infiltração e infiltrabilidade.

Identificar os fatores que interferem na infiltração dos solos.

Calcular a velocidade e a capacidade ou taxa de infiltração de água nos solos.

Definir os métodos para determinação da infiltração nos solos.

4.1 Infiltração x infiltrabilidade

Para começar nossa aula, você precisa entender dois importantes conceitos: infiltração e infiltrabilidade.

Infiltração é o processo pelo qual ocorre a entrada de água na superfície do terreno no sentido ao interior do solo.

Infiltrabilidade é uma propriedade do solo que se caracteriza pela permeabilidade da água disponível para penetrar no solo.

Veja que é de fundamental importância essa diferença de conceitos porque a infiltração é uma só e a infiltrabilidade pode variar de um solo para outro. Um exemplo é a infiltrabilidade de um solo arenoso que é diferente da de um solo argiloso.

4.1.1 Importância da infiltração

A infiltração de água no solo é de grande importância para as diversas áreas dos mais variados interesses. A velocidade e a quantidade de água infiltrada no solo são importantes elementos para a planta, pois apenas com esse conhecimento saberemos se existe ou não umidade no solo suficiente para o pleno desenvolvimento da cultura.

O conhecimento das características da infiltração de uma determinada área é de suma importância também para a construção de edifícios, reservatórios, barragens, avenidas e até mesmo para fazer um plano de controle a enchentes, evitando as catástrofes. Um grande exemplo da importância de se saber a característica da infiltração do solo está na Figura 4.1, pois dependendo do tipo de solo, poderíamos evitar que grande parte da água infiltrasse, ocasionando erosão.



Figura 4.1: Prejuízo causado pela enchente

Fonte <http://emanuelmattos.com.br/archives/1267>>. Acesso 03 Mar 2011

O processo de infiltração é um fenômeno que depende:

- do tipo de solo, ou seja, da natureza de formação do solo;
- da existência de água disponível para que esta possa infiltrar;
- do estado da superfície do solo (se não está compactado);
- do volume de água e quantidade de ar inicialmente presentes no solo.

O fator mais importante e que tem uma influência direta na taxa de infiltração é a cobertura vegetal que está no solo durante a chuva. Quando nos deparamos com uma chuva de elevada proporção que cai em um solo nu (solo desprovido de vegetação), o impacto das gotas de água faz com que a infiltração diminua nesse solo, porém, essa situação pode ser amenizada ou até mesmo reduzida quando se tem um solo com cobertura vegetal.



4.1.2 Fatores que intervêm na infiltração

A infiltração é um processo que depende, em maior ou menor grau, de alguns fatores. Podemos destacar os principais:

- **Condição da superfície (com ou sem cobertura vegetal):** a infiltração de água num solo com cobertura vegetal certamente será diferente da infiltração de um solo sem cobertura.
- **Tipo de solo:** se o solo é arenoso ou argiloso. Nesse item, podemos destacar também a densidade do solo. Quanto maior a densidade, menor a infiltração.
- **Manejo do solo:** se o solo for preparado constantemente com máquinas pesadas, por exemplo, sua estrutura poderá ser alterada, ficando compactado, diminuindo assim a infiltração.
- **Estado inicial da umidade do solo:** se um determinado solo se encontra com elevado teor de umidade, a infiltração praticamente será nula. Caso o solo se encontre praticamente seco, a infiltração será maior.
- **Compactação do solo por animais:** solos onde trafegam animais sofrem intensa compactação pelos cascos destes. Isso irá resultar numa redução da infiltração.

1. Pesquise e elabore um resumo sobre a importância da infiltração.



4.2 Velocidade de infiltração

Velocidade de infiltração (VI) é a velocidade com que a água se infiltra no solo. É expressa em termos de altura de lâmina de água por unidade de tempo.

Para entendermos melhor a velocidade de infiltração, vamos imaginar uma chuva ou irrigação sobre um determinado solo. A velocidade de infiltração no início é máxima e diminui à medida que o solo é molhado, chegando gradualmente num valor mínimo e constante. Nesse momento de valor constante, a velocidade de infiltração (VI) é chamada de velocidade de infiltração básica (VIB).

O solo pode ser classificado, segundo sua velocidade de infiltração básica, em:

Solo de VIB muito alta.....> 30 mm.h⁻¹

Solo de VIB alta.....15 - 30 mm.h⁻¹

Solo de VIB média.....5 - 15 mm.h⁻¹

Solo de VIB baixa.....< 5 mm.h⁻¹

A velocidade de infiltração depende da permeabilidade e do gradiente hidráulico e é determinada pela Lei de Darcy, que rege o escoamento da água nos solos saturados e é representada pela seguinte equação:

$$V = K \cdot \frac{dh}{dx}$$

Onde:

V é a velocidade de infiltração;

K é a condutividade hidráulica (medida através de permeâmetros);

dh é a variação de Carga Piezométrica ou Altura Piezométrica (altura da água de um aquífero confinado medida num piezômetro);

dx é a variação de comprimento na direção do fluxo.

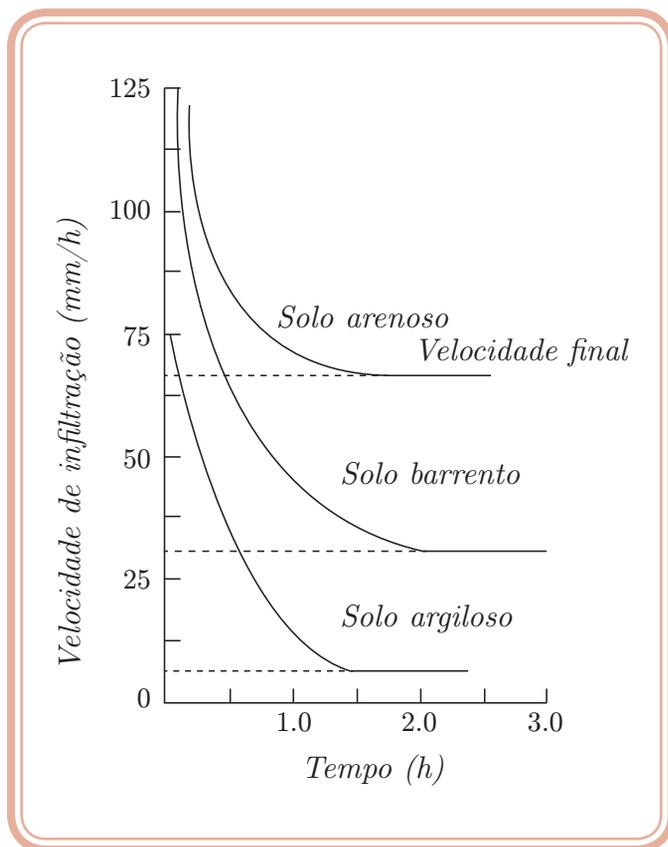


Figura 4.2: Tempo x velocidade de infiltração

No gráfico, podemos observar que a velocidade de infiltração possui uma variação com o tempo, dependendo do tipo de solo. No solo argiloso a velocidade é menor que no solo arenoso, ou seja, a água infiltra mais rápido no arenoso do que no argiloso. Isso pode ser explicado pelo arranjo das partículas de solo, ou seja, no solo argiloso as partículas estão mais juntas, diminuindo o espaço; já nos solos arenosos as partículas estão mais distantes umas das outras.

4.2.1 Capacidade de infiltração

Podemos definir a capacidade de infiltração como sendo a quantidade máxima de água que um solo em determinadas condições pode absorver.

A capacidade de infiltração varia com o decorrer da chuva ou irrigação. Se uma precipitação ou irrigação atinge o solo com uma intensidade inferior que a capacidade de infiltração, toda a água penetra no solo, porém, após um determinado tempo, irá provocar uma progressiva redução da própria capacidade de infiltração, já que os poros do solo estão sendo preenchidos de água.

À medida que a precipitação ou irrigação continua, a capacidade de infiltração do solo passa a decrescer a ponto de não haver mais a infiltração, mas sim o escoamento superficial.

Para melhor compreensão, imaginemos uma chuva que cai a uma intensidade de 30 mm/h. No exemplo hipotético, imaginemos também que a capacidade de infiltração de água no solo em que cai a referida chuva seja de 80 mm/h. Como a intensidade com que a chuva cai é menor do que a capacidade de infiltração do solo no instante da chuva, toda a água consegue se infiltrar. Agora, se revertêssemos os valores, a intensidade de chuva seria de 80 mm/h e a capacidade de infiltração do solo de 30 mm/h. Nesse caso, observaremos que há excesso de chuva ($80 - 30 = 50$ mm) em relação à capacidade de infiltração, logo teremos escoamento superficial, ou até mesmo dependendo das condições do solo uma enxurrada.

A capacidade de infiltração instantânea é calculada por:

$$I_t = \frac{\Delta h}{\Delta t}$$

Onde:

I_t é a capacidade de infiltração instantânea (mm/h) ;

Δh é a variação da lâmina d'água (mm);

Δt é o intervalo de tempo (h).

Veja agora, na prática, a aplicação das fórmulas de velocidade e a capacidade de infiltração resolvendo a atividade a seguir.



1. Calcule a velocidade de infiltração de água num solo que apresenta condutividade hidráulica (k) = 0,20 m.d⁻¹; altura piezométrica (dh) = 0,2 m; variação de comprimento na direção do fluxo (dx) = 2 m.
2. Calcule a capacidade de infiltração em cada instante para um ensaio a partir dos dados coletados.

| | | | | | |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Horário | 08:05 | 08:10 | 08:15 | 08:25 | 08:45 |
| Lâmina d'água (cm) | 12,00 | 11,55 | 11,20 | 10,80 | 10,25 |

4.2.2 Métodos para determinação da infiltração nos solos

Para que possamos representar a infiltração de água no solo de maneira bem próxima da realidade, dispomos de alguns métodos operacionais de determinação da infiltração.

A medição direta da velocidade de infiltração básica (VIB) no campo pode ser feita através de vários métodos. Iremos destacar os dois principais: método do infiltrômetro de anel e método do simulador de chuva ou infiltrômetro de aspersão. Vamos estudar cada um deles.

4.2.2.1 Método do infiltrômetro de anel

O infiltrômetro de anel é um equipamento que consiste em dois anéis, sendo o menor de 25 cm de diâmetro e o maior de 50 cm, ambos com 30 cm de altura. Esses anéis são instalados de forma concêntrica (vista superior), enterrados 15 cm no solo, com auxílio de uma marreta. Para facilitar a penetração no solo, uma das bordas dos anéis possui espessura fina na forma de bisel (Figura 4.3).

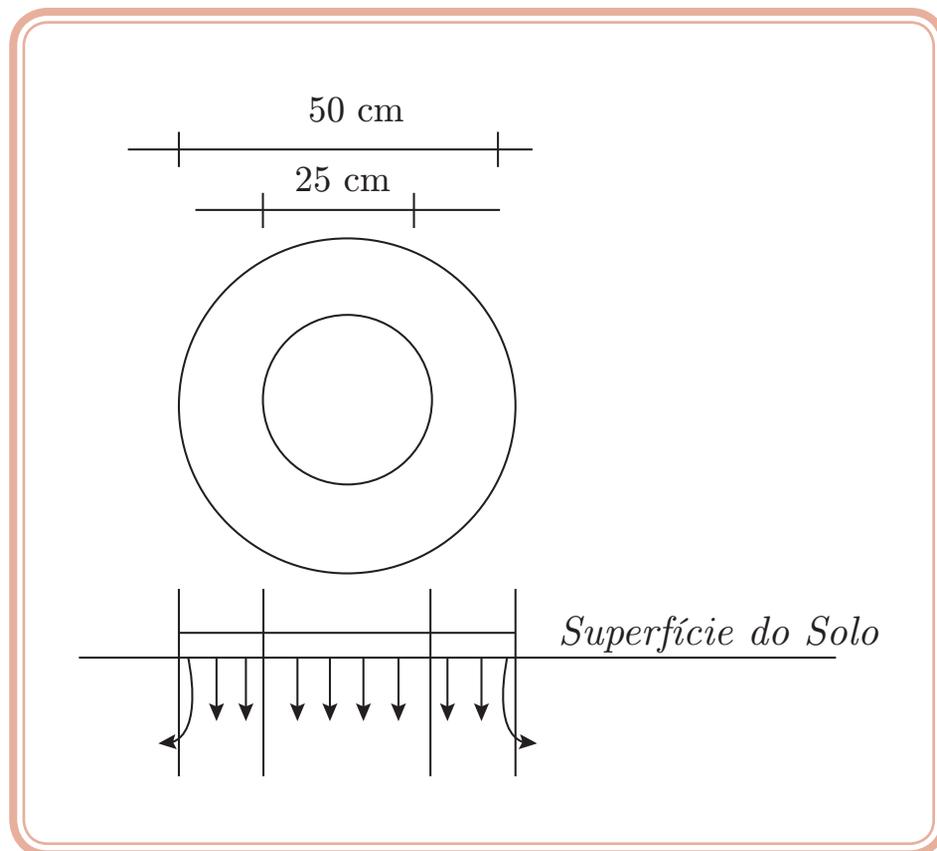


Figura 4.3: Desenho esquemático do infiltrômetro de anel

Fonte: Carvalho e Silva (2006).

