



EPAMIG

INFORME AGROPECUÁRIO

v. 31 - n. 259 - nov./dez. 2010 ISSN 0100-3364

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento



Irrigação



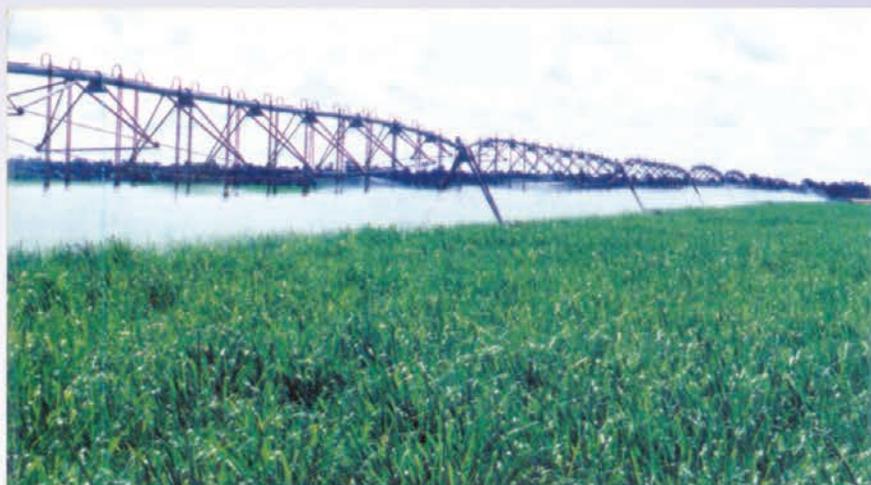
**GOVERNO
DE MINAS**

PRECISANDO DE IRRIGAÇÃO, NÓS TEMOS A SOLUÇÃO.



Irrigabel
sistemas de irrigação

PIVOTS CENTRAIS



MICRO ASPERSÃO E GOTEJAMENTO



Inovação para Irrigação

FONE/FAX: (31) 3388-5858 - SITE: www.irrigabel.com.br / E-mail: irrigabel@irrigabel.com.br
BR 040 Km 531 N° 344 - Bairro Califórnia - Belo Horizonte - MG

Informe Agropecuário

Uma publicação da EPAMIG

v.31 n.259 nov./dez. 2010

Belo Horizonte-MG



Apresentação

A necessidade da otimização dos recursos produtivos, do aumento da competitividade no mercado, do aumento de produtividade e da redução de custos leva a uma tendência de adoção de tecnologias capazes de tornar a exploração agrícola cada vez mais competitiva e rentável. A irrigação é uma dessas tecnologias, por ser uma prática agrícola de fornecimento de água às culturas, em locais ou épocas em que a distribuição de chuvas é insuficiente para suprir as necessidades hídricas das plantas.

A irrigação exerce papel fundamental no agronegócio como um dos principais instrumentos para a modernização da agricultura brasileira, permitindo enormes benefícios, com destaque para redução da sazonalidade de produção, aplicação de novas tecnologias como a quimição e conservação do solo e da água.

Em algumas regiões, a irrigação é uma prática essencial, entretanto o déficit e/ou excesso de água aplicada, bem como o modo de aplicação, podem propiciar condições desfavoráveis ao desenvolvimento da cultura e levar à queda na produtividade, além de aumentar os custos com energia de bombeamento e fertilizantes ao se trabalhar com baixa eficiência de irrigação e de fertirrigação.

Diante disso, esta edição da revista Informe Agropecuário traz informações sobre a aplicabilidade da irrigação, para que o usuário alcance elevada eficiência com seu uso, maximização econômica do negócio e sustentabilidade ambiental.

Édio Luiz da Costa
João Batista Ribeiro da Silva Reis
Polyanna Mara de Oliveira

Sumário

Editorial	3
Entrevista	4
Métodos e sistemas de irrigação	
Édio Luiz da Costa, Polyanna Mara de Oliveira, João Batista Ribeiro da Silva Reis, Fúlvio Rodriguez Simão e Flávio Gonçalves Oliveira	7
Manejo da irrigação	
Paulo Emílio Pereira de Albuquerque	17
Projetos de irrigação	
Luís César Dias Drumond e André Luís Teixeira Fernandes	26
Avaliação de sistemas de irrigação	
Flávio Gonçalves Oliveira, Flávio Pimenta de Figueiredo, Polyanna Mara de Oliveira e Édio Luiz da Costa	43
Qualidade da água na agricultura e no ambiente	
Ricardo Augusto Lopes Brito e Camilo de Lelis Teixeira de Andrade	50
Fertirrigação	
Eugênio Ferreira Coelho, Édio Luiz da Costa, Ana Lucia Borges, Torquato Martins de Andrade Neto e José Maria Pinto	58
Automação em irrigação	
Luiz Antônio Lima, Guilherme Augusto Biscaro, Luciano Oliveira Geisenhoff e João Batista Ribeiro da Silva Reis	71
Gestão de recursos hídricos nas atividades agrícolas	
Antônio Marciano da Silva, Carlos Rogério de Mello, Polyanna Mara de Oliveira e Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques	80
Agricultura irrigada no Brasil	
Marcos Vinícius Folegatti, Cornélio Alberto Zolin, Janaína Paulino, Rodrigo Máximo Sánchez-Román e Máira Ometto Bezerra	94
Agricultura irrigada: oportunidades e desafios	
Helvecio Mattana Saturnino, Demétrios Christofidis, Édio Luiz da Costa e João Batista Ribeiro da Silva Reis	101
Importância do manejo da irrigação sobre a ocorrência de doenças de plantas	
Wânia dos Santos Neves, Polyanna Mara de Oliveira, Douglas Ferreira Parreira, Rosângela Dalle mole Giaretta e Édio Luiz da Costa	110

ISSN 0100-3364

Informe Agropecuário	Belo Horizonte	v.31	n.259	p. 1-116	nov./dez.	2010
----------------------	----------------	------	-------	----------	-----------	------

© 1977 EPAMIG

ISSN 0100-3364

INPI: 006505007

CONSELHO DE PUBLICAÇÕES

Baldonado Arthur Napoleão

Enilson Abrahão

Maria Lélia Rodriguez Simão

Juliana Carvalho Simões

Mairon Martins Mesquita

Vânia Lacerda

COMISSÃO EDITORIAL DA REVISTA INFORME AGROPECUÁRIO

Enilson Abrahão

Diretoria de Operações Técnicas

Maria Lélia Rodriguez Simão

Departamento de Pesquisa

Cristiane Viana Guimarães Ladeira

Divisão de Produção Animal

Marcelo Lanza

Divisão de Produção Vegetal

Trazilbo José de Paula Júnior

Chefia de Centro de Pesquisa

Vânia Lacerda

Departamento de Publicações

EDITOR-TÉCNICO

Édio Luiz da Costa, João Batista Ribeiro da Silva Reis e

Polyanna Mara de Oliveira

CONSULTORES TÉCNICO-CIENTÍFICOS

Fúlvio Rodriguez Simão e Abílio José Antunes (EPAMIG)

PRODUÇÃO

DEPARTAMENTO DE PUBLICAÇÕES

EDITORA-CHEFE

Vânia Lacerda

REVISÃO LINGUÍSTICA E GRÁFICA

Marlene A. Ribeiro Gomide, Rosely A. R. Battista Pereira e

Maria Cláudia Carvalho (estagiária)

NORMALIZAÇÃO

Fátima Rocha Gomes e Maria Lúcia de Melo Silveira

PRODUÇÃO E ARTE

Diagramação/formatatação: *Maria Alice Vieira, Erasmo dos Reis Pereira, Ângela Batista P. Carvalho, Fabriciano Chaves Amaral e Débora Nigri (estagiária)*

Coordenação de Produção Gráfica

Fabriciano Chaves Amaral

Capa: *Fabriciano Chaves Amaral*

Foto da capa: *Luiz Antônio Lima*

Selo 35 anos Informe Agropecuário: *Ângela Batista P. Carvalho*

Impressão:



IMPRESA OFICIAL
Governo do Estado de Minas Gerais

Informe Agropecuário é uma publicação da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais EPAMIG

É proibida a reprodução total ou parcial, por quaisquer meios, sem autorização escrita do editor. Todos os direitos são reservados à EPAMIG.

Os artigos assinados por pesquisadores não pertencentes ao quadro da EPAMIG são de inteira responsabilidade de seus autores.

Os nomes comerciais apresentados nesta revista são citados apenas para conveniência do leitor, não havendo preferências, por parte da EPAMIG, por este ou aquele produto comercial. A citação de termos técnicos seguiu a nomenclatura proposta pelos autores de cada artigo.

O prazo para divulgação de errata expira seis meses após a data de publicação da edição.

Assinatura anual: **6 exemplares**

Aquisição de exemplares

Divisão de Gestão e Comercialização

Av. José Cândido da Silveira, 1.647 - União

CEP 31170-495 Belo Horizonte - MG

Telefax: (31) 3489-5002

www.informeagropecuario.com.br; www.epamig.br

E-mail: publicacao@epamig.br

CNPJ (MF) 17.138.140/0001-23 - Insc. Est.: 062.150146.0047

PUBLICIDADE

Décio Corrêa

Telefone: (31) 3489-5088 - deciorcorrea@epamig.br

Informe Agropecuário. - v.3, n.25 - (jan. 1977) - . - Belo Horizonte: EPAMIG, 1977 - .
v.: il.

Cont. de Informe Agropecuário: conjuntura e estatística. - v.1, n.1 - (abr.1975).

ISSN 0100-3364

1. Agropecuária - Periódico. 2. Agropecuária - Aspecto Econômico. I. EPAMIG.

CDD 630.5

O Informe Agropecuário é indexado na
AGROBASE, CAB INTERNATIONAL e AGRIS

Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

Governo do Estado de Minas Gerais

Antonio Augusto Junho Anastasia

Governador

Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Gilman Viana Rodrigues

Secretário



Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

Conselho de Administração

Gilman Viana Rodrigues
Baldonado Arthur Napoleão
Pedro Antônio Arraes Pereira
Adauto Ferreira Barcelos
Osmar Aleixo Rodrigues Filho
Décio Bruxel

Sandra Gesteira Coelho
Elifas Nunes de Alcântara
Vicente José Gamarano
Joanito Campos Júnior
Helton Mattana Saturnino

Conselho Fiscal

Carmo Robilota Zeitune
Heli de Oliveira Penido
José Clementino Santos

Evandro de Oliveira Neiva
Márcia Dias da Cruz
Celso Costa Moreira

Presidência

Baldonado Arthur Napoleão

Diretoria de Operações Técnicas

Enilson Abrahão

Diretoria de Administração e Finanças

Luiz Carlos Gomes Guerra

Gabinete da Presidência

Thaissa Goulart Bhering Viana

Assessoria de Comunicação

Roseney Maria de Oliveira

Assessoria de Desenvolvimento Organizacional

Felipe Bruschi Giorni

Assessoria de Informática

Silmar Vasconcelos

Assessoria Jurídica

Nuno Miguel Branco de Sá Viana Rebelo

Assessoria de Negócios Tecnológicos

Sebastião Alves do Nascimento Neto

Assessoria de Planejamento e Coordenação

Renato Damasceno Netto

Assessoria de Relações Institucionais

Marcílio Valadares

Assessoria de Unidades do Interior

Júlia Salles Tavares Mendes

Auditoria Interna

Márcio Luiz Mattos dos Santos

Departamento de Compras e Almoxarifado

Sebastião Alves do Nascimento Neto

Departamento de Contabilidade e Finanças

Warley Wanderson do Couto

Departamento de Engenharia

Luiz Fernando Drummond Alves

Departamento de Transferência Tecnológica

Juliana Carvalho Simões

Departamento de Patrimônio e Serviços Gerais

Mary Aparecida Dias

Departamento de Pesquisa

Maria Lélia Rodriguez Simão

Departamento de Publicações

Vânia Lúcia Alves Lacerda

Departamento de Recursos Humanos

Flávio Luiz Magela Peixoto

Departamento de Eventos Tecnológicos

Mairon Martins Mesquita

Departamento de Transportes

José Antônio de Oliveira

Instituto de Laticínios Cândido Tostes

Luiz Carlos G. C. Júnior, Gérson Occhi e Nelson Luiz T. de Macedo

Instituto Técnico de Agropecuária e Cooperativismo

Luci Maria Lopes Lobato e Francisco Olavo Coutinho da Costa

EPAMIG Sul de Minas

Gladyston Rodrigues Carvalho e Ana Paula de M. Rios Resende

EPAMIG Norte de Minas

Polyanna Mara de Oliveira e Josimar dos Santos Araújo

EPAMIG Zona da Mata

Trazilbo José de Paula Júnior e Giovani Martins Gouveia

EPAMIG Centro-Oeste

Édio Luiz da Costa e Waldênia Almeida Lapa Diniz

EPAMIG Triângulo e Alto Paranaíba

José Mauro Valente Paes e Marina Lombardi Saraiva

Irrigação racional e sustentável

O aumento da população mundial gerou grande demanda por alimentos, intensificação da agricultura, das indústrias e das moradias. Isto tem proporcionado maior pressão sobre os recursos ambientais, em particular, sobre os estoques de água do Planeta. A previsão é de que, em 2048, a população mundial atinja 9 bilhões de habitantes.

Diante desse cenário, tecnologias para a utilização mais racional dos recursos hídricos devem ser priorizadas, a fim de tornar o uso da água mais eficiente. Tais recursos são renováveis, porém finitos. Assim, a preservação da água é de extrema importância.

A produção mundial de alimentos é altamente dependente da irrigação, pois quase 50% destes provêm da utilização desse sistema. O Brasil apresenta, atualmente, uma área de 4,45 milhões de hectares cultivados com irrigação, sendo a Região Sudeste a maior irrigante, seguida pelas Regiões Sul, Nordeste, Centro-Oeste e Norte. As culturas de cana-de-açúcar, arroz, soja e milho destacam-se em área irrigada.

Esses dados geram reflexões sobre novos meios de garantir a sustentabilidade das atividades agropecuárias, sob a ótica da segurança alimentar e nutricional, aliadas à proteção do meio ambiente. A pesquisa, a tecnologia e a informação são imprescindíveis para alcançar este objetivo. As tecnologias recentes de irrigação no Brasil são instrumentos para a modernização de sua agricultura, as quais permitem benefícios, como: aumento da produtividade, garantia de colheita, redução do custo unitário de produção, intensificação do uso do solo, mão de obra e máquinas, melhoria na oferta e qualidade de produtos e incorporação de novas áreas, antes inadequadas para uso e agora aptas para produção.

Esta edição do Informe Agropecuário apresenta tecnologias para utilização da irrigação de forma racional e sustentável, com o objetivo de contribuir para a melhor gestão dos recursos hídricos na agropecuária.

Baldonado Arthur Napoleão

Presidente da EPAMIG

Irrigação: estabilidade da produção agrícola



Jônadan Ma é engenheiro agrônomo, formado pela Escola Superior Luiz de Queiroz (Esalq-USP), e pós-graduado em MBA Executivo, pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). É vice-presidente da Cooperativa dos Produtores Rurais do Triângulo e Alto Paranaíba (Cotrial) e da Associação Brasileira dos Criadores de Girolando, diretor da Associação dos Empresários Canavieiros do Vale do Rio Grande, sócio-fundador do Clube Amigos da Terra (CAT Uberaba) e ex-diretor da Associação de Plantio Direto no Cerrado (APDC). É também diretor-executivo do Grupo Boa Fé - Ma Shou Tao, com sede em Conquista, MG, que atua em diversos setores da agropecuária, com destaque para o cultivo da cana-de-açúcar, em fazendas que utilizam tecnologia de ponta, especialmente na área de irrigação.

IA - Qual a importância do uso da irrigação na propriedade como equilíbrio das atividades agrícolas?

Jônadan Ma - O Grupo Boa Fé - Ma Shou Tao implantou dois sistemas de irrigação: pivô central de 105 ha, com cana-de-açúcar, e outro de 25 ha, com sistema de malha para irrigação de pasto de 'Tifton-85' rotacionado, do sistema de pecuária leiteira. A integração das atividades agrícola e pecuária faz parte dos fundamentos do Grupo, além da importância da diversificação e verticalização. A irrigação é de suma importância para viabilizar a melhor eficiência técnica e econômica das atividades agrícola e pecuária dentro do Grupo, onde as demais atividades industriais e comerciais também têm sua devida importância. Além do aumento da rentabilidade, a irrigação vem proporcionando a estabilidade da atividade agrícola, notadamente a da cana-de-açúcar, cujo objetivo é produzir uma cana com pelo menos dez safras e produtividade média de 130 t/ha.

IA - Em termos de gestão, quais recomendações seriam per-

tinentes para os produtores considerados irrigantes?

Jônadan Ma - Sem dúvida alguma, a gestão técnica e econômica é o item mais importante para o sucesso da irrigação que atenda aos objetivos do investimento. Para isso, é necessário que o produtor irrigante tenha: definição clara dos objetivos e metas para o uso da irrigação; gestão tecnológica "ao pé da letra", com o subsídio de informações e dados para tomada de decisão de quando e quanto irrigar; gestão financeira da cultura irrigada, comparada aos custos de sequeiro diante do custo de oportunidade gerado pelo uso da irrigação; gestão de pessoas, inclusive o proprietário ou fazendeiro irrigante, para que os itens citados sejam fatores básicos e essenciais na tomada de decisão de questões como: O que irrigar? Por que irrigar? Quando? Quanto e a que custo?

IA - Para quem trabalha com a agropecuária, a moeda de troca é o produto gerado. Como tem ficado a relação de troca entre produtos agrícolas e o custo da irrigação?

Jônadan Ma - Podemos dizer que o maior custo da irrigação, além da água e dos equipamentos, é com a energia elétrica, que ainda é o grande gargalo. Moeda de troca entre produtos de valor agregado, tais como hortaliças, além de necessária, tem sido favorável. Para algumas culturas, como a da batata e a do feijão, trabalha-se no dito popular "entre o céu e o inferno" (um dia bom e outro ruim). As demais culturas, de modo geral, têm uma relação mais estável. A grande questão é a de que os custos sempre vêm antes da receita e o produto irrigado, nos dias de hoje, não significa produto de maior valor agregado, mas totalmente dependente da lei de oferta e demanda.

IA - Como o senhor analisa as alternativas de viabilização econômico-financeiras de projetos de irrigação?

Jônadan Ma - Viabilizar o projeto de irrigação no aspecto econômico e financeiro é quase que um resultado natural para grande parte das culturas, e dificilmente um projeto será considerado inviável. Vejo como grande barreira para esta viabilização efetiva de implantação da irrigação, os aspectos

legais, burocráticos e normativos, que, por sua vez, impedem o acesso ao crédito oficial do sistema financeiro. Uma opção que vejo como importantíssima neste momento, em que as exigências relativas ao Código Florestal ainda não estão definidas e boa parte dos irrigantes e dos potenciais irrigantes ainda não possui licenciamento ambiental, seria estruturar um sistema de crédito com as empresas fabricantes, atreladas às garantias normalmente utilizadas em operações agrícolas, tais como Cédulas de Produto Rural (CPRs). Outra opção seria viabilizar o sistema de consórcios para o sistema de irrigação.

IA - *Que tipo de apoio os órgãos fiscalizadores têm dado aos produtores nos processos de legalização ambiental?*

Jônadan Ma - Considerando o Brasil como um todo, com raras exceções de algumas regiões, temos visto uma grande falta de apoio por parte dos órgãos fiscalizadores, que preocupam mais em penalizar do que ajudar o produtor. Por um lado, entendemos que a atual legislação, além de ser antiquada, não leva em consideração tudo o que vem sendo realizado pelos produtores irrigantes para que sua atividade seja legalizada da melhor maneira e da forma mais rápida possível. Esperamos que neste ano de 2011, finalmente, o novo Código Florestal seja aprovado na estrutura que contemple viabilidade da atividade agropecuária para a produção de alimentos, com preservação ambiental justa, comparando-se com as demais atividades e com os habitantes dos centros urbanos.

IA - *Como o senhor analisa as possibilidades de incremento da irrigação na agricultura, considerando a necessidade do uso sustentável da água e a participação do agricultor no pagamento de taxas pelo seu uso? Qual a sua opinião sobre este pagamento?*

Jônadan Ma - Em primeiro lugar temos que estar conscientes da grande responsabilidade do produtor rural como produtor de águas, além de produtor de alimentos. Como é isto? A agricultura moderna e sustentável que trabalha com as melhores tecnologias, principalmente nos trópicos, como plantio direto, mudou totalmente o status do produtor em relação ao meio ambiente. O plantio direto, amplamente adotado nas culturas de grãos e crescente na cana-de-açúcar e outras culturas, é uma tecnologia que, além de sequestrar gás carbônico (CO₂), ajuda a produzir água no sistema, aumentando seu volume no lençol freático, reduzindo o assoreamento de rios, açudes e represas, permitindo, assim, um aumento do volume disponibilizado ao ambiente e ao uso. Com base nesta linha, minha opinião é a de que o agricultor irrigante, que trabalha com tecnologias sustentáveis, seja isentado de taxas pelo uso da água. Inclusive, ele deveria receber uma parcela da taxa que será cobrada daqueles que não trabalham de modo sustentável na essência do seu negócio agropecuário.

IA - *Qual sua opinião sobre a construção de represas e barragens no meio rural, em relação ao armazenamento de água para a irrigação?*

Jônadan Ma - Com base em nossa história e experiência, as represas e barragens só têm pontos favoráveis e positivos para contribuir com o sistema, seja natural, seja em exploração. No sistema natural, o represamento, além de disponibilizar água em momentos críticos, principalmente nos Cerrados, onde temos um período de seis meses sem chuvas, proporciona um embelezamento, o que torna o ambiente mais agradável, principalmente para os componentes da fauna e flora da região. No aspecto de exploração de represas e barragens, a importância se faz pelo aumento da capacidade de irrigação e produção de alimentos em áreas não servi-

das por rios e córregos, onde a irrigação direta poderia ser utilizada.

IA - *Uma das contribuições da agricultura em favor da preservação ambiental está no uso dos resíduos agrícolas, sólidos e líquidos como adubo orgânico. Como a irrigação pode ajudar na solução de problemas ambientais e na diminuição dos custos da agropecuária? O Grupo Boa Fé - Ma Shou Tao tem projetos com esta finalidade?*

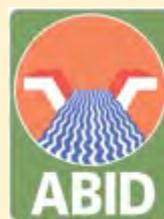
Jônadan Ma - Estamos implantando um projeto onde os dejetos animais (chorume) das vacas instaladas no freestall são recolhidos, e a fase líquida possa ser separada e aplicada via fertirrigação nos pastos rotacionados com 'Tifton-85'. Hoje, este chorume é aplicado por meio de chorumeiras que exigem uma contínua carga e descarga por meio de trator com tanque. A irrigação, além de reduzir os custos, tornaria o sistema muito mais prático e eficiente.

IA - *Qual a importância da pesquisa para o desenvolvimento sustentável da irrigação na agropecuária?*

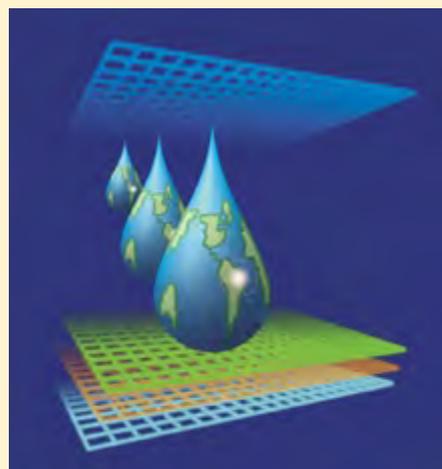
Jônadan Ma - Podemos dizer que pesquisa, desenvolvimento sustentável e sistema produtivo, que envolve os produtores irrigantes, indústrias, fornecedores de insumos e outros, fazem parte de uma grande cadeia, para que o Brasil seja visto como uma grande potência agrícola. Um grande passo tem sido o incremento das pesquisas regionalizadas pelos órgãos estaduais e mesmo federais, contemplando-se, dessa forma, as características edafoclimáticas de cada região, bem como o nível tecnológico e econômico das culturas e de seus produtores.

■ Por Vânia Lacerda

Associar-se a ABID significa juntar forças em favor da Agricultura Irrigada



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM É O COMITÊ NACIONAL BRASILEIRO DA



CONIRDs

“A marca dos CONIRDs simboliza o ciclo hidrológico, com as indissociáveis relações solo-água-plantas, numa visão mundial, para sensibilizar a todos sobre a segurança alimentar, de produção de fibras para os mais diversos fins, de produção de energia e das garantias hídricas e ambientais para o bem estar das populações. Uma marca em favor da exploração econômica em harmonia com a natureza, pautando um equilibrado desenvolvimento da agricultura irrigada, com a adequada conservação dos recursos naturais para as futuras gerações.”



Em 2001, uma rica programação do XI CONIRD e 4th IRCEW, em Fortaleza, CE, registrada na Item 50, com a edição dos 2 anos e de um livro em inglês e a inserção internacional da ABID.
 Em 2002, o XII CONIRD em Uberlândia, MG, com os anais em CD e a programação na Item 55.
 Em 2003, o XIII CONIRD em Juazeiro, BA, com os anais em CD e a programação na Item 59.
 Em 2004, o XIV CONIRD em Porto Alegre, RS, com os anais em CD e a programação na Item 63.
 Em 2005, o XV CONIRD em Teresina, PI, com os anais em CD e a programação na Item 67.
 Em 2006, o XVI CONIRD em Goiânia, GO, com os anais em CD e a programação na Item 69/70.
 Em 2007, o XVII CONIRD em Mossoró, RN, com os anais em CD e a programação na Item 74/75.
 Em 2008, o XVIII CONIRD em São Mateus, ES, com os anais em CD e a programação na Item 78.
 Em 2009, o XIX CONIRD em Montes Claros, MG, com os anais em CD e a programação na Item 82.
 Em 2010, o XX CONIRD em Uberaba, MG, com os anais em CD e a programação na Item 87.

Visite:
www.abid.org.br
 Associe-se, e tenha acesso a todas as edições da Item

Métodos e sistemas de irrigação

Édio Luiz da Costa¹
Polyanna Mara de Oliveira²
João Batista Ribeiro da Silva Reis³
Fúlvio Rodriguez Simão⁴
Flávio Gonçalves Oliveira⁵

Resumo - A intensificação da produtividade agrícola no Brasil tem uma participação ativa e significativa na agricultura irrigada. Os métodos de irrigação, bem como as culturas a serem trabalhadas, diferem quanto à utilização da água. Todos esses métodos possuem particularidades que indicam ou limitam o seu uso. A definição deve passar por uma criteriosa avaliação técnica e econômica. Hoje, diante dos conflitos entre os diferentes usuários, da preocupação ambiental e da cobrança pelo uso da água, prevista na Lei das Águas nº 9.433 de janeiro de 1997, existe a tendência de utilizar métodos de irrigação que proporcionem maior eficiência de aplicação da água. Para tal, devem ser preferidos projetos que garantam uma boa aplicação da engenharia, acompanhados de técnicas de manejo e gerenciamento.

Palavras-chave: Método de irrigação. Sistema de irrigação. Sulco. Faixa. Inundação. Localizada. Gotejamento. Microaspersão. Aspersão. Pivô central. Autopropelido.

INTRODUÇÃO

As tecnologias recentes de irrigação no Brasil são instrumentos para a modernização de sua agricultura, as quais permitem benefícios, como: aumento da produtividade, garantia de colheita, redução do custo unitário de produção, intensificação do uso do solo, mão de obra e máquinas, melhoria na oferta e qualidade de produtos e incorporação de novas áreas como as de Cerrado e de Semiárido.

A irrigação no Brasil teve início com os sistemas de irrigação por superfície com os cultivos de arroz.

Em 1950, começaram as importações de sistemas de irrigação por aspersão, incentivadas pelo governo federal.

Em 1955, foi criada a primeira indústria brasileira para produzir sistemas de irrigação por aspersão e seus componentes (STROTBEK, 1984). Somente em 1965 é que foi ofertada maior variedade de material de irrigação por aspersão ao mercado. Fábricas de motores a diesel e elétricos começaram a surgir, principalmente na Região Sudeste do País.

Em 1975, iniciou-se a produção dos primeiros equipamentos de irrigação mecanizados, os autopropelidos.

Em 1978, foi fabricado no Brasil o primeiro pivô central, com capacidade para irrigar áreas de até 128 ha.

Ainda na década de 1970, foram instalados os primeiros sistemas de irrigação

localizada, nos quais os componentes eram todos importados.

Em 1986, surgiu uma série de empresas fabricantes no País.

Atualmente, o Brasil conta com fabricantes ou representantes das mais variadas linhas, ou seja, sistemas de irrigação, tubulações, bombas, automação, equipamentos para quimigação, etc.

Diante da oferta favorecida pelo mercado, a escolha criteriosa de um adequado sistema de irrigação para uma determinada área e cultura envolve estudos que vão desde a caracterização dos recursos hídricos, e isso inclui a legislação vigente quanto à outorga de água, bem como as características de solo, clima, topografia,

¹Eng^a Agrícola, D.Sc., Pesq. EPAMIG Centro-Oeste/Bolsista FAPEMIG, Caixa Postal 295, CEP 35701-970 Prudente de Morais-MG. Correio eletrônico: edio.costa@epamig.br

²Eng^a Agrícola, D.Sc., Pesq. EPAMIG Norte de Minas/Bolsista FAPEMIG, Caixa Postal 12, CEP 39525-000 Nova Porteirinha-MG. Correio eletrônico: polyanna.mara@epamig.br

³Eng^a Agrícola, D.Sc., Pesq. EPAMIG Norte de Minas/Bolsista FAPEMIG, Caixa Postal 12, CEP 39525-000 Nova Porteirinha-MG. Correio eletrônico: jbrsreis@epamig.br

⁴Eng^a Agr^a, M.Sc., Pesq. EPAMIG Norte de Minas, Caixa Postal 12, CEP 39525-000 Nova Porteirinha-MG. Correio eletrônico: fulvio@epamig.br

⁵Eng^a Agrícola, D.Sc., Prof./Pesq. UFMG - Instituto de Ciências Agrárias, CEP 39404-006 Montes Claros-MG. Correio eletrônico: flaviogoliveira@ibest.com.br

o recurso humano, o respeito à legislação ambiental, até o nível de tecnologia a ser empregado. São fatores que não podem ser analisados de forma individual, mas associados. Assim será determinado, com maior precisão, o melhor sistema a adotar, proporcionando maior garantia de sucesso.

Este artigo tem por finalidade prestar esclarecimento ao leitor dos diversos métodos e sistemas de irrigação, bem como apresentar algumas de suas características principais.

MÉTODOS E SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

Os métodos de irrigação classificam-se em não pressurizados, que é o método por superfície, e pressurizados.

No método por superfície, a água é conduzida diretamente sobre a superfície do solo, por gravidade. Esse método necessita de sistematização da área e limita-se à diferença de nível de até 6%, de acordo com o sistema a ser adotado, se em sulcos, faixas ou inundação.

Nos métodos pressurizados, que se classificam em aspersão e localizada, a água é conduzida em tubulações sob pressão.

Dentro do método por aspersão, têm-se os sistemas: aspersão convencional, aspersão em malha, canhão hidráulico, autopropelido, pivô central e sistema linear.

Dentro do método de irrigação localizada, têm-se os sistemas de gotejamento e microaspersão.

Os métodos de irrigação adaptam-se a diversas condições e, para cada uma delas, é importante observar critérios que possibilitam a sua escolha.

CRITÉRIOS PARA ESCOLHA DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

Os aspectos que devem ser considerados na escolha do sistema de irrigação são: área, topografia, qualidade da água, tipo de solo, clima, capacidade de investimento, espaçamento da cultura, mão de obra disponível, disponibilidade de assistência técnica, entre outros.

Áreas de formato comprido são impróprias para o sistema de pivô central, pois este irriga em círculos. Os autopropelidos

e os sistemas lineares têm maior eficiência em áreas com comprimento maior que sua largura. Já os demais sistemas adaptam-se bem às variações do formato da área.

Áreas de relevo plano e de solos mais uniformes são adequadas ao método de irrigação por superfície. Em relevos mais acentuados e superfícies do solo mais desuniformes, que necessitariam de grandes investimentos para sua sistematização, o método de irrigação pressurizado seria o mais indicado.

Águas com muitas partículas em suspensão, comumente encontradas nas águas superficiais, têm restrições de uso para os sistemas pressurizados, e águas com alta concentração de sais não devem ser aplicadas sobre as plantas. Quando há restrições na quantidade disponível de água, deve-se dar preferência aos sistemas mais eficientes como gotejamento e microaspersão.

Solos muito permeáveis não são recomendados para o método de superfície, pela alta perda por percolação, não tendo a mesma limitação para o método pressurizado, com uma atenção para o sistema de gotejamento que deverá ter o manejo acompanhado com maior precisão.

Regiões de baixa umidade relativa do ar, altas temperaturas e ventos fortes não são propícias para o sistema por aspersão.

A escolha do sistema de irrigação deve considerar também a cultura. Em cultivos com grandes espaçamentos, deve-se optar por sistemas localizados. Culturas com maior suscetibilidade a encharcamentos não podem ser irrigadas pelo sistema de

faixas e inundação. Em caso de doenças fúngicas na parte aérea, os sistemas por aspersão devem ser evitados.

Considerando a necessidade de otimizar a irrigação, pelo grande volume de água exigido, outro aspecto de grande importância na escolha do método e do sistema a ser utilizado é a sua eficiência. Bernardo, Soares e Mantovani (2006) apresentam, no Quadro 1, a eficiência de aplicação (Ea) ideal e aceitável para diferentes métodos de irrigação. Como pode ser observada, a irrigação por superfície, mesmo em condição ideal, apresenta baixa eficiência comparada a outros métodos (Quadro 1). Esse pode ser um dos fatores para a baixa utilização desse método na maioria das culturas.

O custo, muitas vezes, é determinante na escolha do sistema de irrigação a adotar ou mesmo na definição pelo uso ou não desta tecnologia. Mencionar custos é extremamente difícil, a não ser apenas como indicativo. Portanto, é necessário que se faça uma consulta técnica a um profissional na área de irrigação, a fim de definir a melhor opção técnica e econômica.

Apresenta-se, no Quadro 2, o custo médio estimado de 1 ha de irrigação para a cultura do cafeeiro, dentro de sistemas com potencial de uso para a cultura.

Não existe um método de irrigação que se adapte a todas as situações. A escolha do método a ser utilizado deve ser feita de forma que proporcione maior retorno financeiro ao produtor, adapte-se ao sistema de produção utilizado e cause menores impactos ambientais.

QUADRO 1 - Eficiência de aplicação (Ea) ideal e aceitável para diferentes sistemas de irrigação

Métodos/sistemas de irrigação	Ea ideal (%)	Ea aceitável (%)
Superfície		
Sulco (convencional)	≥ 75	≥ 60
Aspersão		
Convencional	≥ 85	≥ 75
Pivô central	≥ 85	≥ 75
Localizada		
Gotejamento	≥ 95	≥ 80
Microaspersão	≥ 95	≥ 80

FONTE: Bernardo, Soares e Mantovani (2006).

QUADRO 2 - Custo estimado para diferentes sistemas de irrigação na cultura do cafeeiro

Métodos/sistemas de irrigação	Custo/ha (R\$ mil)
Aspersão	
Convencional	2,5 a 4
Convencional semifixo	3,5 a 5
Convencional tipo malha	3 a 5
Pivô central	4 a 6
Localizada	
Gotejamento	5,5 a 8
Gotejamento alternativo	3,5 a 5,5

NOTA: Valores estimados no ano de 2011.

IRRIGAÇÃO NÃO PRESSURIZADA - IRRIGAÇÃO POR SUPERFÍCIE

O método de irrigação por superfície pode ser dividido em irrigação por sulco, faixa e inundação.

Irrigação por sulco

A irrigação por sulco (Fig. 1) é, entre os demais sistemas de irrigação por superfície, o de maior potencial de utilização em alguns cultivos, como o de pinhão-manso, feijão, cebola, cana, banana, citros etc. Consiste na aplicação de água em pequenos canais. A infiltração da água dá-se ao longo do perímetro molhado do sulco e

movimenta-se tanto vertical quanto lateralmente. Podem ser usados um ou dois sulcos, onde a própria fileira de plantio constitui o sulco de irrigação, ou ser abertos dois sulcos equidistantes da fileira de plantio. A distância dependerá da textura do solo. Nos arenosos, os sulcos são mais próximos do que nos argilosos. Também podem ser utilizados sulcos em zigue-zague ou em corrugação.

O sistema de irrigação por sulco apresenta uma série de inconvenientes, tais como:

- baixa uniformidade de distribuição da água infiltrada ao longo do sulco, especialmente quando utilizada em

- solos arenosos, que pode ser agravada pela interrupção desses canais por restos culturais, como folhas;
- menor controle da lâmina aplicada;
- falta de uma estrutura de canais e comportas para distribuição da água nas parcelas;
- maior utilização de mão de obra;
- necessidade de sistematização do terreno e declividades de, no máximo, 2% e maior dificuldade na adubação de cobertura, uma vez que faz parte do próprio processo o escoamento superficial da água que arrasta parte do adubo e acarreta perdas.

Entretanto, a irrigação por sulco apresenta a vantagem de, quando as condições topográficas são propícias, a água ser conduzida por ação da gravidade, sendo desnecessário seu bombeamento. Dessa forma, dispensa-se a utilização de motores elétricos ou de combustão interna (exemplo, motor a diesel), tubulações e emissores, reduzindo-se o custo do investimento inicial.

Irrigação por faixa

Consiste na aplicação de água ao longo de uma faixa de irrigação. Esta é separada por diques ou taipas (Fig. 2). Geralmente existe uma declividade ao longo do comprimento da faixa e, no sentido transversal, recomenda-se que a declividade seja nula. A infiltração da água acontece somente no sentido vertical.

Irrigação por inundação

Consiste na aplicação de água em bacias e tabuleiros (Fig. 3). Essa aplicação pode ser intermitente, onde a água é aplicada e deixada até que se infiltre. Após um determinado turno de rega, volta-se a aplicar a água. No regime permanente, a cultura permanece quase todo o tempo sob inundação, a exemplo da cultura de arroz. Os tabuleiros devem ser construídos em nível, a fim de manter uma mesma altura da lâmina d'água.



Figura 1 - Sistema de irrigação por sulcos

FONTE: Magro (2002?).



Figura 2 - Sistema de irrigação por faixas



Figura 3 - Sistema de irrigação por inundação
FONTE: Deutsch Wikipedia (200-).

IRRIGAÇÃO PRESSURIZADA

Irrigação localizada

No método de irrigação localizada, a água é aplicada diretamente sobre a região radicular, em pequena intensidade e com alta frequência, para manter o teor de água próximo do ideal, que é a capacidade de

campo. Possui uma eficiência da ordem de 90%.