Coloca-se água ao mesmo tempo nos dois anéis, com uma régua graduada acompanha-se a infiltração vertical no cilindro interno onde serão feitas as leituras. A altura da lâmina d'água nos anéis deve ser de 5 mm, permitindo uma oscilação máxima de 2 cm na régua, e deve marcar o tempo e o abaixamento do nível da água.

O anel externo tem a finalidade de apenas impedir que a infiltração se processe no sentido lateral do solo.

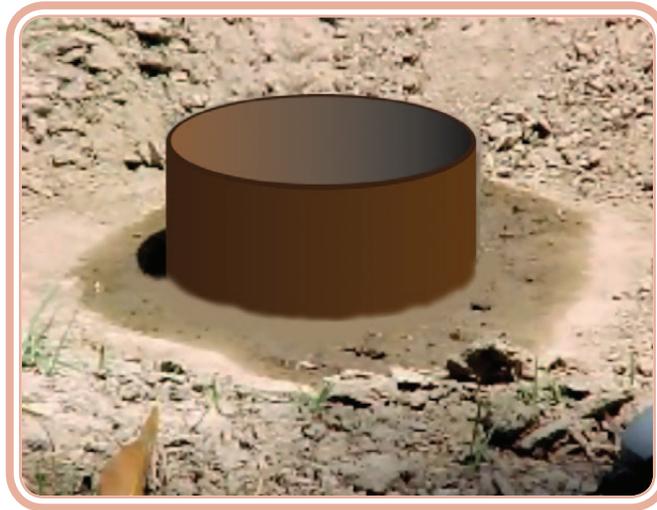


Figura 4.4: Infiltrômetro instalado no solo

Fonte: Foto de Willames de Albuquerque Soares.

O teste é finalizado quando a lâmina de água em função do tempo se estabilizar, ou seja, quando permanece constante, e mostre valores semelhantes durante duas ou três leituras consecutivas (Tabela 4.1). Nesse momento, o solo atingiu a velocidade de infiltração básica de água.

Tabela 4.1: Exemplo de dados obtidos durante a determinação da curva de infiltração pelo método dos cilindros concêntricos.

| TEMPO | | RÉGUA | | Infiltração Acumulada (l) mm | Velocidade de Infiltração (Via) mm/h |
|-------|-----------------|--------------|----------------|------------------------------|--------------------------------------|
| Hora | Intervalo (min) | Leitura (mm) | Diferença (mm) | | |
| A | B | C | D | E | F |
| 09:00 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 09:05 | 5 | 105 | 5 | 5 | 60 |
| 09:10 | 5 | 110 | 5 | 10 | 60 |
| 09:15 | 5 | 114 | 4 | 14 | 48 |
| 09:20 | 5 | 117/110 | 3 | 17 | 36 |
| 09:25 | 5 | 104 | 4 | 21 | 48 |

Tabela 4.1: Exemplo de dados obtidos durante a determinação da curva de infiltração pelo método dos cilindros concêntricos.

| | | | | | |
|-------|----|---------|---|----|----|
| 09:30 | 5 | 107 | 3 | 24 | 36 |
| 09:40 | 10 | 114/100 | 7 | 31 | 42 |
| 09:50 | 10 | 106 | 6 | 37 | 36 |
| 10:00 | 10 | 112 | 6 | 43 | 36 |
| 10:10 | 10 | 117/100 | 5 | 48 | 30 |
| 10:20 | 10 | 106 | 6 | 54 | 36 |
| 10:30 | 10 | 110 | 4 | 58 | 24 |
| 10:40 | 10 | 115/100 | 5 | 63 | 30 |
| 10:55 | 15 | 107 | 7 | 70 | 28 |
| 11:10 | 15 | 113 | 6 | 76 | 24 |
| 11:25 | 15 | 120/100 | 7 | 83 | 28 |
| 11:40 | 15 | 107/100 | 7 | 90 | 28 |
| 11:55 | 15 | 107 | 7 | 97 | 28 |

Como se deve preencher a Tabela 4.1? A coluna B é preenchida através dos dados da coluna A, e o intervalo entre as leituras deve ser expresso em minutos. A coluna D é preenchida através dos dados da coluna C, feitos pela diferença entre a leitura atual e a anterior. A coluna E é preenchida através da coluna D, somando-se a leitura atual da coluna D com a anterior da coluna E. A coluna F é preenchida utilizando-se os dados obtidos da coluna D divididos pelos da coluna B e multiplicados por 60.

4.2.2.2 Método do simulador de chuva ou infiltrômetro de aspersão

Os simuladores de chuva ou infiltrômetros de aspersão são equipamentos que aplicam água na forma de chuva, podendo ser controlados a intensidade de precipitação, o tamanho e a velocidade de impacto das gotas na área de teste onde se deseja estudar as características de infiltração. A infiltração ou lâmina infiltrada é obtida pela diferença entre a precipitação e o escoamento.



Figura 4.5: Simulador de chuva

Fonte: Edino Ferreira da Silva.

De acordo com Alves Sobrinho (1997), um infiltrômetro de aspersão deve atender alguns critérios:

- a)** produzir gotas de diâmetro médio similar àquele da chuva natural;
- b)** apresentar velocidade de impacto das gotas no solo o mais próximo possível da velocidade terminal das gotas de chuva;
- c)** produzir precipitação com energia cinética próxima à da chuva natural;
- d)** possibilitar o controle da intensidade de precipitação;
- e)** promover distribuição uniforme da precipitação sobre a parcela experimental em estudo;
- f)** aplicar água de modo contínuo numa parcela experimental com área adequada ao processo em estudo;
- g)** (ser portátil e fácil de operar no campo.

Diante dos referidos critérios, teremos um simulador ideal para se fazer os testes.



- 1.** Quais são os métodos de medição direta da capacidade de infiltração de água no solo?
- 2.** Que método de medição da capacidade de infiltração de água no solo é composto por dois anéis (50 e 25 cm de diâmetro e 30 cm de altura)?
- 3.** Compare os métodos de medição de infiltração básica, apontando algumas vantagens e desvantagens de cada um.

Resumo

Nesta aula, você estudou o conceito e a importância da infiltração, bem como os fatores que intervêm na sua determinação, os métodos e equações de determinação e a sua aplicação prática.

Atividades de aprendizagem

1. Considere a equação de velocidade de infiltração $V = 4 T - 0,4$. Qual a lâmina infiltrada em 60 minutos?
2. Considere a equação de infiltração $L = 2,4 T - 0,38$ medida em minutos e cm.
 - a) Determine a lâmina infiltrada em 18 minutos.
 - b) Determine o tempo para infiltrar uma lâmina de 28 cm.
3. Com a equação anterior, quanto tempo será necessário para infiltrar 2.400 m³/ha?
4. Com equação da velocidade de infiltração $V = 0,38 T - 0,63$, medida em cm e minutos, quanto de água infiltrará em 10 minutos?

Aula 5 – Dimensionamento do sistema de irrigação

Objetivos

Definir os parâmetros necessários para dimensionar um sistema de irrigação.

Dimensionar um projeto de irrigação por aspersão e por gotejamento.

5.1 Parâmetros para o dimensionamento de um sistema de irrigação

Você sabia que um sistema de irrigação precisa de alguns parâmetros e medições que vão determinar a aplicação de água controlada uniformemente e na medida certa para as plantas? Esses parâmetros são os seguintes: evapotranspiração de referência (ET_o); disponibilidade total de água no solo (DTA); capacidade total de água no solo (CTA); capacidade real de água no solo (CRA); irrigação real necessária (IRN) ou lâmina líquida; irrigação total necessária (ITN) ou lâmina bruta; turno de rega; taxa de aplicação de água do aspersor e tempo por posição (TP). A partir de agora, você vai estudar passo a passo cada um desses parâmetros.

5.1.1 Evapotranspiração de referência (ET_o)

A ET_o é a evapotranspiração da cultura grama (Batatais) que cobre todo o solo em pleno desenvolvimento sem restrições hídricas e nutricionais. A ET_o pode ser estimada por várias equações, porém, a mais utilizada e considerada como padrão é a equação de Penman-Monteith, a qual necessita de dados meteorológicos.

5.1.2 Disponibilidade total de água no solo (DTA)

A disponibilidade de água é considerada uma característica importante do solo, pois se refere à água nele contida entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP). Veja a seguir como é calculada:

$$DTA = 10 * (CC - PMP)$$

Onde:

CC é a capacidade de campo com base em volume (cm^3 água/ cm^3 solo).

PMP é o ponto de murcha permanente (cm^3 água/ cm^3 solo).

Exemplo:

$\text{CC} = 0,40\%$ e $\text{PMP} = 0,18\%$

$\text{DTA} = 10 * (0,40 - 0,18)$

$\text{DTA} = 2,2$ mm de água/cm de solo

5.1.3 Capacidade total de água no solo (CTA)

A capacidade total de água no solo (CTA) representa a quantidade total armazenada na zona radicular:

$\text{CTA} = \text{DTA} * Z$

Onde:

Z é a profundidade efetiva do sistema radicular.

Para fins de irrigação, considera-se Z a profundidade do solo onde se concentram pelo menos 80% das raízes das plantas. Os valores são tabelados:

| Tabela 5.1: Profundidade efetiva das principais culturas | | | |
|--|---------|-----------|---------|
| Cultura | Z (cm) | Cultura | Z (cm) |
| Abacate | 60 - 90 | Laranja | 60 |
| Abacaxi | 20 - 40 | Linho | 20 |
| Abóbora | 50 | Maçã | 60 |
| Alcachofra | 70 | Mangueira | 60 |
| Alface | 20 - 30 | Melancia | 40 - 50 |
| Alfafa | 60 | Melão | 30 - 50 |
| Algodão | 60 | Milho | 40 |
| Alho | 20 - 30 | Morango | 20 - 30 |
| Amendoim | 30 | Nabo | 55 - 80 |

Tabela 5.1: Profundidade efetiva das principais culturas

| | | | |
|----------------|-----------|------------|---------|
| Arroz | 30 - 40 | Pepino | 35 - 50 |
| Aspargo | 120 - 160 | Pêssego | 60 |
| Aveia | 40 | Pimentão | 30 - 70 |
| Banana | 40 | Rabanete | 20 - 30 |
| Batata-doce | 50 - 100 | Soja | 30 - 40 |
| Beterraba | 40 | Tomate | 40 |
| Café | 50 | Trigo | 30 - 40 |
| Cana-de-açúcar | 40 | Videira | 60 |
| Cebola | 20 - 40 | Cenoura | 35 - 60 |
| Feijão | 40 | Couve-flor | 25 - 50 |

Fonte: Manual IRRIGA LP – TIGRE CNPH/EMBRAPA.

Exemplo:

Z para a melancia = 40 cm

CTA = 2,2 x 40

CTA = 88 mm

5.1.4 Capacidade real de água no solo (CRA)

A capacidade real de água no solo (CRA) representa uma parte da capacidade total de água no solo (CTA), pois do ponto de vista da agricultura irrigada, não interessa planejar a utilização da água até o ponto de murcha da planta. A capacidade real de água no solo (CRA) é calculada pela seguinte fórmula:

$CRA = CTA * f$, onde f é o fator de disponibilidade.

O fator de disponibilidade (f) é um fator de segurança para o irrigante que tem como referência a umidade mínima a que uma cultura pode ser submetida sem afetar significativamente sua produtividade.

Para compreendermos melhor o fator de disponibilidade (f) de água no solo, iremos citar como exemplo o f da melancia, cujo valor é 0,5. Isso indica que devemos usar 50% da água disponível no solo para a manutenção da cultura. Quando o f for 0,3, significa usar 30% da água disponível.

Tabela 5.2: Valores recomendados de fator de disponibilidade para algumas classes de culturas

| Grupos de culturas | FATOR f |
|---|-------------|
| | Faixa comum |
| Banana, repolho, uva, ervilha, tomate. | 0,2 a 0,4 |
| Alfafa, feijão, cítrus, amendoim, abacaxi, girassol, melancia, trigo. | 0,3 a 0,5 |
| Algodão, milho, sorgo, soja, beterraba, cana, fumo. | 0,4 a 0,6 |

Exemplo:

A melancia possui o valor de $f = 0,5$

Como $CRA = CTA * f$,

logo $CRA = 88 * 0,5$

$CRA = 44$ mm.

5.1.5 Irrigação real necessária (IRN) ou lâmina líquida

A irrigação real necessária representa o consumo real de água pela cultura expressa em lâmina de água, a qual deverá ser adicionada ao solo para suprir a necessidade da planta. É determinada por meio da seguinte equação:

$$IRN = \frac{(Cc - Pm) \cdot Ds \cdot Z \cdot f}{10}$$

Onde:

IRN é a irrigação real necessária (mm);

CC é a capacidade de campo com base em volume (cm^3 água/ cm^3 solo);

Pm é o ponto de murcha permanente (cm^3 água/ cm^3 solo);

Ds é a densidade do solo (g / cm^3);

Z é a profundidade efetiva do sistema radicular (cm);

f é o fator de disponibilidade.

5.1.6 Irrigação total necessária (ITN) ou lâmina bruta

Representa a quantidade de água necessária para a planta:

$$ITN = \frac{IRN}{Ea}$$

Onde:

ITN é a irrigação total necessária (mm);

IRN é a irrigação real necessária (mm);

Ea é a eficiência de aplicação média dos sistemas de irrigação (%).

A **eficiência de aplicação (Ea)** representa todas as perdas que ocorrem durante a aplicação de água por toda a área. Varia de 65 a 90%, dependendo do método de irrigação empregado.

5.1.7 Turno de rega

Representa o intervalo de dias entre duas irrigações sucessivas. É descrito através da fórmula:

$$TR = \frac{IRN}{ETc}$$

É expresso em dias, uma vez que a IRN (irrigação real necessária) é expressa em mm e a ETc (evapotranspiração da cultura) em mm d⁻¹. Ao se determinar o TR, é comum encontrar valor fracionário, mas, como só podemos usá-lo com valor inteiro, aproximamos para o imediatamente inferior.

Exemplo:

Se TR = 4,4 dias, adotaremos 4 dias e ajustamos o IRN em função do TR e da ETc.

5.1.8 Taxa de aplicação de água do aspersor

$$T = \text{Vazão} / (\text{EL} * \text{EA})$$

Onde:

EL é o espaçamento entre laterais;

EA o espaçamento entre aspersores.

Considerando que o aspersor a ser adotado para o exemplo em andamento tenha vazão de 4400 l/h e espaçamento de 12 x 18:

$$T = 4400 / (12 * 18)$$

$$T = 20,4 \text{ mm/h.}$$

5.1.9 Tempo por posição (TP)

O tempo que o aspersor vai permanecer numa mesma posição para irrigar pode ser calculado como:

$$\text{TP} = \text{ITN} / T$$

Onde:

TP é o tempo por posição (horas);

ITN é irrigação total necessária (mm);

T é a taxa de aplicação de água do aspersor (mm/h).

Exemplo de aplicação

Um sistema de irrigação por aspersão deverá ser dimensionado para irrigar uma área cujas dimensões são 340 m de largura por 540 m de comprimento. Os aspersores utilizados possuem as seguintes características operacionais: $P_s = 40$ mca; $Q_a = 2,6 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$; $R_a = 16$ m; $EA \times EL = 12 \times 16$ m. A lâmina líquida de água máxima a ser retida no solo é $320 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ com uma demanda evapotranspirométrica de $6,0 \text{ mm d}^{-1}$. O sistema opera com eficiência de aplicação de 80%.

Determine:

a) Turno de rega

$$TR = \frac{32 \text{ mm}}{6,0 \text{ mm d}^{-1}} \quad TR = \frac{IRN}{ETc}$$

$$TR = 5,33 \text{ dias}$$

Considerando que a lâmina de 32 mm é a máxima, ou seja, o f máximo, e como o TR obrigatoriamente tem que ser um número inteiro, utilizaremos uma lâmina de 30 mm para um TR de 5 dias.

b) Determinação da lâmina bruta

$$ITN = \frac{IRN}{Ea} \quad ITN = \frac{30 \text{ mm}}{0,80}$$

$$ITN = 37,5 \text{ mm}$$

c) Taxa de aplicação de água do aspersor

$$T = \text{Vazão} / (EL * EA)$$

$$T = 2,6 \text{ m}^3\text{h}^{-1} / 12 \times 16 \text{ m}$$

$$T = 13,54 \text{ mm h}^{-1}$$

d) Tempo por posição (TP)

$$TP = ITN / T$$

$$TP = 37,54 \text{ mm} / 13,54 \text{ mm h}^{-1}$$

$$TP = 2,7 \text{ h}$$



1. Faça uma pesquisa sobre as principais formas de determinação da evapotranspiração.

5.2 Problemas hidráulicamente determinados

Agora, você vai ver os aspectos práticos que envolvem a análise do escoamento de fluidos em condutos forçados e de seção circular em regime permanente. Essa reunião de condições representa a maioria das situações com as quais uma grande parte dos projetistas de hidráulica se defronta no seu dia a dia.

A determinação do coeficiente de atrito (f) é feita pelo método de Swamee-Jain, por meio da fórmula a seguir. É importante a determinação desse coeficiente para se calcular a perda de carga que iremos determinar logo adiante.

$$f = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{e}{3,7 \times D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} \cong \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{e}{3,7 \times D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$$

No caso em estudo, que trata do escoamento de fluidos ao longo de tubulações, a natureza do escoamento (laminar ou turbulento) é determinada pelo parâmetro número de Reynolds, dado pela seguinte expressão:

$$Re = 1,26 \times 10^6 \times \frac{Q}{D}$$

$$Q = \text{m}^3/\text{s}$$

$$D = \text{m}$$

Re = número de Reynolds (adimensional)

Obtido o número de Reynolds, o escoamento é classificado da seguinte forma:

para $Re > 4000$, o escoamento é turbulento;

para $Re < 2000$, o escoamento é laminar, e para $2000 < Re < 4000$, ocorre uma zona de transição, na qual não se pode determinar com precisão as características do escoamento.

Em sua maioria, os sistemas hidráulicos operam sob o regime turbulento, sendo observado o escoamento laminar somente em algumas exceções, quando escoam vazões muito baixas.

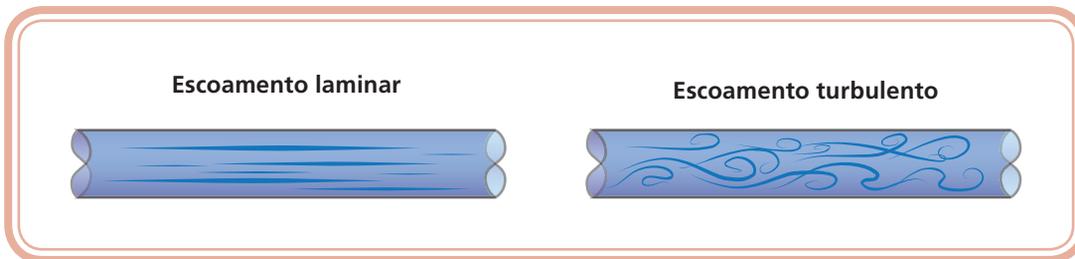


Figura 5.1: Escoamento laminar e turbulento

5.2.1 Como calcular perda de carga

Sempre que a água flui de um ponto para outro dentro das tubulações, existe certa perda de energia denominada perda de carga. Para o cálculo dessa perda de carga, temos que levar em conta alguns fatores, como: o diâmetro da tubulação utilizada, a vazão que passa nessa tubulação, o comprimento de toda a tubulação (principal e secundária) e os acessórios ou conexões. A perda de carga pode ser:

- **localizada:** ocorre num local determinado que pode ser um ponto ou uma parte bem definida de uma canalização;
- **distribuída:** ocorre em consequência do escoamento ao longo da canalização.

Perda de carga total = perda de carga localizada + perda de carga distribuída.

A perda de carga é determinada pela seguinte fórmula:

$$h_f = \frac{8 \times f \times L \times Q^2}{\pi^2 \times D^5 \times g}$$

Onde:

Q = vazão m³/s

D = diâmetro (m)

L = extensão (m)

f = coeficiente de atrito, calculado por Swamee – Jain

g = aceleração da gravidade (m²/s)

Exemplo de aplicação

Determine a perda de carga numa tubulação com as seguintes características:

$$Q = 6,9 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s};$$

$$D = 0,087 \text{ m};$$

$$L = 180 \text{ m};$$

$$f = 0,0237$$

$$g = 9,81 \text{ (m}^2/\text{s)}.$$

$$h_f = \frac{8 \times f \times L \times Q^2}{\pi^2 \times D^5 \times g}$$

$$h_f = \frac{8 \times 0,0237 \times 180 \times (6,9 \times 10^{-3})^2}{\pi^2 \times (0,087)^5 \times 9,81}$$

$$h_f = 3,546 \text{ m}$$

5.2.2 Como calcular vazão – Q(m³/s)

Uma das variáveis mais importantes é o cálculo de vazão, pois através dele se pode quantificar o consumo, se avaliar a disponibilidade dos recursos hídricos. Para se determinar a vazão, primeiramente teremos que entendê-la. Antes de mais nada, a vazão é o volume de água que passa por uma determinada seção de um conduto, que pode ser livre ou forçado, por uma unidade de tempo. Ou seja, vazão é a rapidez com a qual um volume esco.

Um conduto livre pode ser um canal, um rio ou uma tubulação. Um conduto forçado pode ser uma tubulação com pressão positiva ou negativa. Assim, pode-se escrever a vazão como:

$$Q = -0,965 \times D^2 \times \left(\frac{g \times D \times h_f}{L} \right)^{0,5} \times \ln \left(\frac{e}{3,7 \times D} + \frac{1,784 \times v}{\sqrt{\frac{D \times g \times D \times h_f}{L}}} \right)$$

Onde:

$$v = 1,01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}.$$

Conhecendo-se: e , h_f ; L ; D .

5.2.3 Como calcular o diâmetro D (m)

A escolha do diâmetro da tubulação é fundamental para o bom dimensionamento do projeto de irrigação. A vazão do projeto tem uma relação direta com o diâmetro da tubulação, pois quanto maior a vazão, maior será o diâmetro interno da tubulação. O cálculo do diâmetro é feito utilizando a fórmula a seguir:

$$D = 0,66 \times \left[e^{1,25} \times \left(\frac{L \times Q^2}{h_f \times g} \right)^{4,75} + v \times Q^{9,4} \left(\frac{L}{g \times h_f} \right)^{5,2} \right]^{0,04}$$

Conhecendo-se: e , h_f ; L ; Q .

1. Imagine que você esteja trabalhando em um projeto de irrigação por aspersão. Onde você possivelmente encontrará perda de carga? Justifique.



5.3 Dimensionamento do sistema de irrigação por aspersão

O principal objetivo do dimensionamento de um sistema de irrigação é suprir toda a necessidade de água da cultura onde a chuva é insuficiente ou inexistente. Para realizarmos o dimensionamento de um sistema de irrigação por aspersão, devemos seguir rigorosamente alguns parâmetros, como: dimensionamento das tubulações (laterais em nível e principal), altura manométrica total e potência da bomba. A seguir, você verá passo a passo cada um desses parâmetros.

5.3.1 Dimensionamento das tubulações

Nas tubulações, devemos observar as linhas laterais em nível, a linha principal, a altura manométrica total e a potência do conjunto moto-bomba. Vejamos cada um desses itens a seguir.

a) Linhas laterais em nível

Para dimensionar uma linha lateral (L.L.) em nível, deve-se levar em consideração algumas questões, como: Qual será o número de aspersores inseridos na linha lateral e qual a vazão de cada aspersor? Qual será a vazão total e qual seu comprimento? Depois de respondidas essas questões, inicia-se o dimensionamento da linha lateral.



Para o dimensionamento de uma rede hidráulica, o parâmetro principal é o diâmetro da tubulação. Como o objetivo das equações é a determinação do diâmetro interno, é necessário verificar se existe comercialmente esse diâmetro por meio de consulta aos catálogos dos diferentes fabricantes; nem sempre o diâmetro nominal, que é utilizado na comercialização do produto, coincide com a real dimensão do diâmetro interno da tubulação (SILVA; MELO, 2007).

b) Linha principal

O diâmetro da linha principal é determinado por três pontos fundamentais, relacionados a seguir, que devemos ter como referência.

- Determinação em função da velocidade média permitida ao longo da linha.
- Determinação tendo como base a perda de carga preestabelecida entre a primeira e a última linha lateral.
- Determinação em função da análise econômica. Consiste em minimizar a soma do custo fixo anual da tubulação com o custo anual de perda de carga. Dessa forma, é importante e necessário conhecer os custos das tubulações de diferentes diâmetros e o custo de energia, entre outros.