São vantagens da irrigação localizada:

- controle rigoroso da água fornecida para a planta;
- baixo consumo de energia elétrica;
- possibilidade de funcionamento 24 horas por dia;

- alta eficiência de aplicação de água;
- menor desenvolvimento de plantas daninhas entre as linhas de plantio;
- facilidade de distribuição e maior parcelamento de fertilizantes e outros produtos químicos via água de irrigação;
- não interferência nas práticas culturais;
- adaptação a diferentes tipos de solo e topografia;
- pouca mão de obra;
- facilidade de automação;
- possibilidade de uso de águas salinas e servidas;
- método de maior sintonia com a nova Lei de Recursos Hídricos - Lei nº 9.433 de 8/1/1997 (Brasil, 1997).

Quanto às limitações, estas podem ser causadas pelos emissores e acessórios utilizados e pela forma com que a água é aplicada. Portanto, podem apresentar suscetibilidade ao entupimento (principalmente o gotejamento), exigência de filtragem altamente eficiente, acúmulo de sais no solo, restrição ao desenvolvimento das raízes das plantas e alto custo inicial (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

O método de irrigação localizada, por ter maior eficiência e menor consumo de água e energia, a princípio, deve ser o mais recomendado, principalmente em regiões onde o fator água é limitante e em culturas com grande espaçamento.

De forma geral, os sistemas de irrigação localizada são fixos. Seus componentes são:

- motobomba;
- cabeçal de controle (medidores de pressão e vazão, filtros, registros e injetores de produtos químicos);
- sistema de automação;
- válvulas;
- linha principal ou de recalque;
- linha de derivação;
- linha lateral;
- emissores (gotejadores ou microaspersores).

Dentre os sistemas de irrigação localizada destacam-se o de gotejamento e o de microaspersão (Fig. 4).

Irrigação por gotejamento

No gotejamento (Fig. 5), aplicam-se vazões pequenas, de 2 a 10 L/h, gota a gota. Os emissores podem ser encontrados na forma de botão, que é inserido sobre a linha lateral; em linha, quando a linha lateral é seccionada e o emissor é inserido; e intruso, quando o emissor é introduzido dentro da mangueira no seu processo de fabricação.

Têm-se ainda as mangueiras gotejadoras, nas quais são feitos orifícios e labirintos. Nessa categoria, destacam-se os T-Tapes e as mangueiras de exudação.

Uma tecnologia mais recente no Brasil, é o sistema de gotejamento enterrado. Nesse sistema, a lateral com gotejadores é enterrada, evitando que o bulbo molhado fique exposto, reduzindo perdas de água por evaporação. A profundidade de instalação deve ser tal que o sistema radicular da cultura fique na região do bulbo. Em cana-de-açúcar, tem-se instalado o sistema a 25 - 30 cm de profundidade (Fig. 6).

Gotejamento alternativo

Em algumas regiões, para viabilizar a cafeicultura irrigada, têm sido utilizados sistemas de irrigação localizada considerados alternativos, dentre os quais são citados: sistema de tubos flexíveis perfurados, “tubinho-de-geladeira”, “gravatinha” e “MB-2”. Esses sistemas apresentam baixo custo, mas são sujeitos a maior desgaste, menor uniformidade de distribuição de água e menor confiabilidade.

Irrigação por microaspersão

Trata-se de um sistema de irrigação em que a água é aspergida por meio de microaspersores, na área de maior concentração do sistema radicular das plantas. É largamente utilizado em fruticultura, irrigação em casas de vegetação, jardins etc. Adapta-se a diversas culturas e a qualquer tipo de condições topográficas (Fig. 7).

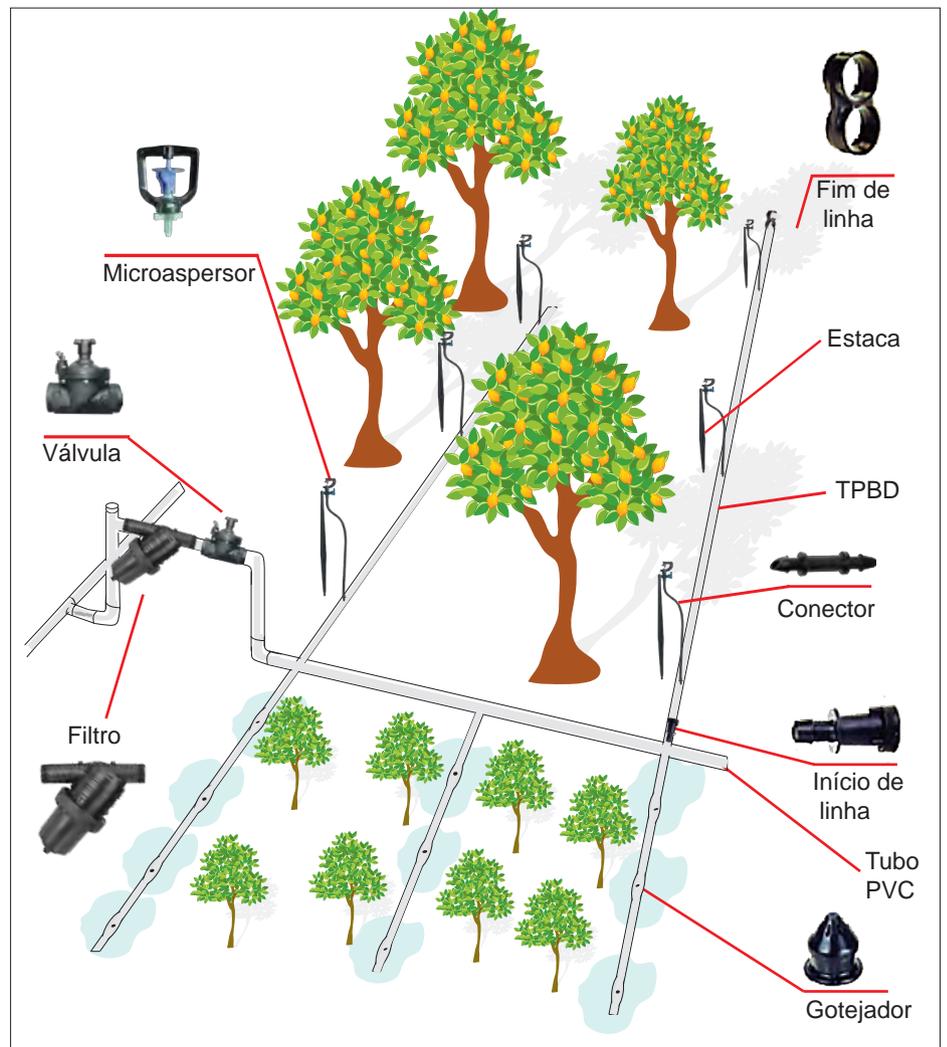


Figura 4 - Esquema de montagem de sistema de irrigação por gotejamento e microaspersão

NOTA: TPBD - Tubo de polietileno de baixa densidade.



Figura 5 - Método de irrigação por gotejamento

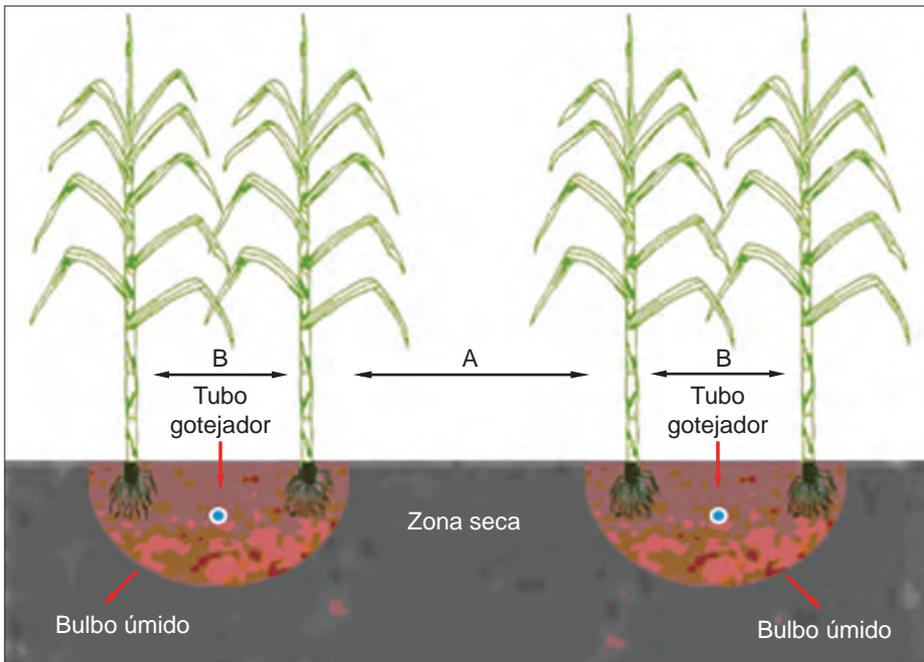


Figura 6 - Sistema de gotejamento enterrado em cana-de-açúcar



Figura 7 - Cultivo de morango irrigado pelo sistema de microaspersão

O sistema de microaspersão é composto por tubulações fixas distribuídas na área de acordo com as características do plantio, onde emissores fixos ou rotativos de baixa vazão distribuem a água diretamente na zona de maior concentração de raízes, resultando em uma melhor eficiência de uso da água.

As vazões dos microaspersores vão da ordem de 20 a 150 L/h. A vazão desejada é conseguida com a troca de bocais, mantendo-se a mesma estrutura ou haste do microaspersor (Fig. 8).

Os sistemas por microaspersão, além de permitir total automação, otimizam o uso de fertilizantes, via água de irrigação (fertirrigação).

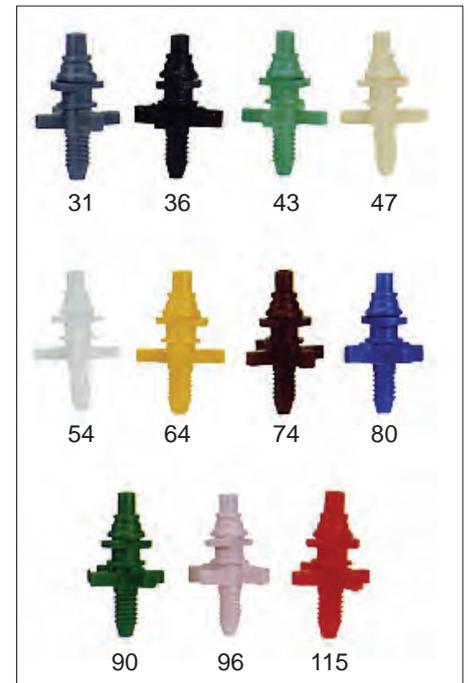


Figura 8 - Exemplo de diferentes bocais utilizados para alterar a vazão do microaspersor

FONTE: AMANCO (200-).

São menos suscetíveis ao entupimento do que o sistema de gotejamento, exigindo menos em termos de filtragem da água. Na maioria dos casos, utilizam-se somente filtros de tela ou disco, dispensando o de areia.

Irrigação por aspersão

Irrigação por aspersão é o método em que a água é aspergida sobre as plantas. Em alguns casos específicos, a água é aspergida sob a copa, como acontece com a cultura da bananeira. Nesse método, a água é aplicada de forma que atinja 100% da área a ser irrigada, à semelhança da chuva. Isso dá-se em razão do fracionamento do jato d'água em gotas, na passagem sob pressão por pequenos orifícios ou bocais, conhecidos como aspersores.

São componentes de um sistema de irrigação por aspersão:

- conjunto motobomba;
- acessórios (registro, curvas, válvulas, manômetro etc.);
- aplicadores de produtos químicos;
- linha principal ou de recalque;

- e) linha de distribuição;
- f) linha lateral;
- g) aspersores.

Como principais vantagens da aspersão, pode-se destacar a possibilidade de ser usada em quase todos os tipos de cultura e solo, em terrenos declivosos, ser possível a automação e a aplicação de fertilizantes via água de irrigação.

Como desvantagens, têm-se a eficiência reduzida pela evaporação da água, quando em regiões de climas secos e quentes a aplicação da água sobre a copa das plantas pode lavar produtos aplicados na folhagem e favorecer uma maior incidência de doenças na parte aérea; a desuniformidade de distribuição de água, quando a irrigação é feita com velocidade do vento acima de 2 m/s. Paz (2010?) apresenta, no Quadro 3, valores de espaçamento de aspersores em função da velocidade do vento e do porcentual de diâmetro molhado pelos emissores.

No mercado, são encontrados aspersores de diversas configurações.

Quanto ao sistema de giro, têm-se aspersores rotativos com giro completo ou setoriais (com regulagem de ângulo de giro) e aspersores estacionários.

Quanto ao ângulo de inclinação do jato d'água com a horizontal, têm-se aspersores de 30°, que são os mais comuns, e aspersores com 6°, os mais utilizados em irrigação subcopia.

Os aspersores podem ser de um bocal apenas e de dois bocais. A configuração dos bocais (diâmetro) e pressão de serviço do aspersor permitirão obter diferentes combinações de vazão (m³/h), alcance (m) e, conseqüentemente, diferentes intensidades de precipitação (mm/h).

De acordo com Bernardo (1996), os aspersores podem ser classificados segundo a pressão de serviço em:

- a) aspersores de muito baixa pressão (4 a 10 mca): são os de pequeno alcance (0,5 a 6 m). Compreendem aspersores especiais como os micro-aspersores e aspersores de jardim;
- b) aspersores de baixa pressão (10 a 20 mca): têm alcance de 6 a 12 m;

- c) aspersores de média pressão (20 a 40 mca): possuem alcance de 12 a 36 m. Constituem os tipos mais utilizados. Podem ser de um ou dois bocais;
- d) aspersores de alta pressão (40 a 100 mca): nesta faixa de pressão encontram-se dois modelos. Os canhões, que trabalham na faixa que vai de 40 a 80 mca, com alcance de 30 a 60 m. Esses são largamente utilizados em capineiras, pastagens, cana-de-açúcar e pomares. Na outra faixa de pressão (50 a 100 mca), encontram-se os canhões de alto porte "gigantes". Estes possuem raio de alcance de 40 a 80 m e são mais utilizados em sistemas auto-propelidos para irrigação de cana-de-açúcar, pastagens e capineiras.

Os sistemas de irrigação por aspersão

mais utilizados são: aspersão convencional, aspersão por canhão hidráulico, autopropelido e pivô central.

Aspersão convencional

Uma grande vantagem desse sistema é a facilidade de condução da irrigação. É um sistema muito comum, principalmente em áreas pequenas. Tem como desvantagem a exigência de mão de obra para mudança das tubulações (Fig. 9).

Uma variação da aspersão convencional é o sistema de canhão hidráulico que permite o uso de espaçamento maior entre as linhas laterais e os aspersores. Consiste na utilização de aspersores maiores. Em relação à aspersão convencional, exige menos mão de obra e pode irrigar áreas maiores.

Outra opção para redução de custos na irrigação por aspersão é o sistema de

QUADRO 3 - Espaçamento entre aspersores em função da velocidade do vento e porcentual de diâmetro molhado

Velocidade do vento (m/s)	Diâmetro molhado (%)
Sem vento	65 a 70
0 a 2	55 a 65
2 a 4	45 a 55
> 4	30 a 45

FONTE: Paz (2010?).



Figura 9 - Sistema de irrigação por aspersão

FONTE: Associação da Comunidade Educativa de Aveiro (200-).

aspersão em malha, com tubos enterrados de menores diâmetros (Fig. 10). Nesse sistema, ao invés de movimentar toda a linha lateral, são trocados apenas os aspersores, o que reduz a mão de obra na mudança de posições. Estima-se que um único homem seja capaz de realizar esse tipo de serviço, por exemplo, em um cafezal irrigado de até 100 ha. Outras vantagens desse tipo de irrigação é a adaptação a diferentes tipos de terreno, baixo custo de implantação, quando comparado a outros sistemas, baixo consumo de energia (0,6 a 1,1 cv por ha irrigado) e facilidade de operação e manutenção (FERNANDES; DRUMOND, 2000).

Pivô central

Como forma de automatizar a irrigação foi desenvolvida a irrigação por pivô central, cuja linha lateral é movimentada por sistema de rodas que giram em torno do ponto central do pivô (Fig. 11). Assim, nesse sistema, por causa do plantio circular, ao terminar uma irrigação, a linha encontra-se na posição para iniciar a próxima. Dentre as vantagens, podem-se destacar custo competitivo e otimização da utilização da mão de obra.

O plantio circular em áreas uniformes e planas permite a utilização de sistemas de distribuição da água sobre a fileira da planta ou subcota que possuem maior eficiência na utilização da água e da quimificação.

Visando aumentar a eficiência do uso da água na irrigação por pivô central, foi desenvolvido o tipo Low Energy Precision Application (LEPA) (Fig. 12), que, por adaptações nos emissores, aplica a água diretamente nas plantas. Emissores desse sistema alteram a forma de aspergir a água, em bulbo, spray e para uso na quimificação.

Autopropelido

O sistema autopropelido trabalha com modelo de carretel enrolador e mangueira rígida (Fig. 13). Apresenta menor custo inicial, entretanto, tem uma limitação quanto ao maior consumo de energia e ao alto custo com a reposição da mangueira rígida, que, por ser de arraste, sofre desgaste.

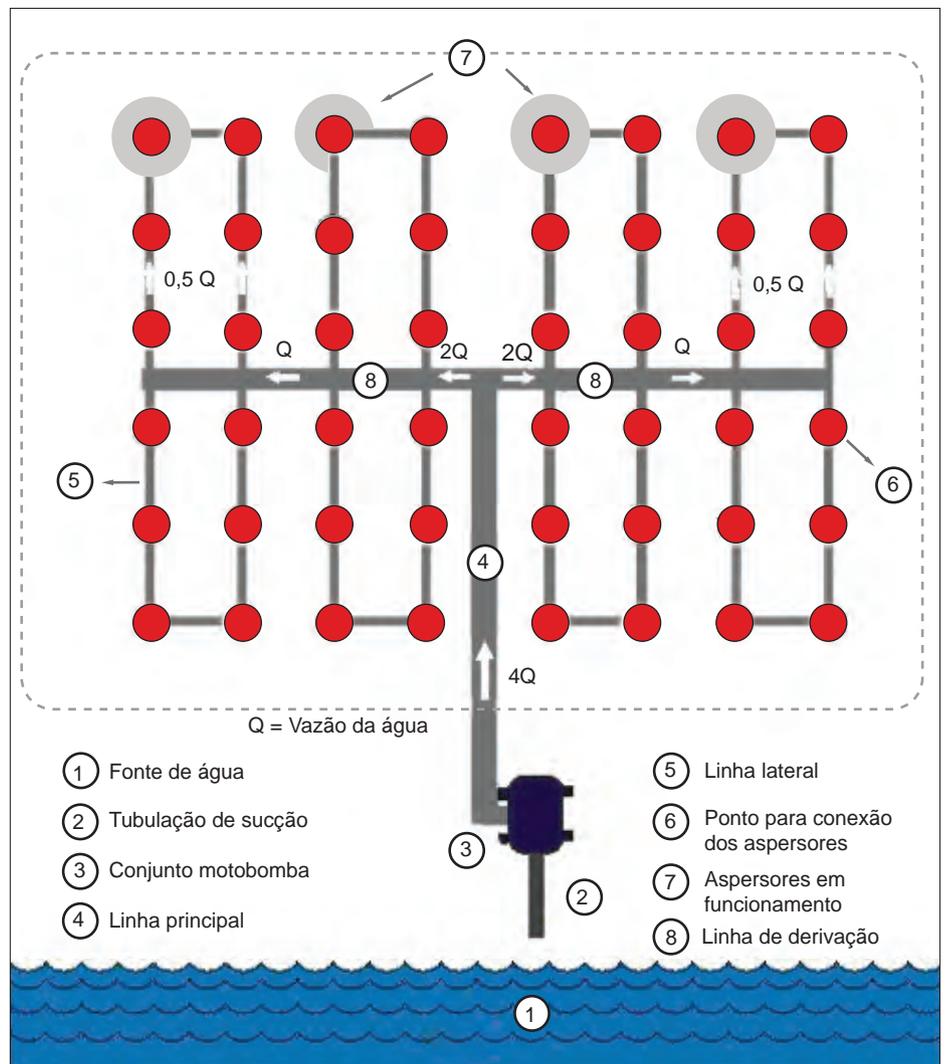


Figura 10 - Esquema de montagem da irrigação em malha

FONTE: Irrigação...(2010).



Figura 11 - Sistema de irrigação por pivô central



Figura 12 - Método de irrigação por pivô central tipo Low Energy Precision Application (LEPA)
 FONTE: Fernandes (2010?).



Figura 13 - Método de irrigação por autopropelido
 FONTE: Terra Molhada (2010?).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante salientar o avanço da tecnologia de irrigação hoje no Brasil. Fábricas mais especializadas e produtos cada vez mais precisos e eficientes são lançados no mercado, assim como sistemas de automação e controle cada vez mais inteligentes. Novos profissionais ligados à engenharia de irrigação, de

elevada competência, são formados nas instituições de ensino. Novas e melhores técnicas de uso da irrigação são investigadas pelas instituições de pesquisa. No entanto, de nada valem essas vantagens e a adoção desses recursos tecnológicos, sem o conhecimento prévio e adequado dos parâmetros necessários ao controle eficiente da irrigação. A engenharia está muito avançada, mas é preciso cons-

cientizar-se do manejo da irrigação, da gestão da atividade como um todo. Para obter êxito na atividade é importante atentar para cada etapa do planejamento da implantação do projeto de agricultura irrigada, tais como:

- a) concepção do projeto;
- b) planejamento agrônômico;
- c) determinação dos parâmetros básicos para dimensionamento e especificação dos materiais;
- d) capacitação da mão de obra operacional e gerencial;
- e) análise criteriosa da melhor relação custo-benefício das possíveis alternativas;
- f) mercado;
- g) implantação de uma metodologia de avaliação dos resultados e eventuais correções de rumos etc.

Somente dessa forma, encarando a agricultura irrigada como uma atividade altamente profissionalizada e competitiva, será possível proporcionar maior garantia de sucesso no cenário econômico e financeiro, que, muitas vezes, é inconstante.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO DA COMUNIDADE EDUCATIVA DE AVEIRO. **Blogs ACEAV**. [S. l. 200-]. Disponível em: <<http://www.aceav.pt/blogs/rogerfernandes/lists/fotografias>>. Acesso em 13 out. 2010.

AMANCO. **Soluções AMANCO**: linha agrícola. São Paulo, [200-]. Disponível em: <http://www.cimfel.com.br/manuais/amanco/catalogo_microaspersao.pdf>. Acesso em: 13 out. 2010.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6. ed. Viçosa, MG: UFV, 1996. 657p.

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

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei

nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 9 jan. 1997.

DEUTSCH WIKIPEDIA. [S.l.]: Academic, [200-]. Disponível em: <<http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/166880>>. Acesso em 13 out. 2010.

FERNANDES, A.L.T. **Plantio circular do cafeeiro com pivô central**: como obter altas produtividade, economizando água e energia. Uberaba: Valmont Indústria e Comércio, [2010?]. Disponível em: <http://www.pivotvalley.com.br/artigos/plantio_circular_do_cafeeiro_com_pivo_central.pdf>. Acesso em: 13 out. 2010.

_____; DRUMOND, L.C.D. Irrigação do café através do sistema de aspersão em malha. **ITEM: Irrigação & Tecnologia Moderna**, Brasília, n.18, p. 55-60, set. 2000.

IRRIGAÇÃO por sistema de malhas apresenta vantagens técnicas e econômicas. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2010. Disponível em: <<http://www.afe.com.br/noticia/1126/irrigacao-por-sistema-de-malhas-apresenta-vantagens-tecnicas-e-economicas>>. Acesso em: 13 out. 2010.

MAGRO, J.A. **Colheita mecanizada da cana**: procedimentos para evitar o pisoteio de máquinas e veículos nas linhas da cana. Ribeirão Preto: Campofértil, [2002?]. Disponível em: <<http://www.colheitamecanizadacana.com.br/artigos3.html>>. Acesso em: 13 out. 2010.

MANTOVANI, E.C.; SOARES, A.A.; RENA, A.B. A Irrigação na cafeicultura de montanha. In: ZAMBOLIM, L. **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa, MG: UFV, 2001. p. 129-155.

PAZ, V.P. do S. **Irrigação por aspersão**. [S.l.]: ebaH, [2010?]. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/irrigacao-por-aspersao-doc-a70371.html>>. Acesso em: set. 2010.

STROTBEK, J.F. A indústria de irrigação no Brasil. **ITEM**, Brasília, n.18, p. 6-11, 1984.

TERRA MOLHADA. Sistema de Irrigação. **Autopropelido para cana-de-açúcar e outras culturas**. Goiânia, [2010?]. Disponível em: <<http://www.euacheifacil.com.br/terra-molhada/guia143998>>. Acesso em: 13 out 2010.

Veja no próximo

INFORME AGROPECUÁRIO

Tecnologias para sustentabilidade da agropecuária no Cerrado mineiro

Importância do uso de sementes

Alumínio em plantas cultivadas no Cerrado: adaptação e toxidez

Tecnologias para cultivo de soja, café, milho, trigo e arroz no Cerrado

Opções para formação de palha no sistema Plantio Direto

Avaliação e escolha de milho para silagem

Estratégias para recuperação e renovação de pastagens

Leia e Assine o **INFORME AGROPECUÁRIO**
(31) 3489-5002 - publicacao@epamig.br
www.informeagropecuario.com.br

Manejo da irrigação

Paulo Emílio Pereira de Albuquerque¹

Resumo - A consciência sobre o manejo da irrigação ainda não está satisfatoriamente introduzida na mente dos agricultores brasileiros. Afora o manejo da irrigação em si, ainda se observam muito desperdício e má uniformidade de distribuição da água e mau funcionamento hidráulico dos vários sistemas de irrigação implantados. Apesar de todos os benefícios e do alto investimento realizado pelos agricultores para implantar a irrigação, a maioria deles não dá a devida importância ao manejo da irrigação, por inúmeras causas, dentre estas são citadas: carência de dados edafoclimáticos, falta de consultoria especializada, desconhecimento da metodologia de manejo, custos do bombeamento, inexistência do pagamento pela água etc. Tudo isso leva a uma baixa eficiência global da irrigação, com o comprometimento da sustentabilidade ambiental e socioeconômica da agricultura irrigada.

Palavras-chave: Requerimento de água. Sustentabilidade agrícola. Sustentabilidade ambiental. Programação da irrigação. Eficiência de irrigação.

INTRODUÇÃO

Na agricultura moderna, desde aquela de grande escala, que utiliza altas tecnologias, até a de pequena escala, como a agricultura familiar, a irrigação pode ser uma tecnologia imprescindível para incrementar a produtividade das culturas. Deve ser, contudo, praticada com todos os cuidados requeridos, para causar o menor impacto possível ao ambiente e ser sustentável por um longo período.

O primeiro passo para elaboração do projeto e dimensionamento de qualquer sistema de irrigação é determinar as necessidades hídricas das culturas que serão implantadas. Geralmente, esses cálculos são realizados para as condições críticas que poderão ocorrer com a cultura em função do solo, do clima, da fase dessa cultura e da época do ano. Por isso, deve-se definir com clareza a diferença entre as necessidades máximas de irrigações que se utilizam para o cálculo do diâmetro das tubulações, do dimensionamento do conjunto moto-

bomba etc., e as necessidades normais de irrigação que controlam o funcionamento do sistema. Portanto, o que importa para o projetista são as necessidades máximas, que permitem calcular a hidráulica das instalações. As necessidades normais, aquelas de interesse do irrigante durante a condução do dia a dia de sua cultura, são obtidas pelo manejo de irrigação, que é o ajustamento da duração e/ou a frequência de irrigação em função da lâmina d'água requerida para determinada fase ou período do ciclo da cultura (VERMEIREN; JOBLIN, 1997).

A racionalidade do uso da água de irrigação passa pela eficiência de distribuição da lâmina aplicada e pela programação bem planejada. A programação ou o manejo da irrigação é aplicar a água na quantidade e no momento requeridos pela cultura (ALBUQUERQUE, 2003).

Este artigo tem como objetivo apresentar o correto manejo da irrigação, ou seja, o acompanhamento diário da cultura no campo em termos da quantidade ou

lâmina d'água requerida e o momento ou dia mais certo de aplicá-la. Com isso, serão obtidos tanto a recomendação de lâminas brutas de água quanto o tempo para sua aplicação. Se a programação for com base em algumas ferramentas computacionais, como planilhas eletrônicas, que dão suporte ao irrigante para a tomada de decisão, poderá haver a flexibilização da operação, dentro da capacidade desse irrigante, tendo em vista que a decisão de irrigar pode ser tomada em qualquer dia, observando a reserva de água do solo para que a cultura não sofra excesso nem déficit hídrico.

CONCEITOS NECESSÁRIOS PARA PROGRAMAR A IRRIGAÇÃO

Evapotranspiração da cultura

A água necessária a uma cultura é equivalente a sua evapotranspiração, que é a combinação de dois processos: evaporação da água do solo e transpiração das plan-

¹Eng^a Agrícola, D.Sc., *Pesq. Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas-MG. Correio eletrônico: emilio@cnpmis.embrapa.br*

tas. A necessidade hídrica de uma cultura baseia-se na sua evapotranspiração potencial máxima (ETm) e é expressa, normalmente, em milímetros por dia (mm/dia).

Em situação prática, tem-se a evapotranspiração de cultura (ETc) relacionada com a evapotranspiração de uma cultura de referência (ETo), que é a grama-batatais, ou uma cultura hipotética, com uma altura uniforme de 12 cm, resistência do dossel da cultura de 70 s/m e albedo de 0,23, em pleno crescimento e sem deficiência de água, de modo que simplifique o processo de estimar a ETc, que pode ser obtida pela expressão:

Equação 1:

$$ETc = Kc \cdot ETo$$

em que:

ETc = evapotranspiração da cultura do milho (mm/dia);

Kc = coeficiente da cultura do milho (adimensional);

ETo = evapotranspiração da cultura de referência (mm/dia).

Com base nos dados meteorológicos disponíveis, seleciona-se um método para o cálculo da ETo. Na literatura especializada, encontra-se a descrição de alguns métodos para estimar a ETo. Mais recentemente tem sido recomendada pela FAO a equação de Penman-Monteith. Também muito utilizado é o tanque de evaporação Classe A (Fig. 1).

Coeficiente de cultura

Os valores do coeficiente de cultura (Kc) são influenciados pelo tipo de cultura, pelas características da variedade ou cultivar, época de semeadura, estágio de desenvolvimento da cultura e condições gerais de clima. Uma cultura de ciclo curto ou anual pode ter o seu estágio de desenvolvimento dividido em quatro fases, para efeito do estudo da evolução dos valores de Kc ao longo do tempo (Gráfico 1).

De acordo com o Gráfico 1, o valor de Kc na fase 1 (Kc₁) é constante e influenciado, significativamente, pela frequência



Figura 1 - Tanque de evaporação Classe A, utilizado para estimar a evapotranspiração de referência (ETo)

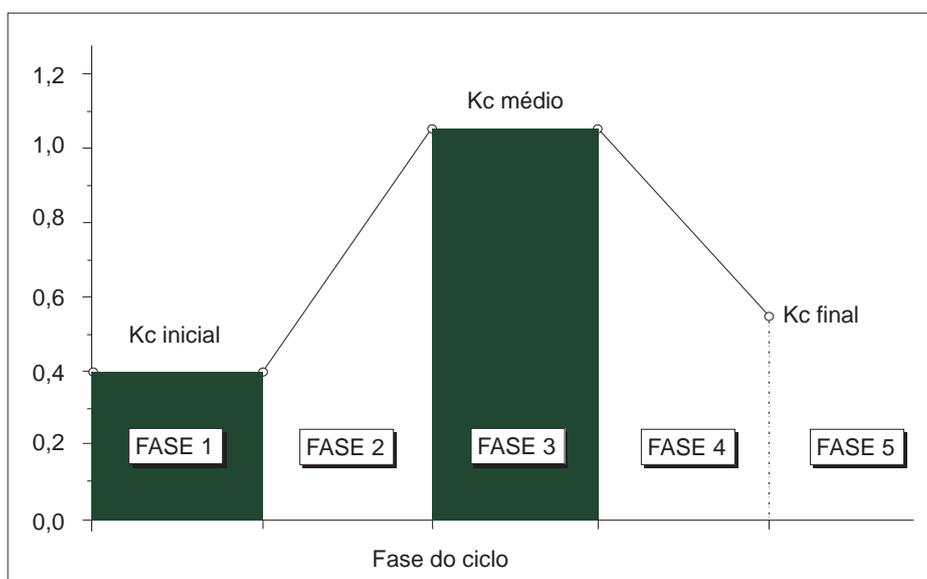


Gráfico 1 - Evolução do coeficiente de cultura (Kc) em função das fases de crescimento de culturas de ciclo curto ou anuais

de irrigação nessa fase. Também o valor de Kc₃ é constante, sendo mais influenciado pela demanda evaporativa predominante. Os valores assumidos para as fases 2 e 4 variam linearmente entre os valores das fases 1 e 3 e fases 3 e 5, respectivamente, como está apresentado no Gráfico 1.

No Quadro 1, estão os valores de Kc para as fases do ciclo de diversas culturas.

Deve-se atentar para o fato de que culturas de ciclo perene, como as fruteiras e a cultura do café, não seguem exatamente o padrão da evolução temporária do Kc, como mostrado no Gráfico 1. Para essas culturas, há necessidade de pesquisar na literatura especializada qual é o padrão de Kc para o ciclo da cultura específica, normalmente apresentado num ciclo de um ano.

QUADRO 1 - Coeficientes de cultivo único (Kc) e alturas máximas médias de plantas (h), para cultivos sob condição padrão – culturas bem manejadas, não estressadas, em clima subúmido (URmin = 45% e u₂ = 2 m/s)

Cultura	Kc inicial	Kc médio	Kc final	h (m)
Leguminosas	0,40	1,15	0,55	
Amendoim		1,15	0,60	0,4
Ervilha		⁽¹⁾ 1,15	⁽²⁾ 1,10 - 0,30	0,5
Feijão	0,40	⁽²⁾ 1,05 - 1,15	⁽²⁾ 0,90 - 0,35	0,4
Feijão 'Caupi'		1,05	⁽²⁾ 0,60 - 0,35	0,4
Grão-de-bico		1,00	0,35	0,4
Lentilha		1,10	0,30	0,5
Soja		1,15	0,50	0,5 - 1,0
Fibras	0,35			
Algodão		1,15 - 1,20	0,70 - 0,50	1,2 - 1,5
Oleaginosas	0,35	1,15	0,35	
Canola		⁽³⁾ 1,00 - 1,15	0,35	0,6
Girassol		⁽³⁾ 1,00 - 1,15	0,35	2,0
Mamona		1,15	0,55	2,0
Cereais	0,30	1,15	0,40	
Arroz	1,05	1,20	0,90 - 0,60	1,0
Aveia		1,15	0,25	1,0
Cevada		1,15	0,25	1,0
Milheto		1,00	0,30	1,5
Milho		1,20	⁽⁴⁾ 0,60 - 0,35	2,0
Sorgo		1,00 - 1,10	0,55	1,0 - 2,0
Trigo		1,15	⁽⁵⁾ 0,25 - 0,40	1,0
Cana-de-açúcar	0,40	1,25	0,75	3,0

FONTE: Allen et al. (1998).

NOTA: URmin - Umidade relativa mínima diária; u₂ - Velocidade do vento a 2 m da superfície.

- (1) Algumas vezes utilizam-se estacas com 1,5 a 2,0 m de altura, assim o valor de Kc médio pode atingir 1,20. (2) O primeiro valor é para colheita fresca e o segundo para colheita de grãos secos. (3) Os valores mais baixos referem-se a condições chuvosas com menor densidade populacional. (4) O primeiro valor para Kc final é para colheita com alta umidade nos grãos. O segundo valor para Kc final é para cultura colhida após o grão estar seco (cerca de 18% de umidade à base de peso úmido). (5) O valor mais alto é para colheita manual.

Água disponível no solo

Além de outras importantes funções que o solo desempenha no sistema agrícola, é também o “reservatório” de água para as plantas. A capacidade de água disponível no solo (CAD), que pode ser absorvida pela planta é definida como a água contida no solo que está entre o teor de água do solo na capacidade de campo (CC), ou limite superior da água disponível, ou teor de água do solo no ponto de murcha permanente (PMP), ou limite

inferior da água disponível. Verificou-se que, na maioria dos solos e das situações, o solo encontra-se na CC, quando o potencial matricial da água (ψ_m) contida nele oscilar na faixa entre -10 (solos arenosos e Latossolos em geral) e -30 kPa (solos argilosos). Também foi verificado que o valor desse potencial para o PMP é de -1.500 kPa. Em laboratório, tanto a CC quanto o PMP podem ser determinados com o mesmo equipamento utilizado para detectar a curva de retenção.

CRITÉRIOS DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO

Critério com base no uso das características físico-hídricas do solo e na estimativa da evapotranspiração da cultura

O turno de rega ou de irrigação (TI) é normalmente variável de acordo com a variabilidade temporal da ETc. Entretanto, um critério de manejo de irrigação com o TI variável, apesar de ser o ideal, muitas vezes torna-se de difícil operacionalidade em condição prática.

Na adoção de um TI fixo, parte-se do pressuposto que a ETc diária possui um valor constante, que pode ser obtido pela média diária prevista para todo o período de desenvolvimento da cultura ou pelo valor crítico estabelecido no dimensionamento do sistema de irrigação, mas são valores que não retratam o dia a dia da ETc no campo. O que se recomenda pelo menos é que se adote o TI fixo para cada uma das quatro fases relatadas no item referente à seleção do Kc, de modo que se considere a ETc média diária reinante em cada uma dessas fases. Esse critério normalmente é empregado quando se trabalha com dados históricos (de no mínimo 15 anos) da ETo para o local do cultivo.

Dessa forma, o TI e a lâmina líquida (LL), determinados para cada uma das quatro fases do ciclo do milho, são dados pelas expressões:

Equação 2:

$$TI_i = \frac{Arm_i}{ETc_i}$$

Equação 3:

$$LL_i = TI_i \cdot ETc_i$$

em que:

i = índice correspondente à fase (Gráfico 1) do ciclo da cultura (i = 1, 2, 3, 4 ou 5);

TI_i = turno de irrigação na fase i (dia);

Arm_i = lâmina d'água armazenada no solo na fase i que será usada como suprimento para a cultura (mm);

ETc_i = evapotranspiração da cultura média diária na fase i (mm/dia);

LL_i = lâmina líquida de irrigação na fase i (mm).

A lâmina d'água, que fica armazenada no solo (Arm) e pode-se tornar disponível à planta, é representada pela expressão:

Equação 4:

$$Arm = \frac{(CC-PMP)}{10} \cdot f \cdot d \cdot Z$$

em que:

Arm = lâmina d'água armazenada no solo que será usada como suprimento para a cultura (mm);

CC = teor de água do solo na capacidade de campo (% peso);

PMP = teor de água do solo no ponto de murcha permanente (% peso);

d = densidade do solo (g/cm^3);

10 = constante necessária para conversão de unidades;

f = coeficiente de depleção da água no solo (adimensional, $0 < f < 1$);

Z = profundidade efetiva do sistema radicular (cm - $Z_0 \leq Z \leq Z_{m\acute{a}x}$, sendo Z_0 a profundidade de sementeira);

$Z_{m\acute{a}x}$ = profundidade máxima efetiva do sistema radicular, conforme a Fig. 2).