5.3.2 Altura manométrica total

A altura manométrica do sistema corresponde à pressão máxima que a bomba deve fornecer. Para calcular a altura manométrica total, deve-se fazer o somatório das alturas estáticas de recalque e sucção, perdas de carga na linha e as pressões que são resultantes da diferença entre as pressões dos reservatórios de recalque e sucção (Figura 5.2)

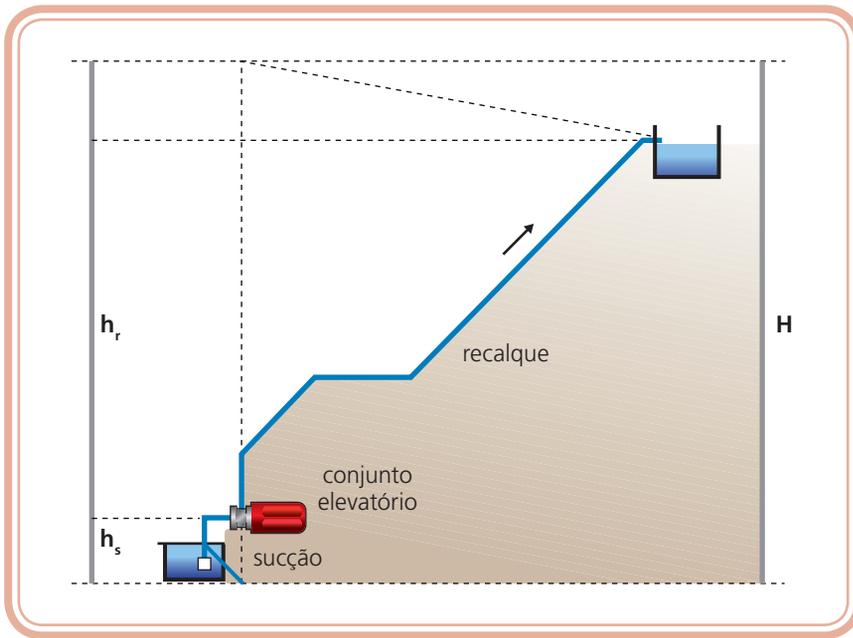


Figura 5.2: Altura estática de sucção (h_s) e altura estática de recalque (h_r)

Fonte: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Bomb03.html>>. Acesso em: 22 ago. 2011.

Para que se possa calcular a altura manométrica total (H_m) do sistema, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$H_{man} = h_s + h_r + h_{f_{LP}} + P_i$$

Onde:

H_{man} = altura manométrica total;

h_s = altura geométrica de sucção;

h_r = altura geométrica de recalque;

$h_{f_{LP}}$ = perda de carga na linha principal;

P_i = pressão na linha principal.

Exemplo de aplicação

Determine a altura manométrica total, sabendo que:

$$h_s = 2,2$$

$$h_r = 20,5$$

$$h_{f_{LP}} = 12,2$$

$$P_i = 30$$

$$H_{man} = h_s + h_r + h_{f_{LP}} + P_i$$

$$H_{man} = 2,2 + 20,5 + 12,2 + 30 = 64,9 \text{ m}$$

5.3.3 Potência do conjunto moto-bomba

A definição da potência ou escolha de uma bomba centrífuga é feita essencialmente através de vazão de bombeamento e da altura manométrica total capaz de ser produzida pela bomba a esse caudal.

$$Pot = \frac{Q \times H_{man}}{75 \times R_{MB}}$$

Onde:

Pot = potência da bomba (Cv);

Q = vazão (l /s);

Hman = altura manométrica;

R_{MB} = eficiência da bomba.

Exemplo de aplicação

Determine a potência do conjunto moto-bomba com as seguintes características:

$$Q = 32,8 \text{ l/s}$$

$$H_{man} = 62 \text{ m}$$

$$R_{MB} = 0,70$$

$$Pot = \frac{Q \times H_{man}}{75 \times R_{MB}}$$

$$Pot = \frac{32,8 \times 62}{75 \times 0,70}$$

$$Pot = 38,73 \text{ C.V}$$

1. Faça uma pesquisa sobre os principais tipos de bombas usadas na irrigação, bem como suas características técnicas.



5.4 Dimensionamento do sistema de irrigação por gotejamento

Para dimensionar um sistema de irrigação por gotejamento, é necessário conhecer os seguintes parâmetros: quantidade de água necessária, evapotranspiração, percentagem da área molhada e irrigação total necessária. Vejamos cada um deles a seguir.

5.4.1 Quantidade de água necessária

A quantidade de água necessária para a irrigação de uma determinada área tem uma importância fundamental não só para o adequado dimensionamento do sistema, mas também para o agricultor. De fato, através dessa informação o agricultor poderá fazer um manejo racional de água, evitando aplicações de águas em excesso ou em quantidades deficientes.

A IRN representa a quantidade de água necessária para a cultura e é expressa em lâmina de água. Porém, quando se aplica uma lâmina de água poderão existir perdas por evapotranspiração da cultura, por percolação ou escoamento superficial. Por essa razão, no cálculo da IRN devemos considerar a eficiência de aplicação do sistema. A equação para determinação está descrita a seguir.

$$\text{IRN} = \text{ITN} \times \text{Ea}$$

Onde:

IRN = irrigação real necessária (mm);

ITN = irrigação total necessária (mm);

Ea = eficiência de aplicação (%).



Ea = perda por evaporação, arraste e erros de distribuição (uniformidade).

Os valores de eficiência dependem do método utilizado, das condições climáticas, das condições de operação e manutenção do sistema de irrigação. Na tabela a seguir, apresentam-se valores médios para os sistemas mais comuns.

Tabela 5.3: Eficiência de aplicação média dos sistemas de irrigação

| Sistemas de irrigação | Eficiência média (%) |
|-----------------------|----------------------|
| Irrigação Localizada | 85 a 95 |
| Pivô central | 80 a 90 |
| Aspersão convencional | 75 a 85 |
| Irrigação em sulcos | 50 a 70 |

5.4.2 Evapotranspiração

Na irrigação localizada, não se molha toda a área irrigada, o que implica na redução da evapotranspiração devido à redução da evaporação direta do solo. É expressa em termos de lâmina d'água evapotranspirada e depende da percentagem de área molhada efetivamente pelo emissor. Sua determinação é feita por meio da equação:

$$ETg = ETpc \times \frac{P}{100}$$

ETg = evapotranspiração média na área [mm d⁻¹];

ETpc = evapotranspiração potencial da cultura [mm d⁻¹];

P = porcentagem de área molhada em relação à área total.

5.4.3 Percentagem da área molhada (P)

A percentagem da área molhada é representada pela razão entre a área molhada e a representada pela planta. Em relação à área total irrigada, depende de alguns fatores como: espaçamento entre emissores, da vazão dos emissores, do tempo ou da lâmina aplicada por irrigação e do tipo de solo. Na determinação do valor de P, têm-se duas situações para analisar:

- Quando se irriga uma faixa contínua do solo, o que é mais comum na irrigação por gotejamento.



Figura 5.3: Irrigação por gotejo (faixa contínua)

Fonte: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap10.htm>>. Acesso em: 22 ago. 2011.

- Quando se irriga por planta, ou seja, não se formará uma faixa molhada contínua, mas sim bulbos molhados ou áreas molhadas.



Figura 5.4: Irrigação por planta (manga), formação de bulbos molhados

Fonte: <<http://www.agropivotirrigacao.com/gotejamento.htm>>. Acesso em: 22 ago. 2011.

Exemplo prático

Manga: espaçamento 8,0 x 5,0 m.

Irrigação por gotejamento: formação de faixa molhada de 1,0 m de largura.

$\Rightarrow P_w = 1,0 \text{ m} / 8,0 \text{ m} \Rightarrow P = 0,125$ ou 12,5%

5.4.4 Irrigação total necessária (ITN)

Para o planejamento de sistemas de irrigação, a quantidade de irrigação necessária (ITN) pode ser determinada para períodos mensais, trimestrais ou para o ciclo da cultura. É dada pela fórmula:

$$ITN = \frac{IRN}{Ea}$$

Onde:

ITN = irrigação total necessária (mm);

IRN = irrigação real necessária (mm);

Ea = eficiência de aplicação (%).

Exemplo de aplicação

Calcule a irrigação total necessária para a melancia irrigada por gotejo, cuja irrigação real necessária é de 20 mm e eficiência de aplicação de 95%.

$$ITN = 20 / 0,95 = 21 \text{ mm}$$

5.4.5 Tempo de irrigação por posição (T_i)

Uma vez selecionado o emissor, utilizando o catálogo de fabricante, pode-se determinar o tempo de funcionamento por dia.

5.4.6 Número de unidades operacionais (N)

O número de unidades operacionais ou de setor é função do turno de rega, do tempo de funcionamento do sistema por dia e do tempo de operação por setor, tendo a seguinte relação:

$$N = \frac{TR \times n_h}{T_i}$$

Onde n_h é o número de horas de trabalho por dia. É comum se utilizar n_h igual a 24 h.

5.4.7 Vazão necessária ao sistema (Q)

A vazão total do sistema pode ser obtida pela seguinte equação:

$$Q = \frac{A \times ITN}{N \times T_i}$$

Onde:

Q = vazão de projeto, em $l \text{ h}^{-1}$;

A = área do projeto, em m^2 ;

ITN = irrigação total necessária, em mm ($l \text{ m}^{-2}$);

N = número de unidades operacionais;

T_i = tempo de irrigação, em h.

Exemplo de aplicação

1. Calcule o número de setores de um projeto de irrigação por gotejamento com as seguintes características:

turno de rega (TR) de 3 dias;

número de horas de trabalho 16 h;

tempo de irrigação 4 h.

$N = ?$

$$N = \frac{TR \times n_h}{T_i}$$

$$N = 3 \times 16 / 4$$

$$N = 12 \text{ setores}$$

2. Calcule a vazão do projeto do exemplo anterior, considerando uma área de 20000 m²; irrigação total necessária de 21 mm; 12 setores e tempo de irrigação de 4h.

$$Q = \frac{A \times ITN}{N \times T_i}$$

$$Q = 20.000 \times 21 / 12 \times 4 = 8750 \text{ l/h}$$



1. Qual a importância de se determinar a quantidade de água necessária para a irrigação de uma cultura?
2. Por que ocorre uma redução da evapotranspiração na irrigação localizada?
3. Na irrigação por gotejamento, como é expressa a evapotranspiração e de que ela depende?

5.5 Dimensionamento hidráulico do sistema

O projetista deverá efetuar o dimensionamento hidráulico do sistema, ordenadamente, como descrito a seguir.

5.5.1 Linhas laterais

As linhas laterais são as linhas nas quais estão instalados os gotejadores que aplicam água nas plantas. Essas linhas devem ser dispostas em nível e são constituídas de tubos de polietileno flexível, com diâmetro variando de 12 a 32 mm.

As linhas laterais são espaçadas ao longo das linhas de **derivação** com distâncias preestabelecidas, normalmente determinadas em função do espaçamento entre fileiras de plantas.

A-Z

derivação

linha que conduz a água da principal até as linhas laterais.

5.5.2 Equação para dimensionamento das linhas laterais

A equação utilizada para o dimensionamento das linhas laterais é a de Hazen-Williams modificada. Observe:

$$h_f = 10,646 \times \frac{\left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852}}{D^{4,87}} \times L \times F \times \left(\frac{C}{C_g}\right)^{1,852}$$

Onde:

Q = vazão de projeto, em $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;

C = coeficiente de rugosidade do tubo (140 para PVC e 144 para PE);

D = diâmetro da tubulação (m);

L = comprimento da tubulação (m);

F = fator de Christiansen;

C_g = coeficiente de rugosidade do tubo com gotejadores, que varia de 80 a 140; em termos médios, adota-se $C_g = 100$.

5.5.3 Linhas de derivação

São instaladas na direção da maior declividade do terreno e podem ser usados mais de um diâmetro em seu dimensionamento. Quando se estiver dimensionando as linhas de derivação, é de fundamental importância obter como base o seguinte critério:

O limite de h_f (perda de carga) na linha lateral somado ao limite na linha de derivação não poderá ultrapassar 30% da pressão de serviço do gotejador. Caso, no dimensionamento, seja utilizado um limite de h_f (perda de carga) inferior a 20% na linha lateral, essa diferença deverá ser transferida para a linha de derivação, de tal sorte que a soma entre os dois limites não ultrapasse 30% da pressão de serviço do gotejador. Lembrando que h_f é calculada pela equação de Hazen-Williams modificada.

5.5.4 Pressão no início da linha de derivação (PinLD)

De um modo geral, o controle de pressão em um sistema de irrigação localizada é feito na entrada da linha de derivação. Portanto, deve-se conhecer a pressão a ser fornecida na linha de derivação, a qual pode ser determinada por:

$$H_d = h_l + h_{fd} + DN_d = h_l + DH_d'$$

Onde:

H_d = pressão na entrada da linha de derivação (mca);

H_l = pressão na entrada da linha lateral (mca);

H_{fd} = perda de carga na linha de derivação (mca);

DN_d = diferença de nível entre o início e o final da linha de derivação, positiva para a cive e negativa para declive (m);

DH_d' = diferença entre as pressões de entrada das linhas de derivação e lateral (mca).

5.5.5 Linha principal

O dimensionamento é feito pelo mesmo critério utilizado para o sistema de aspersão, ou seja, o diâmetro é observado por três pontos fundamentais como referência: determinação em função da velocidade média permitida ao longo da

linha; determinação tendo como base a perda de carga preestabelecida entre a primeira e a última linha lateral e determinação em função da análise econômica.

5.5.6 Altura manométrica total (Hm)

É dada pela equação:

$$Hm = H_s + H_r + hf_s + hf_{CC} + hf_{LP} + Pin_{LD} + hf_{LOC}$$

Onde:

Hs = altura de sucção (m);

Hr = altura de recalque (m);

hfs = perda de carga na sucção (m);

hfCC = perda de carga no cabeçal de controle (mca);

hfLP = perda de carga na linha principal (mca);

PinLD = pressão no início da LD (mca);

hfLOC = perda de carga localizada (mca).

A perda de carga no cabeçal de controle é especificada pelo fabricante do equipamento.

As perdas de cargas localizadas normalmente são consideradas como sendo igual a 5% da soma das outras perdas. Assim, a equação deverá ficar:



$$Hm = (H_s + H_r + hf_s + hf_{CC} + hf_{LP} + Pin_{LD}) \times 1,05$$

5.5.7 Potência do conjunto moto-bomba

As bombas centrífugas são as mais utilizadas nos sistemas de irrigação. Com a vazão e a altura manométrica do sistema, pode-se selecionar aquela que oferecer maior rendimento, usando o catálogo do fabricante. Geralmente, o catálogo traz a potência necessária no eixo da bomba ou potência a ser fornecida pelo motor (Pot). Entretanto, ela pode ser determinada pela seguinte equação:

$$Pot = \frac{Q \times H_{man}}{75 \times R_{MB}}$$

Onde:

Pot = potência do motor (cv);

Q = vazão do sistema (l s^{-1});

RMB = rendimento da bomba (%).

Você sabe como selecionar uma bomba? Uma bomba deverá ser selecionada seguindo os seguintes passos:

- Determine a vazão e a altura manométrica total requerida.
- Procure a bomba de menor potência que satisfaça esses valores, ou seja, a bomba mais eficiente, de melhor rendimento.
- Para determinar a potência aproximada da bomba, calcule-a utilizando um rendimento de 0,50, pois só coincidentemente você encontrará uma bomba comercial exatamente adequada às suas necessidades.

Exemplo:

Bomba para $4 \text{ m}^3/\text{h}$ com altura manométrica total 28 mca.

$$\text{Potência aproximada} = \frac{4 \times 28}{270 \times 0,5}$$

$$\text{Pot} = 0,83 \text{ CV}$$

Atenção! Você deverá consultar a tabela do fabricante para determinar a bomba adequada com esses dados.

1. Faça uma pesquisa nos catálogos dos fabricantes de bombas sobre qual tipo deve-se obter com as seguintes especificações:



vazão de $130 \text{ m}^3/\text{h}$;

altura manométrica total 110 mca .

Resumo

Nesta aula, você estudou os parâmetros necessários para dimensionar um sistema de irrigação. Viu como dimensionar um sistema de irrigação por aspersão e por gotejamento. Por fim, estudou os critérios para o dimensionamento hidráulico de um sistema de irrigação.

Atividades de aprendizagem

1. Um sistema de irrigação por aspersão deverá ser dimensionado para irrigar uma área, cujas dimensões são 330 m de largura por 420 m de comprimento. Os aspersores utilizados possuem as seguintes características operacionais. $P_s = 30 \text{ mca}$; $Q_a = 2,5 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$; $R_a = 16 \text{ m}$; $EA \times EL = 12 \times 18 \text{ m}$. A lâmina líquida de água máxima a ser retida no solo é $340 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ com uma demanda evapotranspirométrica de $5,5 \text{ mm d}^{-1}$. O sistema opera com eficiência de aplicação de 85% . Calcule:

- a) turno de rega
- b) determinação da lâmina bruta
- c) taxa de aplicação de água do aspersor
- d) tempo por posição (TP)

2. Determine a perda de carga numa tubulação com as seguintes características:

$$Q = 6,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s};$$

$$D = 0,077 \text{ m};$$

$$L = 170 \text{ m};$$

$$f = 0,0248$$

$$g = 9,81 \text{ (m}^2/\text{s)}.$$

- 3.** Determine a altura monométrica total, sabendo que:

$$h_s = 2,3$$

$$h_r = 22,5$$

$$h_{f_{LP}} = 13,2$$

$$P_i = 28$$

- 4.** Determine a potência do conjunto moto-bomba com as seguintes características:

$$Q = 32,2 \text{ l/s}$$

$$H_{man} = 60 \text{ m}$$

$$R_{MB} = 0,75$$

- 5.** Calcule a irrigação total necessária para a melancia irrigada por gotejo, cuja irrigação real necessária é de 22 mm e eficiência de aplicação de 90%.
- 6.** Calcule o número de setores de um projeto de irrigação por gotejamento com as seguintes características:

turno de rega (TR) de 3 dias;

número de horas de trabalho 18 h;

tempo de irrigação 4 h.

$$N = ?$$

- 7.** Calcule a vazão do projeto, considerando uma área de 10000 m²; irrigação total necessária de 20 mm; 12 setores e tempo de irrigação de 4h.

Aula 6 – Manejo de irrigação

Objetivos

Reconhecer a importância do manejo da irrigação do solo.

Identificar e aplicar as principais técnicas de controle e manejo de irrigação.

Definir o que são estações meteorológicas.

Construir planilhas de manejo com auxílio da estação meteorológica.

6.1 Importância do manejo da irrigação

O manejo de irrigação é uma técnica que busca suprir a necessidade hídrica da cultura na medida certa, sem déficit e nem excesso para se ter uma boa produtividade.

Atualmente, uma das grandes preocupações dos produtores é quanto ao gasto de energia e conseqüentemente a quantidade de água para produzir determinada cultura, pois esses dois insumos são o mais importante e o que mais encarece no bolso do produtor.

Com implantação de um programa de manejo de irrigação, o produtor terá a sua disposição tecnologia de ponta e operacionalidade, além disso, terá aumento da produtividade e utilização adequada da água e energia, não promovendo percolação profunda, lixiviação de produtos químicos e contaminação do lençol freático.

6.2 Como fazer o manejo da irrigação

Existem diferentes métodos de manejo de irrigação, sendo os mais utilizados aqueles baseados no solo, dados climáticos (atmosféricas) e condições da própria planta. E ainda se podem fazer combinações entre esses. Em todo manejo de irrigação, o importante é determinar quando e quanto de água aplicar.

Iremos estudar cada um isoladamente.

6.2.1 Manejo da irrigação baseado nas condições do solo

O controle da irrigação via solo passa necessariamente pelo conhecimento de suas características. Veja as mais importantes:

- **Água total disponível (ATD)** – é considerada uma característica importante no manejo da irrigação, pois se refere à água presente no solo entre a sua capacidade de campo (CC) e o seu ponto de murcha permanente (PMP).
- **Capacidade de campo (CC)** – é a quantidade de água que permanece retida no solo após ter cessado uma drenagem num solo que foi submetido a uma saturação por chuva ou irrigação.
- **Ponto de murcha permanente (PMP)** – é usado para representar a umidade abaixo do qual a planta não consegue se restabelecer, ou seja, a planta não consegue retirar a água, ocasionando a morte por secamento.

Como você pode verificar no esquema a seguir, no solo podemos encontrar os poros de tamanhos pequenos (microporos) e grandes (macroporos). Quanto maior for a quantidade de microporos, maior será a capacidade desse solo em armazenar água. Dessa quantidade, a parte absorvida pela planta é chamada de capacidade de água disponível (CAD), que é definida por dois limites de umidade – um superior, chamado de capacidade de campo (CC), e um inferior, denominado de ponto de murcha permanente (PMP). Se o teor de umidade estiver acima da (CC) isso indicará que o solo se encontra saturado. Essa é uma informação importante quando se deseja manejar a irrigação via solo.

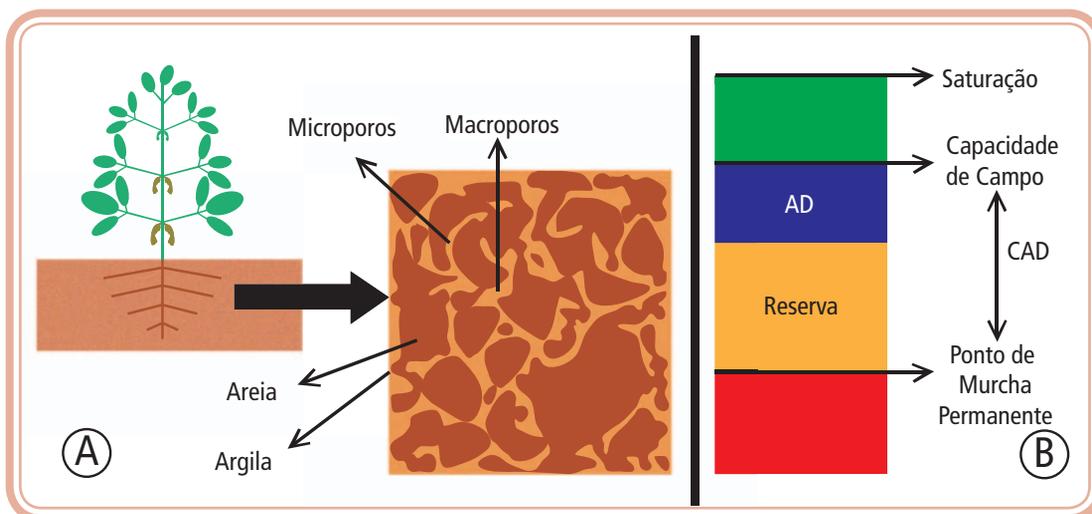


Figura 6.1: Esquema didático da capacidade de água disponível (CAD) (a) e da distribuição física (b) de um solo

Fonte: <<http://www.agr.feis.unesp.br/manejoirrigacao.html>>. Acesso em: 4 fev. 2011.

1. Pesquise sobre os métodos de determinação da capacidade de campo de um solo.



6.2.2 Manejo da irrigação com base na tensão da água no solo

É um método que utiliza como base o conteúdo de água retido no solo em determinada tensão na qual é característica específica de cada solo. Essa tensão está diretamente relacionada ao teor de umidade do solo. Por esse motivo, é extremamente importante determinar a curva de retenção de água do solo para o estudo da relação solo – água. Essa curva pode ser determinada através do envio de amostras de solo a Laboratórios de Física de Solos.

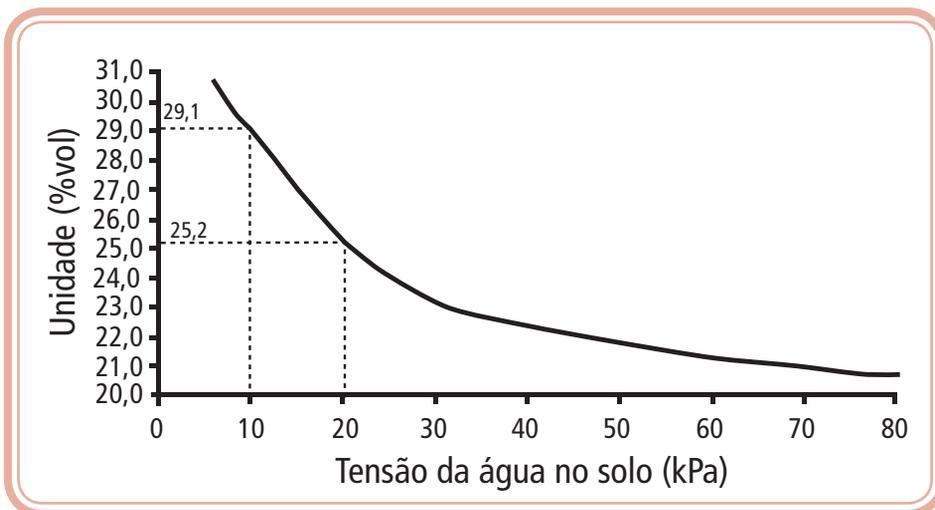


Figura 6.2: Exemplo de relação entre a tensão da água e a umidade do solo

O manejo da irrigação com base na curva de retenção é feito de uma forma simples e prática. Cada cultura tem seu próprio potencial de água ou umidade limite, ou seja, uma condição que não prejudique seu desenvolvimento. Para entendermos melhor vamos exemplificar com a alfaca que possui tensão de água no solo para o momento de se irrigar de 40 a 60 kPa. Essa tensão pode ser determinada em campo através de equipamentos específicos (Figuras 6.3 e 6.4).



Figura 6.3: Tensiômetro de vacuômetro

Fonte: <http://www.tracom.com.br/produtos/produtos_tensiometros.htm>. Acesso em: 4 fev. 2011.