O coeficiente de depleção ou fator de disponibilidade (f) estabelece o ponto da água no solo onde não haverá perda de rendimento da cultura proveniente da demanda evaporativa. Assim, maior demanda evaporativa normalmente exigirá menores valores de f e vice-versa. Os valores de f podem ser encontrados no Quadro 2, de acordo com a cultura e a ETm .

A profundidade máxima efetiva do sistema radicular ($Z_{m\acute{a}x}$) pode ser observa-

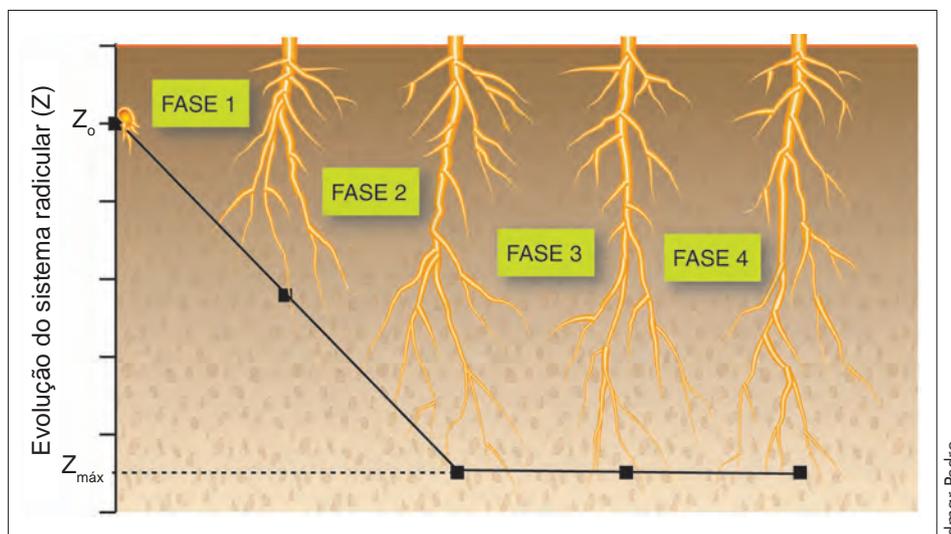


Figura 2 - Estimativa do desenvolvimento do sistema radicular de culturas de ciclo curto em função das fases da cultura

NOTA: Z_0 - Profundidade de sementeira (cm); $Z_{m\acute{a}x}$ - Profundidade máxima efetiva do sistema radicular (cm).

QUADRO 2 - Fator de disponibilidade (f) para grupos de cultura em função da evapotranspiração máxima (ETm)

Grupo de cultura	ETm (mm/dia)								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,50	0,425	0,35	0,30	0,25	0,225	0,20	0,20	0,175
2	0,675	0,575	0,475	0,40	0,35	0,325	0,275	0,25	0,225
3	0,80	0,70	0,60	0,50	0,45	0,425	0,375	0,35	0,30
4	0,875	0,80	0,70	0,60	0,55	0,50	0,45	0,425	0,40

FONTE: Doorenbos e Kassan (1979).

NOTA: 1 - Cebola, pimentão e batata; 2 - Banana, repolho, uva, ervilha e tomate; 3 - Alfafa, feijão, citros, amendoim, abacaxi, girassol, melancia e trigo; 4 - Algodão, milho, azeitona, açafrão, sorgo, soja, beterraba, cana-de-açúcar e fumo.

da no Quadro 3, entretanto, dependendo das circunstâncias, impedimentos no solo de ordem física e/ou química podem alterar esses valores. Assim, é preferível que se realize um teste em campo para encontrar o valor mais compatível com a realidade local. Na fase inicial, o sistema radicular começa a desenvolver-se a partir da profundidade de sementeira até atingir o seu pleno desenvolvimento, que deve ocorrer no término da fase 2. Pode ser considerado que o seu desenvolvi-

mento seja linear a partir da profundidade de sementeira até atingir a fase 3, como está representado na Figura 2.

Geralmente, no cálculo do TI (Equação 2), é muito comum a não obtenção de número inteiro, ou seja, o TI com fração de dias. O que se faz comumente é o arredondamento para o próximo valor inteiro inferior, de modo que o coeficiente f fique ajustado para um valor menor ao originalmente adotado. Isto se faz por medida de segurança, para

não submeter a cultura a algum tipo de estresse hídrico. Entretanto, quando o seu valor na casa decimal for superior a 8 décimos ($> 0,8$), não será problema o seu arredondamento para o próximo número inteiro superior, desde que se analise o que ocorre com o coeficiente f . Desse modo, haverá a necessidade de corrigir a LL obtida pela Equação 3, em função do TI corrigido, com a consequente mudança do valor de f .

QUADRO 3 - Profundidade máxima efetiva ($Z_{m\acute{a}x}$) do sistema radicular de algumas culturas

Cultura	$Z_{m\acute{a}x}$ (cm)
Abacaxi	20
Algodão	30
Amendoim	50 - 60
Arroz	20 - 30
Banana	40
Batata	20 - 30
Café	50
Cana-de-açúcar	50 - 70
Cebola	20
Culturas perenes	50 - 70
Feijão	20 - 30
Melancia, melão	30
Milho	40 - 50
Pastagem	30
Soja	40 - 50
Tomate, fumo	20 - 50
Trigo	30 - 40
Videira	50

FONTE: Arruda et al. (1987) e Brasil (1986) (apud MOREIRA, 1993).

Critério com base em sensores para monitoramento do potencial ou teor de água do solo

Os equipamentos que possuem sensores que monitoram o potencial matricial (tensiômetros e blocos de resistência elétrica) e o teor de água no solo (TDR² e sonda de nêutrons) podem ser empregados também para fazer o manejo de irrigação.

O tensiômetro funciona adequadamente na faixa de potencial 0 a -80 kPa, e não representa grande problema, porque a maior parte da água facilmente disponível dos solos usados em agricultura está retida dentro dessa faixa de potencial. Quando há necessidade de extrapolar essa faixa (potenciais < -80 kPa), podem-se empregar os blocos de resistência elétrica, havendo necessidade da calibração destes para cada tipo de solo. Em ambos os casos, haverá a necessidade também da obtenção da curva de retenção do solo, ou pelo menos dos teores de água do solo na CC, e no PMP e do potencial de referência para fazer a irrigação (ψ_{ir}).

Para a maioria das culturas, o potencial de referência para efetuar a irrigação (ψ_{ir}) varia de acordo com o clima local e a época de plantio. Porém, de modo geral, para a garantia de plantas sem estresse hídrico, pode-se considerar o ψ_{ir} em torno de -70 kPa. Mas cada caso deve ser estudado em suas condições peculiares. Estudos de Resende, França e Couto (2000) indicam, para a cultura do milho, o potencial de -70 kPa em condições de verão nos Cerrados e em qualquer época no Semiárido e de -300 kPa no inverno nos Cerrados.

As medições do potencial ou do teor de água do solo devem ser feitas em pelo menos três a quatro pontos representativos da área e, no mínimo, a duas profundidades (Fig. 3): uma na zona de

máxima atividade radicular (ponto A - que corresponde aproximadamente a região mediana da profundidade efetiva do sistema radicular, para a cultura em seu máximo desenvolvimento) e outra nas proximidades da parte inferior da zona radicular (ponto B). No caso do milho, o que pode ser considerado, quando só se dispuser de equipamento para monitorar o potencial ou o teor de água do solo, é que se realizem irrigações frequentes (um ou dois dias) até os 15 dias após a semeadura (DAS) e de 15 a 30 DAS instalem-se os sensores a 10 cm (ponto A) e 20 cm de profundidade (ponto B). Após os 30 DAS, os sensores nos pontos são aprofundados para 20 cm (ponto A) e 40 cm (ponto B) (Fig. 3). As medições no ponto A são as que devem ser utilizadas para o critério do momento da irrigação, e as no ponto B servem como complementares, para que se tenha um controle sobre o movimento da água no solo durante a extração de água pela cultura e mesmo durante os processos de irrigação (infiltração) e redistribuição da água no perfil.

Ao controlar a irrigação por meio desses sensores instalados no solo, o momento de irrigar fica completamente independente do estabelecimento prévio de turnos de irrigação. Contudo, deve-se acompanhar o desenvolvimento do sistema radicular, para determinar a zona ativa das raízes (Z_i) e considerar a leitura do potencial ou do teor de água do solo feita no ponto médio dessa profundidade como a indicadora de quando irrigar.

Ao usar este método como manejo de irrigação, a lâmina líquida de irrigação por fase da cultura (LL_i) é dada pela expressão:

Equação 5:

$$LL_i = \frac{(CC - U_{ir})}{10} \cdot d \cdot Z_i$$

²TDR - Time Domain Reflectometer.

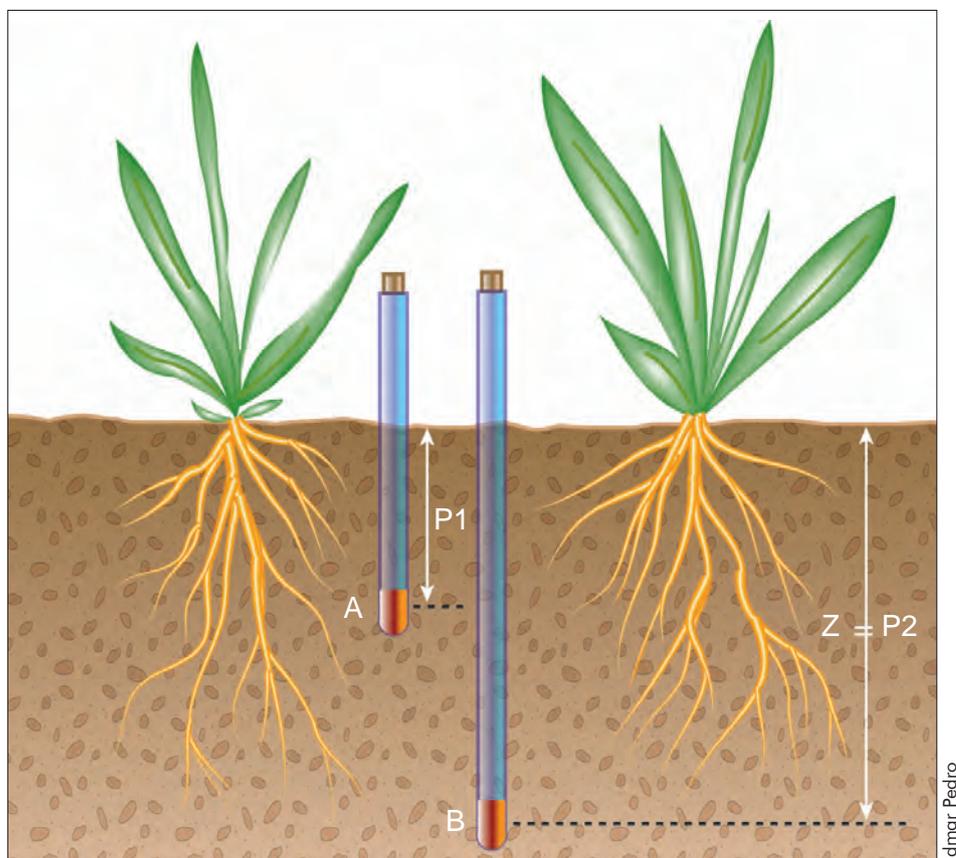


Figura 3 - Posição dos instrumentos de medição do potencial ou do conteúdo de água no solo junto às plantas e profundidades de instalação

NOTA: Z - Profundidade efetiva do sistema radicular; P1 - Profundidade inicial de instalação do tensiômetro; P2 - Profundidade final de instalação do tensiômetro.

em que:

LL_i = lâmina líquida de irrigação na fase i (mm);

CC = teor de água do solo na capacidade de campo (% peso);

U_{ir} = teor de água do solo no ponto A correspondente ao potencial referente ao momento de efetuar a irrigação ($\psi_{ir} = -70$ kPa) (% peso);

d = densidade do solo (g/cm^3);

Z_i = profundidade efetiva do sistema radicular na fase i (cm);

10 = constante necessária para conversão de unidades.

Observa-se que o coeficiente f não aparece explícito na Equação 5, porque esse fator está implícito ao se estabelecer um limite mínimo de teor de água do solo para reinício da irrigação (U_{ir}). No

entanto, quando se utilizam instrumentos que medem apenas o potencial matricial (como o tensiômetro), é necessário converter o valor de ψ_{ir} em U_{ir} por meio da curva de retenção de água do solo.

Critério conjunto com sensores de solo e com algum método de medir ou estimar a evapotranspiração de referência

Esse critério tem a vantagem de poder programar a irrigação sem conhecimento prévio das características físico-hídricas do solo, como, por exemplo, a sua curva de retenção de água e do clima. O sensor de potencial ou de teor de água do solo indicará o momento de irrigar, conhecendo-se antecipadamente o limite mínimo do potencial ψ_{ir} ou do conteúdo de água (U_{ir}) no solo, a partir

do qual realizar-se-á a irrigação. Por exemplo, como já visto para o milho, o valor de ψ_{ir} pode ser de -70 kPa lido num tensiômetro.

A lâmina líquida de irrigação na fase i é determinada pelo somatório da ETC acumulada desde a última irrigação realizada, conforme a expressão:

Equação 6:

$$LL_i = Kc_i \cdot \sum_{j=i}^n ETo_j$$

em que:

LL_i = lâmina líquida de irrigação na fase i (mm);

i = índice correspondente à fase do ciclo do milho ($i = 1, 2, 3$ ou 4);

j = índice correspondente ao dia da coleta dos dados da ETO;

n = número máximo de dias de coleta dos dados da ETO até que o potencial (ψ_{ir}) ou teor de água no solo (U_{ir}) seja atingido;

Kc_i = coeficiente de cultura na fase i ;
 ETo_j = evapotranspiração de referência no dia j (mm/dia).

Esse critério de manejo adapta-se bem quando se utiliza o tensiômetro para estabelecer o momento da irrigação e o tanque Classe A para a estimativa da ETO diária, havendo, neste caso, a necessidade de multiplicar a evaporação da água do tanque Classe A (ECA) por um coeficiente de tanque (K_t), conforme o Quadro 4.

O cálculo da ETO é feito conforme a expressão:

Equação 7:

$$ETo = K_t \cdot ECA$$

em que:

ETo = evapotranspiração de referência (mm/dia);

K_t = coeficiente do tanque Classe A;

ECA = evaporação da água do tanque Classe A (mm/dia).

QUADRO 4 - Coeficiente de tanque (K_t) para diferentes condições de cobertura de solo, de níveis de umidade relativa média do ar e de velocidade de vento de 24 h¹

UR média (%)		Caso A - tanque exposto em local coberto com vegetação verde			Caso B - tanque exposto em local de solo nu		
		Baixa <40	Média 40 - 70	Alta >70	Baixa <40	Média 40 - 70	Alta >70
Vento (km/dia)	Bordadura (R) m						
Leve <175 (<2 m/s)	1	0,55	0,65	0,75	0,70	0,80	0,85
	10	0,65	0,75	0,85	0,60	0,70	0,80
	100	0,70	0,80	0,85	0,55	0,65	0,75
	1000	0,75	0,85	0,85	0,50	0,60	0,70
Moderado 175-425 (2-5m/s)	1	0,50	0,60	0,65	0,65	0,75	0,80
	10	0,60	0,70	0,75	0,55	0,65	0,70
	100	0,65	0,75	0,80	0,50	0,60	0,65
	1000	0,70	0,80	0,80	0,45	0,55	0,60
Forte 425-700 (5-8m/s)	1	0,45	0,50	0,60	0,60	0,65	0,70
	10	0,55	0,60	0,65	0,50	0,55	0,65
	100	0,60	0,65	0,70	0,45	0,50	0,60
	1000	0,65	0,70	0,75	0,40	0,45	0,55
Muito forte >700 (>8 m/s)	1	0,40	0,45	0,50	0,50	0,60	0,65
	10	0,45	0,55	0,60	0,45	0,50	0,55
	100	0,50	0,60	0,65	0,40	0,45	0,50
	1000	0,55	0,60	0,65	0,35	0,40	0,45

FONTE: Doorenbos e Pruitt (1977).

NOTA: UR - Umidade relativa.

(1) Para obter ETo: $ETo = K_t \times ECA$ (ECA é a evaporação da água no tanque Classe A).

IRRIGAÇÃO DO DIA DO PLANTIO E DOS DIAS PRÓXIMOS SUBSEQUENTES

É recomendável que a irrigação do dia do plantio ou da semeadura seja feita para umedecer uma profundidade de solo preestabelecida até a CC. Essa camada de solo a considerar deverá ser de, no mínimo, a profundidade máxima efetiva do sistema radicular anteriormente discutida.

Assim, a equação para calcular a LL de plantio é semelhante à Equação 5 e é escrita pela expressão:

Equação 8:

$$LL_{\text{plantio}} = \frac{(CC - U_{\text{in}})}{10} \cdot d \cdot Z$$

em que:

LL_{plantio} = lâmina de irrigação a ser aplicada no dia do plantio (mm);

CC = teor de água do solo na capacidade de campo (% peso);

U_{in} = teor de água inicial do solo, ou seja, no dia do plantio (% peso);

d = densidade do solo (g/cm^3);

Z = profundidade do solo que se deseja irrigar até a CC (cm). Recomenda-se que Z seja profundidade efetiva igual à máxima do sistema radicular ($Z_{\text{máx}}$);

10 = constante necessária para conversão de unidades.

O U_{in} pode ser determinado pelo método gravimétrico por meio de amostra retirada do local até a Z. Dependendo da condição climática, como, por exemplo, após um período de seca prolongado, o seu valor poderá até ser menor do que o PMP.

Logo após o plantio, a semente ou a muda necessitará de umidade no solo para iniciar o processo de germinação ou de desenvolvimento. A reserva de água no solo necessária à germinação limita-se à profundidade de semeadura (Z_0) e um pouco além dela. Portanto, é de fundamental importância manter o solo sempre úmido no período de pré-emergência ou pegamento da muda. A grande perda de água pelo solo nesse período ocorre da evaporação pela sua superfície.

LÂMINA BRUTA DE IRRIGAÇÃO

A lâmina bruta de irrigação (LB) baseia-se na LL, eficiências do sistema e na necessidade de lâminas extras de lixiviação, para o caso de controle de salinização em áreas propícias.

Desse modo, a LB é dada pela expressão:

Equação 9:

$$LB = \frac{LL}{Ef} + Lr$$

em que:

LB = lâmina bruta de irrigação (mm);

LL = lâmina líquida de irrigação (mm);

Lr = lâmina complementar necessária para lavagem do solo, em situação propícia à salinização do solo (mm);

Ef = eficiência de irrigação (em decimal).

A Ef representa a porcentagem da água total aplicada à cultura que foi benéficamente utilizada para o uso consuntivo. Ef é basicamente uma função da uniformidade de aplicação de água, mas também depende de perdas menores (escoamento superficial, vazamentos, fluxos na rede e drenagem), perdas inevitáveis (percolação profunda, por causa do padrão de molhamento no solo, e chuva fora de época) e perdas evitáveis (resultantes de programação inadequada).

Em regiões úmidas, que possuem um período de chuvas regulares, que promovem a lavagem do solo, é desnecessário o uso da Lr. Entretanto, em regiões de chuvas escassas, como em locais áridos e semiáridos, há necessidade de considerar esse termo no cálculo da LB.

Os valores da Ef são obtidos em função da uniformidade de aplicação que o sistema de irrigação empregado pode fornecer. Por isso, é importante realizar testes de uniformidade de aplicação de água nos diversos sistemas de irrigação existentes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a programação da irrigação das culturas, na Embrapa Milho e Sorgo exis-

tem alguns recursos computacionais disponíveis, como uma planilha eletrônica, que pode ser acessada pela internet³ ou fazer pedidos do programa IrrigaFácil⁴.

Mesmo que ainda haja dificuldades técnicas para implantar o manejo de irrigação das culturas, o agricultor deve-se conscientizar sobre a importância desta prática, e procurar assistência técnica especializada ou fazer consultas a instituições públicas ou privadas que lhe possam dar o apoio necessário.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, P.E.P. de. **Planilha eletrônica para a programação de irrigação em pivôs centrais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 9p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 25).

_____. **Planilha eletrônica para programação da irrigação em sistemas de aspersão convencional, pivô central e sulcos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 18p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 97).

ALLEN, R.G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos**. Roma: FAO, 1979. 212p. (FAO. Estudio. Riego y Drenaje, 33).

_____; PRUITT, W.O. **Crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 144p. (FAO. Irrigation and Drainage. Paper, 24).

MOREIRA, H.J.C. **S.A.A.C.I. - Sistema agroclimatológico para o acompanhamento das culturas irrigadas**: manual prático para o manejo da irrigação. Brasília: Ministério da Integração Regional - Secretaria Nacional de Irrigação, 1993. 86p.

RESENDE, M.; FRANÇA, G.E.de.; COUTO, L. **Cultivo do milho irrigado**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 39p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 6).

VERMEIREN, L.; JOBLING, G.A. **Irrigação localizada**. Campina Grande: UFPB, 1997. 184p. (FAO. Estudos. Irrigação e Drenagem, 36).

³Acessar: www.cnpms.embrapa.br; entrando em Publicações, Publicações On-line, Circular Técnica, Ano 2007, 0097 (ALBUQUERQUE, 2007).

⁴Por meio do correio eletrônico: irrigafacil@cnpms.embrapa.br

**A TECNOLOGIA
EM SEMENTES
À SUA DISPOSIÇÃO**

SEMENTES BÁSICAS,
CERTIFICADAS, S1 E S2

QUALIDADE GARANTIDA

Arroz: Irrigado / Sequeiro
Feijão: Carioca / Preto / Vermelho
Pinhão-Manso
Soja
Milho
Café: variedades adaptadas,
resistentes a doenças e pragas

INFORMAÇÕES E AQUISIÇÕES:
EPAMIG - Assessoria de Negócios Tecnológicos
Av. José Cândido da Silveira, 1.647 - União
CEP 31170-495 - Belo Horizonte - MG
Tel: (31) 3489-5060

EPAMIG
Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento

GOVERNO DE MINAS

Se necessitar de equipamentos de irrigação
e máquinas agrícolas



SISTEMIG
IRRIGAÇÃO
E MÁQUINAS

Montes Claros-MG
www.sistemig.com.br

(38) 3215-1582

É a opção certa!

A SISTEMIG Irrigação e Máquinas é uma empresa sólida em sua área de atuação, sempre buscando soluções criativas e inovadoras, oferecendo preços acessíveis para o produtor rural.

Atuamos com:

- ✓ Irrigação localizada – gotejamento, microaspersão, etc.;
- ✓ Irrigação por aspersão – convencional ou automatizada;
- ✓ Pivô central autorizada Lindsay América do Sul Ltda.
- ✓ Concessionária autorizada Yanmar Agritech – tratores, microtratores, implementos, assistência técnica e peças;
- ✓ Implementos agrícolas de todas as marcas;
- ✓ Tubos, conexões, bombas e peças em geral.

Senhor produtor:

- ✓ Invista com segurança;
- ✓ Tenha certeza de bons resultados;
- ✓ Durma tranquilo.



LINDSAY



Inovação para Irrigação

AMANCO

YANMAR
AGRITECH



Projetos de irrigação

*Luís César Dias Drumond¹
André Luís Teixeira Fernandes²*

Resumo - Dentro de todo sistema de irrigação, o projeto assume grande importância no sucesso desta atividade. Um projeto técnico e economicamente correto deve ser pensado para cada situação em particular. Não existe um projeto pronto para qualquer situação. O projetista deve atentar para diversas particularidades como o método e o sistema adequado de irrigação, conhecer as características das plantas, o tipo de solo a ser irrigado, o clima da região, a necessidade hídrica da cultura, o manejo a ser adotado e, ainda, o nível de tecnificação da propriedade. É importante que se faça também a análise de viabilidade econômica do projeto. Portanto, torna-se necessário esclarecer alguns passos, processos e dicas para a elaboração do projeto de um sistema de irrigação.

Palavras-chave: Irrigação localizada. Irrigação por aspersão. Irrigação de paisagismo.

INTRODUÇÃO

A água é um dos principais fatores do desenvolvimento das culturas. A irregularidade do regime pluviométrico de algumas regiões pode tornar-se uma restrição ao desenvolvimento agropecuário. Os recursos hídricos são renováveis, porém finitos. Assim, sua preservação é de extrema importância.

Nas diversas atividades humanas, agrícolas, industriais ou recreativas, em que de alguma forma a água é consumida, técnicas para a utilização mais racional desse recurso hídrico devem ser priorizadas, tanto para minimizar o seu consumo, quanto para preservar sua finalidade. A água utilizada para irrigação é, em geral, obtida de fontes superficiais ou subterrâneas. No Brasil, a quase totalidade provém de fontes superficiais, como lagos, represas, rios e riachos, os quais estão sujeitos à poluição e à proliferação de organismos aquáticos. O consumo de água é crescente, para os diversos fins, e sua disponibilidade com qualidade está-se tornando cada vez menor.

O desenvolvimento dos recursos hídricos não pode ser considerado em separado da conservação ambiental, já que em sua essência envolve a sustentabilidade do homem no meio natural. Em termos agrícolas, o aspecto da qualidade da água tem sido desprezado em grande parte dos projetos que envolvem agricultura irrigada, pelo fato de, no passado, serem abundantes as águas de boa qualidade e fácil utilização. Porém, essa situação está-se alterando, por causa do uso intensivo do manancial hídrico, o que exige, para novos projetos, a utilização de água residuária.

Assim, é de suma importância um bom projeto, que é o coração do sistema de irrigação. Sem um bom projeto é impossível ter um sistema de irrigação funcionando adequadamente. Deve-se pensar na vazão, na pressão de serviço, na capacidade da motobomba, na fertirrigação, na utilização de água residuária etc.

Em um projeto de irrigação buscam-se aumento de produção, com economia de mão de obra e de água, racionalização de energia elétrica, redução de perdas de

nutrientes, e evita-se a deterioração do solo. Além disso, todo projeto deverá ser sustentável e respeitar o meio ambiente. Por isso é preciso conhecer a relação entre os fatores de produção.

Para cada situação deve-se atentar para a escolha do tipo adequado de irrigação, conhecer as características da planta, do tipo de solo que vai irrigar, do clima da região, da necessidade hídrica de cada cultura e do manejo a ser adotado. Pensar nesses fatores é a certeza de sucesso da atividade irrigada.

ELABORAÇÃO DO PROJETO DE IRRIGAÇÃO

Para a elaboração de um projeto de irrigação e instalação do equipamento, para qualquer sistema, deve-se levar em consideração os parâmetros a seguir.

Levantamento planialtimétrico

Deve-se fazer um levantamento planialtimétrico do local onde será implantado o projeto, com escala compatível

¹Eng^o Agr^o, D.Sc., Prof. Adj. UFV, Campus de Rio Paranaíba, CEP 38810-000 Rio Paranaíba-MG. Correio eletrônico: irriga@ufv.br

²Eng^o Agr^o, D.Sc., Prof./Pesq. Uniube/Fazu, CEP 38055-500 Uberaba-MG. Correio eletrônico: andre.fernandes@uniube.br

com o tamanho da área e curvas de nível equidistantemente espaçadas. O ideal é ter a planta em arquivo do Autocad (extensão dwg), que deve conter informações do posicionamento da água, sua cota do nível mais baixo, estradas, rede de energia elétrica, cercas, afloramentos rochosos e outros detalhes que possam interferir na seleção e no layout do sistema. É conveniente realizar uma visita à área, para verificar possíveis detalhes que possam não conter na planta ou que tenham surgido após sua elaboração. Devem-se, também, retirar amostras do solo para análises físicas, químicas e enumerar, na planta, os pontos de coleta.

Retenção de água no solo

A curva de retenção de água no solo, além de representar a capacidade que o solo tem de armazenar água, tem sido estendida para a previsão e quantificação de diversos parâmetros de grande interesse na solução dos problemas geotécnicos, como a condutividade hidráulica. Devem ser coletadas e enviadas para laboratório amostras indeformadas, de várias profundidades, para a elaboração da curva característica de cada solo da propriedade. Para cada tipo de solo, deve ser feita uma curva de retenção específica.

Dados climáticos

O conhecimento dos dados climatológicos do local onde será instalado o projeto é de extrema importância. É possível instalar uma estação meteorológica automatizada para efetuar coleta de dados de temperatura, umidade relativa, velocidade do vento, radiação, evapotranspiração etc. Esses dados são importantes para o desenvolvimento do projeto e para o manejo da irrigação. Algumas estações são adquiridas por associações ou cooperativas de produtores, o que torna bem mais acessível sua aquisição.

Escolha do emissor

Um bom emissor deve distribuir a água sobre a superfície do solo ou das culturas

com maior uniformidade possível. Para isso, é bom que o projetista tenha conhecimento do perfil de distribuição de água do emissor a ser usado.

Quantidade e qualidade da água

Apesar do elevado consumo, a irrigação representa uma maneira eficiente e produtiva de obter alimentos em quantidade suficiente para atender ao crescimento do consumo. Para as áreas irrigadas, é necessário um planejamento, que vise seu uso de maneira racional, evitando desperdícios e degradação de sua qualidade.

De acordo com a Carta Magna da Nação, a água é um bem da União. A principal consequência disso é que, quando há necessidade de sua utilização como insumo de produção, torna-se necessária a outorga, que é o consentimento do órgão gestor do recurso hídrico (BRASIL, 1997). O objetivo da outorga é organizar a retirada da água de uma determinada fonte, de maneira que os usuários tenham garantidas suas necessidades com quantidade e qualidade, em qualquer época. A outorga deverá ser solicitada, pelo pretendente, ao órgão competente. No caso da necessidade de financiamento, a maioria dos agentes financeiros só libera o empréstimo mediante outorga aprovada.

Layout do projeto

Na elaboração do projeto, é importante conhecer os dados agrônômicos das espécies que serão cultivadas, do manancial onde será realizada a captação (vazão mínima, cotas máximas e mínimas, qualidade da água etc.), da rede elétrica (se for acionamento a diesel, deve-se fazer uma projeção do armazenamento do combustível e a forma de transportá-lo para o equipamento) e do solo.

Todo o planejamento será realizado com base nesses dados, escolhendo a forma mais racional de utilizar o equipamento, principalmente, no que se refere à economia de água e de energia elétrica.

PROJETOS DOS SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

Irrigação localizada

Neste método de irrigação a água é aplicada no solo, diretamente sobre a região radicular, em pequenas quantidades, mas com alta frequência, mantendo o solo sempre com teor relativamente elevado de umidade. Os sistemas mais utilizados são os de microaspersão e gotejamento.

A irrigação localizada tem sido muito utilizada por apresentar vantagens, tais como: baixo consumo de água e energia elétrica, boa uniformidade de aplicação, possibilidade de aplicação de adubo via água de irrigação (fertirrigação). Na maioria dos projetos de irrigação localizada é possível trabalhar com baixas pressões, o que permite, além da economia de energia, o uso de tubulação de menor diâmetro e espessura de parede, resultando em maior leveza, facilidade de transporte, instalação e manutenção, com consequente redução dos custos totais de implantação e de operação do projeto. A seguir será exemplificado o dimensionamento de irrigação por gotejamento.

A característica da irrigação localizada é a aplicação de água de forma pontual, formando um bulbo molhado em torno da planta ou uma faixa molhada ao longo da fileira da cultura (Fig. 1). Não se aplica água no restante da área, o que acarreta uma concentração de raízes no bulbo ou na faixa efetivamente molhada, reduzindo o volume de solo explorado pelas plantas (Fig. 2). Nesse sistema de irrigação, a água é aplicada em alta frequência e em baixa quantidade, visando suprir as demandas de evapotranspiração e manter o bulbo ou faixa molhada próximo à capacidade de campo.

O movimento da água no solo determina a forma e o tamanho do bulbo molhado, que tem grande importância, na medida em que é nessa região que se desenvolve o sistema radicular.

A água no solo move-se em todas as direções. Em uns casos, com maior ou menor facilidade que em outros, dependendo

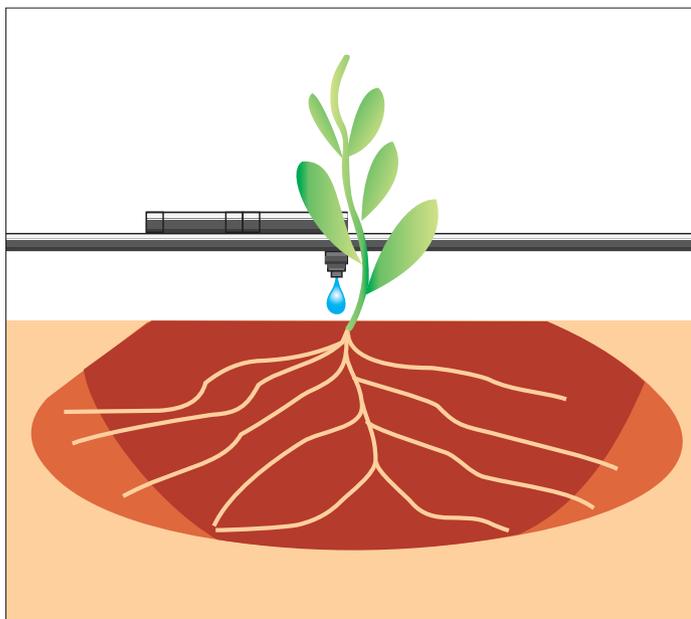


Figura 1 - Bulbo molhado de um gotejador



Figura 2 - Concentração de raízes na faixa molhada

da porosidade do solo. Nos macroporos, a água circula, movimenta-se por gravidade e, nos microporos, a circulação é feita por capilaridade, em todas as direções.

A forma e o tamanho do bulbo dependem dos seguintes fatores:

a) **textura do solo:** em solos arenosos, com grande quantidade de macroporos, a água circula com maior facilidade na vertical. Em solos argilosos, o bulbo estende-se com mais facilidade para os lados. Em consequência, em solos arenosos, o bulbo tem a forma alongada e, em solos argilosos, apresenta a forma achatada (Fig. 3);

b) **vazão do emissor:** quando a água sai de um emissor, forma-se um pequeno empoçamento. O tamanho desse empoçamento depende da vazão do emissor, ou seja, a maior vazão corresponde a uma superfície maior de encharcamento e, portanto, a um bulbo mais extenso no sentido horizontal (Fig. 4). Em relação ao tempo de irrigação, à medida que aumenta o tempo de irrigação (supondo a vazão constante do emissor), o tamanho do bulbo aumenta em profundidade.

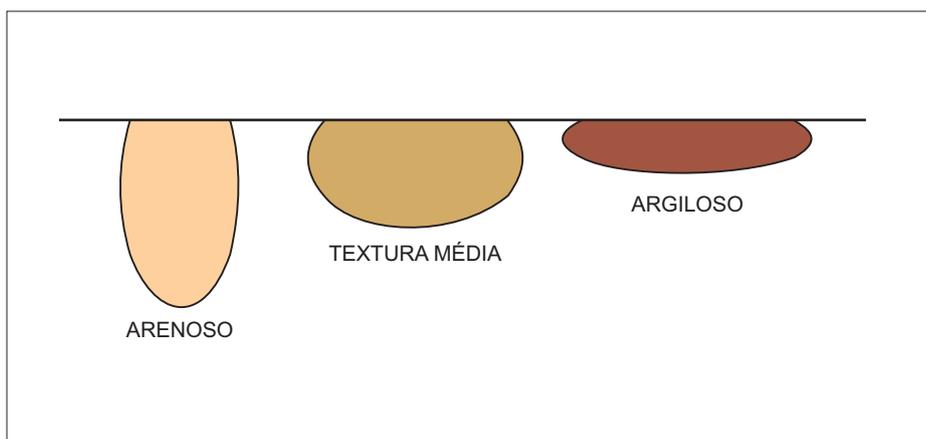


Figura 3 - Forma do bulbo molhado em relação à textura do solo

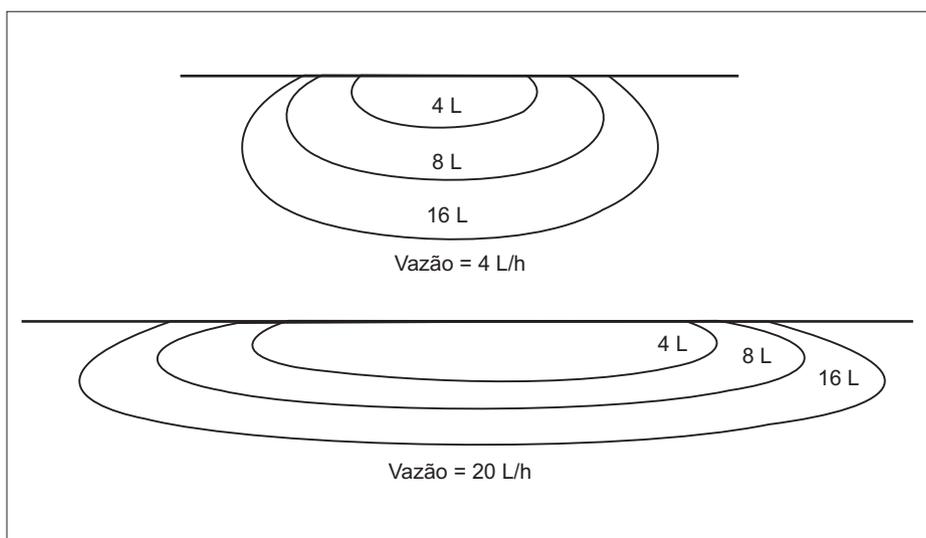


Figura 4 - Simulação do bulbo molhado de acordo com a vazão aplicada

Componentes do sistema

Em geral, um sistema típico de irrigação localizada é fixo e constituído das seguintes partes (Fig. 5 e 6):

a) sistema de captação e bombeamento: o conjunto motobomba é de fundamental importância no sistema de irrigação localizada. As bombas, normalmente usadas neste sistema de irrigação, são as do tipo centrífuga de eixo horizontal. A água é pressurizada por meio do sistema de bombeamento e, antes que chegue a ser aplicada, necessita passar por um sistema de filtragem. Equipamentos de bombeamento podem ser elétricos ou a diesel. Na maioria das situações que se encontram na prática, sistemas de gotejamento não trabalham sob gravidade ou com caixas d'água elevadas. Embora as pressões de trabalho não sejam altas, para que os sistemas operem corretamente, é necessário que as motobombas sejam capazes de pressurizar o sistema com valores muito acima daqueles possíveis por caixas d'água ou quedas naturais;

b) cabeçal de controle: juntamente com os emissores, constituem as principais partes de um sistema de irrigação localizada. Fica, normalmente, situado após o conjunto motobomba, ou seja, no início da linha principal (LP). Em algumas situações, dependendo da topografia e do projeto, o cabeçal deverá ser adequadamente instalado. É constituído, em geral, das seguintes partes:

- medidores de vazão,
- filtros (hidrociclones, areia, tela, disco ou anéis),
- injetores de produtos químicos e orgânicos,
- válvulas de controle de pressão e medidores de fluxo,
- registros e manômetros;

c) linha principal: conduz a água da motobomba até as linhas de derivação (LD). Geralmente, utilizam-se na LP tubos de PVC rígido ou aço galvanizado. Pode ser instalada na superfície do solo ou enterrada, facilitando, nesse caso, as operações com máquinas agrícolas na área. O cabeçal de controle é, em geral, instalado no início da LP ou no ponto mais elevado da área;

d) linha de derivação: conduz a água da LP até às linhas laterais (LL). Normalmente, utilizam-se tubos de PVC. É comum a instalação de válvulas de controle de pressão e ventosas no início dessas linhas;

e) linha lateral: são as linhas nas quais estão instalados os emissores que aplicam água junto às plantas. Devem ser dispostas em nível e são constituídas de polietileno flexível, com diâmetro que varia, geralmente, de 16 a 32 mm. São instaladas ao longo das fileiras da cultura a ser irrigada, com distâncias preestabelecidas;

f) emissores (gotejadores ou microaspersores): os emissores são, talvez, os componentes mais importantes da rede de distribuição de um projeto

de irrigação localizada e, por terem uma estrutura hidráulica que pode ser muito complicada, são também os mais delicados do sistema. Toda dificuldade do seu projeto construtivo reside no seguinte problema: os emissores devem proporcionar uma vazão baixa, mesmo porque os diâmetros das tubulações, tanto das laterais como das linhas de distribuição, são reduzidos. Em função das grandes distâncias que os tubos conduzem a água em sistemas de irrigação localizada, conclui-se que um ligeiro incremento no diâmetro encareça sobremaneira a instalação. Por outro lado, a pressão de serviço dos emissores não deve ser muito baixa, para minimizar o efeito da redução da uniformidade de aplicação de água em condições de declive do terreno. Ambas as condições, vazão baixa e pressão relativamente alta, conduzem, do ponto de vista exclusivamente hidráulico, a emissores com orifícios muito pequenos, que, por outro lado devem ser os maiores possíveis para evitar problemas de entupimentos. Essa contradição resulta na fabricação de grande variedade de emissores.

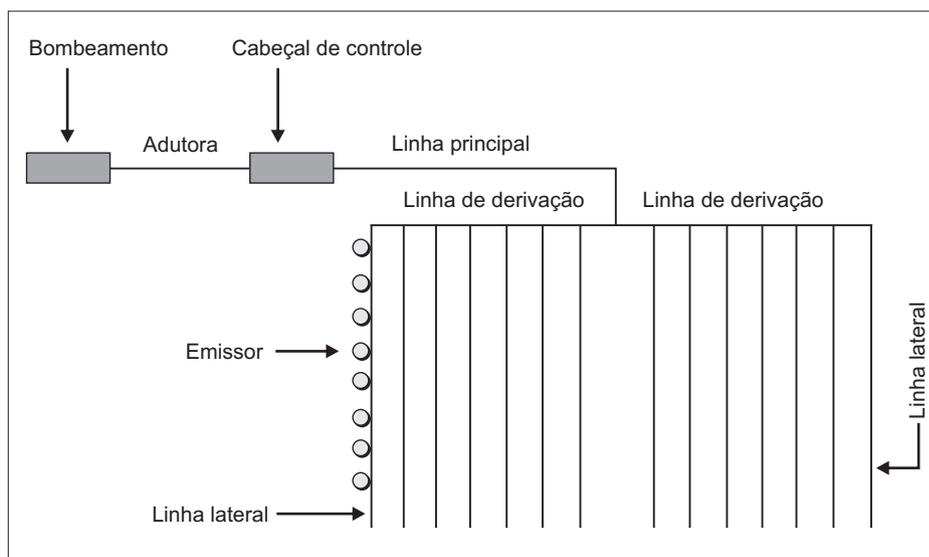


Figura 5 - Layout geral de um projeto de irrigação localizada

FONTE: Bernardo (1995).



Motobomba e válvula reguladora de vazão



Controlador elétrico e solenóides



Filtros de areia



Filtros de discos ou anéis



Válvula de controle de fluxo e manômetro



Sistema de aeração e decantação



Injetor de produtos químicos



Válvulas de derivação

Figura 6 - Componentes do cabeçal de controle e bombeamento

Para cálculo de um projeto de irrigação por gotejamento por exemplo, o primeiro passo é fazer um levantamento planialtimétrico detalhado da área a ser irrigada. De posse desses dados o projeto poderá ser calculado.

Exemplo de dimensionamento

Para dimensionamento de um projeto de irrigação por gotejamento o primeiro passo é escolher o tipo de tubo gotejador (ou gotejador), que irá trabalhar.

É necessário conhecer os fabricantes e seus representantes. No processo de escolha, os principais fatores a ser considerados são: qualidade do material, preço, projeto, consumo de energia, proposta de manejo e pós-venda. Escolhido o fabricante, o produtor deverá ser orientado com relação ao modelo mais adequado a ser usado para sua situação. No caso de um cafeicultor, este deve fazer cotação com mais de um fabricante e depois submeter os projetos à análise de um especialista, que funcionará como consultor do projeto.

Os catálogos dos fabricantes trazem informações das características hidráulicas de cada modelo.

Será adotado o seguinte exemplo:

- modelo: NaanDan Jain PC, conforme apresentado na Figura 7;
- características: segundo o fabricante, o tubo gotejador NaanDan Jain PC atende uma grande diversidade de culturas, com excelente desempenho. Tabelas de características técnicas, vazão x pressão e comprimento máximo recomendado para a linha lateral encontram-se a seguir e devem ser usadas no processo de dimensionamento. A pressão máxima recomendada para funcionamento desses gotejadores é de 35 mca. Este equipamento tem as seguintes características: diâmetro de 16 mm, espessura de 0,9 a 1,2 mm, vazões de 1,6, 2,1 e 3,8 L/h e é fabricado com resina virgem de polietileno de baixa densidade;
- performance do tubo gotejador.

O Quadro 1 traz as características técnicas do equipamento e mostra a forma como é composto o nome comercial do produto.

Escolhido o modelo que melhor satisfaça a condição de cultivo da área, deve-se decidir qual será o espaçamento entre gotejadores (Quadro 2). Isso depende, basicamente, do espaçamento entre plantas, tipo de solo e lâmina a ser aplicada, considerando a época de maior demanda de água para a cultura. Nesse caso, efetua-se um estudo climatológico, com base em dados fornecidos por estações climatológicas instaladas na região. Tratando-se de irrigação de café, o processo mais utilizado é a irrigação em faixa, isto é, formar uma faixa molhada ao longo da fileira.



Figura 7 - Detalhe do tubo gotejador NaanDan Jain PC

Exemplo de projeto

Dimensionar um projeto de gotejamento para atender às condições descritas a seguir. Para o exemplo em questão serão adotados os dados do Quadro 2, onde tais valores encontram-se destacados.

Em relação à cultura do café, será considerado o espaçamento de plantio de 3,8 x 0,75 m e a dotação de rega de 10,5 L/planta/dia.

Dependendo do estudo de demanda de água de determinada região, a pressão de serviço do gotejador varia de 10 a 35 mca ou de 1,0 a 3,5 kgf/cm², conforme tabela do fabricante, a vazão do gotejador é de 2,1 L/h, conforme Quadro 1, e o tempo de funcionamento do projeto de 20 h. Essa escolha, juntamente com o espaçamento entre gotejadores, irá influenciar o comprimento máximo da LL. Este, por sua vez, determinará a divisão da área em parcelas, conforme será visto na alínea c (dimensionamento da linha de derivação).

Teoricamente poder-se-iam adotar 21 h de funcionamento por dia, para obter o benefício da Tarifa Verde. Portanto, serão adotadas 20 h, para não correr risco de entrar no horário de pico. Por isso, foi dada uma folga de 1 h. Assim, o funcionário responsável pelo projeto poderá ligar e des-

QUADRO 1 - Performance do tubo gotejador NaanDan Jain PC

Produto	Vazões nominais (L/h)			Diâmetro interno (mm)	Espessura de parede (mm)	Bobina (m)
	1,6	2,1	3,8			
NaanDan Jain PC 16	1,6	2,1	3,8	13,9	0,9	500
NaanDan Jain PC 18	1,6	2,2	3,8	16,0	1,0	400
NaanDan Jain PC 20	1,6	2,2	3,8	18,0	1,2	300

FONTE: NaanDan Jain Irrigation (2010?b).

QUADRO 2 - Comprimento máximo recomendado das linhas laterais (LL) para o NaanDan Jain PC

Vazão(L/h)	Espaçamento dos gotejadores (m)									
	0,30	0,40	0,50	0,60	0,75	0,80	0,90	0,100	0,110	0,125
1,6	130	170	205	240	290	305	335	365	395	430
2,1	110	140	170	200	240	255	280	305	330	360
3,8	70	95	115	135	160	170	190	205	220	240

FONTE: NaanDan Jain Irrigation (2010?b).

ligar o sistema de irrigação meia hora antes e depois do horário de pico, considerando que o turno de rega é de 1 dia.

Em relação ao manejo a ser adotado, a decisão do turno de rega depende do consultor ou do projetista. Porém, em irrigação localizada, é interessante que a água seja aplicada com alta frequência e baixa intensidade.

Quanto ao terreno de instalação, este está demonstrado na Figura 8. A área representada na Figura 8 tem 20 ha. Para dimensionamento do projeto, é imprescindível a planta planialtimétrica da área, com curvas de nível interpoladas de 1 em 1 m. Considera-se que o café está plantado em nível e, na pior situação, existe 0,5 m entre o início e o final da fileira nas plantas.

O solo da área é de textura média. É, portanto, imprescindível o conhecimento da curva de retenção de água no solo. Logo que for escolhida a área a ser irrigada, recomenda-se que o produtor trace a curva de retenção de água. Para isso, basta retirar as amostras de solo, nas profundidades desejadas. É comum trabalhar com as faixas de 0 a 20; 20 a 40 e 40 a 60 cm de profundidade, mas isso pode ser definido pelo técnico responsável pelo projeto ou consultor. O número de amostra varia com a homogeneidade do solo da área. Devem ser retiradas amostras não deformadas.

Considerando-se 400 m a distância da casa de bomba e dos filtros até a entrada da parcela (adutora), e a irrigação em faixa, com uma LL por fileira da cultura.

Admite-se uma perda de carga nas conexões da LL (ha_{LL}) de 1 m; nos cavaletes das LD (ha_{LD}) de 2 m; na válvula de regulagem da LD de 2 m e nos filtros do cabeçal de controle ($ha_{filtros}$) da LP de 6 m. Considere que as perdas localizadas da LP (ha_{LP}) sejam de 1,5 m.

É importante esclarecer que esta perda de carga ocorre por causa de atritos. Tais valores podem variar com o sistema de conexão e filtragem. Os valores adotados já citados ocorrem normalmente em filtros de tela ou de disco. Quando se têm filtros de areia e hidrociclones, essa perda ficará em torno de 10 mca.

A perda de carga é definida como um termo genérico designativo do consumo de energia despendido por um fluido, para vencer as resistências (atrito) ao escoamento.

Em relação ao coeficiente de rugosidade, admite-se $C_{Polietileno} = 144$ e $C_{PVC} = 140$. O coeficiente C depende da natureza do material e é uma variável da equação de Hazen-Williams, utilizada para cálculo da perda de carga. É adimensional. Seus valores mais usuais são apresentados no Quadro 3.

Os valores de diâmetros comerciais são dados em mm, para tubos de PVC (LD e LP): 25; 40; 50; 75; 100; 125; 150; 175; 200; 225; 250; 300; 350 e 400. Esses diâmetros são fornecidos pelos fabricantes de tubulações de PVC.

A seguir, serão apresentados os cálculos gerais para o dimensionamento do projeto:

a) cálculos iniciais:

- escolha do gotejador: deve ser considerado o tubogotejador de 16 mm (diâmetro interno de 13,9 mm) NaanDan Jain PC autocompensado; vazão de 2,1 L/h, com pressão de serviço de 10 a 35 mca; espaçamento entre gotejadores de 0,75 m; comprimento máximo da LL recomendado pelo fabricante de 240 m, conforme Quadro 2.
- área total, conforme a planta: 20 ha,
- número de gotejadores por planta: 1 (espaçamento entre gotejadores é igual ao espaçamento entre plantas),

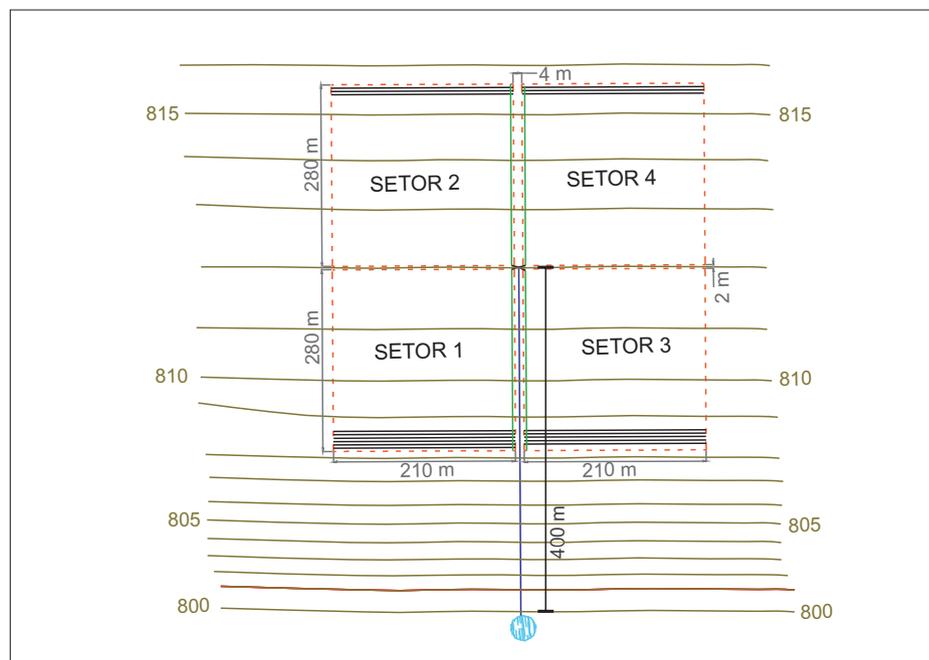


Figura 8 - Planta planialtimétrica da área

QUADRO 3 - Valores do coeficiente de rugosidade (C) em função do material

Material	Valor de C
Aço zincado	120
Ferro fundido	100
PVC	140
Polietileno	144

FONTE: Drumond e Fernandes (2001).

- vazão por planta (Qp): 2,1 x 1 = 2,1 L/h (um gotejador por planta),
- tempo de irrigação (Ti): 10,5/2,1 = 5 h, considerando-se 5 h por setor (é a razão entre a quantidade de água que a planta necessita por dia e a vazão total recebida pela planta),

- adota-se o comprimento de 240 m para a LL, conforme Quadro 2. Dessa forma, divide-se a área em quatro setores de 5,0 ha, já que se tem 20 h/dia para funcionar o sistema. A LP ficará no meio, abastecendo as quatro válvulas que irão derivar o fluxo para cada um dos setores;

b) dimensionamento da linha lateral:

- comprimento da LL = 210 m,
- número de gotejadores por LL = 210/0,75 = 280 gotejadores (é a razão entre o comprimento e o espaçamento entre gotejadores),
- $F_{280} = 0,3526$ (representa um fator de ajuste da perda de carga de uma tubulação de uma única saída (para qual a equação de Hazen-Williams está ajustada) e uma tubulação de múltiplas saídas (tubo gotejador). Pode ser calculado pela expressão:

Equação 1:

$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2.n} + \frac{\sqrt{m-1}}{6.n^2}$$

em que:

- F = fator de ajuste para múltipla saída ou fator de Christiansen (adimensional)
- m = expoente da equação de perda de carga utilizada (neste caso m = 1,85)
- n = número de saídas
- vazão da LL = 280 x 2,1 = 588 L/h = 0,1633 L/s. É o produto do número de gotejadores na LL pela vazão de cada gotejador,

- A Equação 2 é a de Hazen-Williams escrita para calcular a perda de carga unitária (J), que representa a perda de carga a cada metro da tubulação. Daí sua unidade ser m/m, que significa metro de perda de carga por metro de tubulação.

Equação 2:

$$J = 1,21 \cdot 10^{10} \cdot (Q_{LL}/C)^{1,85} \cdot D^{-4,87}$$

em que:

- J = perda de carga unitária (m/m)
- Q = vazão (L/s)
- C = coeficiente de Hazen-Williams (Quadro 3) (adimensional)
- D = diâmetro da linha lateral (mm)

Sendo assim:

$$J = 1,21 \cdot 10^{10} \cdot (0,1633/144)^{1,85} \cdot 13,9^{-4,87} = 0,1168 \text{ m/m}$$

- A Equação 3 calcula a perda de carga na LL, isto é, em toda sua extensão.

Equação 3:

$$\Delta H = J \cdot L_{LL} \cdot F \cdot (C/100)^{1,85}$$

em que:

- ΔH = perda de carga na linha lateral (m)
- L_{LL} = comprimento da linha lateral (m)
- F = fator de correção para múltiplas saídas (adimensional)

Portanto, verifica-se que:

$$\Delta H = 0,1168 \cdot 210 \cdot 0,3526 \cdot 1,44^{1,85} = 16,98$$

- A Equação 4 determina a pressão no início da LL.

Equação 4:

$$PIN_{LL} = Ps + (0,75 \cdot \Delta H) + \Delta z + ha_{LL}$$

em que:

- PIN_{LL} = pressão no início da linha lateral (m)
- Ps = pressão de serviço do gotejador (m)
- Δz = desnível ao longo da linha lateral (m)
- ha_{LL} = perda de carga na conexão da linha lateral

No entanto, conclui-se que:

$$PIN_{LL} = 10 + (0,75 \cdot 16,98) + 0,5 + 1 = 24,33 \text{ mm} = 25 \text{ m}$$

c) dimensionamento da linha de derivação:

- comprimento da LD = 208 m. Divide-se em quatro trechos, um de cada lado do carreador,
- número de LL por LD = 208/3,8 = 55 LL de cada lado (foi descontado o carreador de 2 m de largura). Têm-se 55 por setor. Trabalha-se com uma LD dentro de cada setor. Representa o número de LL que será abastecida pela LD. Adota-se uma ou duas LD por setor. Serão adotadas duas LD dentro de cada setor,
- vazão da LD = 55 x 588 = 3.240 L/h = 8,98 L/s,
- LD de PVC: $C_{PVC} = 140$,
- $F_{55} = 0,3600$.

Comercialmente tem-se a opção: tubo de PVC azul, com diâmetro nominal de 100 mm. Pela pressão no início da LL e pelo fato de a área ser relativamente plana, provavelmente trabalha-se com tubo PN 40. O diâmetro nominal desse tubo é de 100 mm e a espessura da parede é de 2 mm. O diâmetro interno desse tubo é de 97,6 mm.

O cálculo para determinação da pressão no início da LD (PIN_{LD}) segue a mesma sequência estabelecida para cálculo da pressão no início da LL, utilizando-se a expressão:

Equação 5:

$$J = 1,21 \cdot 10^{10} \cdot (Q_{LD}/C)^{1,85} \cdot D^{-4,87}$$

$$J = 1,21 \cdot 10^{10} \cdot (8,98/140)^{1,85} \cdot 97,6^{-4,87} = 0,0154 \text{ m/m}$$

$$\Delta H = J \cdot L_{LD} \cdot F \cdot (C/100)^{1,85}$$

$$\Delta H = 0,0154 \cdot 208 \cdot 0,3600 \cdot 1,40^{1,85} = 2,15 \text{ m}$$

$$PIN_{LD} = PIN_{LL} + (0,75 \cdot \Delta H) + \Delta z + ha_{LD}$$

$$PIN_{LD} = 25 + (0,75 \cdot 2,15) + 3,5 + 4 = 34,11 \text{ m}$$

Como a pressão no início da LD é de 34,11 mca, conseqüentemente, a pressão estará próxima desse valor nas primeiras LL. Este valor está dentro da recomendação de pressão máxima de funcionamento, que é de 35 mca para os gotejadores.

Portanto, serão usados tubos de PVC DN 100 PN 40.

d) dimensionamento da linha principal:

O projeto ficará dividido em quatro setores, sendo cada um de 55 LL.

No caso da LP, cada setor funcionará por 5 h, no máximo. Portanto, o sistema irá funcionar, no máximo, 20 h/dia.

A LP será de PVC (C = 140). A vazão da LP será a vazão total do setor. Portanto, tem-se:

$$Q_{LP} = 55 \cdot 672 = 36.960 \text{ L/h} = 0,00898 \text{ m}^3/\text{s} = 10,26 \text{ L/s}$$

O comprimento da LP será de 400 m (Fig. 8). O desnível entre o ponto de captação e o cavalete de LD (DN_{LD}) será de 12 m.

Para um diâmetro de 100 mm, tem-se a expressão:

Equação 6:

$$hf_{LP} = 10,65 \cdot (L_{LP}/D_{LP}^{4,87}) \cdot (Q_{LP}/C)^{1,85}$$

em que:

hf_{LP} = perda de carga na linha principal (m)

L_{LP} = comprimento da linha principal (m)

D_{LP} = diâmetro da linha principal (m)

Q_{LP} = vazão da linha principal (m³/s)

Esta equação é de Hazen-Williams para cálculo da perda de carga em tubulações.

Demonstra-se o método de Tentativas utilizando tubo de PVC azul com diâmetro nominal de 100 mm PN 80. O diâmetro interno desse tubo é de 94,4 mm e a espessura da parede é de 3,6 mm.

O cálculo, neste caso, será feito de acordo com a Equação 6.

$$hf_{LP} = 10,65 (400/0,0944^{4,87}) \cdot (0,00898/140)^{1,85}$$

$$hf_{LP} = 7,32$$

Serão adotados valores de perda de carga nos litros (ha_{filtros}) e de velocidade de condução da água (V):

$$v = 1,28 \text{ m/s}$$

$$ha_{\text{filtros}} = 6 \text{ m}$$

Sendo assim:

$$PIN_{LP} = PIN_{LD} + DN_{LP} + hf_{LP} + ha_{\text{filtros}} + ha_{LP}$$

$$PIN_{LP} = 34,11 + 12 + 7,32 + 6 + 1,5 = 60,93 = 61 \text{ m}$$

Esse valor está adequado, pois encontra-se dentro da classe de pressão da tubulação adotada (PN 80). Portanto, pode-se trabalhar com esse diâmetro.

e) dimensionamento do conjunto motobomba:

Considerando a altura de sucção de 3 m e perdas localizadas de 2 m, têm-se:

Altura manométrica total (HMT) = 69 m + 3 + 2 = 74 m

Vazão do conjunto motobomba (Q) = 36,96 m³/h

Consultando catálogos de fabricantes, pode-se determinar o modelo da motobomba a ser utilizado.

Irrigação por aspersão

Este método utiliza dispositivos denominados aspersores, que distribuem a água na forma de chuva artificial sobre as plantas. A formação de gotas é conseguida pela passagem do fluxo de água sob pressão por meio dos aspersores, que possuem modelos e características variáveis. A pressão necessária para o fracionamento da água é obtida com a utilização de conjuntos motobombas ou com diferença de nível considerável entre a captação e a área a ser irrigada (BERNARDO, 1995).

Houve grande desenvolvimento desse método de irrigação no início do século 20, com o avanço das indústrias de fabricação de tubulações que passaram a utilizar materiais plásticos, ferro e alumínio. O surgimento dos primeiros aspersores rotativos aconteceu entre 1914 e 1922, nos Estados Unidos e na Europa, quando passaram a ser os grandes incentivadores da irrigação por aspersão.

Os principais sistemas de irrigação por aspersão são: aspersão convencional, aspersão em malha, autopropelido e pivô central.

Será exemplificado o cálculo de um projeto de irrigação por aspersão em malha.

Sistema de irrigação por aspersão em malha

Para dimensionamento de um projeto de irrigação por aspersão em malha o primeiro passo é ter o levantamento planialtimétrico bem-feito, com curvas de nível interpoladas de 1 em 1 m, para cálculo e análise. Nesse levantamento deverá ser locada a fonte de água de onde poderá ser feita a captação, seja represa, córrego ou rio. A indicação do nível da água, assim como do barranco, até a área que

será irrigada é extremamente importante. Devem ser locados: cercas dos piquetes, afloramentos de rocha, divisas com matos e capoeiras, estradas e pontos de energia elétrica. A área a ser irrigada deverá estar marcada na planta de maneira muito clara.

Após a análise da planta da área, da variedade, do espaçamento adotado no plantio da cultura, das condições de manejo e da análise física e química do solo, a capacidade de retenção de água no solo definirá a lâmina máxima que pode ser aplicada a cada irrigação, para que não haja perda por percolação e por drenagem e, conseqüentemente, irá definir a vazão do projeto. Em seguida será feita a escolha do aspersor que será usado no projeto. Todo o processo de dimensionamento vai depender diretamente dessa escolha. Assim, é importante conhecer as marcas e os modelos dos aspersores, das tubulações, das motobombas, das válvulas, dos acessórios e também suas características hidráulicas. Nesse processo de escolha, devem ser levados em consideração os seguintes fatores: qualidade, preço e facilidade de compra de material para reposição (DRUMOND; AGUIAR, 2005).

Com relação às tubulações, aos aspersores e às motobombas, que constituem os principais componentes do sistema de irrigação por aspersão em malha, os catálogos dos fabricantes trazem informações das características hidráulicas de cada componente.

A seguir serão demonstrados exemplos de projetos que utilizam modelos de aspersores mais usados.

Exemplo de dimensionamento de projeto

Será adotado o seguinte:

- aspersor NaanDan Jain;
- modelo: 5035 de dois bocais (Fig. 9);
- características: segundo o fabricante, esse aspersor possui boa uniformidade de aplicação de água. O Quadro 4 apresenta a vazão, a pressão de trabalho, o diâmetro de

bocais e o espaçamento que devem ser usados no processo de dimensionamento;

- dados hidráulicos do aspersor NaanDan Jain 5035. O Quadro 4 apresenta as características técnicas do aspersor, como a vazão, a pressão de serviço, o diâmetro de bocais e a intensidade de aplicação de acordo com o espaçamento adotado.



Figura 9 - Detalhe do aspersor NaanDan Jain 5035

Escolhido o modelo que melhor satisfaça a condição do projeto, pode-se começar o processo de dimensionamento.

É interessante lembrar que será designada de LL, a tubulação onde estarão localizados os aspersores. As LL estarão diretamente conectadas em tubulações, que serão chamadas LD. A tubulação que liga a LD no conjunto motobomba será designada de LP.

Portanto, será dimensionado um projeto de aspersão em malha para atender às condições descritas a seguir:

- informações e cálculos iniciais:

- cultura: café,
- espaçamento de plantio: 4,0 x 0,5 m,
- capacidade de retenção de água do solo: 1,31 mm de água por cm de profundidade de solo,
- profundidade efetiva das raízes: 60 cm,
- dotação de rega: 9 L/planta/dia. Esta depende do estudo de demanda de água da região,
- pressão de serviço do aspersor: 2,80 bar \cong 28 mca, conforme tabela do fabricante. A vazão para essa pressão Q_{asp} será de 1,874 m³/h ou 1.874 L/h,

QUADRO 4 - Características hidráulicas do aspersor NaanDan Jain 5035, de dois bocais

Diâmetros dos bocais (mm)	Pressão de serviço (bar)	Vazão (m ³ /h)	Intensidade de aplicação (mm/h)			
			Espaçamento entre aspersores e entre as linhas laterais (m)			
			12 x 15	12 x 18	18 x 18	20 x 20
4,5 x 2,5	2,50	1,45	8,10	6,70	4,50	3,60
	3,00	1,64	9,10	7,60	5,10	4,10
	3,50	1,77	9,8	8,20	5,50	4,40
5,0 x 2,5	2,50	1,76	9,80	8,10	5,40	4,40
	3,00	1,95	10,80	9,00	6,00	4,90
	3,50	2,10	11,70	9,70	6,50	5,2
5,5 x 2,5	2,50	2,09	11,60	9,70	6,40	5,20
	3,00	2,30	12,80	10,60	7,10	5,70
	3,50	2,47	13,70	11,40	7,60	6,20

FONTE: NaanDan Jain Irrigation (2010?a).

- o espaçamento entre aspersores ($E_{asp.}$) e entre as LL ($E_{sp_{LL}}$) será de 18 x 16 m, respectivamente, por causa do espaçamento de plantio da lavoura e por estar dentro dos limites recomendados pelo fabricante,
- a intensidade de aplicação (I_a) será:

$$I_a \text{ (mm/h)} = \frac{Q_{asp.} \text{ (L/h)}}{E_{sp_{asp.}} \text{ (m)} \cdot E_{sp_{LL}} \text{ (m)}}$$

$$I_a = \frac{1.874 \text{ L/h}}{18 \text{ m} \cdot 16 \text{ m}} = 6,51 \text{ mm/h}$$

- de acordo com a retenção de água no solo, tem-se: lâmina máxima a ser aplicada: 1,31 mm/cm x 60 cm = 78,60 mm de água. Essa é a máxima quantidade de água que seria retida nos primeiros 60 cm de profundidade de solo,
- o tempo máximo de funcionamento do aspersor em cada ponto de aspersão seria:

$$T_{m\acute{a}x} = 78,60 \text{ mm} \div 6,51 \text{ mm/h} = 12 \text{ h}$$

- tempo de funcionamento do projeto: 20 h

Teoricamente poder-se-iam adotar 21 horas de funcionamento por dia, para obter o benefício da Tarifa Verde. Mas foram adotadas 20 h, para não correr o risco de entrar no horário de pico. Por isso, foi dada uma folga de 1 h. Assim, o funcionário responsável pelo projeto poderá ligar e desligar o sistema de irrigação meia hora antes e depois do horário de pico (DRUMOND; FERNANDES, 2001),

- deve-se considerar, portanto, um tempo máximo de funcionamento de 10 h por posição. Isto significa que serão aplicados 65,10 mm em cada ponto e a cada ciclo,
- turno de rega: serão adotados dez dias para o turno de rega. Assim,

haverá três ciclos de irrigação por mês. Isso significa que poderá aplicar uma lâmina bruta de até 195,30 mm de água por mês,

- terreno: a área representada na Figura 10 tem 5,18 ha. Para o dimensionamento do projeto, é imprescindível a planta planialtimétrica da área, com curvas de nível interpoladas de 1 em 1 m. Considere-se que o café está plantado em nível e, na pior situação, há 2 m de desnível entre o início e o final da fileira de plantas e, conseqüentemente, entre o início e o final da LL,
- as LL devem ser instaladas ao longo da fileira e, de acordo com o espaçamento adotado, haverá uma LL a cada quatro fileiras de café. Os aspersores estarão distanciados de 18 em 18 m ao longo da LL,
- solo de textura média: é imprescindível o conhecimento da curva de retenção de água no solo. Logo

que for escolhida a área a ser irrigada, recomenda-se ao produtor traçar a curva de retenção. Para isso, basta retirar as amostras de solo, nas profundidades desejadas. É comum trabalhar com as faixas de 0 a 20; 20 a 40 e 40 a 60 cm de profundidade, mas isso pode ser definido pelo técnico responsável pelo projeto ou consultor. O número de amostra varia com a homogeneidade do solo da área. As amostras não devem ser deformadas,

- distância entre a casa de bomba e a LD é a LP: 320 m,
- perda de carga localizada: admite-se uma perda de carga nas conexões da LL (ha_{LL}) de 2 m, na LD (ha_{LD}) de 2 m e na LP (ha_{LP}) de 1 m,
- em todo o projeto usa-se tubulação de PVC azul. Admita $C_{PVC} = 140$ (tabelado). O coeficiente C

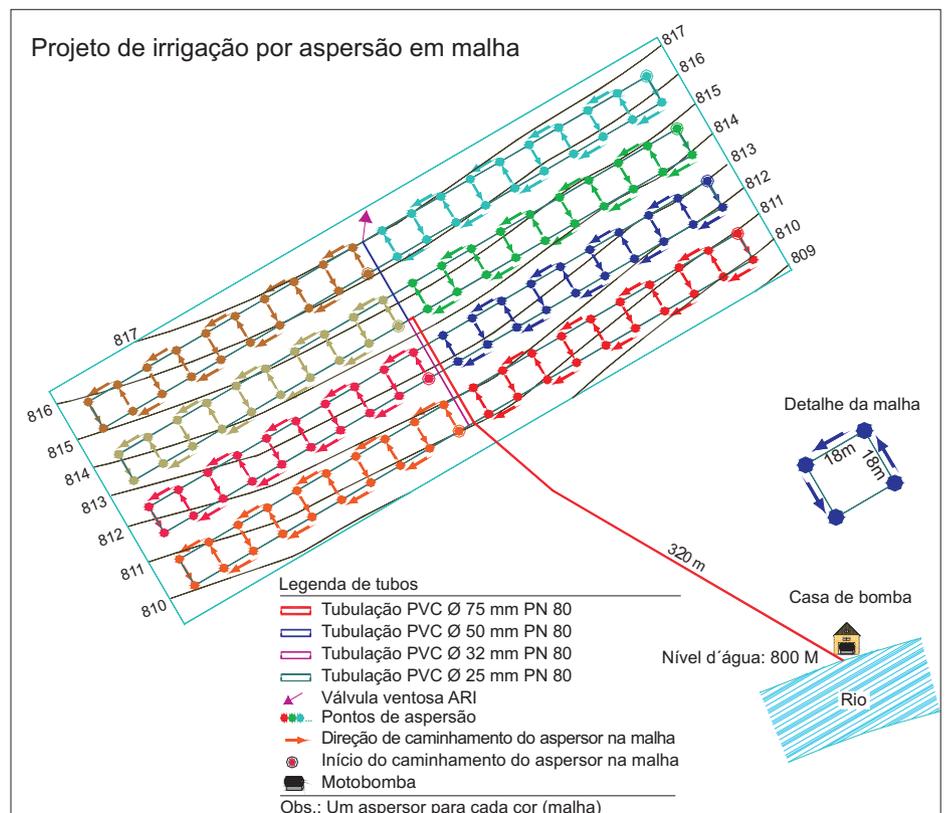


Figura 10 - Planta planialtimétrica da área e disposição das malhas

depende da natureza do material e é uma variável da equação de Hazen-Williams, utilizada para cálculo da perda de carga. É adimensional (Quadro 3),

- área total conforme a planta: 5,18 ha.

Trata-se de uma área relativamente pequena que será dividida em dois setores. A LP ficará no meio abastecendo os dois setores.

Na área tem-se um total de 160 pontos de aspersão, isto é, pontos a serem irrigados em um período de dez dias. Por isso, em toda a área haverá oito aspersores funcionando ao mesmo tempo. Considerando um tempo de irrigação de 10 h por posição, cada aspersor irrigará dois pontos por dia. Dessa forma os oito aspersores irrigam toda a área em dez dias, ou seja: número de pontos totais irrigados = $2 \cdot 8 \cdot 10 = 160$ pontos (o que corresponde a toda a área).

b) dimensionamento da linha lateral:

- vazão da LL (Q_{LL}): vazão do aspersor $\div 2 = 937$ L/h ou $2,603 \cdot 10^{-4}$ m³/s (a vazão do aspersor divide-se, pois há um aspersor por malha),
- comprimento da LL = 174 m,
- cálculo da perda de carga na LL (hf_{LL}), conforme a expressão:

Equação 1:

$$hf_{LL} = 10,65 \cdot (L_{LL}/D_{LL}^{4,87}) \cdot (Q_{LL}/C)^{1,85}$$

em que:

hf = perda de carga (m)

L_{LL} = comprimento da linha lateral (m)

D_{LL} = diâmetro da linha lateral (m)

Q_{LL} = vazão da linha lateral (m³/s)

C = coeficiente de Hazen-Williams (Quadro 3) (adimensional)

- será usado tubo de PVC azul (linha tubo agropecuário). O diâmetro nominal da linha lateral será de 25 mm e a espessura da parede desse tubo é de 1,2 mm. Portanto, o diâmetro interno desse tubo é de 22,6 mm (0,0226 m). Assim tem-se:

$$hf = 10,65 \cdot (174/0,0226^{4,87}) \cdot (2,603 \cdot 10^{-4}/140)^{1,85} = 4,80 \text{ m}$$

- a pressão no início da LL (PIN_{LL}) será conforme a expressão:

Equação 2:

$$PIN_{LL} = Ps + (0,75 \cdot \Delta H) + DN_{LL} + AA + ha_{LL}$$

em que:

PIN_{LL} = pressão no início da linha lateral (m)

Ps = pressão de serviço do gotejador (m)

DN_{LL} = desnível ao longo da linha lateral (m)

AA = altura do aspersor (m)

ha_{LL} = perda de carga acidental na conexão da linha lateral (m)

Esta equação determina a pressão no início da linha lateral.

No entanto, conclui-se que:

$$PIN_{LL} = 28 + (0,75 \cdot 4,80) + 2 + 2 + 2 = 37,60 \text{ m}$$

c) dimensionamento da linha de derivação:

Divide-se em dois setores, conforme a planta topográfica: Setor 1 e Setor 2.

Setor 1:

- comprimento da $LD_1 = 48$ m (conforme planta),

- número total de aspersores funcionando neste setor: 4,

- vazão da LD = 4×1.874 L/h = 7.496 L/h = $2,08 \cdot 10^{-3}$ m³/s,

- coeficiente de rugosidade (C_{PVC}) da LD: 140,

- $F_4 = 0,4855$. “F” representa um fator de ajuste da perda de carga de uma tubulação de uma única saída (para a qual a equação de Hazen-Williams está ajustada) e uma tubulação de múltiplas saídas (tubo gotejador). Pode ser calculado pela expressão:

Equação 3:

$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2 \cdot n} + \frac{\sqrt{m-1}}{6 \cdot n^2}$$

em que:

F = fator de ajuste para múltipla saída ou fator de Christiansen (adimensional)

m = expoente da equação de perda de carga utilizada (neste caso $m = 1,85$)

n = número de saídas

- utilização do tubo de PVC azul Fortilit (Irrifort Linha Fixa PN 80) com diâmetro nominal de 50 mm. Isto ocorre pelo fato de o trecho estar em ascensão na área. O diâmetro externo desse tubo é de 50,5 mm e a espessura da parede é de 1,9 mm. Assim, o diâmetro interno é de 46,7 mm ou 0,0467 m,

- o cálculo para determinação da pressão no início da linha de derivação (PIN_{LD}) segue a mesma sequência estabelecida para cálculo da pressão no início da LL. A perda de carga na LD (hf_{LD}) segue o mesmo procedimento estabelecido para a linha lateral. Assim tem-se:

$$hf_{LD} = 10,65 \cdot (L_{LD}/D_{LD}^{4,87}) \cdot (Q_{LD}/C)^{1,85} \cdot F$$

$$hf_{LD} = 10,65 \cdot (48/0,0467^{4,87}) \cdot (2,08 \cdot 10^{-3}/140)^{1,85} \cdot 0,4855 = 0,9 \text{ m}$$

$$PIN_{LD} = PIN_{LL} + hf_{LD} + DN_{LD} + ha_{LD}$$

$$PIN_{LD} = 37,6 + 0,9 + 4 + 2 = 44,5 \text{ m}$$

Setor 2:

- comprimento da $LD_2 = 64$ m,
- número total de aspersores funcionando neste setor: 4,
- vazão da LD = 4×1.874 L/h = 7.496 L/h = $2,08 \cdot 10^{-3}$ m³/s,
- C_{PVC} da LD: 140,
- $F_4 = 0,4855$. Como esse trecho está na parte de descida da área, será usado tubo de PVC azul (linha tubo agropecuário), com diâmetro nominal de 32 mm, pois poderá haver um pouco mais de perda de carga, o que será compensado pelo desnível. O diâmetro externo desse tubo é de 32 mm e a espessura da parede é de 1,5 mm. Assim, o diâmetro interno é de 29 mm (0,029 m),
- o cálculo para determinação da pressão no início da LD (PIN_{LD}), segue a mesma sequência estabelecida para cálculo da pressão no início do Setor 1. A perda de carga será:

$$hf_{LD} = 10,65 \cdot (L_{LD}/D_{LD}^{4,87}) \cdot (Q_{LD}/C)^{1,85} \cdot F$$

$$hf_{LD} = 10,65 \cdot (64/0,029^{4,87}) \cdot (2,08 \cdot 10^{-3}/140)^{1,85} \cdot 0,4855 = 11,9 \text{ m}$$

$$PIN_{LD} = PIN_{LL} + hf_{LD} + DN_{LD} + ha_{LD}$$

$$PIN_{LD} = 37,6 + 11,9 + (-4) + 2 = 47,5 \text{ m}$$

É importante observar que a pressão no início do Setor 1 está muito próxima da pressão no início do Setor 2. Quando esses valores estão muito desiguais, é necessário um equilíbrio. A forma mais usual de efetuar esse equilíbrio é dividir a LD em dois ou mais trechos com diâmetros diferentes, de forma que o somatório das perdas de carga nesses trechos compense o desnível e equilibre as pressões.

d) dimensionamento da linha principal

A linha principal será de PVC azul PN 80 com diâmetro nominal de 75 mm. O diâmetro externo desse

tubo é de 75,5 mm e a espessura da parede é de 2,5 mm. Assim, o diâmetro interno é de 70,5 mm (0,0705 m).