Figura 6.4: Modelo de tensiômetro digital de punção

Fonte: <<http://www.rasa.eng.br/images/Grandes/Tensiometro.htm>>. Acesso em: 7 fev. 2011.

Os tensiômetros devem ser instalados no ponto onde se deseja fazer a medição geralmente próxima à planta.

O princípio de funcionamento do tensiômetro diz que a sua água se deslocará para o solo (quando esse não estiver saturado), devido ao fato de o potencial hídrico dele ser superior ao do solo e quando o solo estiver saturado acontecendo o inverso. Após algum tempo, ocorrerá o equilíbrio e, nesse momento, será verificado na leitura o valor que significará o potencial hídrico do solo.

Quando a leitura registrar “zero”, estará indicando uma condição de saturação do solo, e quanto mais seco ele estiver, maior será o valor da leitura.

1. Faça uma pesquisa sobre os principais tipos de tensiômetros e sobre os principais cuidados que devemos ter antes da instalação no campo.



6.2.3 Processo baseado nas condições atmosféricas

O manejo de irrigação com base em dados climáticos tem como principal objetivo determinar a evapotranspiração da cultura (ETc). De uma maneira bem simples, a evapotranspiração da cultura (ETc) corresponde à água transferida para atmosfera através da evaporação do solo e da transpiração das plantas.

Segundo Borges & Mediondo (2007), evapotranspiração de referência (ET_o) é o processo de perda de água para a atmosfera por meio de uma superfície padrão gramada, cobrindo a superfície do solo e sem restrição de umidade. Uma maneira bastante prática e barata de se estimar a ET_o é através do Tanque Classe A.

O Tanque Classe A consiste de um tanque circular de aço inoxidável ou de ferro galvanizado com 121 cm de diâmetro e 25,5 cm de profundidade, instalado sobre um estrado de madeira de 15 cm de altura da superfície do solo. O tanque é cheio de água até que fique 5 cm da borda superior. O nível da água não deve baixar mais que 7,5 cm da borda superior. As medições são feitas no num poço tranquilizador, cujo centro possui um parafuso micrométrico de gancho com capacidade para medir variações de 0,01mm.



Figura 6.5: Tanque Classe A com parafuso micrométrico no detalhe

Fonte: <http://www.sondaterra.com/tanque_classe_A.htm>. Acesso em: 7 fev. 2011.

Com as leituras diárias, ainda não temos a evapotranspiração, portanto, torna-se necessária a conversão da evaporação do Tanque Classe A para evapotranspiração de referência (ET_o), que pode ser calculada pela expressão:

$$ET_o = ECA \times K_p$$

Onde:

ECA = Evaporação do Tanque Classe A, em mm/dia;

K_p = coeficiente de Tanque.

O coeficiente do Tanque Classe A (K_p) depende da velocidade do vento, da umidade relativa e do tamanho da bordadura formada por grama-batatais plantada em volta do Tanque Classe A.

Tabela 6.1: Coeficiente de tanque (Kp) em função da bordadura, da umidade relativa do ar e da velocidade do vento

| Vento (km/dia) | Bordadura (grama) m | Umidade relativa | | |
|---------------------|------------------------|------------------|-----------------|---------------|
| | | Baixa < 40% | Média 40-70% | Alta > 70% |
| < 175 leve | 1 | 0,55 | 0,65 | 0,75 |
| | 10 | 0,65 | 0,75 | 0,85 |
| | 100 | 0,70 | 0,80 | 0,85 |
| | 1000 | 0,75 | 0,85 | 0,85 |
| 175-425 moderado | 1 | 0,50 | 0,60 | 0,65 |
| | 10 | 0,60 | 0,70 | 0,75 |
| | 100 | 0,65 | 0,75 | 0,80 |
| | 1000 | 0,70 | 0,80 | 0,80 |
| 425-700 forte | 1 | 0,45 | 0,50 | 0,60 |
| | 10 | 0,55 | 0,60 | 0,65 |
| | 100 | 0,60 | 0,65 | 0,70 |
| | 1000 | 0,65 | 0,70 | 0,75 |

Fonte: Reichardt (1987).

Diante do contexto visto, o que interessa realmente é a evapotranspiração da cultura, ou seja, devemos repor a água que foi consumida pela cultura. Assim, a evapotranspiração da cultura é obtida multiplicando-se a evapotranspiração de referência pelo coeficiente de cultura (Kc).

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

Onde o valor de Kc é função da variedade, do local, das condições de manejo e do estágio de desenvolvimento da planta.

O ciclo da cultura é dividido em fases fenológicas e cada fase assume valores distintos de Kc. Observe, a seguir, um exemplo do comportamento do valor de Kc conforme o estágio de desenvolvimento do feijão caupi.

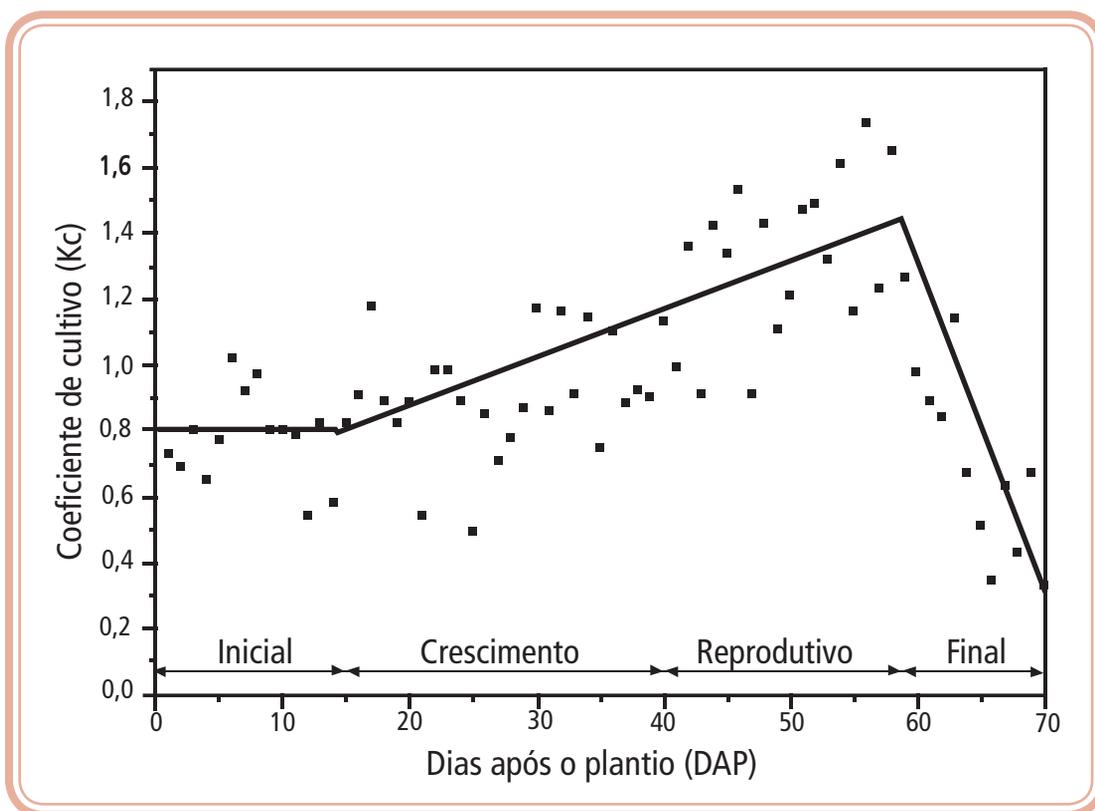


Figura 6.6: Gráfico do valor de Kc do feijão caupi em função do tempo

Fonte: Foto de Valber Mendes Ferreira.



Atenção!

Os valores de Kc variam:

- de cultura para cultura;
- numa mesma cultura, durante as diferentes fases de desenvolvimento;
- de acordo com a evapotranspiração da região.

6.2.3.1 Estações meteorológicas

Uma estação meteorológica é um local onde são efetuadas análises do tempo meteorológico por meio de instrumentos específicos, utilizadas para a previsão do tempo.

O manejo de irrigação com base em dados fornecidos pelas estações meteorológicas tem despertado interesse por partes dos produtores. A comodidade é muito atrativa, pois a estação fornece dados de temperatura, umidade

relativa, velocidade do vento, direção do vento, pluviosidade entre outros. Dependendo da programação dos sistemas de aquisição de dados da estação, o produtor através de planilhas eletrônicas terá condições de estimar a evapotranspiração da cultura. Nesse caso, o produtor só irá repor a lâmina de água correspondente à evapotranspiração da cultura, isso poderá ser feito em tempo real.



Figura 6.7: Estação meteorológica

Fonte: <<http://www.agsolve.com.br/produto>>. Acesso em: 7 fev. 2011.

6.2.3.2 Construindo uma planilha de manejo com auxílio da estação meteorológica

Agora você vai estudar como se faz uma planilha de manejo, passo a passo. Observe a tabela a seguir:

Tabela 6.2: Planilha para manejo de irrigação de culturas

| Cálculos | | | | | | | | | |
|----------|----------|---------|------------|---------|---------|--------------|-----|--------|--------|
| Cultura | Maracujá | Plantio | 01/01/2002 | | | | | | |
| Data | ETo (mm) | Kc | ETC (mm) | Pe (mm) | LL (mm) | V (L/pl/dia) | Kr | Ti (h) | VT (L) |
| 01/12/02 | 6,4 | 1,16 | 7,4 | 1,4 | 3,7 | 37,1 | 0,5 | 24,7 | 297,0 |
| 02/12/02 | 3,6 | 1,16 | 4,2 | 8,6 | 2,1 | 20,9 | 0,5 | 13,9 | 167,0 |
| 03/12/02 | 3,5 | 1,16 | 4,1 | 2,1 | 2,0 | 20,3 | 0,5 | 13,5 | 162,4 |
| 04/12/02 | 3,6 | 1,16 | 4,2 | 1,3 | 2,1 | 20,9 | 0,5 | 13,9 | 167,0 |
| 05/12/02 | 4,2 | 1,16 | 4,9 | 0,0 | 2,4 | 24,4 | 0,5 | 16,2 | 194,9 |
| 06/12/02 | 4,3 | 1,16 | 5,0 | 0,0 | 2,5 | 24,9 | 0,5 | 16,6 | 199,5 |
| 07/12/02 | 5,8 | 1,16 | 6,7 | 0,0 | 3,4 | 33,6 | 0,5 | 22,4 | 269,1 |
| 08/12/02 | 5,8 | 1,16 | 6,7 | 0,0 | 3,4 | 33,6 | 0,5 | 22,4 | 269,1 |
| 09/12/02 | 4,3 | 1,16 | 5,0 | 47,8 | 2,5 | 24,9 | 0,5 | 16,6 | 199,5 |
| 10/12/02 | 4,0 | 1,16 | 4,6 | 0,0 | 2,3 | 23,2 | 0,5 | 15,5 | 185,6 |
| 11/12/02 | 3,7 | 1,16 | 4,3 | 17,0 | 2,1 | 21,5 | 0,5 | 14,3 | 171,7 |
| 12/12/02 | 3,5 | 1,16 | 4,1 | 0,0 | 2,0 | 20,3 | 0,5 | 13,5 | 162,4 |
| 13/12/02 | 4,4 | 1,16 | 5,1 | 0,0 | 2,6 | 25,5 | 0,5 | 17,0 | 204,2 |
| 14/12/02 | 6,0 | 1,16 | 7,0 | 0,0 | 3,5 | 34,8 | 0,5 | 23,2 | 278,4 |

1. A ETo (evapotranspiração de referência, medida em milímetros) e a Pe (precipitação, em milímetros) são coletadas na estação meteorológica, o Kc é adquirido por fase da cultura e o Kr é o coeficiente de redução que pode ser por fase da cultura.
2. Para calcular a ETc, multiplica-se a ETo pelo Kc (**ETc = ETo x Kc**).
3. Para determinar a LL (mm), Lâmina Líquida, multiplica-se a ETo pelo Kc e pelo Kr (**LL = ETo x Kc x Kr**).
4. Para determinar o volume de água aplicado (L/por/dia): (**V = L x 10**).
5. O tempo de irrigação(h): (**Ti = V x Kr / 3 x 4**).
6. O volume total aplicado (L): (**VT = Ti x 3 x 4**).

6.2.4 Manejo baseado nas condições da planta

As condições hídricas de uma planta são variáveis, pois podem haver alterações com relação à água disponível no solo, condições atmosféricas e estágio de desenvolvimento da planta. O potencial hídrico pode ser uma ferramenta importante para se avaliar déficit de água durante todo o ciclo da cultura.

O único sistema prático e de qualidade, disponível para estimar a tensão de água nas paredes celulares das plantas, no campo, é a câmara de Scholander (Figura 6.8). Nela, o valor das tensões determinadas nos permitirá saber se a planta possui umidade ou se estar em estresse hídrico. Essa informação é importante, pois nos indicará o momento de irrigar.

Ao longo do dia, esse método é sensível à detecção dos efeitos edafoclimáticos na condição hídrica da planta. Por isso tem que se evitar fazer a leitura em horários em que a temperatura é elevada.



Figura 6.8: Câmara de pressão de Scholander

Fonte: Foto de Aderson Soares de Andrade Júnior



Figura 6.9: Colocação da folha no cilindro

Fonte: Foto de Aderson Soares de Andrade Júnior.



Figura 6.10: Folha no cilindro e sua leitura

Fonte: Foto de Aderson Soares de Andrade Júnior.



1. Um produtor plantou em seu sítio a cultura de melancia e precisa fazer o manejo de irrigação. Ajude esse produtor completando a planilha a seguir.

| Cálculos | | | | | | | | | |
|----------|-------------------------|----------------|-------------|------------------------|------------|-----------------|----------------|-----------------------|-----------|
| Cultura | Melancia | Plantio | 10/11/2010 | | | | | | |
| Data | ET _o (mm) | K _c | ETC (mm) | P _e (mm) | LL (mm) | V (L/pl/dia) | K _r | T _i (h) | VT (L) |
| 10/11/10 | 3,2 | 1,18 | | 1,5 | | | 0,6 | | |
| 11/11/10 | 3,8 | 1,18 | | 10,0 | | | 0,6 | | |
| 12/11/10 | 3,9 | 1,18 | | 4,0 | | | 0,6 | | |
| 13/11/10 | 4,0 | 1,18 | | 6,0 | | | 0,6 | | |
| 14/11/10 | 4,5 | 1,18 | | 0,0 | | | 0,6 | | |
| 15/11/10 | 4,9 | 1,18 | | 0,0 | | | 0,6 | | |
| 16/11/10 | 6,0 | 1,18 | | 0,0 | | | 0,6 | | |
| 17/11/10 | 5,8 | 1,18 | | 0,0 | | | 0,6 | | |
| 18/11/10 | 6,0 | 1,18 | | 38,8 | | | 0,6 | | |
| 19/11/10 | 6,2 | 1,18 | | 0,0 | | | 0,6 | | |
| 20/11/10 | 5,0 | 1,18 | | 20,0 | | | 0,6 | | |
| 21/11/10 | 4,0 | 1,18 | | 0,0 | | | 0,6 | | |
| 22/11/10 | 4,9 | 1,18 | | 0,0 | | | 0,6 | | |
| 23/11/10 | 5,4 | 1,18 | | 0,0 | | | 0,6 | | |

Resumo

Nesta aula, você estudou a importância do manejo da irrigação do solo. Você viu as principais técnicas de controle e manejo de irrigação e o que são estações meteorológicas. Viu ainda como construir uma planilha de manejo com auxílio da estação meteorológica.

Atividades de aprendizagem

1. Cite três vantagens em se utilizar o manejo racional da irrigação.
2. Existem três métodos de manejo da irrigação. Quais são eles?
3. No manejo da irrigação via solo, são necessários os conhecimentos de algumas características do solo. Quais são eles?
4. Explique o princípio de funcionamento do tensiômetro.
5. O que significa se a leitura do tensiômetro for alta?
6. Conceitue evapotranspiração.
7. Para que serve o tanque classe A?
8. Determine a E_Tc (evapotranspiração da cultura), sabendo que a E_{To} (evapotranspiração de referência) = 5mm e K_c (coeficiente de cultura) = 1,0.
9. Quais as principais variáveis de uma estação meteorológica que podem ser usadas para quantificar a evapotranspiração do local, a partir da qual se define a quantidade de água a ser repostas?
10. Qual a importância da estação meteorológica para o produtor agrícola?
11. Com que instrumento podemos determinar o potencial da água na folha?

Aula 7 – Drenagem agrícola

Objetivos

Conceituar drenagem agrícola e conhecer sua importância.

Identificar os tipos de drenagem agrícola.

Conhecer os tipos de dreno e materiais drenantes.

7.1 Drenagem agrícola: conceito

Você poderia imaginar que com a prática da drenagem podemos diminuir ou até mesmo evitar as enchentes, que por sinal causam grandes estragos nas grandes cidades e na zona rural? Nesta aula, iremos estudar esse importante mecanismo de remoção de excesso da água: a drenagem agrícola.

A drenagem agrícola pode ser definida como sendo um processo de remoção do excesso de água dos solos aplicado pela irrigação ou proveniente das chuvas, de modo que o solo tenha condições de aeração, estruturação e resistência.

A figura a seguir ilustra duas situações: uma área sem drenagem e outra com drenagem. É importante observar que tanto as raízes como a planta não se desenvolvem na situação onde não ocorre drenagem.

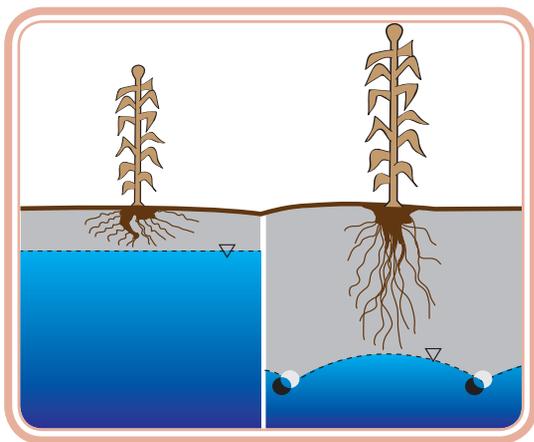


Figura 7.1: Drenagem agrícola

Fonte: <<http://drenagem.wordpress.com/>>. Acesso em: 25 ago. 2011.

7.1.1 Importância da drenagem agrícola

A drenagem agrícola traz uma série de benefícios para o produtor. Veja a seguir quais são esses benefícios.

- Pode-se utilizar em áreas inundadas, tornando-as agricultáveis e produtivas.
- Melhora as condições físicas e químicas do solo como, por exemplo: melhor aeração, melhor atividade microbiana, melhor fixação de nitrogênio e fósforo, aumento da profundidade efetiva do sistema radicular.
- Pode-se controlar o nível de salinidade através da lixiviação dos sais que se encontram na faixa do solo utilizado pelo sistema radicular da planta.
- Fornece condições ao desenvolvimento das plantas não adaptadas com a técnica para o rebaixamento do lençol freático.

7.2 Como se divide a drenagem agrícola?

A drenagem agrícola pode se apresentar em alguns tipos de acordo com o objetivo do agricultor. Assim, ela pode ser dividida de acordo com as categorias descritas a seguir.

Drenagem superficial: visa à remoção do excesso de água da superfície do solo ou piso construído.

Drenagem subterrânea ou **profunda:** visa à remoção do excesso de água do solo até uma profundidade determinada.

Para você entender melhor a drenagem superficial, imagine um campo de futebol sobre o qual cai uma chuva, em poucas horas a bola não consegue se locomover, ou seja, para nas poças de água, então para solucionarmos o problema temos que fazer uma drenagem da água que se encontra na camada superficial do solo.

Para realização da **drenagem superficial** num campo de futebol, é de fundamental importância considerar os níveis do terreno, do centro para as duas laterais e as linhas de fundo.

A **drenagem subterrânea** são os drenos propriamente ditos, que ficam abaixo da camada de solo arenoso com matéria orgânica, conduzindo toda a água que infiltra a um local fora da área drenada.



Figura 7.2: Drenagem de um campo de futebol

Fonte: <<http://www.itograss.com.br/informativoverde/edicao97/mat01ed97.html>>. Acesso em: 25 ago. 2011.

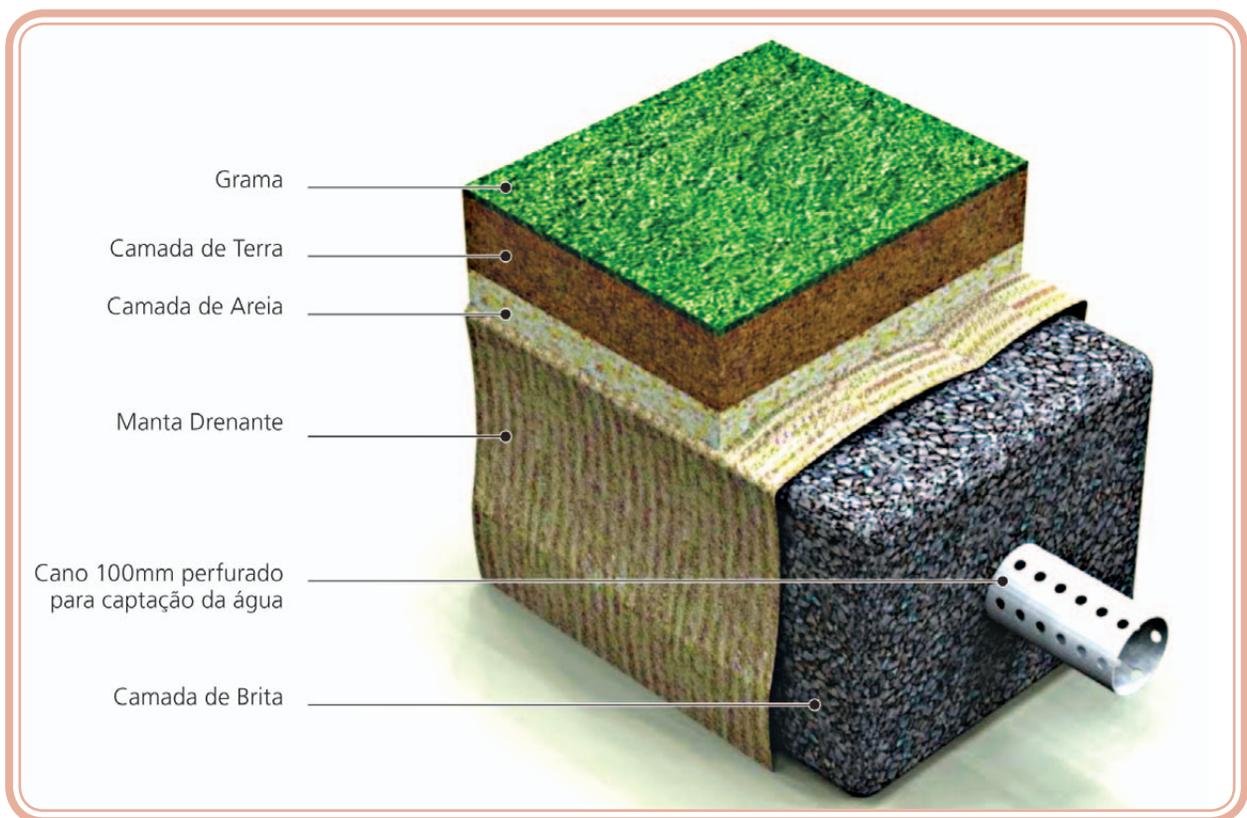


Figura 7.3: Esquema e detalhe da drenagem

Fonte: <arqsuelyly.blogspot.com>. Acesso em: 25 ago. 2011.



1. Faça uma pesquisa sobre o uso de drenagem para o plantio de culturas em solos de várzeas. Produza um texto com os dados e informações coletadas.

7.3 Sistemas de drenagem

Os sistemas de drenagem em geral são constituídos por drenos laterais, drenos coletores e o dreno principal. Veja a seguir a definição de cada um deles.

- **Drenos laterais:** têm a finalidade de controlar a profundidade do lençol freático ou absorver o excesso de água da superfície do solo.
- **Drenos coletores:** têm a finalidade de receber a água dos drenos laterais e levá-la ao dreno principal.
- **Dreno principal:** têm a finalidade de receber a água de toda a área e conduzi-la até a saída.

Em condições de campo, em que se verifica no solo o excesso de água, tanto na superfície como no subsolo, é importante usar a drenagem, principalmente quando se quer implantar grandes culturas como, por exemplo, soja, milho, cana-de-açúcar, algodão e feijão, fruticultura e olericulturas.

7.4 Tipos de drenos e materiais drenantes

A drenagem subterrânea emprega basicamente dois tipos de drenos: abertos e fechados (tubulares).

Os **drenos abertos** são canais construídos no formato trapezoidal, cujas duas laterais possuem inclinação com objetivo exclusivo de evitar o desmoronamento. Possuem a capacidade de receber e conduzir a água. Atualmente é mais utilizado para a drenagem superficial, pois o escoamento da água ocorre de forma mais rápida.

As duas grandes limitações desse tipo de dreno são os custos com sua manutenção e realizações de atividades relacionadas à cultura como, por exemplo, colheita mecanizada, trânsito de tratores e máquinas etc. Veja na Figura 7.4 um exemplo desse tipo de dreno.



Figura 7.4: Dreno aberto

Fonte: <<http://www.fernandofilho.net/2010/06/>>. Acesso em: 25 ago. 2011.