A vazão da linha principal será a vazão total do projeto. Portanto, tem-se:

$$Q_{LP} = 8 \cdot 1.874 = 14.992 \text{ L/h} = 0,004164 \text{ m}^3/\text{s} = 4,164 \text{ L/s}$$

O comprimento da LP (L_{LP}) será de 320 m.

O desnível entre o ponto de captação e o ponto de conexão da LP na LD é de 12 m.

Cálculo da perda de carga na LP:

$$hf_{LP} = 10,65 \cdot (L_{LP}/D_{LP}^{4,87}) \cdot (Q_{LP}/C)^{1,85}$$

$$hf_{LP} = 10,65 \cdot (320/0,0705^{4,87}) \cdot (0,004164/140)^{1,85}$$

$$hf_{LP} = 5,85 \text{ m}$$

A pressão no início da LP (PIN_{LP}) será:

$$PIN_{LP} = PIN_{LD} + DN_{LP} + hf_{LP} + ha_{LP}$$

$$PIN_{LP} = 47,5 + 12 + 5,85 + 1 = 66,35 \text{ m} \cong 66,5 \text{ m}$$

e) dimensionamento do conjunto motobomba:

Considerando uma altura de sucção (H_s) de 2,5 m e perdas localizadas na sucção (ha_s) em torno de 0,5 m. Conclui-se que:

$$HMT = PIN_{LP} + H_s + ha_s \Leftrightarrow HMT = 66,5 + 2,5 + 0,5 = 69,5 \cong 70 \text{ m},$$

E a vazão do projeto (Q) é de 4,164 L/s que equivale a 14,98 m³/h.

Ao consultar catálogos de fabricantes, pode-se determinar o modelo da motobomba a ser utilizado.

Sistema de irrigação por pivô central

Características do sistema

O sistema de irrigação por aspersão mais automatizado, disponível no mercado

nacional, é o pivô central. Foi criado em 1952, no estado de Nebraska, Estados Unidos, por Frank Zybach. Até 1960, seu uso não estava consolidado.

A fácil aceitação desse equipamento e a alta demanda do mercado fizeram com que a maioria dos fabricantes nacionais da área de irrigação adquirisse no exterior, sobretudo nos Estados Unidos, esse sistema de irrigação. Dessa forma, o pivô central é um dos sistemas de irrigação automatizada mais utilizados na atualidade em todo o mundo.

Descrição do sistema

Segundo Fernandes e Drumond (2002), o sistema pivô central consiste fundamentalmente de uma tubulação metálica, onde estão instalados os aspersores, que giram continuamente ao redor de uma estrutura fixa. Os aspersores, abastecidos pela tubulação metálica, dão origem a uma irrigação uniformemente distribuída sobre uma grande superfície circular.

É um sistema de irrigação por aspersão que opera em círculo, constituído de uma linha lateral com aspersores, ancorada em uma das extremidades e suportada por torres dotadas de rodas, equipadas com unidades propulsoras. Na maioria das vezes, estas unidades são compostas por um motorreductor de 1 ou 1,5 CV, o qual transmite o movimento, mediante um eixo cardã, aos redutores das rodas existentes nas torres móveis, que são do tipo rosca sem fim. Dessa forma, a linha lateral realiza um giro de 360° em torno da torre central. A velocidade de rotação das torres móveis é regulada por um relé porcentual, localizado no painel de controle, que comanda a velocidade da última torre de acionamento.

As torres movem-se de forma contínua, acionadas individualmente por dispositivos elétricos ou hidráulicos, descrevendo circunferências concêntricas ao redor da torre central. O movimento da última torre móvel (anel externo) inicia uma reação de avanço em cadeia, progredindo para o centro.

Em virtude de cada torre descrever uma circunferência de raio diferente, suas

velocidades de deslocamento deverão ser diferentes. Portanto, a última torre controla a velocidade das demais. O alinhamento das torres é garantido por um sistema localizado em cada torre, que liga e desliga o sistema de propulsão.

A estrutura do equipamento é rígida, composta por tubulação, cantoneiras, suportes e barras de tensão, fabricadas em aço zincado. Um conjunto motobomba de acionamento elétrico ou a diesel fornece água pressurizada ao sistema, com vazão e pressão de acordo com o projeto.

Com o objetivo de aumentar a área irrigada, parte da LL projeta-se além da última torre e, em sua parte final, pode-se colocar um aspersor de grande raio de alcance. Dá-se o nome de balanço a esta tubulação final. Nos sistemas de baixa pressão, atualmente mais comumente usados, utiliza-se uma bomba Booster, para funcionamento desse canhão final.

Operação do sistema

O sistema pivô central deverá ser projetado para aplicar uma lâmina d'água suficiente para atender o pico de demanda da forrageira. O equipamento deverá ser manejado de tal forma que promova a aplicação de água necessária para manter um bom nível de armazenamento no solo. Por isso, é importante fazer análise física do solo e, se possível, traçar a curva de retenção de água do solo. Assim, este terá umidade próxima à capacidade de campo, antes de iniciar o período de consumo máximo da planta.

O processo de abastecimento de água é feito por um conjunto motobomba, que a leva até o pivô por uma adutora de aço zincado ou PVC. Materiais como ferro fundido, alumínio e fibrocimento já não são mais usados. O acionamento do conjunto motobomba pode ser feito de acordo com a conveniência do irrigante. Aqueles movidos a eletricidade e a diesel são os mais usados. A propulsão do pivô é geralmente elétrica, embora exista propulsão hidráulica.

A velocidade de rotação de cada torre e do avanço da linha de distribuição é

determinada pela velocidade da última torre. Para isso, regula-se o relé porcentual de acordo com a necessidade. Ao se regular em 50%, indica que a última torre movimentar-se-á por um tempo, cujo valor depende do fabricante e ficará parada pelo mesmo tempo. Se o sistema de alinhamento falhar e alguma unidade desalinhar-se excessivamente, um dispositivo de segurança é acionado e o sistema para automaticamente, evitando o tombamento do pivô.

Nesse equipamento, o tempo de giro, o tempo mínimo de rotação, a lâmina aplicada por volta, a intensidade de aplicação e a uniformidade de aplicação podem ser calculados pelas equações a seguir:

a) tempo total de giro

$$T = \frac{2\pi r_0}{V}$$

em que:

T = tempo total do giro (h);

V = velocidade de deslocamento da última torre (m/h);

r_0 = distância entre o ponto do pivô e a trilha da última torre (m).

b) tempo mínimo de rotação do pivô

$$T_{\min} = \frac{2\pi r_0}{V_{\max}}$$

em que:

T_{\min} = tempo mínimo de rotação do pivô (h);

V = velocidade máxima de deslocamento da última torre (m/h);

r_0 = distância entre o ponto do pivô e a trilha da última torre (m).

c) lâmina aplicada por volta do pivô

$$L_{\text{média}} = \frac{Q.H}{10.A} \text{ (m}^3\text{/h)}$$

$$L_{\text{média}} = 0,36 \frac{Q.H}{A} \text{ (L/s)}$$

em que:

$L_{\text{média}}$ = lâmina média aplicada pelo equipamento por volta (mm);

Q = vazão do pivô (m³/h ou L/s);

H = tempo por volta do equipamento (h);

A = área irrigada (ha).

d) intensidade média máxima de aplicação

$$I_{\text{máx}} = \frac{4 \cdot \bar{z}}{\pi \cdot t} \cdot 60$$

em que:

$I_{\text{máx}}$ = intensidade média máxima (mm/h);

\bar{z} = lâmina média ponderada (mm);

T = tempo de aplicação (min), calculado pela relação entre a largura do padrão molhado e a velocidade da última torre.

e) uniformidade de Christiansen

$$UC = 1,0 - \frac{\sum R_s (z_s - \bar{z})}{\bar{z} \sum R_s}$$

em que:

UC = índice de uniformidade de Christiansen (decimal).

f) uniformidade de distribuição

$$UD = \frac{\bar{z}(25)}{\bar{z}}$$

em que:

UD = índice de uniformidade de distribuição (decimal);

$\bar{z}(25)$ = soma dos produtos dos menores volumes coletados pelo fator de ponderação correspondentes a 25% da área, ou seja:

$$\bar{z}(25) = \sum R_s \bar{z}_s(25)$$

Sistema de irrigação por autopropelido

O autopropelido foi um dos primeiros sistemas de irrigação mecanizados que surgiram no Brasil. Apesar de existir desde 1960, nos Estados Unidos em escala

comercial, só foi importado no início da década de 1970. Em 1975, começou a ser produzido e comercializado no Brasil, seguindo duas linhas básicas de produção, a de propulsão por pistão e a por turbinas hidráulicas. Outros mecanismos de deslocamento que foram utilizados por alguns fabricantes, como hidrocâmaras e torniquetes hidráulicos, deixaram de ser utilizados.

O autopropelido teve grande aceitação entre os produtores de cana-de-açúcar e em usinas de produção de álcool, sendo utilizado para irrigação e distribuição de vinhaça.

A irrigação, utilizando autopropelido, surgiu da necessidade de irrigar cada vez maiores áreas com menor mão de obra. Esse equipamento apresenta uma razoável adaptação a culturas de porte elevado e a terrenos irregulares. Atualmente, os modelos comercializados irrigam áreas de 15 a 70 ha. Existe o modelo tracionado a cabo de aço e pela própria mangueira de polietileno, que é o mais comercializado.

Consta basicamente de um aspersor que se desloca sobre a área a ser irrigada, molhando faixas individuais. Após a irrigação de uma faixa, o equipamento é transportado para outra, seguindo uma sequência de irrigação. No final, toda a área deverá estar irrigada, e a máquina disponível para iniciar um novo ciclo de irrigação.

É um equipamento que se locomove utilizando energia hidráulica da água de irrigação. Pode ser tracionado no campo por meio de um cabo de aço ou com a própria mangueira de condução de água. A energia despendida no deslocamento do aspersor vem do processo de transformação da energia hidráulica em energia mecânica. Normalmente, a transformação se dá por meio de turbinas ou pistão. A diferença que o modelo tracionado por mangueira apresenta, em relação ao modelo tracionado por cabo de aço, consiste no emprego de mangueira flexível de polietileno de média densidade (PEMD). Isto para provocar movimento do aspersor instalado sobre um chassi com duas ou quatro rodas pneumáticas, por causa do tracionamento provocado pelo enrolamento da mangueira no carretel. Na realidade, o princípio de

funcionamento não difere muito, sendo a maior diferença a exclusão do cabo de aço nesses modelos. São indicados para irrigação em faixas, com larguras que variam de 24 a 96 m e comprimento de até 900 m, com declividades máximas em torno de 20%. O aspersor deverá ser deslocado em nível ou em terrenos de relevo pouco inclinado. Ao movimentar-se em área de declive, pode ocorrer um embolamento da mangueira.

Nesse tipo de sistema de irrigação, normalmente, são usados aspersores de grande alcance (alta pressão de funcionamento). Associado a isso tem-se uma elevada perda de carga na mangueira que acompanha o canhão e no dispositivo de movimentação (turbina ou pistão hidráulico) do equipamento. Dentre os sistemas de irrigação pressurizados, o autopropelido é considerado o de maior consumo de energia por unidade de área irrigada. Por esse motivo, na atualidade, não vem sendo utilizado para irrigação de pastagem (DRUMOND; FERNANDES, 2004).

Irrigação de paisagismo

As principais aplicações do sistema autopropelido de irrigação são:

- a) em praças públicas: sistemas embutidos (escamoteáveis), garante proteção contra vandalismo e visual adequado (os aspersores somente aparecem quando estão em funcionamento);
- b) em jardins residenciais: áreas verdes com grande variedade de espécies vegetais, que necessitam de fornecimento adequado de água sem uso de mão de obra para operação. Garante um visual adequado ao jardim (aspersores embutidos);
- c) campos esportivos: em geral gramados de campos de futebol, campos de golfe, haras etc., onde se deseja irrigação eficiente e automática;
- d) quadras de tênis: com pisos de grama (a irrigação deve ser eficiente e automática) ou de saibro (a irrigação é utilizada para reduzir a poeira característica desse tipo de piso).

Apesar da demanda crescente por esse tipo de equipamento, tem-se verificado falta de informações técnicas a respeito desses materiais, o que proporciona sistemas maldimensionados, gastos excessivos de água e desenvolvimento inadequado das plantas. O principal problema encontrado em sistemas de irrigação de paisagismo é a baixa eficiência de aplicação de água. Na maioria dos casos, a fonte de água utilizada para irrigação é a mesma do abastecimento urbano, de forma que um gasto excessivo de água pode-se tornar bastante dispendioso, além de comprometer o abastecimento urbano.

No entanto, não existem disponíveis normas específicas para a avaliação desses equipamentos. As normas existentes são designadas para aspersores utilizados basicamente para fins agrícolas, com características de funcionamento bastante distintas dos aspersores utilizados em sistemas de irrigação para paisagismo. Em geral, esses aspersores diferenciam-se dos demais nos seguintes aspectos:

- a) alta precipitação (que pode chegar a 60 mm/h);
- b) raios de alcance variáveis;
- c) mecanismo setorial (os ângulos de molhamento podem variar de 1° até 360°) e trajetória dos jatos variável.

Para assegurar um completo e adequado projeto de sistema de irrigação de paisagismo, existem oito passos a ser seguidos, até que se obtenha a planta final.

Informações locais

Obter informações como área total, existência ou não de planta de paisagismo, desníveis, fonte de água, fonte de energia etc., são essenciais para um dimensionamento eficiente de um sistema de irrigação para paisagismo. Este dimensionamento deve ser feito em cima do projeto de paisagismo, para que seja possível a locação correta de aspersores, válvulas e tubulações na área onde se deseja instalar o sistema. A planta paisagística é de fundamental importância para o início do dimensionamento do sistema.

Quando a planta de paisagismo não estiver disponível, deve ser feito um levantamento das espécies vegetais existentes na área, onde será implantado o projeto, coletando informações a respeito de porte da planta, espaçamento, altura, densidade etc., locando numa planta baixa ou planialtimétrica da área. Esse trabalho deve ser feito por engenheiro agrônomo/agrícola ou arquiteto especialista em paisagismo.

Determinação da fonte de água e energia

A fonte de água para alimentar o sistema de irrigação deve ser analisada antes do início do projeto propriamente dito. Com o auxílio de um manômetro e de um hidrômetro, devem ser definidas as condições de funcionamento do sistema hidráulico a ser utilizado, em várias horas do dia. Se não for possível a utilização de um hidrômetro, a medição da vazão da fonte de água pode ser obtida diretamente com o auxílio de um recipiente graduado, onde se coletará o volume de água em um tempo conhecido.

Seleção de emissores

Existe uma grande variabilidade de emissores que podem ser utilizados num sistema de irrigação para paisagismo. Cada um tem uma faixa particular de aplicações que o projetista deve estar familiarizado. Os principais tipos de equipamento são:

- a) aspersores tipo spray;
- b) aspersores tipo rotor;
- c) aspersores de impacto;
- d) emissores de baixo volume, que são os gotejadores e os microaspersores.

Para uma adequada seleção dos equipamentos a serem utilizados num projeto, alguns fatores devem ser considerados, como:

- a) tipo de emissor requerido pelo contratante;
- b) tamanho e forma das áreas a serem irrigadas;
- c) tipos de planta existentes;
- d) pressão e vazão disponíveis;
- e) condições climáticas locais, como

vento, temperatura e precipitação;

- f) tipo de solo;
- g) compatibilidade entre os aspersores, para que possam ser agrupados.

O tamanho e a forma das áreas a serem irrigadas em geral determinam que tipo de equipamento deve ser utilizado. A meta é selecionar equipamentos que cubram a área irrigada adequadamente, utilizando o menor número possível de unidades.

O tipo de planta existente na área também pode ditar o tipo de emissor a ser utilizado. Árvores, arbustos, forrações, cercas vivas, gramados requerem tipos diferentes de irrigação.

Outro fator limitante é a pressão e a vazão disponíveis, que podem restringir o uso de determinados tipos de aspersores.

Condições climáticas também podem exigir o uso de aspersores especiais. Por exemplo, áreas com grande incidência de ventos demandam aspersores com ângulos mais fechados, que mantenham os jatos de água próximos à superfície das plantas.

Outra particularidade importante é a compatibilidade entre aspersores controlados por uma mesma válvula. Uma das mais importantes recomendações que deve ser seguida num projeto de irrigação para paisagismo é evitar misturar diferentes tipos de aspersores numa mesma válvula de controle. Além disso, aspersores com diferentes taxas de aplicação devem ser separados dentro do mesmo sistema.

Localizar emissores e válvulas na planta

A locação dos aspersores é outro fator importante a ser considerado. Pelo fato de a maioria dos sistemas de irrigação para paisagismo ser enterrado, os problemas são muito mais difíceis de ser resolvidos depois que o sistema entra em funcionamento.

A principal recomendação é o posicionamento dos pontos de emissão de água, de maneira tal que as áreas irrigadas tenham uma sobreposição adequada proporcionada pelos aspersores. Nunca se devem instalar aspersores com espaçamentos superiores às faixas recomendadas.

Algumas recomendações podem ser

seguidas para uma correta locação dos equipamentos:

- a) começar a plotar os aspersores pelas áreas mais problemáticas, ou seja, áreas com densa vegetação, obstruções, espaços curtos etc.;
- b) depois de preenchidas essas áreas, completa-se a locação com aspersores de espaçamentos mais largos;
- c) para facilitar esse procedimento, são utilizados aspersores setoriais, que permitem uma excelente cobertura da área, independentemente do seu formato.

Determinação dos parâmetros hidráulicos do projeto

Um adequado projeto hidráulico pode reduzir consideravelmente problemas ao longo da vida útil de um sistema de irrigação. Em geral, um projeto malfeito proporciona uma baixa performance do sistema de irrigação, que pode significar a morte de plantas ou danos em aspersores e tubulações.

Além desses problemas, deve ser analisado também o aspecto econômico do projeto, pois da mesma forma que deve ser hidráulicamente correto, deve ser economicamente viável.

Pelo fato de os sistemas para paisagismo, em geral, destinarem-se a áreas relativamente pequenas, o uso de conexões é muito maior, quando comparado a sistemas de irrigação agrícolas. Além disso, as tubulações, na maioria das vezes, sofrem desvios, curvas, tendo em vista os obstáculos existentes numa área de construção civil, como tubulações de esgoto, pisos, fundações, fios etc. Por essa razão, utilizam-se tubulações de PVC marrom, para a instalação dos setores irrigados, pela facilidade e confiabilidade das conexões. As tubulações de PVC azul, em geral, são utilizadas para as linhas principais (adutoras).

Localização do controlador e dimensionamento da fiação elétrica

Depois que a tubulação e demais componentes do sistema estiverem dimen-

sionados, e toda a parte hidráulica estiver calculada, passa-se para o dimensionamento da parte elétrica, iniciando pela locação do controlador.

Em grandes projetos, onde muitos controladores são instalados, a escolha deve levar em consideração alguns fatores. Primeiramente, para minimizar o comprimento da fiação elétrica, o controlador, que serve a determinado número de válvulas, deve estar centralizado ou próximo à região de maior concentração destas válvulas. Outra recomendação é que os controladores, quando conveniente, devem ser instalados em pares ou em conjunto, para diminuir o comprimento da linha de alimentação elétrica. Preferencialmente, tais controladores devem ser instalados numa posição em que os aspersores operados possam ser facilmente visíveis. Esse procedimento facilita os testes operacionais durante a instalação e, posteriormente, durante as manutenções de rotina.

Controladores instalados em área externa devem ser acondicionados em caixas ou cabines de proteção. De preferência, instalar o controlador numa posição, na qual não seja atingido pelos jatos dos aspersores. Como medidas de proteção, recomenda-se o aterramento elétrico do controlador e também a instalação de um regulador de voltagem, para uma proteção efetiva do equipamento, que constitui, na maioria dos projetos, componente mais caro.

Preparo da planta final do projeto

A planta final representa um diagrama de como o sistema deve parecer após a instalação. Deve ser elaborada da forma mais completa possível, respeitando-se algumas recomendações:

- a) a planta deve ser legível e de fácil utilização, com uma escala conveniente;
- b) deve ter uma legenda detalhada que explique todos os símbolos utilizados no projeto;
- c) deve mostrar as principais mudanças

(diferenças) de nível;

- d) deve conter todas as fontes de água e energia utilizadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a elaboração de projetos de irrigação, várias etapas devem ser seguidas, para que seja possível o dimensionamento técnico e econômico adequado às condições de cada cultura e condição irrigada. Os principais parâmetros discutidos neste artigo foram:

- a) definição da precipitação ou lâmina a ser aplicada na área: esta precipitação varia em função, principalmente, da cultura e da região geográfica, onde a área se situa;
- b) seleção do equipamento mais adequado ou das alternativas dos equipamentos para a área: esta seleção leva em consideração a cultura plantada ou a ser plantada, a topografia da área, o tamanho da área e a disponibilidade de água;
- c) cálculo do turno de rega e tempo de funcionamento por posição: para fazer estes cálculos, devem-se levar em conta, principalmente, o consumo diário de água da cultura, a profundidade do sistema radicular, a resistência que a planta apresenta ao déficit de água e as características físicas do solo, principalmente, quanto a sua capacidade de armazenamento de água;
- d) cálculo da vazão: esse cálculo refere-se à vazão total do equipamento e baseia-se na área a ser irrigada, na precipitação definida e no número de horas de trabalho diário;
- e) dimensionamento hidráulico: dimensionamento das tubulações e dos acessórios. Uma vez selecionadas as tubulações e os acessórios, procede-se à locação destes na área, inclusive as posições necessárias para o equipamento escolhido;
- f) dimensionamento do conjunto mo-

tobomba: baseia-se na vazão, na altura manométrica e na potência necessária;

- g) elaboração de planta ou croqui: efetuados os cálculos, deve ser elaborada uma planta ou croqui, onde são locados o ponto de captação, a linha mestra, as linhas laterais, os acessórios e o posicionamento do equipamento.

Além desses itens, são também importantes a análise econômica do projeto e outros itens, tais como, custos, receitas, fluxo de caixa, comercialização etc., conforme a exigência da situação.

REFERÊNCIAS

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6.ed. Viçosa, MG: UFV, 1995. 657p.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 9 jan. 1997.

DRUMOND, L.C.D.; AGUIAR, A.P.A. **Irrigação de pastagem**. Uberaba, 2005. 210p.

_____; FERNANDES, A.L.T. **Irrigação por aspersão em malha**. Uberaba: Universidade de Uberaba, 2001. 84p.

_____; _____. **Utilização da aspersão em malha para cafeicultura familiar**. Uberaba: UNIUBE, 2004. 88p.

FERNANDES, A.L.T.; DRUMOND, L.C.D. **Coleção cafeicultura irrigada: pivô central**. Uberaba: Universidade de Uberaba, 2002. 87p. (Universidade de Uberaba. Programa de Educação a Distância, v.1).

NAANDAN JAIN IRRIGATION. **5035**. [S.l., 2010?a]. Disponível em: <<http://www.naandanjain.com/products/sprinklers/overhead-sprinklers/5035---5035G>>. Acesso em: 13 out. 2010.

_____. **PC driplines**. [S.l., 2010 ?b]. Disponível em: <<http://www.naandanjain.com/products/drip-Irrigation/PC-Driplines>>. Acesso em: 13 out. 2010.

Avaliação de sistemas de irrigação

Flávio Gonçalves Oliveira¹
Flávio Pimenta de Figueiredo²
Polyanna Mara de Oliveira³
Édio Luiz da Costa⁴

Resumo - O aumento populacional, aliado à elevação do padrão de consumo da sociedade, tem provocado um consumo de água cada vez maior. Isto tem gerado conflitos entre os setores usuários. A agricultura, sendo a maior consumidora dos recursos hídricos, tem sido pressionada a reduzir essa demanda, o que só pode ser atingido com a redução do uso da água na irrigação. Entretanto, isto só é possível caso haja o manejo racional da água, pela avaliação dos sistemas de irrigação. Os parâmetros técnicos de desempenho desses sistemas, tradicionalmente utilizados, são: eficiência, uniformidade e grau de adequação da irrigação. A eficiência diz respeito ao balanço de água na área irrigada. A uniformidade representa a distribuição da lâmina d'água ao longo da área irrigada e normalmente é expressa pelo coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e pela uniformidade de distribuição (UD). E o grau de adequação representa a porcentagem da área irrigada que recebe lâmina d'água igual ou maior que a necessária à cultura. Independentemente do sistema de irrigação avaliado (aspersão convencional, pivô central e irrigação localizada), existem procedimentos de campo que são utilizados, mas que em geral buscam informações das vazões, e/ou lâminas d'água, desde o conjunto motobomba, até o solo ao longo de toda a área irrigada. A avaliação de sistemas de irrigação permite melhorias no seu uso, com vistas a reduzir o consumo de água e de energia, os custos e, ainda, proporcionar benefícios ao meio ambiente.

Palavras-chave: Água de irrigação. Adequação de irrigação. Eficiência de irrigação.

INTRODUÇÃO

A produção de alimentos em nível mundial é altamente dependente da irrigação, uma vez que das áreas irrigadas é que se derivam, aproximadamente, 40% da produção de alimentos. Entretanto, a agricultura irrigada é responsável por 60% do consumo de água no Planeta. Essa dicotomia nos leva a pensar o quanto é importante o uso da irrigação na agricultura e a refletir sobre o consumo elevado dos

recursos hídricos. Sabe-se que os vegetais necessitam de muita água para a produção plena, no entanto, também é sabido dos desperdícios ocorridos pelo mau uso dos sistemas de irrigação por parte de alguns irrigantes. Assim, são necessários procedimentos que analisem a eficiência e a uniformidade desses sistemas, como forma de garantir o uso racional e sustentável dos recursos hídricos.

Para o bom desempenho de um sistema de irrigação é necessário saber quando e

o quanto de água aplicar. Quanto aplicar, pode ser estimado por métodos que determinam a evapotranspiração. Quando aplicar, é determinado pelo balanço de água no solo, de forma que permita a aplicação eficiente da água, e se obtenha uma relação satisfatória entre unidade de água aplicada e produção. Isto diminui o desperdício causado pela percolação do excesso de água, que, além de elevar o custo, acarreta danos ao meio ambiente. Portanto, a avaliação do sistema, após a sua implantação, torna-se

¹Eng^a Agrícola, D.Sc., Prof./Pesq. UFMG - Instituto de Ciências Agrárias, CEP 39404-006 Montes Claros-MG. Correio eletrônico: flaviogoliveira@ibest.com.br

²Eng^a Agrícola, D.Sc., Prof. Adj. III UFMG - Instituto de Ciências Agrárias, CEP 39404-006 Montes Claros-MG. Correio eletrônico: figueiredofp@yahoo.com.br

³Eng^a Agrícola, D.Sc., Pesq. EPAMIG Norte de Minas/Bolsista FAPEMIG, Caixa Postal 12, CEP 39525-000 Nova Porteirinha-MG. Correio eletrônico: polyanna.mara@epamig.br

⁴Eng^a Agrícola, D.Sc., Pesq. EPAMIG Centro-Oeste/Bolsista FAPEMIG, Caixa Postal 295, CEP 35701-970 Prudente de Morais-MG. Correio eletrônico: edio.costa@epamig.br

importante para o conhecimento das perdas de água durante a irrigação e para manter a uniformidade de sua aplicação, objetivando controlar e melhorar o processo. Isso requer um manejo integrado de todos os componentes do sistema, para obter sua máxima eficiência de uso.

Este artigo visa abordar as metodologias de avaliação dos sistemas de irrigação por aspersão convencional, pivô central e localizada.

PARÂMETROS UTILIZADOS NA AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

Segundo Botrel e Frizzone (1996), os objetivos principais que se buscam na avaliação de desempenho de sistemas de irrigação abrangem desde a adequação do sistema à determinada condição de utilização, até aqueles bem genéricos como estudos comparativos, levantamento de parâmetros de projetos ou de dados para desenvolvimento de novos equipamentos.

Frizzone e Dourado Neto (2003) citam que, na análise do desempenho da irrigação em campo, basicamente utilizam-se os parâmetros de desempenho relativos à eficiência, à uniformidade e ao grau de adequação.

Eficiência de irrigação

Segundo Frizzone e Dourado Neto (2003), o termo eficiência representa a razão entre quantidades de água envolvidas no processo de irrigação, que expressa o balanço entre os seguintes volumes de água: captado na fonte de suprimento; fornecido à parcela pelo sistema de irrigação; necessário à planta; armazenado no solo até a profundidade efetiva das raízes; perdido por evaporação e deriva pelo vento, percolação e escoamento superficial.

Heermann, Wallender e Bos (1992), conceituando nesse mesmo sentido, afirmam que o objetivo da irrigação é aplicar água e armazená-la no perfil do solo, para o uso das culturas irrigadas, e que, a obtenção do crescimento uniforme das plantas cultivadas requer uma aplicação de água uniforme em toda a área irrigada. Walker e Skogerboe (1987) definem a eficiência de irrigação (E_i), conforme a expressão:

Equação 1:

$$E_i = \frac{V_n}{V_c}$$

em que:

V_n = volume ou lâmina d'água necessária ao desenvolvimento potencial da cultura;

V_c = volume ou lâmina d'água captada na fonte de suprimento.

O volume de água (V_n) necessário ao desenvolvimento potencial da cultura incorpora em seu conceito múltiplos propósitos, dentre os quais o atendimento pleno da evapotranspiração da cultura (ET_c), a lixiviação dos sais, a proteção contra geada e a aplicação de pesticidas e fertilizantes, quando assim forem necessários (HEERMANN; WALLENDER; BOS, 1992).

A eficiência de irrigação é composta pelas eficiências de condução, de aplicação e de armazenamento, englobando ainda as perdas por percolação.

A eficiência de condução expressa a relação entre o volume de água que chega à área irrigada e o volume de água captado na fonte, cujo valor é 1,0 em adutoras fixas e sem a presença de vazamentos.

A eficiência de aplicação (E_a) é alvo de divergências entre diversos autores. Entretanto, a conceituação mais utilizada é a citada por Botrel e Frizzone (1996), Heermann, Wallender e Bos (2002) e Frizzone e Dourado Neto (2003), dada pela expressão:

Equação 2:

$$E_a = \frac{V_{zr}}{V_a}$$

em que:

V_{zr} = volume ou lâmina d'água armazenada até a profundidade efetiva da zona radicular;

V_a = volume ou lâmina d'água total aplicada pelo sistema de irrigação.

Já a eficiência de armazenamento (E_s) define a fração do volume de água necessária para suprir o déficit estabelecido na região da zona radicular das culturas, sendo, portanto, um indicador do reabastecimento do solo nesta região, segundo Botrel e Frizzone (1996). Walker e Skogerboe (1987) e Heermann, Wallender e Bos (1992) definem a eficiência de armazenamento pela expressão:

Equação 3:

$$E_s = \frac{V_s}{V_r}$$

em que:

V_s = volume ou lâmina d'água armazenada até a profundidade efetiva das raízes após um evento de irrigação;

V_r = volume ou lâmina d'água necessária para o suprimento hídrico da cultura irrigada.

A perda por percolação representa a razão entre a quantidade de água percolada abaixo da profundidade efetiva do sistema radicular e a quantidade de água aplicada, e, segundo Heermann, Wallender e Bos (1992), é usualmente avaliada com outros parâmetros de eficiência.

Uniformidade de irrigação

A uniformidade de irrigação é comumente expressa por meio de coeficientes que visam determinar o grau de dispersão da lâmina d'água aplicada na área irrigada.

Várias definições têm sido propostas e usadas para descrever a uniformidade de um sistema de irrigação.

Christiansen (1942) definiu o coeficiente de uniformidade para avaliar sistemas de irrigação por aspersão convencional, sendo difundido mais tarde para a avaliação de outros métodos de irrigação. Este coeficiente leva em consideração o desvio médio em relação à média das lâminas d'água como medida de dispersão, e a uniformidade de aplicação é definida pela expressão:

Equação 4:

$$CUC = 100 \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - x)}{nx} \right]$$

em que:

CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen (%);

X_i = lâmina d'água aplicada em cada coletor (mm);

x = valor médio das lâminas d'água aplicadas (mm);

n = número de coletores instalados na avaliação.

Segundo Frizzone e Dourado Neto (2003), o valor de CUC de 85% corresponde ao mínimo aceitável, sendo os valores inferiores a este aceitáveis quando: a precipitação pluvial é considerável durante a época de cultivo; o custo do sistema é suficientemente pequeno, a fim de compensar financeiramente essa redução do CUC; as linhas laterais são operadas em posições alternadas nas sucessivas irrigações.

Segundo Heermann, Wallender e Bos (1992), a definição original de CUC requer que cada coletor represente a lâmina d'água aplicada em áreas homogêneas, o que não é verdadeiro no caso de pivô central, onde os coletores são distribuídos equidistantemente ao longo do raio do pivô. Neste caso, segundo definição de Heermann e Hein (1968), é necessário ponderar as lâminas d'água dos coletores, uma vez que cada um destes representa áreas progressivamente maiores a partir do ponto-pivô. Segundo Frizzone e Dourado Neto (2003), o fator de ponderação pode ser a distância do coletor ao ponto-pivô, o número de ordem do coletor i ou a área de cada coroa circular representada pelo coletor i . A determinação do CUC para o pivô é então feita, conforme Bernardo, Soares e Mantovani (2006), com o uso da seguinte expressão:

Equação 5:

$$CUC = 100 \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n \left(X_i - \frac{\sum_{i=1}^n X_{i,i}}{\sum_{i=1}^n i} \right)}{\sum_{i=1}^n X_{i,i}} \right]$$

em que:

i = número de ordem do coletor, numerados a partir do centro do pivô.

Para sistemas de irrigação localizada, utiliza-se a vazão dos emissores no lugar da lâmina de irrigação.

Segundo Keller e Bliesner (1990), outro parâmetro de determinação da uniformidade de irrigação é a uniformidade de emissão (Eu), que pode ser determinada pela expressão:

Equação 6:

$$Eu = 100 \left[1 - \frac{1,27 C_{vm}}{\sqrt{n}} \right] \frac{qm}{q}$$

em que:

C_{vm} = coeficiente de uniformidade de fabricação;

n = número de emissores por planta;

qm = vazão mínima coletada correspondente à mínima pressão de operação do emissor;

q = vazão média coletada.

Outra medida utilizada é a uniformidade de distribuição (UD), denominada por Kruse (1978) e determinada pela expressão:

Equação 7:

$$UD = \frac{X_{25}}{X_m}$$

em que:

X_{25} = valor médio dos 25% menores valores de lâminas de irrigação coletadas;

X_m = lâmina média coletada.

No uso da Equação 7 para irrigação localizada, substituem-se também as lâminas d'água por vazão.

Keller e Bliesner (1990), na correlação de valores de CUC com os de UD, observaram que estes eram sempre menores que os primeiros, chegando ao modelo de correlação apresentado pela expressão:

Equação 8:

$$UD\% = 100 - 1,59 (100 - CUC\%)$$

Grau de adequação do sistema de irrigação

O grau de adequação de irrigação é também conhecido como área adequadamente irrigada (ED_{ad}) e é definido por Keller e Bliesner (1990) como a porcentagem da área que recebe lâmina d'água igual ou maior que a lâmina real necessária à cultura. Para culturas de baixo, médio e alto valor econômico, sugerem ED_{ad} de 70%, 80% e 90%, respectivamente. Tomando como exemplo a área adequadamente irrigada de 80% (ED_{80}), esta pode ser calculada pela expressão:

Equação 9:

$$ED_{80} = 100 \frac{X_{80}}{X_{mc}}$$

em que:

ED_{80} = eficiência de distribuição para área adequadamente irrigada de 80%;

X_{80} = lâmina coletada para área adequadamente irrigada de 80% (mm);

X_{mc} = lâmina média coletada projetada para alcançar 80% de área adequadamente irrigada (mm).

AE_{ad} também pode ser estimada pelo método proposto por Keller e Bliesner (1990), conforme a expressão:

Equação 10:

$$ED_{ad} = 100 + (606 - 24,9Pa + 0,349 Pa^2 - 0,00186 Pa^3) \left(1 - \frac{CUC\%}{100} \right)$$

em que:

ED_{ad} = eficiência de distribuição para área adequadamente irrigada (%);

Pa = porcentagem de área adequadamente irrigada (%).

O Gráfico 1 apresenta a área adequadamente irrigada de um sistema de irrigação avaliado. Esse gráfico é construído a partir das lâminas d'água coletadas durante a avaliação de irrigação no campo e a partir da fração da área total de cada coletor. As lâminas são então arranjadas em ordem decrescente e a porcentagem da área, que recebe essa quantidade de água ou mais, é então calculada.

Conforme o Gráfico 1, 50% da área irrigada recebe lâmina d'água igual ou superior a 2,0 mm, enquanto a outra metade recebe lâminas inferiores. Neste caso, a área adequadamente irrigada é de 50%.

Mantovani et al. (1995) citam que, quando a água não é escassa e a cultura é de alto valor econômico, deve-se compensar a baixa UD de água pela aplicação de uma lâmina maior de irrigação, visando reduzir a área de déficit. Entretanto, segundo Frizzzone e Dourado Neto (2003), em função do aumento dos custos operacionais, da possibilidade da lixiviação de nutrientes e da contaminação do lençol freático e visando ainda a questão ambiental, talvez não seja prudente irrigar com elevado grau de adequação.

FATORES QUE INFLUENCIAM NA EFICIÊNCIA E NA UNIFORMIDADE DA IRRIGAÇÃO

Merriam e Keller (1978) citam a influência dos vários elementos meteorológicos, ou seja, velocidade do vento, umidade relativa (UR) e temperatura do ar, como causas das perdas de água na aplicação de uma lâmina de irrigação nos sistemas de aspersão. Mantovani e Ramos (1994) ainda citam outros elementos como a radiação solar e o déficit de pressão de vapor, e fatores como a pressão de serviço dos aspersores, a distribuição e o tamanho das gotas, a distância do percurso da gota no ar e a intensidade de aplicação de água ao solo também interferem no processo.

Quando se tenta ressaltar os fatores ambientais que interferem na UD de água, a ação do vento é fator preponderante, cuja distorção dependerá de sua velocidade e do tamanho das gotas de água. Quanto maior a velocidade do vento e menor o tamanho das gotas, maior será a distorção na distribuição da água, em comparação com aquela para condição de vento fraco (GOMIDE, 1978; SOLOMON; KINCAID; BEZDEK, 1985). Aspersores que operam com pressões muito altas têm excessiva pulverização do jato d'água, diminuindo seus raios de alcance e causando encharcamento próximo ao aspersor. Aspersores que operam com pressões baixas resultam em uma inadequada pulverização do jato d'água, tornando o perfil de distribuição muito irregular (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006; BILANSKI; KIDDER, 1958).

Outro fator a ser considerado, na avaliação de um sistema de irrigação por aspersão convencional, é o tempo de rotação dos aspersores, onde, de acordo com Marouelli (1989), os aspersores em condições normais devem completar uma rotação entre 46 segundos e 3 minutos e nunca menos que 20 segundos. Rotações elevadas implicam em maior pulverização do jato, com redução de seu alcance, maior desgaste do aspersor e maior efeito do vento no perfil de distribuição. A rotação do aspersor deve ser uniforme para proporcionar melhor distribuição de água.

Em irrigação por aspersão, altos índices de uniformidade em geral estão relacionados com menores espaçamentos. Isso ocasiona elevação do custo de implantação do sistema de irrigação. Entretanto, para culturas de alto valor econômico, especialmente aquelas com sistema radicular pouco profundo, talvez esta prática seja a mais recomendada (BOTREL; FRIZZONE, 1996).

No caso da irrigação localizada, os emissores possuem bocais de pequenas dimensões, o que aumenta a propensão ao entupimento. Isso provocaria uma redução importante na uniformidade de irrigação. Este problema pode ser minimizado com a utilização de sistemas de filtragem dimen-

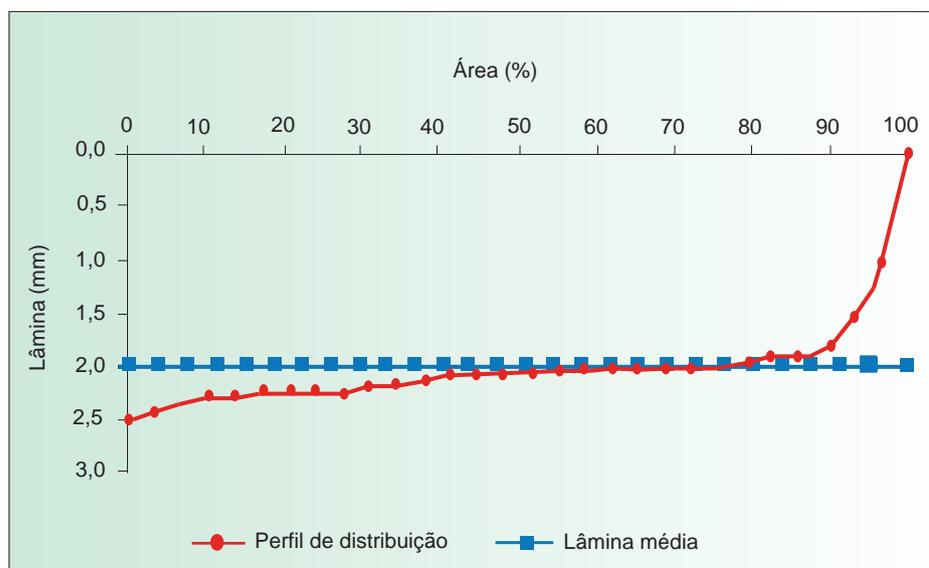


Gráfico 1 - Área adequadamente irrigada

cionados em função da qualidade da água, que deve ser analisada antes mesmo do dimensionamento do sistema de irrigação.

METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

Aspersão convencional

Conforme Bernardo, Soares e Mantovani (2006), para determinar a UD da água de um sistema de irrigação por aspersão convencional, instala-se um conjunto de pluviômetros, equidistantes em torno do aspersor a ser testado. A área em torno do aspersor é dividida em subáreas quadradas, geralmente no espaçamento de 3 m (Fig. 1).

Segundo Frizzone e Dourado Neto (2003), deve-se obedecer o seguinte procedimento:

- instalar os aspersores em uma área livre de obstáculos;
- a superfície do terreno deve estar preferencialmente em nível;
- o tubo de subida dos aspersores deve estar na posição vertical;
- o aspersor deve estar localizado no centro da malha de coletores instalados;
- a área mínima da boca de captação dos coletores deve ser de 50 cm² e o bordo destes deve estar na horizontal;
- os coletores devem estar dispostos quadricularmente, e no mínimo 50 coletores devem receber água durante o ensaio;
- a direção e a velocidade do vento devem ser determinadas continuamente;
- a pressão de serviço deve ser determinada no bocal principal e na base do aspersor;
- a vazão do aspersor deve ser determinada na pressão de ensaio.

O sistema de irrigação é acionado por um período de duas ou mais horas (BERNADO; SOARES; MANTOVANI, 2006). Já Frizzone e Dourado Neto (2003) citam

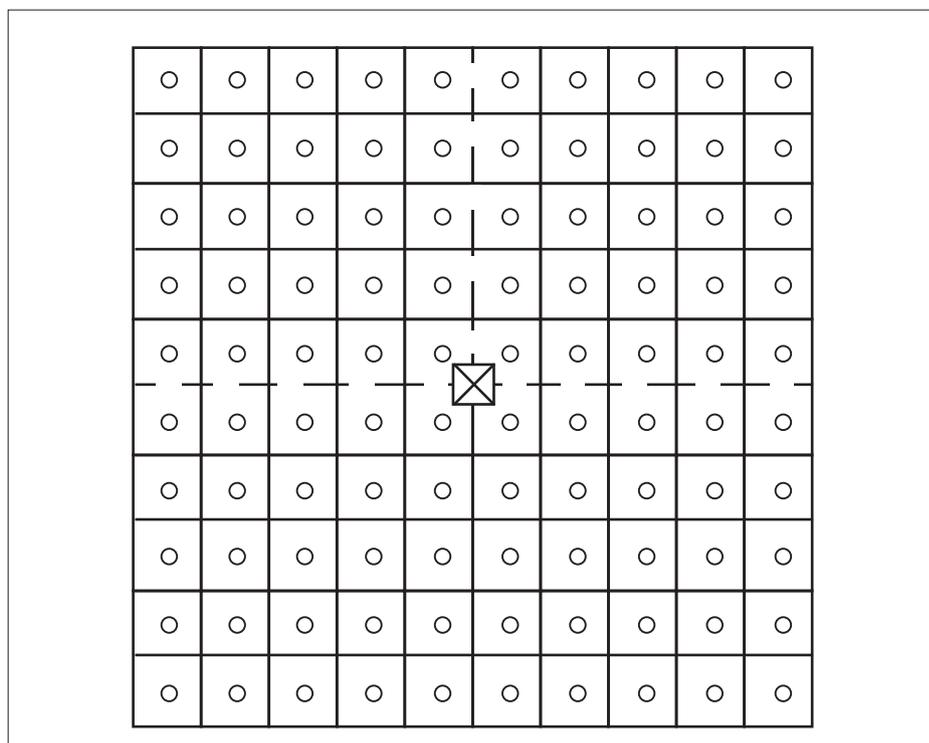


Figura 1 - Disposição dos pluviômetros em torno de um aspersor instalado no centro da área

que o tempo de teste seja o suficiente para coletar uma lâmina d'água de pelo menos 5 mm.

Para obter os coeficientes de uniformidade, quando se testa somente um aspersor, deve-se simular a sobreposição das lâminas d'água aplicadas por quatro aspersores, cada um localizado num vértice em área com dimensões correspondentes ao espaçamento desejado para os aspersores.

Pivô central

Para determinar a uniformidade de aplicação de água em sistema de irrigação por pivô central, os recipientes coletores devem ser colocados em quatro raios do círculo irrigado (Fig. 2), de acordo com o método proposto por Merriam e Keller (1978). Caso a área possua declividade, devem-se tomar dois raios no sentido da maior declividade e os outros dois em nível. A metodologia para determinar a UD sugerida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (1998) difere da proposta por Merriam e Keller (1978) somente na forma de distribuição dos coletores no

campo, onde são sugeridos apenas dois raios espaçados num ângulo de 3° (Fig. 3).

Os coletores devem ser numerados em ordem crescente, a partir do centro do pivô, e igualmente espaçados entre si, tomando-se o cuidado de evitar a instalação de coletores no caminho percorrido pelas rodas. Segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2006), o espaçamento pode variar de 4 a 10 m.

Frizzone e Dourado Neto (2003) sugerem que os principais dados a ser coletados durante a avaliação no campo sejam:

- lâmina d'água coletada;
- dados meteorológicos (velocidade e direção do vento e evaporação), sendo recomendado que os ensaios sejam realizados sob condição de vento com velocidade inferior a 1 m/s (3,6 km/h);
- velocidade de giro do pivô central, com velocidade de 100% no relé porcentual;
- medidas de pressão tomadas na motobomba (em funcionamento normal e com o registro fechado),

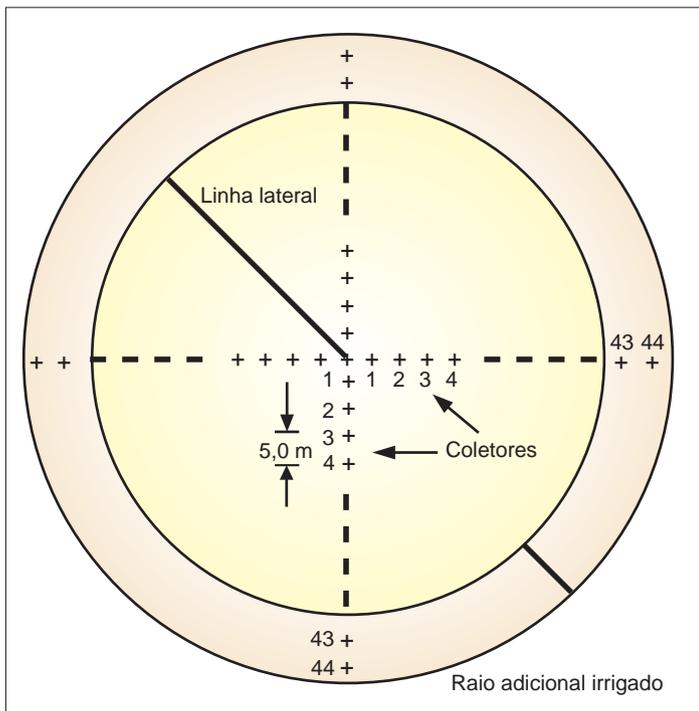


Figura 2 - Disposição dos coletores no campo para teste de uniformidade de aplicação de água por pivô central

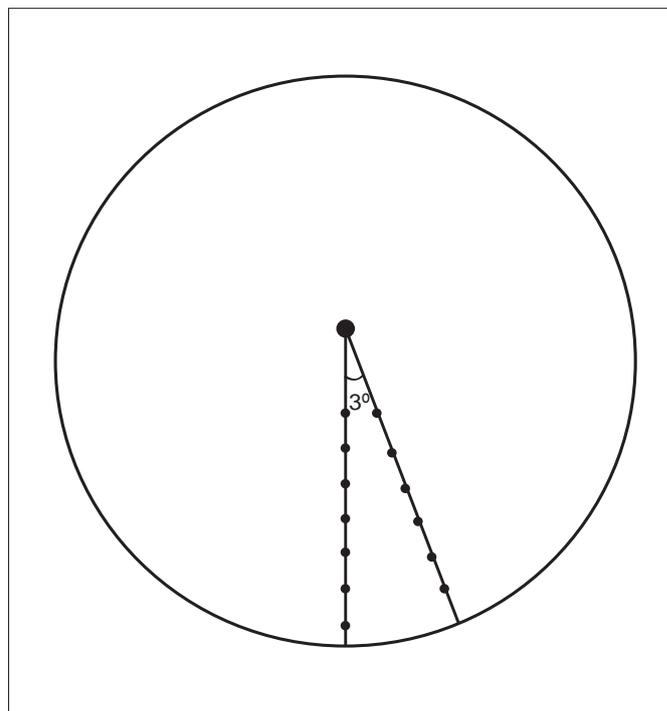


Figura 3 - Avaliação da uniformidade de distribuição de água por pivô central

no ponto-pivô, no último emissor e na entrada e saída de pelo menos um regulador de pressão;

e) largura do diâmetro molhado no último emissor com o pivô parado mas em funcionamento;

f) estimativa da vazão conforme a expressão:

Equação 11:

$$Q = \frac{A \cdot X}{t}$$

em que:

Q = vazão estimada do sistema (m³/h);

A = área irrigada (m²);

X = lâmina média coletada no teste (mm);

t = tempo de giro completo (h).

Além das medidas citadas, deve-se medir também a velocidade de deslocamento da última torre.

IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

Segundo Merriam e Keller (1978) são avaliados 16 emissores por subunidade operacional, em quatro linhas laterais,

escolhendo-se a primeira, uma a um terço da entrada da subunidade, outra a dois terços e a última linha lateral. Em cada linha lateral selecionam-se também quatro emissores, conforme procedimento utilizado para seleção das linhas laterais (Fig. 4). A vazão de cada microaspersor é medida, coletando-se o volume de água durante

dois minutos em um recipiente de volume adequado e, posteriormente, medindo-se esse volume com uma proveta. Obtém-se a vazão pela divisão do volume pelo tempo de coleta. Os coeficientes de uniformidade e os de eficiência do sistema são obtidos com a utilização das equações mencionadas anteriormente.

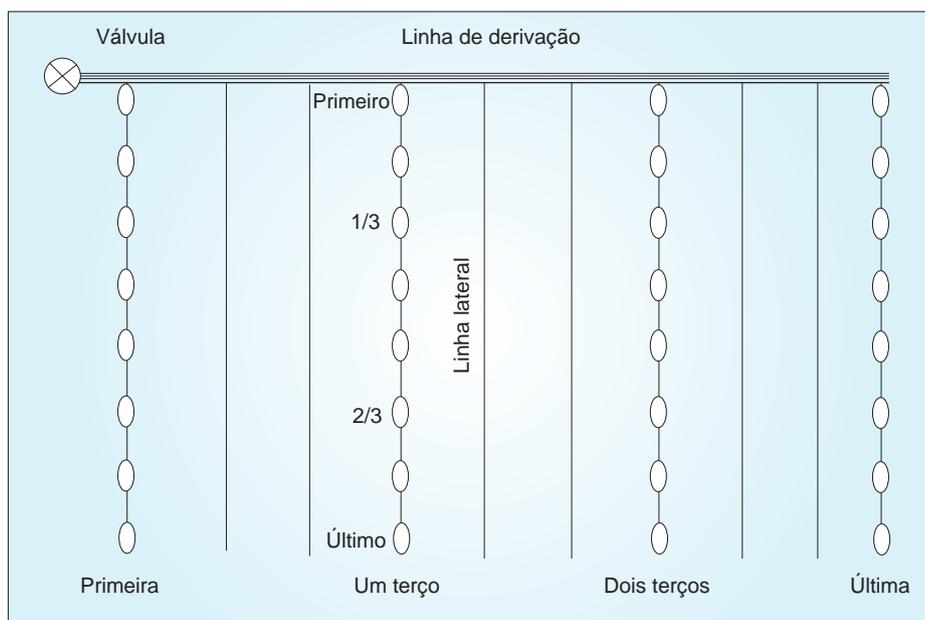


Figura 4 - Esquema dos pontos de coleta do volume de água para determinação da uniformidade de distribuição de água

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR14244**: equipamentos de irrigação mecanizada: pivô central e lateral móvel providos de emissores fixos ou rotativos: determinação da uniformidade de distribuição de água. Rio de Janeiro, 1998.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 625p.
- BILANSKI, W.K.; KINDER, E.H. Factors that affect the distribution of water from a medium-pressure rotary irrigation sprinkler. **Transactions of the ASAE**, v.1, n.1, p.19-28, 1958.
- BOTREL, T.A.; FRIZZONE, J.A. Ensaios e certificação de sistemas e equipamentos para irrigação. In: MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas**: ensaios e certificação. Piracicaba: ESALQ, 1996. cap. 12, p.571-634.
- CHRISTIANSEN, E.J. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: University of California, 1942. 124p. (University of California. Bulletin, 670).
- FRIZZONE, J.A.; DOURADO NETO, D. Avaliação de sistemas de irrigação. In: MIRANDA, J.H.; PIRES, R.C.M. **Irrigação**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. p.573-652.
- GOMIDE, R.L. **Determinação e análise da uniformidade de distribuição de água no sistema de irrigação por aspersão**. 1978. 87f. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1978.
- HEERMANN, A.B.; HEIN, P.R. Performance characteristics of self-propelled center-pivot sprinkler irrigation system. **Transactions of the ASAE**, v.11, n.1, p.11-15, 1968.
- HEERMANN, D.F.; WALLENDER, W.W.; BOS, M.G. Irrigation efficiency and uniformity. In: HOFFMAN, G.J.; HOWELL, T.A.; SOLOMON, K.H. (Ed.). **Management of farm irrigation systems**. St. Joseph: ASAE, 1992. p.126-149.
- KELLER, J.; BLIESNER, R.D. **Sprinkler and trickler irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 652p.
- KRUSE, E.G. Describing irrigation efficiency and uniformity. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, New York, v.104, n.1, p.35-41, 1978.
- MANTOVANI, E.C.; RAMOS, M.M. Sistemas de irrigação e seus componentes. In: COSTA, E.F. da, VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A. (Ed.). **Quimigação**: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p.129-158.
- _____. et al. Modelling the effects of sprinkler irrigation uniformity on crop yield. **Agricultural Water Management**, v.27, n.3/4, p. 243-257, July, 1995.
- MAROUELLI, W. A. Escolhas de aspersores e manejo de sistemas convencionais sob condição de vento. **ITEM**, Brasília, v.39, p.19-21, 1989.
- MERRIAM, J.L.; KELLER, J. **Farm irrigation system avaluation**: a guide for management. Logan: Utah State University, 1978. 271p.
- SOLOMON, K.H.; KINCAID, D.C.; BEZDEK, J.C. Drop size distribution for irrigation spray nozzles. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.28, n.6, p.1966-1974, 1985.
- WALKER, W.R.; SKOGERBOE, G.V. **Surface irrigation**: theory and practice. New Jersey: Prentice-Hall, 1987. 386p.

MUDAS DE OLIVEIRA

Garantia de procedência, mudas padronizadas,
qualidade comprovada e variedade identificada



Pedidos e informações:

EPAMIG - Fazenda Experimental de Maria da Fé
CEP: 37517-000 - Maria da Fé - MG
e-mail: femf@epamig.br - Tel: (35) 3662-1227



Qualidade da água na agricultura e no ambiente

*Ricardo Augusto Lopes Brito¹
Camilo de Lelis Teixeira de Andrade²*

Resumo - A crescente demanda por água de boa qualidade, associada à migração das populações das zonas rurais para áreas urbanas, tem sérias implicações na produção de alimentos, geração de energia e suprimento de água potável nas cidades, inclusive na América Latina, e requer medidas estratégicas a serem desenvolvidas e implementadas. A agricultura irrigada, como maior usuária da água captada e principal alternativa para alcançar o aumento requerido na produção de alimentos até 2025 ou 2050, torna-se alvo das atenções, tanto pela sua condição de consumidora de recursos hídricos, quanto pelo seu potencial efeito na qualidade da água e no ambiente. Por outro lado, a irrigação pode ser comprometida pela deterioração na qualidade das águas a montante, causada pela poluição industrial e urbana, bem como pela erosão e conseqüente assoreamento de cursos d'água. Apresentam-se dados sobre lixiviação de nitrogênio e atrazina pela água de irrigação e efeitos de salinidade e toxicidade de sais específicos, bem como limites de concentração dos elementos mais frequentemente encontrados. Sugerem-se intervenções quanto ao uso e manejo da água, que é considerada insumo estratégico e recurso natural limitado.

Palavras-chave: Irrigação. Impacto ambiental. Lixiviação. Salinidade. Estratégia de manejo.

INTRODUÇÃO

O crescimento da demanda mundial por água de boa qualidade, em velocidade superior à capacidade de renovação do ciclo hidrológico, é, consensualmente, previsto nos meios técnicos e científicos internacionais. Esse crescimento tende a tornar maior a pressão sobre os recursos naturais do Planeta neste século. Além disso, a qualidade dos mananciais vem decrescendo rapidamente pela ação antrópica.

Tanto a migração da população do campo para a cidade quanto a industrialização, além de exercerem significativa demanda de água dos mananciais, exigem o crescimento do parque gerador de energia elétrica, que, por sua vez, implica na necessidade de aproveitamentos hidrelétricos. Adicionalmente, houve a pressão para aumentar a produção de alimentos, o que veio encontrar na agricultura irrigada

o canal apropriado para satisfazer essa demanda.

A disponibilidade de recursos hídricos deve ser confrontada com um mundo cada vez mais populoso. A população mundial em 1900 era de 1,6 bilhão, aumentando para 2,5 bilhões, em 1950, e 6,1 bilhões até o ano 2000. Apesar de uma queda geral nas taxas de fecundidade, a população mundial continua a crescer rapidamente. Projeta-se que a população mundial atingirá entre 7,5 e 10,5 bilhões, em 2050, dependendo dos cenários futuros da taxa de crescimento. A população da América Latina, que era de 475 milhões, em 1997, deve atingir quase 700 milhões de pessoas até 2025. A população mundial tem-se expandido rapidamente, com o correspondente aumento das pressões sobre a oferta de alimentos e do ambiente. A competição pela água está-se tornando crítica, e a degradação ambiental relacionada com o uso da água é grave. O

número de pessoas que vivem em países com carência de água está projetado para subir de 500 milhões para 3 bilhões, em 2025 (STOCKLE, 2001).

A alimentação humana e animal tem sua origem na agropecuária e as expectativas mundiais apontam para uma necessidade crescente de produção de alimentos, com uma projeção de duplicação dessa demanda até o ano 2025, no âmbito internacional. Isto representa uma demanda adicional de, aproximadamente, 780 km³ de água, equivalentes a cerca de dez vezes a vazão anual do Rio Nilo. Isso implica na possível ampliação da área agrícola e/ou no aumento da sua eficiência na produção de alimentos, o que significa um aumento na demanda de água para uso agrícola e/ou um aumento na eficiência agrícola de uso de água. A agricultura é responsável por cerca de 70% do consumo mundial da água captada.

¹Eng.^o Agr.^o, Ph.D., Sete Lagoas-MG. Correio eletrônico: ricardo.brito001@gmail.com

²Eng.^o agrícola, Ph.D., Pesq. Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas-MG. Correio eletrônico: camilo@cnpms.embrapa.br

Os usos industrial e municipal têm ainda implicações importantes quanto ao tratamento da qualidade da água e requer dois tipos de tratamento de água a serem feitos. O primeiro, um processamento prévio, para ajustar a água aos seus padrões de uso; o segundo, um tratamento posterior de efluentes, para reduzir ou eliminar a presença de poluentes ou contaminantes. Dependendo da finalidade de uso da água, os parâmetros analisados variam dentro de um amplo espectro (pH, sais, microrganismos, coliformes, Na, Ca, NO_3 , N total, metais pesados, agroquímicos etc.) (BRITO, 2007; REBOUÇAS, 2004).

A utilização descontrolada de água levou à degradação dos recursos, tanto em termos de qualidade quanto de reservas de águas subterrâneas. Este fato preocupante significa que, em algum momento, as cidades não só terão de dar mais atenção às crescentes necessidades, mas também terão de encontrar substitutos para as fontes de água esgotadas, salinizadas ou poluídas. A degradação ambiental restringe o fornecimento de água para as cidades e é também afetada por águas residuais contaminadas. Embora o tratamento da água seja uma resposta possível, apenas 10% dos efluentes nos países em desenvolvimento são tratados, e os custos envolvidos são enormes. É, portanto, provável que o uso das águas subterrâneas, que até agora têm sido responsáveis por grande parte do abastecimento de áreas urbanas, gere uma reação inversa no futuro, com a pressão retornando para a água superficial. Novamente, o conflito entre o uso humano, em geral, e o uso ambiental, em particular, é talvez mais crítico do que entre a agricultura e as cidades (MOLLE; BERKOFF, 2006).

IMPACTO AMBIENTAL DERIVADO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA E OPERAÇÃO DOS PROJETOS DE IRRIGAÇÃO

Uma retirada excessiva de água para irrigação tem claramente um significativo impacto no ambiente em algumas áreas.

Por exemplo, o Rio Colorado (EUA), muitas vezes, não contém água no momento em que se atravessa a fronteira no México, por causa das retiradas para áreas urbanas e agrícolas. Na verdade, na maioria dos anos, o Rio Colorado não chega ao oceano. Isto tem consequências para o rio e seus ecossistemas ribeirinhos, bem como para o estuário do delta e do sistema na sua foz, que não recebe a recarga de água doce e nutrientes que normalmente recebia. O mesmo ocorre com o Rio Amarelo, na China. O Rio San Joaquin, na Califórnia, é tão frequentemente superexplorado que as árvores estão crescendo em seu leito e alguns planejamentos regionais têm sugerido a construção de urbanizações na região. Nos últimos 33 anos, o Mar de Aral (Ásia) perdeu 50% de sua superfície e 75% do seu volume, com uma concomitante triplicação em sua salinidade por causa, em grande parte, do desvio de água de seus afluentes para a irrigação de algodão.

Em 1982, a salinização afetou cerca de 196.550 km² (0,7%) dos solos agrícolas na América Central e México, e 1.291.630 km² (7,6%) na América do Sul. Argentina e Chile têm cerca de 35% de suas terras irrigadas afetadas pela salinidade, ao passo que 30%, ou 250 mil hectares, da região costeira do Peru, sob irrigação, sofre impactos desse problema. No Brasil, 40% das terras irrigadas no Nordeste são afetadas pela salinidade, como resultado de irrigação inadequada. O total de terras com salinidade natural e salinidade induzida pelo homem, em Cuba, abrange cerca de 1,2 milhão de hectares. No México, cerca de 12,4% da superfície irrigada do país foi total ou parcialmente afetada pela salinização, em 1980 (STOCKLE, 2001).

A agricultura, como grande usuária dos recursos hídricos, vem sendo apontada como uma das principais causas do trato irracional da água. Contudo, embora possa ser fonte de alguns problemas, a agricultura pode também ser parte da solução deles. O manejo adequado da água na agricultura não pode ser considerado uma etapa independente no processo de produção agrí-

cola, devendo ser analisado dentro de um enfoque sistêmico. Assim, a utilização da bacia hidrográfica como unidade de planejamento para ações integradas, a adoção de estratégias de conservação de solo e água, a captação das águas das chuvas, como as barraginhas, a utilização de sistemas de manejo que aumentem a infiltração e a retenção da água, como o plantio direto, o controle biológico, o controle integrado de pragas e doenças e outros, aparecem como opções de grande potencial para a solução dessa problemática. A questão é que, dentro do sistema de produção, o agricultor pode considerar a água também como um de seus produtos, e o manejo adequado não pode ser considerado uma etapa independente no processo de produção agrícola, devendo ser analisado dentro do contexto de um sistema integrado.

Não só os nutrientes são transportados pela água de irrigação. A erosão do solo e subseqüente transporte de sedimentos e produtos químicos são causados pelo escoamento da água de irrigação em excesso nas terras cultivadas. A erosão do solo diminui a produtividade da terra. A irrigação por sulco causa mais erosão do que os aspersores ou gotejadores. Sedimentos transportados pela água eventualmente retornam aos mananciais, afetando negativamente canais e outras estruturas de transporte de água. Além disso, causam assoreamento dos reservatórios e outras estruturas, afetando a durabilidade e a uniformidade de sistemas de aspersão e gotejamento, e criam problemas significativos para o hábitat de peixes e dos ecossistemas aquáticos.

A infiltração da água de irrigação em excesso (acima da capacidade de armazenamento disponível na zona radicular) penetra além do alcance das raízes e pode chegar às águas subterrâneas de recarga. Nitratos, sais e outras substâncias (agroquímicos), dissolvidos na água, serão transportados com a água. Isso tende a aumentar o risco potencial de poluição por nitratos e outros elementos, em águas subterrâneas. Solos de textura leve e de

produção intensiva de culturas de raízes superficiais sob irrigação podem sofrer consideráveis perdas de nitrato por lixiviação, ou facilitar a contaminação do subsolo e águas subterrâneas por agroquímicos.

Em um trabalho conduzido por Andrade et al. (2004a), monitorou-se, com o uso de três lisímetros (L4, L6 e L7 no Gráfico 1A), a percolação semanal do fluxo de retorno da irrigação de milho em um Latossolo com o objetivo de determinar as concentrações e avaliar perdas de nitrogênio (N), via lixiviação, nas formas de amônio e nitrato. No Gráfico 1A, observaram-se baixas concentrações iniciais de amônio na água percolada dos três lisímetros, aproximadamente entre 0,5 e 1,5 mg/L, mesmo com o excesso de irrigação e de chuvas (716 mm), verificado no L7. Entretanto, aproximadamente dos 60 aos 110 dias após plantio (DAP), pôde-se constatar aumento da concentração de amônio na água percolada, atingindo picos próximos de 2,0 mg/L.

Com relação ao nitrato (Gráfico 1B), após um pico de lixiviação que ocorreu aos 14 dias depois da cobertura, iniciou-se, nos L 4 e L 6, uma fase de decréscimo da concentração de nitrato no percolado, que se estendeu até os 75 DAP. Contrariamente, no caso do L 7 (com lâmina excessiva de água), foram constatados vários eventos com concentrações de nitrato no percolado acima de 10 mg/L, que é o limite máximo aceitável para água potável (BRASIL, 2004).

O pico de perda de N mineral (nitrato + amônio) ocorreu aos 14 DAP, nos três tratamentos, antecipando-se à época de maior concentração de nitrato no percolado (Gráfico 1B). No L 6, que recebeu 561 mm de água, as perdas praticamente cessaram aos 48 DAP, enquanto, no L 7, que recebeu excesso de água, as perdas estenderam-se até os 110 DAP. Nesse tratamento, a perda de N mineral foi de 23,2 kg/ha, equivalente a 17,6% dos 132 kg/ha de N aplicados. Nos tratamentos que receberam irrigação normal ou déficit, as perdas foram menores que 3%.

Considerando-se a profundidade de amostragem do percolado de 1,5 m e a do

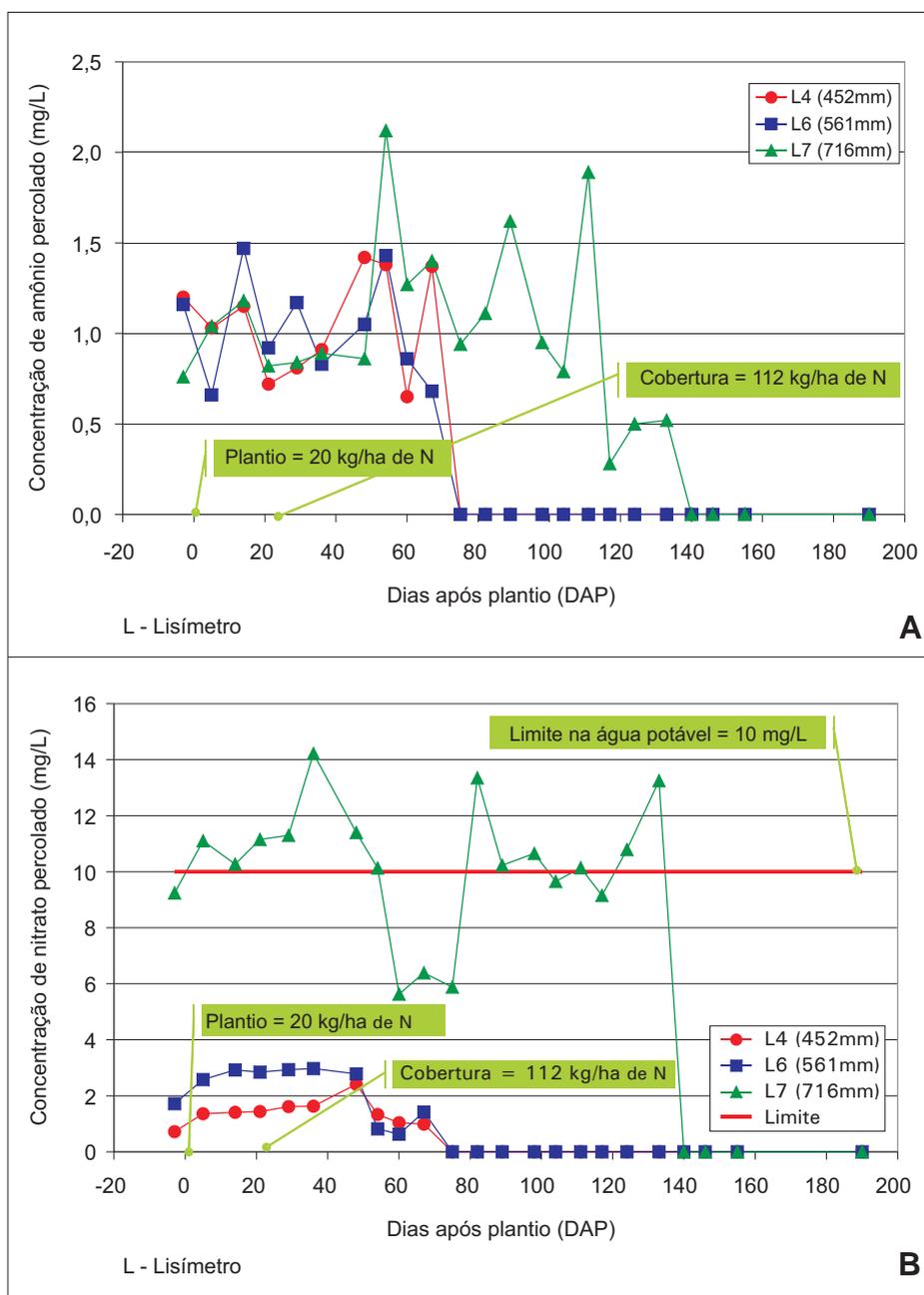


Gráfico 1 - Concentração de amônio e de nitrato na água percolada ao longo do ciclo da cultura do milho - Sete Lagoas, MG, 2002

NOTA: Gráfico 1A - Concentração de amônio. Gráfico 1B - Concentração de nitrato.

lençol freático de boa parte das regiões produtoras de milho, pode-se assumir que o risco de contaminação das águas subterrâneas por amônio ainda é baixo, pois somente com o excesso de irrigação houve perdas maiores. Todavia, os resultados observados demonstraram a importância da qualidade da irrigação para reduzir problemas de contaminação da água subterrânea por nitrato.

O excesso de irrigação causou a lixiviação de $N-NO_3$ acima do limite aceitável para água potável, que é de 10 mg/L. A presença de nitrato no percolado foi observada durante todo o ciclo da cultura do milho irrigado. Já as concentrações mais elevadas foram observadas no início do ciclo.

Andrade et al. (2004b) monitoraram também a percolação do herbicida atrazina no fluxo de retorno da irrigação, utilizando

a mesma bateria de lisímetros, conforme ilustrado no Gráfico 2A. Mesmo nos tratamentos que receberam irrigação normal (L 6, 561 mm) e com déficit (L 4, 452 mm), foram observados picos de concentração elevada do herbicida na água percolada, indicando que essa molécula movimentou-se com a água, por fluxo preferencial, por meio de poros grandes ou de orifícios deixados por raízes e mesofauna, comuns no Sistema Plantio Direto (SPD) (Gráfico 2A).

Valores de concentração de atrazina acima de 2 µg/L – limite tolerado para água potável (BRASIL, 2004) – foram observados durante quase todo o ciclo da cultura (Gráfico 2A). Picos de mais de 60 µg/L foram detectados no L 4 e L 6, nos quais mediram-se taxas pequenas de percolação profunda (ANDRADE et al., 2004b).

Nota-se que, quanto maiores as lâminas de irrigação, mais atrazina é lixiviado, embora os valores acumulados representem menos de 1% da quantidade de herbicida aplicada por unidade de área (Gráfico 2B). Mesmo nos tratamentos que receberam irrigação normal ou com déficit, picos com concentrações elevadas de atrazina foram observados ao longo do ciclo da cultura do milho irrigado, indicando o efeito do fluxo preferencial da água no transporte dessa molécula. Quantidades de atrazina acumuladas ao longo do período de estudo indicam que menos de 1% do total aplicado na superfície do solo foi lixiviado. Vale chamar a atenção para a dose de aplicação de atrazina, que foi de 2,7 kg/ha (Gráfico 2A).

Trabalho semelhante foi conduzido por Azevedo, Kanwar e Pereira (1998), em Portugal, onde foi observada a concentração de atrazina ao longo do perfil de dois solos irrigados em complementação à chuva e cultivados com milho. Um dos solos era de textura franco-siltosa e o outro de textura arenosa, os quais receberam aplicação de atrazina em doses de 1,2 kg/ha e 1,0 kg/ha, respectivamente. Em ambos os solos foram coletadas amostras periódicas a cada 10 cm, até a profundidade de 60 cm.