Os **drenos fechados (tubulares ou corrugados)** são formados por tubos rígidos e flexíveis com superfície corrugada para drenagem enterrada, como você pode notar na Figura 7.5, possui a mesma função dos drenos abertos, porém não existe a necessidade de realizar constantes atividades de manutenção.

O esquema da disposição dos tubos corrugados instalados num solo pode ser visto na Figura 7.6. O uso de tubos gera vantagens para a drenagem subterrânea. Veja a seguir quais são essas vantagens.

- Possibilita melhor aproveitamento da área útil – não gera perdas de área que ocorrem com uso das valas abertas.
- Não apresenta restrições às passagens de máquinas agrícolas e aos tratos culturais na cultura instalada.
- Requer menor número de manutenções, com isso o custo é reduzido quando se compara com os canais abertos.

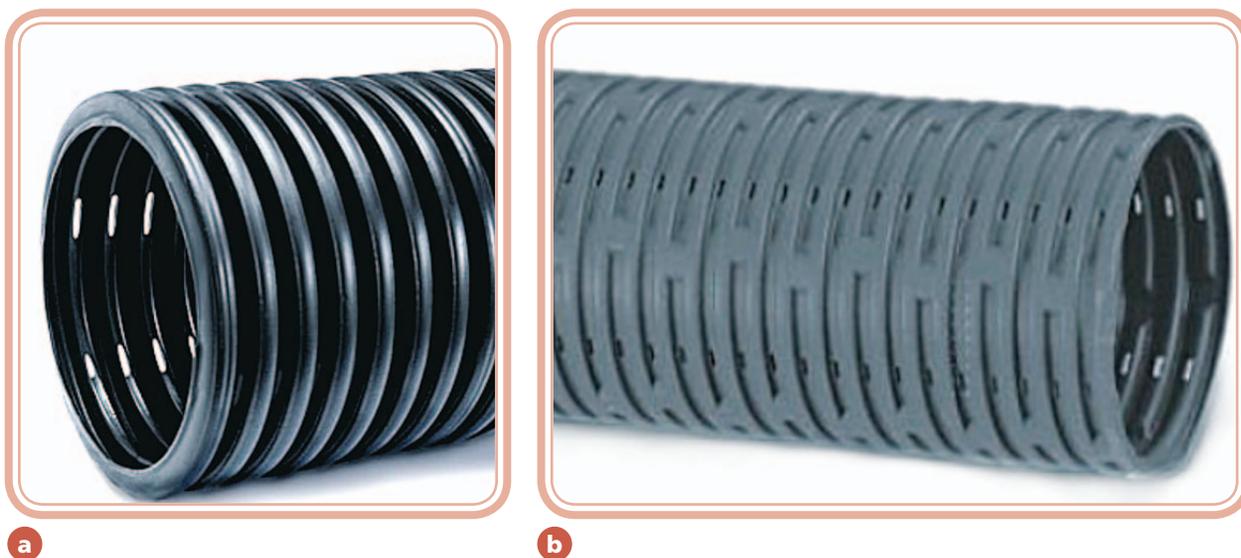


Figura 7.5: Tubos corrugados para drenagem

Fonte: (a) <<http://www.petech.com.br/corrugado>>; (b) <<http://www.palmarimper.com.br>>. Acesso em: 25 ago. 2011.

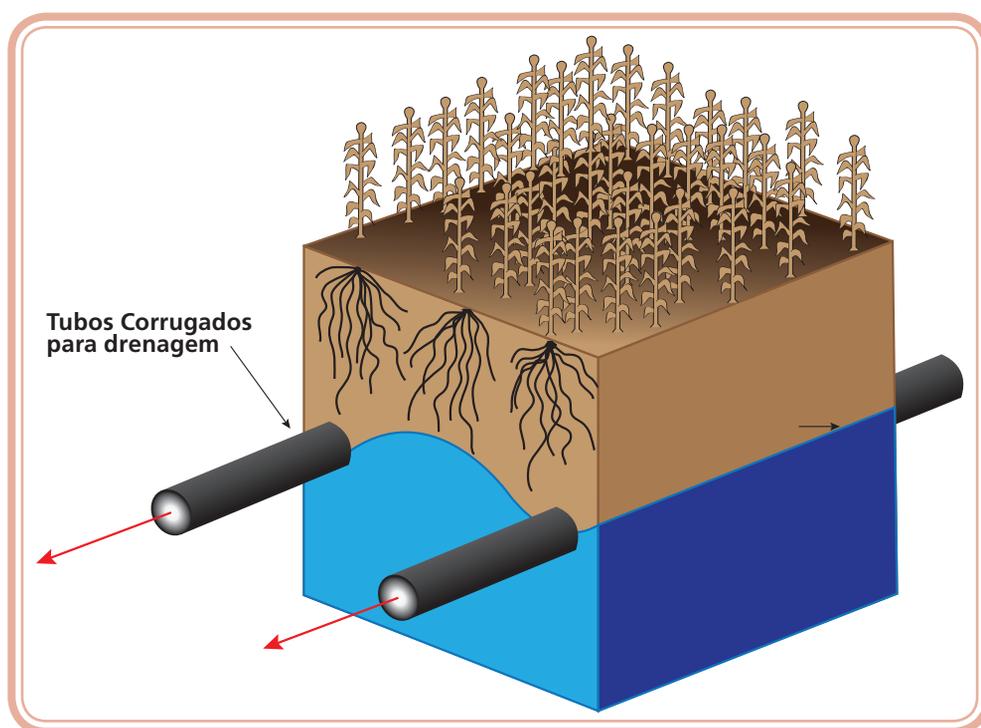


Figura 7.6: Esquema da disposição dos tubos corrugados

Fonte: <<http://drenagem.wordpress.com/>>. Acesso em: 25 ago. 2011.

O **filtro** é o material que se coloca em torno do dreno tubular e tem as funções de melhorar a permeabilidade ao redor do dreno e dificultar a entrada de partículas do solo. Um grande exemplo que podemos citar é o cascalho (Figura 7.7), só devemos ter o cuidado que seu tamanho seja maior que os orifícios do dreno.



Figura 7.7: Dreno tubular com filtro (cascalho)

Fonte: <<http://www.fechoo.com.br/>>. Acesso em: 25 ago. 2011.

1. Faça uma pesquisa sobre os principais materiais drenantes usados como filtro nos sistemas de drenagem. Produza um texto com os dados e as informações coletadas.



Resumo

Nesta aula, você estudou os principais drenos e sistemas de drenagem. Viu também o conceito desse mecanismo de remoção do excesso de água, bem como os principais benefícios que sua utilização pode oferecer ao produtor.

Atividades de aprendizagem

1. Cite cinco benefícios do uso da drenagem agrícola.
2. Cite os tipos de drenagem e qual a função de cada um deles.
3. Que tipo de dreno se utiliza na drenagem subterrânea ou profunda?
4. Como são constituídos os sistemas de drenagem?

5. O que são drenos coletores?
6. Quais os principais tipos de drenos utilizados na drenagem subterrânea?
7. Quais as principais vantagens em se usar tubos para drenagem subterrânea?
8. Que tipo de material drenante é o filtro? Cite um exemplo.

Referências

ALVES SOBRINHO, T. **Desenvolvimento de um infiltrômetro de aspersão portátil**. 85f. 1997. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS – ASAE. Standard engineering practices data: EP 458. **Field evaluation of microirrigation systems**. St. Joseph: ASAE, 1996. p. 792-797.

AZEVEDO, H.M. Irrigação localizada. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 139, p. 40-53, 1986.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV/Imprensa Universitária, 1989. 596p.

_____. **Manual de irrigação**. 6. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 1995. 657p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. V.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. p. 361-482.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone, 1990.

BONOMO, R. **Análise da Irrigação na Cafeicultura em Áreas de Cerrado de Minas Gerais**. 224f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

BORGES, A. C.; MENDIONDO, E. M. Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na Bacia do Rio Jacupiranga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.11, n.3, p. 293-300, 2007.

CALGARO, M.; BRAGA, M. B. **Determinação da uniformidade de distribuição de água em sistema de irrigação localizada**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2008. (Embrapa Semi-Árido. Instruções Técnicas, 86).

CARVALHO, Daniel Fonseca de; SILVA, Leonardo D. B. **Hidrologia**. 2006. (Apostila).

CAUDURO, F.A.; DORFMAN, R. **Manual de ensaios de laboratório e de campo para Irrigação e Drenagem**. Porto Alegre: PRONI: IPH-UFRGS. 1990.

CHRISTOFIDIS, D. Recursos hídricos dos cerrados e seu potencial de utilização na irrigação. **ITEM**, Brasília, n. 69/70, p. 87-97, 2006.

CONJUNTURA dos Recursos Hídricos do Brasil 2009. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/conjuntura/abr_nacional.htm>. Acesso em: 26 ago. 2010.

DAKER, A. A Água na Agricultura. **Irrigação e Drenagem**, Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos, v. 3, ed. 5, 1976.

DOOREMBOS, J.; KASSAN, A. H. **Efectos del Agua sobre el Rendimiento de los Cultivos**. Roma: FAO - Riego y Drenage, 33, 1979. 212p.

FARIA, M. A.; VIEIRA, J. Irrigação por aspersão: sistemas mais usados no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 139, p. 27-39, 1986.

FERREIRA, P. A. Drenagem. In: CURSO de engenharia de irrigação. **Módulo XI**. Brasília: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior. 2001. 167p.

FOLEGATTI, M. V. et al. **Irrigação por aspersão**: autopropelido. Piracicaba: ESALQ, 1992. 30 p. (Série Didática, 010).

FRIZZONE, J. A. **Irrigação por aspersão**: uniformidade e eficiência. Piracicaba: ESALQ, 1992. 53 p. (Série Didática, 003).

FRIZZONE, J. A.; DOURADO NETO, D. Avaliação de sistemas de irrigação. In: MIRANDA, J. H. de; PIRES, R. C. de M. (Ed.). **Irrigação**. Piracicaba-SP: FUNEP, 2003. v. 2. p. 573-651. (Série Engenharia Agrícola).

LOPEZ, J. R. et al. **Riego localizado**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1992. 405 p.

LUTHIN, James N. **Drainage engineering**. New York: Robert E. Engineering, 1973, 250p. Disponível em: <http://openlibrary.org/b/OL4542404M/Drainage_engineering>. Acesso em: 25 ago. 2011.

MELLO, J. L. P.; SILVA, L. D. B. **Irrigação**: apostila. Rio de Janeiro: UFRRJ, 2007. 180p.

NOGUEIRA, O. J. O. Notas sobre a Irrigação no Contexto Histórico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIEDADE RURAL, 34., 1996, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Economia e Sociedade Rural – SOBER, ago. 1996.

OLLITA, A. F. L. **Os métodos de irrigação**. São Paulo: Nobel, 1977. 267 p.

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos**. Madrid: Agrícola Española, 1978. 521p.

PORITEX Irrigação Inteligente. **Conceitos simplificados de irrigação**. Disponível em: <<http://www.ruralnet.com.br/poritex/conceitos.htm>>. Acesso em: 26 ago. 2010.

REICHARDT, K. **Processos de Transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 466p.

_____. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Editora Manole, 1990. 188p.

_____. Infiltração da água no solo. In: DINÂMICA da matéria e da energia em ecossistemas. 2. ed. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1996. p. 317-352.

SALES, J. C. de. **Avaliação de coeficientes de uniformidade de distribuição e perda de água por aspersão convencional**. 68f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1997.

SAN JUAN, J. A. M. **Riego por goteo**: teoría y práctica. 2. ed. Madrid: Editora Mundiprensa, 1985, 216p.

SCALOPPI, J. E.; DIAS, K. F. S. Relação entre a pressão de operação e a uniformidade de distribuição de água de aspersores rotativos por impacto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26, 1996, Bauru. **Resumos...** Bauru: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1996. CD-Rom.

SCHNEIDER E CIA LTDA. **Manual técnico**. Joinville, SC, 2006.

VIEIRA, Dirceu Brasil. **As técnicas de irrigação**. São Paulo: Globo, 1989. 263 p.

AZEVEDO, H. M. Irrigação localizada. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 139, p. 40-53, 1986.

YAGÜE, J. L. F. **Técnicas de riego**. 3. ed. Madrid: Ministerio de Agriculture, Pesca Y Alimentación, 1998. 471p.

Curriculo do professor-autor

Valber Mendes Ferreira possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Piauí (1998) e Mestrado em Agronomia pela Universidade Federal do Piauí (2007). É doutorando em Irrigação e Drenagem pela Universidade Estadual Paulista. Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Irrigação e Drenagem, atuando principalmente nos seguintes linhas de pesquisa: manejo de irrigação e fertirrigação, monitoramento agroclimático, planejamento de irrigação, monitoramento e determinação do conteúdo de água no solo através da TDR, FDR e Sonda de Newtons.



ISBN 978-85-7463-441-8



9 788574 634418