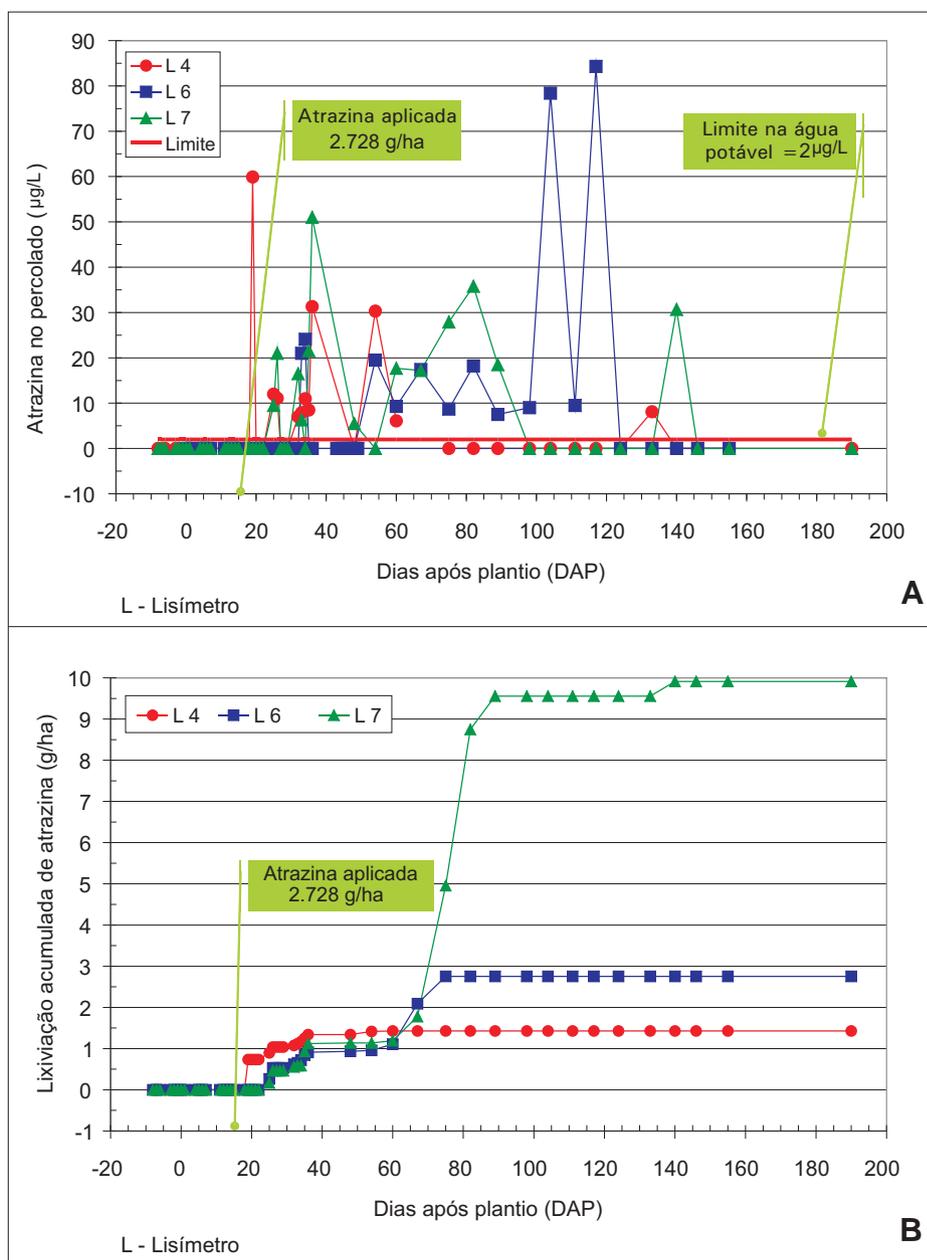


Gráfico 2 - Concentração do herbicida atrazina e lixiviação acumulada ao longo do ciclo da cultura do milho - Sete Lagoas, MG, 2002

NOTA: Gráfico 2A - Atrazina no percolado. Gráfico 2B - Lixiviação acumulada de atrazina.

No caso do solo de textura mais fina, sua capacidade de retenção de água mais favorável requereu um total de quatro eventos de irrigação, acumulando 272 mm de irrigação complementar a uma pluviosidade de 115 mm. Como consequência, a maior parte do herbicida foi degradada ao longo do primeiro mês de cultivo, ficando a maioria restante contida nos primeiros 15 a 20 cm do perfil, não havendo lixiviação significativa do agroquímico.

Diferentemente, o solo de textura arenosa requereu um regime de irrigação mais frequente, totalizando 19 eventos e acumulando 710 mm de irrigação suplementar. A combinação de alta velocidade de infiltração desse solo com o excesso de água aplicada em suplementação provocou grande movimentação do herbicida ao longo do perfil e, consequentemente, lixiviação abaixo da zona radicular.

Ao traçar uma analogia entre os dois

trabalhos citados, embora em regiões distintas, vale ressaltar que, do ponto de vista das características físico-hídricas, os solos de Cerrado do estudo de Andrade et al. (2004b) têm altas taxas de infiltração, muitas vezes semelhantes a solos arenosos do trabalho apresentado por Azevedo, Kanwar e Pereira (1998). Ainda que não se disponha das velocidades de infiltração de ambos os solos, é possível vislumbrar que a existência de alta infiltração, combinada com lâminas excessivas de água, pode contribuir significativamente para a lixiviação de atrazina. E o limite permitido da concentração desse herbicida na água potável (2 µg/L) é consideravelmente baixo (BRASIL, 2004).

PROBLEMAS DE QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

A qualidade da água de irrigação pode variar significativamente, conforme o tipo e a quantidade de sais dissolvidos. À medida que o conteúdo de sais aumenta, agravam-se os problemas do solo e das culturas, sendo necessária a adoção de estratégias de manejo para alcançar produtividades aceitáveis das culturas.

Os problemas de solo mais comuns, usados para avaliar os efeitos da qualidade da água, são salinidade, velocidade de infiltração, toxicidade e outros.

Salinidade

Toda água de irrigação contém sais dissolvidos, originados pela passagem sobre a superfície e ao longo do perfil do solo; e a água de chuva também contém alguns sais. Esses sais estão geralmente em concentrações muito baixas na água. No entanto, a evaporação da água da superfície do solo deixa os sais para trás. É provável que isto se torne um sério problema em solos maldrenados, quando as águas subterrâneas estão a 3 m ou menos da superfície, dependendo do tipo de solo. Nesses casos, a água sobe até a superfície pela ação da capilaridade, ao invés de percolar para baixo através do perfil do solo, e depois evapora da superfície. Salinização é um

problema mundial, particularmente agudo nas zonas semiáridas, onde se utilizam grandes quantidades de água de irrigação e, geralmente, são maldrenadas.

A salinidade é frequentemente associada com a elevação dos lençóis freáticos resultante da irrigação em excesso e drenagem deficiente, em perímetros irrigados de larga escala. Como resultado, os lençóis freáticos rasos trazem sais para as camadas superiores do perfil do solo.

Um problema de salinidade existe se o sal acumula na zona radicular da cultura a uma concentração que provoca perda na produtividade. Em áreas irrigadas, esses sais geralmente originam-se de uma solução salina, lençol freático alto ou a partir de sais na água aplicada. As reduções na produção ocorrem quando os sais acumulam-se na zona da raiz, de tal forma que a cultura já não é capaz de extrair água suficiente da solução do solo, resultando em um estresse hídrico por um período significativo. Se a absorção de água é consideravelmente reduzida, a planta diminui sua taxa de crescimento. Os sintomas observados nas plantas são de aparência similar aos de seca, como murchamento ou uma cor mais escura, verde-azulada e, por vezes, as folhas adquirem aspecto espesso, graxoso. Os sintomas variam de acordo com o estágio de crescimento, sendo mais perceptíveis se os sais afetarem a planta durante os estádios iniciais de crescimento. Em alguns casos, os efeitos moderados do sal podem passar completamente despercebidos, por causa de uma redução uniforme do crescimento em toda a área (STOCKLE, 2001).

Sais que contribuem para o problema de salinidade são solúveis em água e facilmente transportados pela água. Uma parte dos sais que se acumulam de irrigações prévias pode ser movida para abaixo da profundidade das raízes (lixiviação), se uma lâmina adicional de irrigação infiltra-se no solo. A lixiviação é a chave para controlar um problema de salinidade da água relacionado com a qualidade. A quantidade necessária de lixiviação é dependente da

qualidade da água de irrigação e da tolerância à salinidade da cultura cultivada.

O teor de sal da zona das raízes varia com a profundidade. A variação é aproximadamente igual ao teor da água de irrigação, perto da superfície do solo, até muitas vezes a mesma concentração inicial da água aplicada, ao atingir a parte inferior do sistema radicular. A cultura não responde exatamente aos extremos de salinidade baixa ou alta na zona radicular, mas sim a um efeito integrado da disponibilidade e absorção da água de onde é mais prontamente disponível. O calendário de irrigação é, portanto, importante na manutenção de uma boa disponibilidade de água no solo. Para as culturas irrigadas com menor frequência, como é normal quando se utilizam os métodos de superfície e aspersão convencional, a colheita é mais bem correlacionada com a salinidade média na zona de raiz, mas para as culturas irrigadas diariamente ou quase diariamente (irrigação localizada), as colheitas são mais bem correlacionadas com a salinidade média ponderada da água na zona radicular (RHOADES, 1982).

Na agricultura irrigada, muitos problemas de salinidade estão associados ou fortemente influenciados por um lençol freático superficial (no perfil de 2 m da superfície). Sais acumulam-se no lençol freático e isso frequentemente torna-se uma importante fonte adicional de sal que se move para cima na zona radicular das culturas. O controle de um lençol freático superficial existente é, portanto, essencial para o controle da salinidade e o sucesso da agricultura irrigada no longo prazo. Se a drenagem for adequada, o controle de salinidade requer simplesmente um bom manejo para garantir o abastecimento necessário às culturas e à lixiviação suficiente dos sais dentro dos limites de tolerância da cultura.

Taxa de infiltração de água no solo

Um problema de infiltração relacionado com a qualidade da água ocorre,

quando a taxa de infiltração aplicada ou de precipitação é sensivelmente reduzida e a água permanece na superfície do solo por muito tempo sem suprir suficientemente a cultura para manter rendimentos aceitáveis. Embora a taxa de infiltração de água no solo varie muito e possa ser influenciada pela qualidade da água de irrigação, outros fatores do solo, como estrutura, grau de compactação, teor de matéria orgânica (MO) e composição química também podem influenciar fortemente nessa variação.

Os dois fatores mais comuns de qualidade da água que influenciam a taxa de infiltração são a salinidade (quantidade total de sais solúveis na água) e seu teor de sódio em relação ao teor de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (alcalinidade ou sodicidade). A alta salinidade da água irá aumentar a infiltração. A água alcalina (normalmente de baixa salinidade) ou a água com elevada relação sódio/cálcio diminuem a infiltração. Ambos os casos podem ocorrer ou interagir-se ao mesmo tempo.

Problemas secundários também ocorrem, originados de irrigações prolongadas que alcançam a infiltração de lâmina maior. Dentro desses problemas incluem a formação de crostas em canteiros, desenvolvimento de plantas daninhas, distúrbios nutricionais e inundação, podridão de sementes e desenvolvimento vegetativo insuficiente nas partes baixas. A ocorrência de altos teores de sódio pode causar a dispersão de partículas, que obstruem os poros do solo e criam uma camada pouco permeável.

Toxicidade

Problemas de toxicidade podem ocorrer, se determinados componentes, (íons) do solo ou da água, são absorvidos pela planta e acumulam-se em concentrações elevadas o suficiente para causar danos às culturas ou diminuição do rendimento. O grau de dano depende da absorção e da sensibilidade da cultura. As culturas perenes são as mais sensíveis. Danos muitas vezes ocorrem com concentração de

íons relativamente baixa para as culturas sensíveis, manifestados por queimaduras nas primeiras folhas marginais e clorose entre as nervuras foliares. Se o acúmulo é grande o suficiente, o resultado é uma diminuição do rendimento. As culturas anuais mais tolerantes não são sensíveis a baixas concentrações, mas quase todas as culturas serão danificadas ou mortas, se as concentrações são suficientemente elevadas.

A toxicidade pode também ocorrer pela absorção direta dos íons tóxicos por meio das folhas irrigadas por aplicações aéreas (aspersão ou microaspersão). Sódio e cloreto são íons primários absorvidos pelas folhas, e a toxicidade de um ou de ambos pode ser um problema com determinadas culturas sensíveis, tais como citros.

Outros problemas

Vários outros problemas, relacionados com a qualidade da água de irrigação, ocorrem com frequência. Nestes incluem as altas concentrações de N na água de irrigação, as quais podem causar crescimento vegetativo excessivo, maturidade tardia e tendência ao acamamento. Manchas em folhas e frutos provocadas por depósitos de sais, em consequência da irrigação por aspersão com água que contém altos teores de bicarbonato, gesso ou ferro. E, ainda, problemas associados a pH anormal da água.

Um dos problemas específicos enfrentados por alguns agricultores que praticam a irrigação é a deterioração dos equipamentos por corrosão ou incrustação, pelos elementos presentes na água. Esse problema é mais grave para poços e bombas, mas, em algumas áreas, a água de má qualidade também pode danificar o equipamento de irrigação e os canais.

Em áreas onde existe risco potencial de doenças como a malária, a esquistossomose e a filariose linfática, os problemas devem ser considerados com outros relacionados com a qualidade da água. A incidência de vetores (mosquitos) geralmente origina-se

de um problema secundário relacionado com a baixa taxa de infiltração de água, a utilização de águas residuais para irrigação, ou a má drenagem.

A presença de sedimentos minerais e substâncias orgânicas em suspensão pode causar problemas em sistemas de irrigação, por entupimento de comportas, aspersores e gotejadores, e danos às bombas, se filtros não forem usados para excluí-los. Comumente, os sedimentos tendem a assorear canais e valas e requerer serviços caros de dragagem, além de causar problemas de manutenção. Os sedimentos também tendem a reduzir ainda mais a taxa de infiltração de água do solo, às vezes já pouco permeável.

DIRETRIZES SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA

Diretrizes para avaliar a qualidade da água de irrigação são apresentadas no Quadro 1 (AYERS; WESTCOT, 1994). Enfatizam a influência, a longo prazo, da qualidade da água na produção agrícola, as condições e o manejo do solo agrícola. Foram preparadas pelo Comitê de Consultores da Qualidade da Água, da Universidade da Califórnia, em 1974, em colaboração com a equipe do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos. Essas diretrizes são o primeiro passo para apontar as limitações da qualidade da água, para uma grande quantidade de condições encontradas na agricultura irrigada, porém, podem-se fazer ajustes, quando se têm circunstâncias peculiares.

DEMANDA DE INTERVENÇÃO

O cenário existente aponta para uma necessidade de focar a água como insumo estratégico e recurso natural limitado. Do ponto de vista de insumo estratégico, a ênfase maior deve ser colocada no seu uso e, portanto, requer racionalização, para evitar perdas em quantidade (desperdício) e qualidade (contaminação). Do ponto de vista do recurso natural limitado, o foco deverá ser centrado na produção e preservação de

QUADRO 1 - Diretrizes para interpretação de indicadores de qualidade da água para irrigação¹

Problema potencial na irrigação	Unidade	Grau de restrição ao uso		
		Nenhum	Leve a moderado	Severo
Salinidade (afeta a disponibilidade de água para as culturas) ⁽²⁾				
CEa	dS/m	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
TDS	mg/L	< 450	450 – 2000	> 2000
Infiltração (afeta a velocidade de infiltração da água no solo. Avaliar usando CE _a e RAS juntas) ⁽³⁾				
RAS = 0 – 3	CE _a =	> 0.7	0.7 – 0.2	< 0.2
= 3 – 6	=	> 1.2	1.2 – 0.3	< 0.3
= 6 – 12	=	> 1.9	1.9 – 0.5	< 0.5
= 12 – 20	=	> 2.9	2.9 – 1.3	< 1.3
= 20 – 40	=	> 5.0	5.0 – 2.9	< 2.9
Toxicidade de ions específicos (afeta culturas sensíveis)				
Sódio (Na) ⁽⁴⁾				
Irrigação por superfície	RAS	< 3	3 – 9	> 9
Irrigação por aspersão	me/L	< 3	> 3	
Cloro (Cl) ⁽⁴⁾				
Irrigação por superfície	me/L	< 4	4 – 10	> 10
Irrigação por aspersão	me/L	< 3	> 3	
Boro (B) ⁽⁵⁾	mg/L	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
Efeitos diversos (afetam culturas suscetíveis)				
Nitrogênio (NO ₃ - N) ⁽⁶⁾	mg/L	< 5	5 – 30	> 30
Bicarbonato (HCO ₃) (apenas aspersão convencional)	me/L	< 1.5	1.5 – 8.5	> 8.5
pH		Faixa normal: 6.5 – 8.4		

FONTE: Ayers e Westcot (1994).

(1) Adaptado do Comitê de Consultores da Universidade da Califórnia 1974. (2) CEa significa condutividade elétrica, uma medida da salinidade da água, em deciSiemens por metro (dS/m) a 25 °C, ou em unidades de millimhos por centímetro (mmho/cm). Ambos são equivalentes. TDS representa os sólidos totais dissolvidos, informados em miligramas por litro (mg/L). (3) RAS significa razão de adsorção de sódio. Pode causar redução na infiltração do solo, dependendo do nível de salinidade (CE_a). Os dois indicadores têm efeito opostos na infiltração. (4) Na irrigação por superfície, as árvores e plantas lenhosas são sensíveis ao sódio e cloreto. A maioria das culturas anuais não são tão sensíveis. Existem tabelas mais completas para várias culturas (AYERS; WESTCOT, 1994). (5) Para tolerância ao boro, existem tabelas mais específicas (AYERS; WESTCOT, 1994). (6) NO₃-N significa nitrogênio nitrato apresentado em termos do elemento nitrogênio. NH₄-N e N-orgânico devem ser incluídos quando águas residuárias são testadas.

água de boa qualidade. A Figura 1 procura esquematizar esse conceito.

O aspecto da gestão de recursos hídricos merece especial atenção na busca de soluções para o cenário descrito. Para alcançar tal objetivo, a gestão dos recursos deverá estar apropriadamente focada nas prioridades identificadas. Segundo Brito, Couto e Santana (2002), os focos deverão tratar de:

- gestão da demanda (racionalização do uso);
- gestão da oferta (produção de água);
- gestão da qualidade (conservação/prevenção).

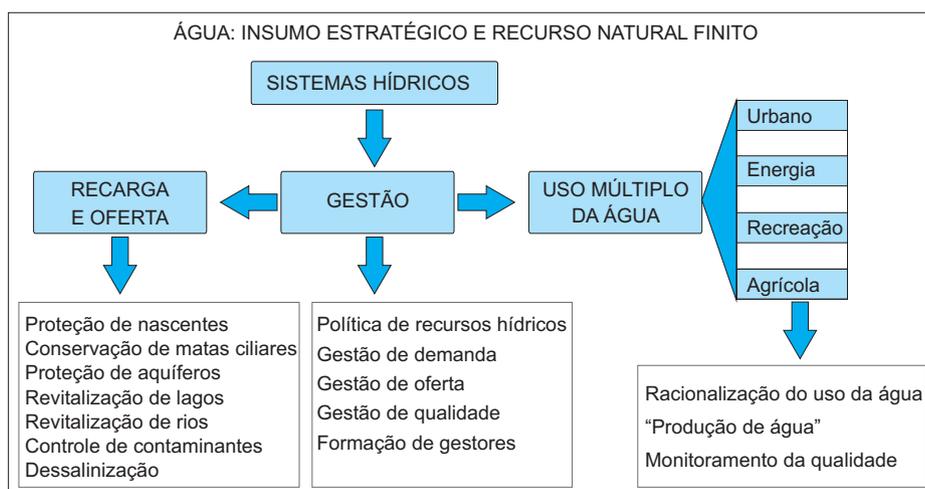


Figura 1 - Diagrama ilustrativo da água como insumo estratégico e recurso natural finito
FONTE: Brito, Couto e Santana (2002).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um programa enfocando água na agricultura deve ter a qualidade da água como um dos seus focos principais. A água, do ponto de vista das atividades agrícolas ou rurais, precisa ser vista em dois momentos, ou em duas posições: a montante e a jusante.

A água a montante é aquela que será usada na agricultura ou na atividade rural e, portanto, constitui seu insumo maior. A agricultura, enquanto principal usuária, enfatiza a qualidade tendo em vista a adequabilidade do insumo para sua produção. Dentro desse enfoque, as exigências estão voltadas para questões relacionadas com parâmetros como pH, dureza, salinidade, presença de elementos ou organismos nocivos à produção agrícola e/ou pecuária e à saúde da população rural.

Outra característica peculiar à água a montante é o volume a ser usado, que, no caso da maior usuária, trata-se de grandes volumes.

A água a jusante é aquela que já foi utilizada, ou eliminada, no processo de produção agropecuária. Conhecida como o fluxo de retorno, que é a parcela que percola através da zona radicular e aquela que é perdida por escoamento superficial. No caso da agricultura irrigada, onde se utilizam sistemas de aspersão, há ainda uma pequena fração que se perde por deriva (vento). Como a maior parte do volume usado é evapotranspirado e retorna à atmosfera, o volume do fluxo de retorno é muito menor que o volume que foi derivado a montante.

Existem dois enfoques importantes:

- a) racionalização do uso do insumo, para evitar perdas controláveis;
- b) preservação da qualidade do fluxo de retorno enquanto recurso natural, que irá retornar ao sistema hídrico, para os lençóis freáticos e/ou os mananciais a jusante. Os parâmetros envolvidos nessa fase estão relacionados com os possíveis usos

por usuários posteriores, que podem ser também de uso agrícola ou não. Portanto, o conceito de qualidade será diferenciado, tanto em termos de parâmetros químicos, físicos e biológicos, quanto em termos de concentração desses parâmetros.

Com base no exposto, três linhas são sugeridas como prioridades para estudos/pesquisas futuros:

- a) reutilização de águas residuais, incluindo o uso de processos de dessalinização de águas salobras, no Semiárido, em pequenas propriedades rurais. Se por um lado alivia a escassez de água para o consumo humano e animal, por outro lado apresenta o desafio quanto ao manejo do rejeito salino;
- b) monitoramento da qualidade da água de mananciais que suprem sistemas agrícolas ou que recebem seus fluxos de retorno. Adquire considerável importância, ao detectar possíveis efeitos nocivos e sugerir intervenções preventivas ou corretivas;
- c) estudos sobre toxidez causada por substâncias ou elementos presentes em águas a montante ou a jusante de áreas agrícolas, que possam contaminá-las ou ser contaminadas, passam a merecer alta prioridade, principalmente no contexto ambiental.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, C. L. T. et al. Dinâmica de água e soluto em um latossolo cultivado com milho irrigado: 2 - lixiviação de nitrogênio. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 14.; ENCONTRO LATINOAMERICANO DE IRRIGAÇÃO, DRENAGEM E CONTROLE DE ENCHENTES, 1., 2004, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre : ABID, 2004a.

_____. et al. Dinâmica de água e soluto em um latossolo cultivado com milho irrigado: 3 - lixiviação de atrazine. In: CON-

GRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 14.; ENCONTRO LATINOAMERICANO DE IRRIGAÇÃO, DRENAGEM E CONTROLE DE ENCHENTES, 1., 2004, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre : ABID, 2004b.

ANVISA. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Norma de qualidade da água para consumo humano. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, 26 mar. 2004. Seção 1, p.266.

AYERS, S.; WESTCOT, D.W. **Water quality for agriculture**. 3rd. ed. Rome: FAO, 1994. 153p. (FAO. Irrigation and Drainage. Paper, 29R).

AZEVEDO, A. S.; KANWAR, R. S.; PEREIRA, L. S. Assessing atrazine in irrigated soil profiles. In: PEREIRA, S.; GOWING, J.W. (Ed.). **Water and the environment: innovative issues in irrigation and drainage**. London: E & FN Spon, 1998. p.12-19.

BRITO, R. A. L. Disponibilidade e produtividade da água: um desafio para o século 21. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS NO SEMI-ÁRIDO MINEIRO 1., 2007, Janaúba. **Anais...** Desenvolvimento sustentável regional. Montes Claros : UNIMONTES, 2007. v.1, p.47-56.

_____; COUTO, L.; SANTANA, D. P. Agricultura irrigada, recursos hídricos e produção de alimentos: uma interação produtiva e positiva. **ITEM: Irrigação & Tecnologia Moderna**, Brasília, n. 55, p.64-69, 2002.

MOLLE, F.; BERKOFF, J. **Cities versus agriculture: revisiting intersectoral water transfers, potential gains and conflicts**. Colombo, Sri Lanka: IWMI, 2006. 70p. (Comprehensive Assessment Research Report, 10).

REBOUÇAS, A. C. **Uso inteligente da água**. São Paulo: Escrituras, 2004. 207p.

RHOADES, J. D. Reclamation and management of salt-affected soils for drainage. In: ANNUAL WESTERN PROVINCIAL CONFERENCE ON RATIONALIZATION OF WATER AND SOIL RESEARCH AND MANAGEMENT, 1., 1982, Alberta, Canada. [**Proceedings**]... Alberta, 1992. p.12-197.

STOCKLE, C. O. **Environmental impact of irrigation: a review**. Pullman: Washington State University, 2001. 15p.

Fertirrigação

*Eugênio Ferreira Coelho*¹
*Édio Luiz da Costa*²
*Ana Lucia Borges*³
*Torquato Martins de Andrade Neto*⁴
*José Maria Pinto*⁵

Resumo - A fertirrigação, técnica de aplicar fertilizantes via água de irrigação, difere significativamente da aplicação via solo, em especial por acelerar o ciclo dos nutrientes utilizados. A disponibilidade de fertilizantes solúveis no mercado, o custo de mão de obra rural na adubação convencional, o constante incremento de área irrigada no Brasil, sob irrigação pressurizada, tudo isso tem incentivado os produtores a adotarem a fertirrigação, uma vez que os custos de implantação, comparados aos custos totais, viabilizam o seu uso. O conhecimento da dinâmica de íons no solo, principalmente do nitrogênio (N) e do potássio (K), tem permitido estabelecer critérios de aplicação desses nutrientes ao solo pela fertirrigação. O conhecimento da necessidade de nutrientes pelas culturas, da marcha de absorção desses nutrientes durante o ciclo, da frequência mais adequada de aplicação desses nutrientes permite determinar a quantidade de fertilizantes e a fase do ciclo em que esses devem ser aplicados. Além disso, é preciso conhecer também o volume de água necessário para compor a solução a ser injetada no sistema de irrigação. A fertirrigação necessita, entretanto, de acompanhamento e avaliação contínua, a fim de evitar impactos negativos ao solo pelo uso indevido da técnica. Isso pode ser feito por meio de acompanhamento da condutividade elétrica da solução ou do extrato de saturação do solo.

Palavras-chave: Manejo de água. Fertilizante. Equipamento. Bomba de irrigação. Tanque fertilizante.

INTRODUÇÃO

A fertirrigação é uma técnica que viabiliza o uso racional de fertilizantes na agricultura irrigada, uma vez que aumenta a eficiência do seu uso, reduz a mão de obra e o custo com máquinas, além de flexibilizar a época de aplicação, podendo ser fracionada conforme a necessidade da cultura. Na fertirrigação, o tempo de chegada do fertilizante às raízes das plantas é

significativamente reduzido, em razão de o fertilizante encontrar-se misturado na água que será aplicada ao solo compondo sua solução nutritiva. Na aplicação convencional, os nutrientes sólidos são depositados próximo da planta e na superfície do solo e há necessidade de chuva ou irrigação para entrarem na solução do solo, podendo ou não ser interceptados pelo sistema radicular. Mas, muitas vezes, esses fertilizantes sólidos são depositados em posições que

podem não corresponder à região do solo de maior concentração de raízes.

Este artigo objetiva expressar conhecimentos e experiências sobre o uso da fertirrigação nas condições edafoclimáticas do Brasil.

ASPECTOS BÁSICOS

O sucesso da fertirrigação depende da distribuição de água às plantas, o que deve ocorrer o mais uniforme possível, uma vez

¹Eng^o Agrícola, Ph.D., Pesq. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Caixa Postal 007, CEP 44380-000 Cruz das Almas-BA. Correio eletrônico: ecoelho@cnpmf.embrapa.br

²Eng^o Agrícola, D.Sc., Pesq. EPAMIG Centro-Oeste/Bolsista FAPEMIG, Caixa Postal 295, CEP 35701-970 Prudente de Morais-MG. Correio eletrônico: edio.costa@epamig.br

³Eng^a Agr^a, D.Sc., Pesq. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Caixa Postal 007, CEP 44380-000 Cruz das Almas-BA. Correio eletrônico: analucia@cnpmf.embrapa.br

⁴Eng^o Agr^o, D.Sc. Correio eletrônico: andradeneto@hotmail.com

⁵Eng^o Agrícola, Dr., Pesq. Embrapa Semiárido, Caixa Postal 23, CEP 56302-970 Petrolina-PE. Correio eletrônico: jmpinto@cpatsa.embrapa.br

que os nutrientes são dissolvidos na água e, se houver desuniformidade da água aplicada, haverá desuniformidade na distribuição de nutrientes, isto é, as plantas receberão quantidades diferentes. Na irrigação por aspersão, coeficientes de uniformidade de distribuição (UD) acima de 85% são possíveis em condições especiais de aspersão convencional, minimizando a variação entre a vazão dos emissores e com um espaçamento entre aspersores que permita tal coeficiente, dentro de determinadas condições meteorológicas. Os sistemas de pivô central dos tipos low elevation spray application (LESA), medium elevation spray application (MESA) e low energy precision application (LEPA) enquadram-se em valores de coeficientes de uniformidade iguais ou superiores a 85%. Karmeli e Keller (1975) sugerem uma variação máxima de 5% na vazão dos emissores. Na irrigação localizada, o uso de emissores autocompensantes garante uma vazão uniforme na linha lateral, minimizando o efeito da variação de pressão.

A fertirrigação é mais recomendada para os sistemas de irrigação localizada (BRESLER, 1977; HERNÁNDEZ ABREU et al., 1987). A fertirrigação ajusta-se muito melhor ao sistema de gotejamento que ao de microaspersão, em razão de, no gotejamento, o sistema radicular da cultura coincidir com as regiões de maiores valores de umidades do volume molhado gerado por um ou mais gotejadores, otimizando, com isso, o aproveitamento dos fertilizantes. Na microaspersão, isso ocorre quando se usa um microaspersor por planta ou uma faixa molhada contínua. No gotejamento, todo o volume aplicado infiltra em uma pequena área, gerando um volume molhado menor, com níveis de umidade internos que podem chegar próximo ou à saturação temporária. Nesse caso, os fertilizantes dissolvidos tendem a suprir a adsorção das micelas, permitindo maior avanço dos nutrientes no solo em profundidade ou em distância do emissor, a depender da sua vazão e do tipo de solo. Na microaspersão, e de forma mais agravante

na aspersão, o volume de solo molhado é significativamente maior. Isto resulta em menores valores de umidade ao longo da área molhada, com menor quantidade de íons em solução, insuficiente para atender à adsorção do solo, limitando o avanço desses íons em profundidade (BAR-YOSEF, 1999).

É comum o uso de um microaspersor para quatro plantas, no caso de fruteiras, como a bananeira e o mamoeiro, cujo emissor é posicionado no centro das quatro plantas. A distribuição individual da água, próxima ao entorno do microaspersor, tende a seguir uma distribuição tipo sino, com lâminas mais elevadas próximas deste e menor, à medida que se afasta do emissor. A distribuição do fertilizante em solução segue a da lâmina de irrigação. Dependendo da vazão e do raio de ação do emissor e do espaçamento entre plantas, se estas estiverem numa posição onde a lâmina de irrigação é reduzida, os íons em solução poderão não ser suficientes para atender à adsorção do solo, ficando indisponíveis à absorção pelas raízes. No uso de um emissor para quatro plantas, deve-se ater ao espaçamento entre plantas que deve ser, de preferência, em fileiras duplas e à escolha de um emissor que tenha um raio de ação suficiente para aplicar as quantidades necessárias de fertilizantes no entorno das plantas.

A distribuição dos solutos na solução do solo nos diferentes pontos do perfil entre dois eventos de fertirrigação depende da mobilidade desses e das reações com a matriz do solo a que estão sujeitos, isto é, do meio poroso, do nutriente (íon) e da fonte de aplicação. O transporte de solutos no solo está inserido no movimento de água e pode ser feito por:

- a) convecção: processo passivo de movimento de massas líquidas com solutos dissolvidos, em resposta a gradientes de potenciais, em que a água e o soluto movimentam-se à mesma taxa;
- b) difusão: resultante do movimento desordenado de moléculas, visa

equalizar as concentrações no meio poroso, onde os solutos se movem de regiões de maior concentração para a de menor concentração;

- c) dispersão: dá-se pelas diferenças e velocidades da água em capilares e poros de diferentes tamanhos e formas, o que causa uma mistura (dispersão) de soluções residentes em dadas regiões do solo com soluções que entram nessas regiões.

Os íons do solo movimentam-se por meio de fluxos convectivos e/ou dispersivos.

Os principais nutrientes aplicados via fertirrigação referem-se ao nitrogênio (N), potássio (K) e fósforo (P). Qualquer fonte de N aplicada resulta em íons de nitrato no perfil do solo, os quais são altamente solúveis em água e não adsorvidos às partículas do solo, o que os tornam altamente móveis, tanto por convecção como por difusão no solo. O P tem suas restrições à aplicação via água de irrigação, por sua característica de adsorção à matriz do solo, com conseqüente baixa mobilidade e enorme possibilidade de precipitação dos fosfatos (HAYNES, 1985; CHASE, 1985). Se aplicado na superfície do solo em forma sólida, não se move mais que 3 cm, porém, em condições de fertirrigação, pesquisas têm registrado movimento de 0,20 m, tanto horizontal como vertical em profundidade, a partir de um gotejador, num solo franco-arenoso (ROLSTON et al., 1979).

O K movimenta-se no solo conforme a sua concentração na solução deste e a capacidade de troca catiônica (CTC). Pesquisas têm mostrado que o K aplicado via gotejamento resulta em avanços laterais e verticais do nutriente de 0,60 m a 0,75 m de distância do emissor (ROLSTON et al., 1979). Avaliações da distribuição do K no volume molhado do solo gerado pela microaspersão, em bananeira, mostraram que as maiores incidências do nutriente e as suas maiores variações com o tempo ocorreram até 0,40 m de profundidade no perfil do solo (SILVA et al., 2002).

Um ponto a ser observado na fertirrigação é a dinâmica de íons no solo e o balanço catiônico-aniónico na solução do solo. Nesse balanço, um tipo de cátion ou ânion em excesso na solução poderá ser mais absorvido pelas raízes, limitando a absorção de outros cátions importantes (VIEIRA; COSTA; RAMOS, 2001). Caso se aplique N na forma de NH_4^+ , em excesso, isso provocará uma redução da absorção dos outros cátions, K^+ , Ca^{++} e Mg^{++} , bem como absorção acima do normal de fosfatos, sulfatos e cloretos. O aumento de NO_3^- na solução do solo provoca a redução da absorção do cloreto, fosfato e sulfatos e aumento da absorção de K^+ , Ca^{++} e Mg^{++} (BURT; O'CONNOR; RUEHR, 1995). Em casos de presença de Na^+ e Ca^{++} na solução do solo, em concentrações elevadas, inibe-se a absorção de K^+ .

FERTILIZANTES PARA FERTIRRIGAÇÃO

Os fertilizantes utilizados na fertirrigação devem-se adequar ao sistema de irrigação, às exigências das plantas, bem como apresentar alta solubilidade. O N é o nutriente mais aplicado em fertirrigação e pode-se apresentar nas formas químicas: nítrica [nitrito de cálcio – $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$; nitrito de potássio – KNO_2 ; nitrito de magnésio – $\text{Mg}(\text{NO}_2)_2$]; amoniacal [(DAP – $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$; MAP – $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$; sulfato de amônio – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$]; nítrica-amoniacal (nitrito de amônio – NH_4NO_2); amídica [ureia – $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$]. De modo geral, as fontes nitrogenadas apresentam alta solubilidade, elevado índice salino e alto índice de acidez (Quadro 1).

O P pode ser aplicado na forma de ácido fosfórico, fosfato monoamônico (MAP),

fosfato diamônico (DAP) e, mais recentemente, como monofosfato de potássio (MKP). Existe um alto risco de precipitação de fosfatos, como fosfato tricálcico, se as águas contiverem cálcio (Ca) e o pH for superior a 6,5.

Dentre as fontes de K, têm-se o cloreto, o sulfato e o nitrato de potássio (Quadro 2). O cloreto e o nitrato de potássio possuem alta solubilidade, enquanto o sulfato de potássio, além de pouco solúvel, possibilita a formação de sulfato de cálcio, ainda menos solúvel, quando a água de irrigação é rica em Ca e magnésio (Mg).

A melhor fonte de Ca para fertirrigação é o nitrato de cálcio (Quadro 1), por ser a mais solúvel. Nesse caso, recomenda-se adicionar ácido nítrico concentrado (0,3 L/kg de nitrato de cálcio), quando o pH da água de irrigação for superior a 6,5.

QUADRO 1 - Características dos fertilizantes nitrogenados utilizados na fertirrigação

Fertilizante	Concentração do nutriente (g/kg)		Solubilidade (g/L) a 20 °C	⁽¹⁾ Índice salino	⁽²⁾ Índice salino/ unidade	⁽³⁾ Índice de acidez/ basicidade
	N	Outros				
Ureia	450	-	780	75	1,63	71
Sulfato de amônio	205	240 de S	710	69	3,37	110
Nitrato de amônio	340	-	1.180	105	3,28	60
Nitrato de cálcio	140	280 de Ca	1.020	61	4,36	Básico (-20)
Nitrato de magnésio	110	95 de Mg	2.500	-	-	Básico
Nitrato de potássio	140	440 de K_2O	320	31	2,21	Básico (-15)
Nitrato de sódio	160	-	730	100	6,25	Básico (-29)
Uran	320	-	Alta	-	-	Ácido
Fosfato diamônico (DAP)	170	400 de P_2O_5	400	34	2,00	88
Fosfato monoamônico (MAP)	110	440-600 de P_2O_5	230	30	2,73	60
MAP purificado	120	440-610 de P_2O_5	370	30	2,73	60
Fosfato de amônio	60-100	300	Alta			
Fosfato de ureia	180	440 de P_2O_5	Alta			

FONTE: Vitti, Boaretto e Penteadó (1994) e Villas Bôas, Bull e Fernandes (1999).

(1)Relativo ao valor do índice salino do nitrato de sódio (NaNO_3) considerado como 100. (2)Índice salino dividido pelo teor de N no fertilizante x 10. (3)Quantidade de CaCO_3 necessária para neutralizar 100 kg do adubo (+) e "adicionadas" pela aplicação de 100 kg de adubo (-).

QUADRO 2 - Características dos fertilizantes potássicos utilizados na fertirrigação

Fertilizante	Concentração do nutriente (g/kg)		Solubilidade (g/L) a 20 °C	⁽¹⁾ Índice salino	⁽²⁾ Índice salino/ unidade	Índice de acidez/basicidade
	K ₂ O	Outros				
Cloreto de potássio	600	480 de Cl	340	115	1,92	Neutro
Sulfato de potássio	520	170 de S	110	46	0,88	Neutro
Nitrato de potássio	460	130 de N	320	74	1,68	Básico
Nitrato de sódio e potássio	140	140 de N	623	31	2,21	Básico
Sulfato de potássio e magnésio (K-Mg)	220	220 de S + 110 de Mg	290	43	1,95	-
Fosfato de potássio e magnésio	190	550 de P ₂ O ₅ + 48 de Mg	400	-	-	-
Monofosfato de potássio (MKP)	340	520 de P ₂ O ₅	230	8	0,24	Neutro

FONTE: Coelho (1994) e Vitti Boaretto e Penteado (1994).

(1)Relativo ao valor do índice salino do nitrato de sódio (NaNO₃) considerado como 100. (2)Índice salino dividido pelo teor de K₂O no fertilizante x 10.

A aplicação de Ca via água de irrigação é vantajosa para culturas que apresentam demanda elevada por este nutriente, como a mangueira e a videira.

O Mg pode ser suprido na forma de sulfato de magnésio (90-160 g de Mg/kg e 120-140 g de S/kg), pois apresenta alta solubilidade (710 g/L de água) e pH 6,5. Existem também o nitrato de magnésio (pH 6,0-7,0, CE 1,1 dS/m, densidade 1,4 g/mL) (Quadro 1) e o sulfato de potássio e magnésio (Quadro 2).

O enxofre (S), na forma de sulfato (SO₄²⁻), apresenta alta mobilidade no solo, como o N, existindo fontes solúveis para sua aplicação via fertirrigação. De maneira geral, o fornecimento desse nutriente é feito por meio de fertilizantes carreadores de macronutrientes primários (N, P e K). O sulfato de amônio (Quadro 1) e o sulfato de potássio (Quadro 2) são as fontes mais empregadas, existindo ainda o sulfato de magnésio. Na forma de fertilizante fluido existe a fórmula 20-00-00 + 4% S (sulfurran), que é obtida pela adição de sulfato de amônio ao uran. Os micronutrientes podem ser encontrados na forma de sais e quelatos (Quadro 3).

Micronutrientes como o zinco (Zn), ferro (Fe), cobre (Cu) e manganês (Mn) podem reagir com sais da água de irrigação e causar precipitação e entupimento. Neste

QUADRO 3 - Características dos fertilizantes contendo micronutrientes utilizados na fertirrigação

Fertilizante	Concentração de nutriente (g/kg)	Solubilidade (g/L)
Ácido bórico (H ₃ BO ₃)	160 de B	50
Bórax (Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O)	110 de B	50
Molibdato de amônio ((NH ₄) ₂ MoO ₄)	480 de Mo	400
Molibdato de sódio (Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O)	390 de Mo	560
Quelato de Fe (NaFeEDDHA)	60 de Fe	140
Quelato de zinco (Na ₂ ZnEDTA)	140 de Zn	-
Sulfato de cobre (CuSO ₄ .5H ₂ O)	250 de Cu	220
Sulfato de ferro (FeSO ₄ .7H ₂ O)	190 de Fe	240
Sulfato de manganês (MnSO ₄ .4H ₂ O)	280 de Mn	1.050
Sulfato manganoso (MnSO ₄ .3H ₂ O)	270 de Mn	742
Sulfato de zinco (ZnSO ₄ .7H ₂ O)	220 de Zn	750
Solubor (Na ₂ B ₈ O ₁₃ . 4H ₂ O)	200 de B	220

FONTE: Vitti Boaretto e Penteado (1994) e Villas Bôas, Büll e Fernandes (1999).

caso, são aplicados como quelatos, que são facilmente solúveis e causam poucos problemas de precipitação e entupimento.

Considerações gerais sobre fertilizantes para fertirrigação

Os fertilizantes empregados via água de irrigação são sólidos e líquidos (fluidos).

Os sólidos devem ser altamente solúveis e os nitrogenados são os mais utilizados (Quadro 1), como também as fontes potássicas, principalmente o cloreto e o nitrato, que apresentam maior solubilidade (Quadro 2). Os fertilizantes líquidos são apresentados em três formas:

- soluções claras: soluções puras ou perfeitas, empregadas tanto na

fertirrigação por aspersão quanto por gotejamento. As soluções nitrogenadas são as mais comuns, como o uran (320 g de N/L, pH 6,0-7,0, densidade 1,32 g/mL);

- b) soluções coloidais: soluções líquidas compostas, obtidas pela reação do ácido fosfórico com amônia;
- c) misturas em suspensão: mistura a frio, sem reação química, obtida a partir das formulações fluidas (32-00-00, 10-30-00, 6-30-00) em conjunto com cloreto de potássio.

As compatibilidades entre os fertilizantes na mistura de mais de um tipo de fertilizante devem ser consideradas, a fim de evitar a formação de precipitados dentro dos condutos de água do sistema de irrigação. A maioria das misturas é compatível, exceto o sulfato de amônio com nitrato de cálcio, nitrato de cálcio com sulfato de potássio ou com fosfato de amônio, ou com sulfatos de Fe, Zn, Cu e Mn, ou com ácido fosfórico ou ácido sulfúrico

O poder de corrosão dos fertilizantes é variável e pode afetar os equipamentos de fertirrigação. Os materiais plásticos são mais resistentes que os metais. A lavagem do sistema de irrigação com água pura, por aproximadamente 30 minutos, minimiza os riscos de corrosão. A temperatura da água, recomendada em torno de 20 °C e a pureza do fertilizante interferem na sua solubilidade. Os fertilizantes precisam ser solúveis para que a concentração final do nutriente na solução seja, de fato, a calculada, como também para não causar entupimentos nos emissores, principalmente nos gotejadores. Alguns problemas de salinidade podem surgir em razão do manejo inadequado do fertilizante, da quantidade aplicada e da sua escolha, bem como da qualidade da água de irrigação. Os índices salinos de alguns fertilizantes são apresentados nos Quadros 1 e 2. Fontes de nutrientes que tenham caráter ácido, no caso dos nitrogenados (Quadro 1), principalmente em fertirrigação por gotejamento, onde o fertilizante se encontra em zona restrita de solo molhado, geram um

efeito de acidificação mais intenso e podem promover a redução do pH em um único ciclo da cultura.

EQUIPAMENTOS PARA FERTIRRIGAÇÃO

Todo sistema de injeção de fertilizante requer um reservatório para dissolução dos produtos químicos, um sistema de agitação para estes produtos e deve resistir à corrosão causada pelos fertilizantes (Fig. 1). O volume mínimo do reservatório deve ser suficiente para a fertirrigação de uma unidade, sem que se requeira o reabastecimento. O volume do reservatório pode ser calculado pela seguinte fórmula:

Equação 1:

$$V = \frac{nQ \cdot A}{\text{sol}}$$

em que:

V = volume do reservatório, em m³;

n = número de aplicações ;

Q = quantidade de fertilizantes, em kg/ha;

A = área a fertirrigar, em ha;

sol = solubilidade do fertilizante, em kg/m³.

Tanque de derivação ou tanque fertilizante

Depósito onde se coloca a solução que se quer incorporar ao solo e que, uma vez fechado, alcança em seu interior a mesma pressão que a rede de irrigação. Por isso, o tanque deve ser capaz de suportar a pressão estática e dinâmica da rede. O normal é que resista à pressão de cerca de 300 kPa, como mínimo, ainda que se recomenda suportar uma pressão de trabalho próxima de 600 kPa. Esses dispositivos são colocados em paralelo em relação à tubulação de irrigação, sendo que a diferença de pressão da ordem de 10 e 50 kPa, entre a entrada e a saída do tanque de fertilizante, causadora do fluxo por meio do tanque, é conseguida por intermédio da instalação de um registro na linha principal do sistema, entre os pontos de saída para o tanque e de retorno do tanque (Fig. 2).

Para a injeção do fertilizante na tubulação de irrigação fecha-se o registro que está na linha principal, para que parte da água destinada à irrigação passe pelo tanque. Portanto, a vazão até o tanque pode ser regulada mediante o registro na linha principal. Como a vazão de água que entra no tanque é igual a vazão da solução de fertilizante que sai, evidentemente a



Figura 1 - Tanque para dissolução de fertilizantes

solução de fertilizante que fica no tanque vai-se diluindo com o tempo de funcionamento, assim como a concentração da solução incorporada à rede que também vai diminuindo.

Injetor tipo Venturi

A concentração da solução fertilizante no injetor tipo Venturi é constante no decorrer do tempo de aplicação. O princípio de funcionamento consiste no estrangulamento do fluxo da água de irrigação, que provoca aumento de velocidade e uma pressão negativa que causa a aspiração da solução fertilizante (Fig. 3 e 4).

A vantagem desses injetores de fertilizantes é a simplicidade do dispositivo, bem como seu preço, manutenção e durabilidade, além de não necessitar de uma fonte de energia especial. Como limitação, tem-se a grande perda de carga provocada pelo estrangulamento da tubulação, que pode variar de 10% a 50% da pressão de entrada, dependendo do modelo. Entretanto, existem soluções alternativas para contornar essa limitação, como a instalação do injetor com uma bomba auxiliar.

Bomba injetora

A solução fertilizante contida num reservatório aberto é introduzida ao sistema de irrigação com pressão superior à da água de irrigação, em concentração constante, por meio de uma bomba elétrica ou hidráulica. As bombas injetoras com motores elétricos são desenvolvidas para a injeção de fertilizantes. São bombas de deslocamento positivo, de pistom ou de membrana, acionadas por um motor elétrico de baixa potência, fabricada com materiais não corrosivos (Fig. 5).

Nas bombas de membrana, o elemento alternativo é um diafragma flexível que oscila por um dispositivo mecânico como nas bombas de pistom, ou pelas pulsações de pressão iniciadas em uma câmara de fluidos. Este tipo denomina-se acionamento hidráulico.

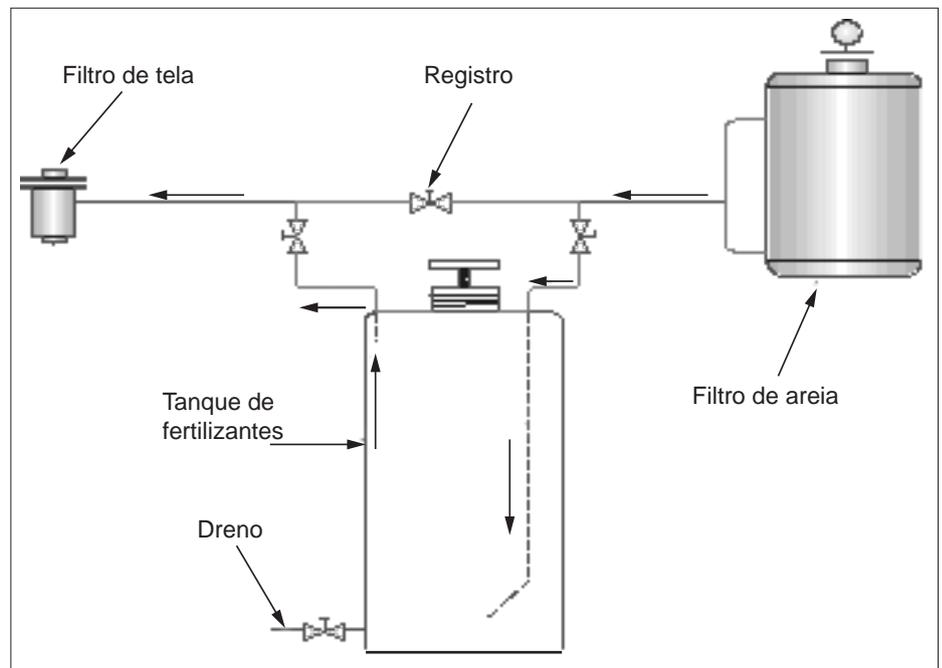


Figura 2 - Tanque de fertilizante

Clelis José Bezerra

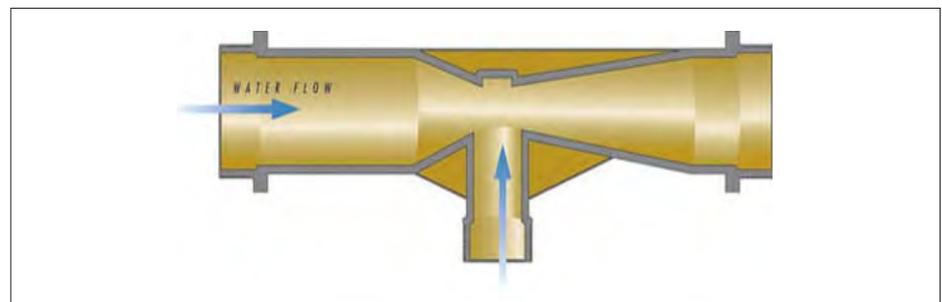


Figura 3 - Detalhe do sistema hidráulico Venturi

Clelis José Bezerra

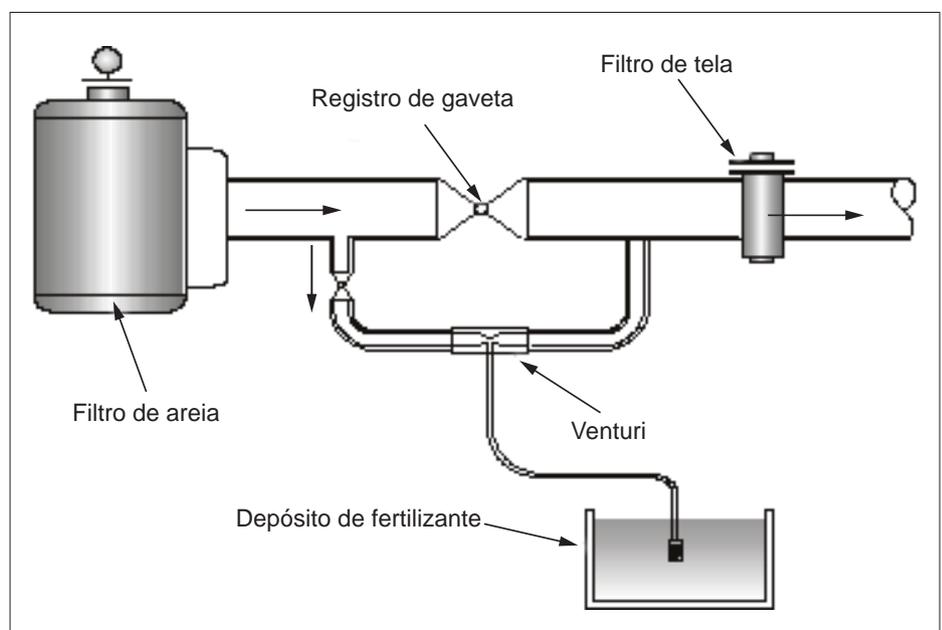


Figura 4 - Esquema de injetor tipo Venturi

Clelis José Bezerra

Bomba injetora com acionamento hidráulico

O injetor hidráulico é uma bomba constituída por uma pequena câmara que, alternativamente, se enche e esvazia, acionada pela pressão da rede de irrigação. Como a bomba injetora por acionamento hidráulico, o dosificador hidráulico acionado por pistão também não requer energia elétrica para o seu funcionamento. Sua instalação é da mesma forma que a do injetor Venturi, sendo indicado em instalações comunitárias, donde a água é fornecida com pressão muito superior à necessária, ou então, quando se dispõe de um reservatório que se encontra em uma cota muito elevada. Por causa da complexidade do equipamento,

por possuir numerosas peças móveis, a qualidade da água é de fundamental importância considerando que, qualquer impureza pode afetar o bom funcionamento do injetor. Na Figura 6, apresenta-se o modelo comercial Dosatron e as formas de instalação do equipamento. Este tem a capacidade de injetar soluções fertilizantes uniformemente na faixa de 0,02 a 250 L/h, em uma razão de diluição de 1:500 a 1:50, ou seja, de 0,2% a 2%.

MANEJO DA FERTIRRIGAÇÃO

A fertirrigação, como a irrigação, envolve uma série de atividades que requer conhecimentos relativos à cultura, às condições de solo e ao manejo da irrigação.

A fertirrigação adequadamente executada deve fornecer ao solo a quantidade de nutrientes para atender à planta, especificamente no estágio em que se encontra. Deve ser aplicada dentro de uma frequência que favoreça a dinâmica dos íons no solo com o mínimo risco de perdas e deve ser executada para não causar desbalanços iônicos desfavoráveis à cultura, com impactos negativos nos atributos químicos do solo.

Como primeiro passo, é necessário, na fertirrigação, o conhecimento da quantidade total do nutriente (QTN) a ser aplicado à cultura em seu ciclo. A necessidade de nutrientes para uma cultura é calculada pela seguinte fórmula:

Equação 2:

$$QTN = \frac{QTN_{ex} - QTN_s}{E_f}$$

em que:

QTN = quantidade total do nutriente (kg);

QTN_{ex} = quantidade de nutrientes exportados pela planta (kg);

QTN_s = quantidade de nutrientes a ser fornecido pelo solo (t);

E_f = eficiência da fertirrigação.



Figura 5 - Bomba injetora com motor elétrico

José Maria Pinto

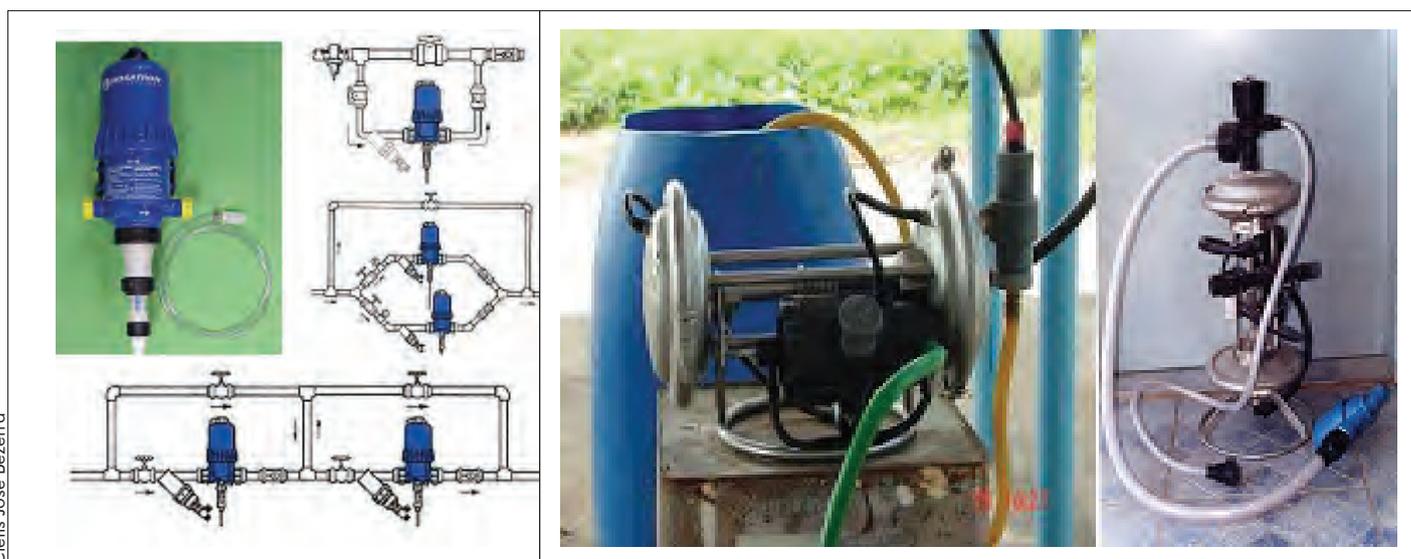


Figura 6 - Bomba injetora com acionamento hidráulico TMB e por pistão

Clelis José Bezerra

Fotos: José Maria Pinto

Essa QTN pode ser recomendada em kg/ha, em função da necessidade da cultura e da disponibilidade do nutriente no solo, que varia com a produtividade esperada ou pode ser calculada em função da profundidade do sistema radicular da cultura, da densidade do solo, área do solo ocupada pelas raízes e dos nutrientes disponíveis, conforme análise de solo. Com essas informações, calculam-se a massa de solo ocupada pelas raízes, a quantidade de nutrientes disponíveis nessa massa e a quantidade de nutrientes necessária.

Uma vez conhecida a quantidade de nutrientes a ser aplicada durante o ciclo, é preciso avaliar o consumo destes pelas plantas ao longo do ciclo, isto é, a curva de absorção de nutrientes do solo. Essa curva permite avaliar a taxa de extração de um nutriente pela cultura em suas diferentes fases fenológicas. O Gráfico 1 representa a curva de absorção de nutrientes para

a bananeira (SOTO BALLESTEROS, 2000). A declividade da curva expressa a taxa de absorção dos nutrientes, sendo que, no caso do N e K, por exemplo, a taxa apresenta-se constante durante o início do desenvolvimento vegetativo, aumentando em seguida, mantendo-se constante até próximo à colheita, reduzindo-se imediatamente antes desta, caracterizando três fases de absorção. A quantidade absorvida em cada fase dividida pela QTN resulta na porcentagem da quantidade total (PDF), necessária no ciclo naquele período. Essa porcentagem permite obter a quantidade de nutriente a ser aplicada nas fases do ciclo (QNF), conforme a taxa de absorção dessas fases.

Uma vez definida as quantidades de fertilizantes a serem aplicadas nas fases de diferentes taxas de absorção, é necessário definir a frequência da fertirrigação (Ff), em função do tipo de fertilizante, do

solo, da cultura e do sistema de irrigação. Fertilizantes com maior potencial de lixiviação, como os nitrogenados, devem ser aplicados com maior frequência, solos com maior capacidade de retenção de água podem ser fertirrigados com menor frequência, culturas de maior demanda nutricional e de ciclo curto requerem maior Ff do que culturas de menor demanda e ciclos mais longos. No caso de hortaliças, a fertirrigação pode acompanhar a irrigação, ou seja, seguir a frequência de irrigação, uma vez que o sistema radicular é pouco profundo e frequências mais altas são mais adequadas. No caso de fruteiras, como bananeira, mamoeiro, por exemplo, culturas de alta densidade e de alta demanda nutricional, recomenda-se fertirrigar de uma a duas vezes por semana (a cada três ou sete dias), embora haja trabalhos que não demonstram diferenças entre tratamentos para frequências

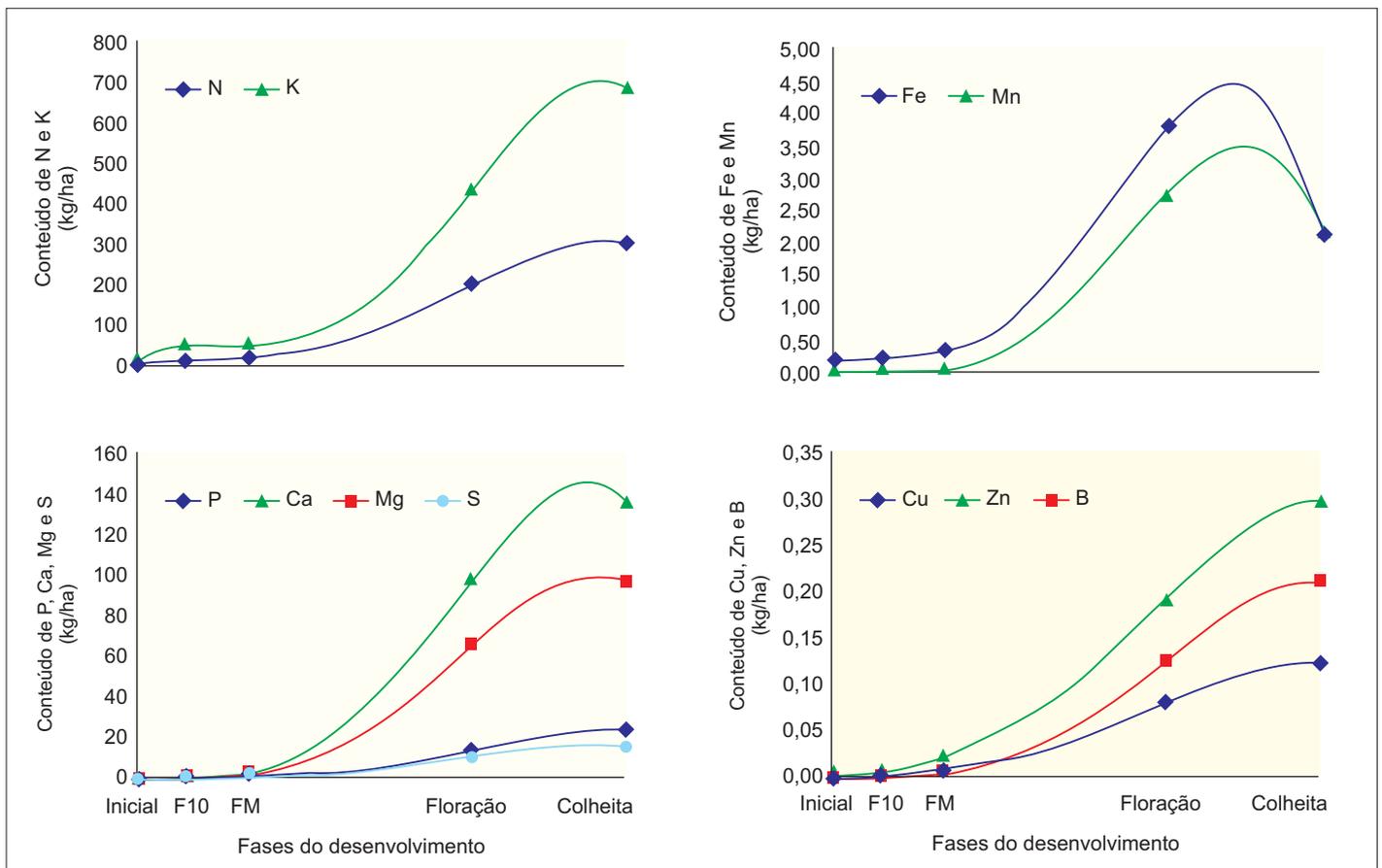


Gráfico 1 - Curva de absorção de nutrientes pela bananeira

FONTE: Soto Ballesteros (2000).

de até 15 dias, como no caso da bananeira (COSTA; SILVA; SOUTO, 2001). Já para fruteiras arbóreas, de menor demanda nutricional, como citros e manga, a fertirrigação pode ser feita a cada 7 ou 15 dias, principalmente no caso de irrigação por aspersão, miniaspersão e microaspersão. No caso de gotejamento, tendo em vista o menor volume molhado, recomendam-se frequências maiores a fim de manter os nutrientes dentro do volume molhado gerado pelos tempos de irrigação.

Ao conhecer a QTN, a PDF em cada fase da cultura diferenciada pela taxa de absorção, a QNF pela Equação A (Quadro 4), o número de dias de cada fase (PPF) pela curva de absorção, a Ff, pode-se determinar o número de eventos de fertirrigação (NF) pela Equação B e a quantidade de fertilizante a ser aplicada a cada evento de fertirrigação (QAF), pela Equação C (Quadro 4). Em seguida transforma-se QAF para a fonte correspondente, por exemplo, no caso de K_2O , para cloreto de potássio, dividindo por 0,52 dado que o cloreto de potássio possui 52% de K_2O . Deve-se determinar o volume de água referente à concentração desejada da água de irrigação durante a aplicação do fertilizante. O conhecimento da concentração da solução a ser injetada no sistema de irrigação e da concentração da água de irrigação, isto é, aquela que sai dos emissores, é fundamental na fertirrigação. A concentração excessiva da água de irrigação pode causar elevação temporária da salinidade do solo e da sua tensão osmótica, podendo afetar o desenvolvimento das plantas. As concentrações das soluções em condições de campo não têm seguido critérios técnicos, que, muitas vezes, se limitam a considerar apenas a solubilidade dos fertilizantes. As recomendações das concentrações adequadas nas condições do Brasil ainda não são conclusivas, mas valores de até 5,0 g/L da água de irrigação não têm causado elevações da condutividade elétrica em Latossolo Amarelo a níveis superiores a 1,2 dS/m (ANDRADE NETO et al., 2009).

QUADRO 4 - Equações para cálculo da solução de fertilizantes para injeção no sistema de irrigação

Ordem	Equação	Especificação dos parâmetros
A	$QFN = QTN \frac{PDF}{100}$	QFN = quantidade necessária numa fase (kg); QNT = quantidade total do nutriente (kg); PDF = porcentagem da quantidade total do ciclo na fase considerada (%).
B	$NF = \frac{PPF}{F_f}$	NF = número de eventos de fertirrigação em uma fase; PPF = número de dias de uma fase; F _f = frequência de fertirrigação (dias).
C	$QAF = \frac{QFN}{NF}$	QAF = massa do fertilizante a ser aplicada em kg.
D	$V_{\text{água}} = \frac{QAF_c \cdot q_b \cdot 1000}{q_i \cdot c_i \cdot 0,001}$	QAF _c = massa do fertilizante, fonte do nutriente (kg); q _b = vazão de injeção por bomba, tanque diferencial ou Venturi (L/h); q _i = vazão do sistema de irrigação (L/h); V _{água} = volume de água da solução fertilizante ou injetora (L); C _i = concentração da água na saída dos emissores (mg/L).

Tendo a concentração da água de irrigação (C_i) em mg/L, a QAF em quilo, a ser colocada no tanque de solução fertilizante ou injetora, a vazão de injeção da bomba ou tanque diferencial ou Venturi, q_b, em L/h, a vazão do sistema de irrigação (q_i) em L/h, obtém-se o volume de água (V_{água}) em L pela Equação D (Quadro 4). Conhecendo-se o volume do tanque da solução de injeção disponível, pode-se planejar a fertirrigação em termos de tempo e quantos tanques de injeção serão necessários. O V_{água} calculado pode demandar um tempo de fertirrigação superior ao regular de irrigação, e exigir um fracionamento da fertirrigação ou atuar no valor da concentração da água de irrigação.

MONITORAMENTO DA FERTIRRIGAÇÃO

Por ser a fertirrigação uma técnica que permite alterações rápidas e precisas na quantidade de nutrientes aplicados, torna-se importante um monitoramento para que se promova, ainda durante o ciclo da cultura, o manejo necessário no que se refere às quantidades aplicadas e à época ideal de aplicação. O monitoramento da solução do solo é importante, a fim de

verificar se há elevação da condutividade elétrica (CE) a níveis indesejáveis às plantas e/ou alterações no pH da solução do solo. O acompanhamento da concentração da solução nas saídas dos emissores, por meio da coleta de amostras e análise, é uma ferramenta de importância no sucesso da fertirrigação e, conseqüentemente, na redução dos impactos ambientais.

Além disso, um correto monitoramento evita as flutuações da quantidade de sais na solução do solo, além de manter em níveis adequados a CE e o pH do solo. A falta de monitoramento na fertirrigação no geral é resultado da falta de informação, principalmente sobre dosagens, tipo de fertilizantes, modo e época de aplicação. Isso reflete na salinização do solo, na contaminação de fontes de água e na degradação ambiental.

A fertirrigação é uma técnica que pode provocar impactos de ordens física e química no solo. Os problemas de ordem química são mais comumente encontrados. A salinização temporária e as alterações no pH são mais observadas nesse sentido. No caso da salinidade, quando ocorrer, poderá ser corrigida com lavagem do perfil pelo uso da irrigação ou pelas chuvas. É necessário manter uma concentração da

solução de injeção, a qual permita uma concentração na água de irrigação na saída dos emissores e não aumente a concentração salina ou a CE do solo a níveis indesejáveis.

É importante salientar que as fontes amoniacais (ureia) podem reduzir o pH do solo, como observado por Silva, Borges e Malburg (1999). Em contrapartida, Carvalho, Coelho e Costa (2009) observaram que a ureia até a concentração de 7,2 g/L não promoveu redução do pH da solução do solo (Gráfico 2).

Andrade Neto et al. (2008) observaram que concentrações acima de 4,0 g/L de nitrato de cálcio e ureia podem resultar em níveis críticos de CE da solução do solo (Gráfico 3).

O monitoramento da fertirrigação é realizado por meio da utilização de extratores

de solução (Fig. 7). O extrator de solução é composto de uma cápsula porosa, um tubo de PVC rígido, borracha de vedação na parte superior e uma tampa. A instalação do extrator inicia-se geralmente uma a duas horas após a fertirrigação. Antes de ser instalado é lavado com água destilada em laboratório. Já no campo, por meio de um trado adequado, consegue-se a profundidade desejada para instalar o extrator. Após a instalação, é realizada a sucção com bomba manual. Geralmente, usa-se um vácuo com tensão de 70 kPa, podendo-se utilizar uma seringa para promover a sucção. Realizada essa etapa, o extrator pode permanecer no campo por até 24 h. Em seguida, retira-se a solução coletada. Recomenda-se pelo menos uma bateria de extratores de solução, instalados em duas profundidades diferentes. Uma que represente a região de maior

atividade do sistema radicular da planta, o que poderia corresponder à metade da profundidade efetiva do sistema radicular, e a outra na profundidade limite da zona radicular efetiva, normalmente, entre 0,60 e 0,70 m. Os extratores devem ser instalados cerca de 0,10 m do gotejador, entre o gotejador e a planta. Na aspersão e na microaspersão, entre 0,15 e 0,50 m da planta, dependendo da cultura. A solução retirada do solo poderá ser avaliada por condutímetro de bolso ou de bancada e por kits de determinação rápida de íons ou mesmo ser levada ao laboratório para análise.

Outra opção de monitoramento consiste na amostragem de solo para processamento da pasta do extrato de saturação em laboratório e extração da solução, sendo um processo que requer maior tempo. A solução será processada da mesma forma que a solução do solo já citada.

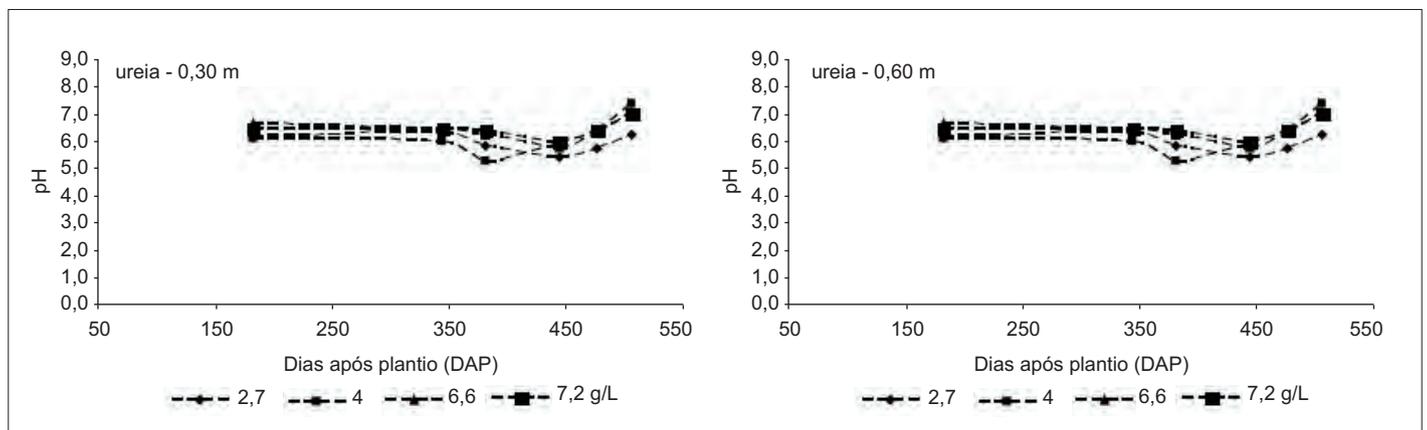


Gráfico 2 - pH do solo sob diferentes concentrações de ureia

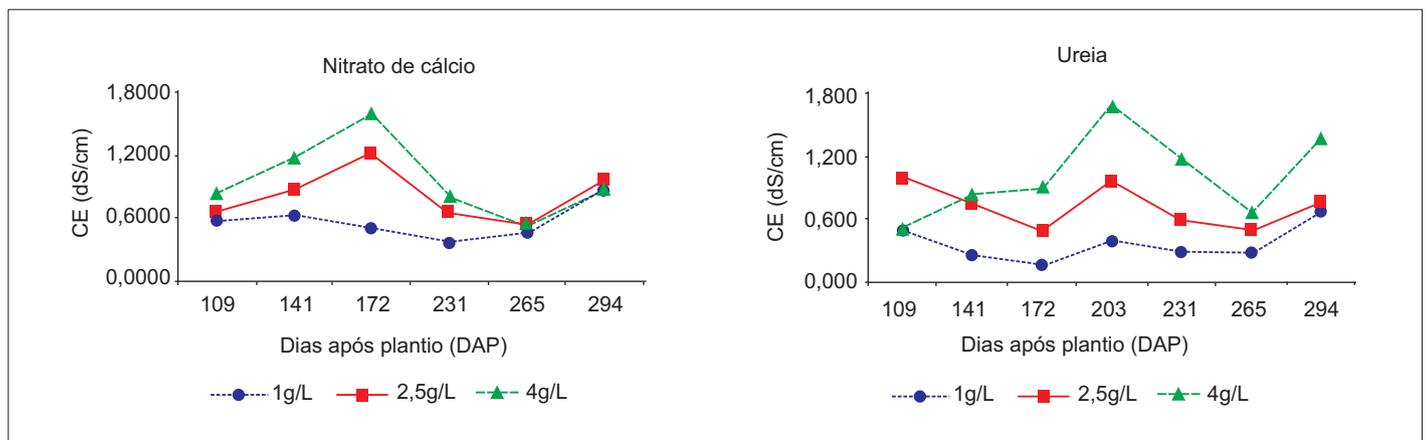


Gráfico 3 - Condutividade elétrica (CE) da solução do solo sob diferentes concentrações de ureia na fertirrigação

Uma das metas do monitoramento da fertirrigação é conseguir avaliar os íons (nutrientes) do solo, a partir de procedimentos de fácil acesso ao usuário. A coleta de amostras de solo para avaliação química em laboratório demanda tempo e não traduz a situação de campo em tempo real. Pesquisas têm sido desenvolvidas e mostram ser possível a estimativa de determinados íons, a partir da CE com o uso de modelos matemáticos (HEIMOVAARA et al., 1995; MUÑOZ-CARPENA et al., 2001). Essas pesquisas têm estabelecido relações entre CE da solução do solo e

diferentes nutrientes, tais como: nitrato, K, dentre outros. Por necessitarem de amostras de solução do solo que são facilmente coletadas por meio de extratores de solução, torna-se um procedimento com resultados mais rápidos, cruciais na tomada de decisão do manejo da fertirrigação.

Andrade Neto et al. (2009) mostram que é possível estimar íons de K na solução do solo como função da CE por meio de um modelo matemático potencial ($CEw = \alpha K \mu$), com resultados satisfatórios da estimativa de K pelas leituras da CE da solução do solo (Gráfico 4).



Figura 7 - Extratores de solução no campo

Fotos: Eugênio Ferreira Coelho

REFERÊNCIAS

ANDRADE NETO, T. M. de. et al. Validação em campo de um modelo matemático de estimativa de potássio na solução do solo como função da condutividade elétrica aparente e umidade do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA - CONBEA, 38., 2009, Juazeiro. [Anais]... Planejamento da bacia hidrográfica e o desenvolvimento da agricultura. Petrolina: UNIVASE, 2009. 1 CD-ROM.

_____. et al. Salinidade do solo sob fertirrigação com três concentrações de uréia em dois sistemas de irrigação localizada. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM - CONIRD, 18., 2008, São Mateus. Anais... O equilíbrio do fluxo hídrico para uma agricultura irrigada sustentável. São Mateus: ABID, 2008. 1 CD-ROM.

BAR-YOSEF, B. Advances in fertigation. *Advances in Agronomy*, v. 65, p.1-75, 1999.

BRESLER, E. Trickle drip-irrigation: principles and application to soil-water management. *Advances in Agronomy*, New York, v. 29, p. 343-393, 1977.

BURT, C.; O'CONNOR, K.; RUEHR, T. *Fertigation*. San Luis Obispo: Irrigation Training Research Center, 1995. 295p.

CARVALHO, G. C.; COELHO, E. F.; COSTA, F. S. pH do solo no primeiro ciclo da banana da terra fertirrigada com diferentes concentrações de uréia e nitrato de potássio na água de irrigação. In: CONGRESSO BRA-

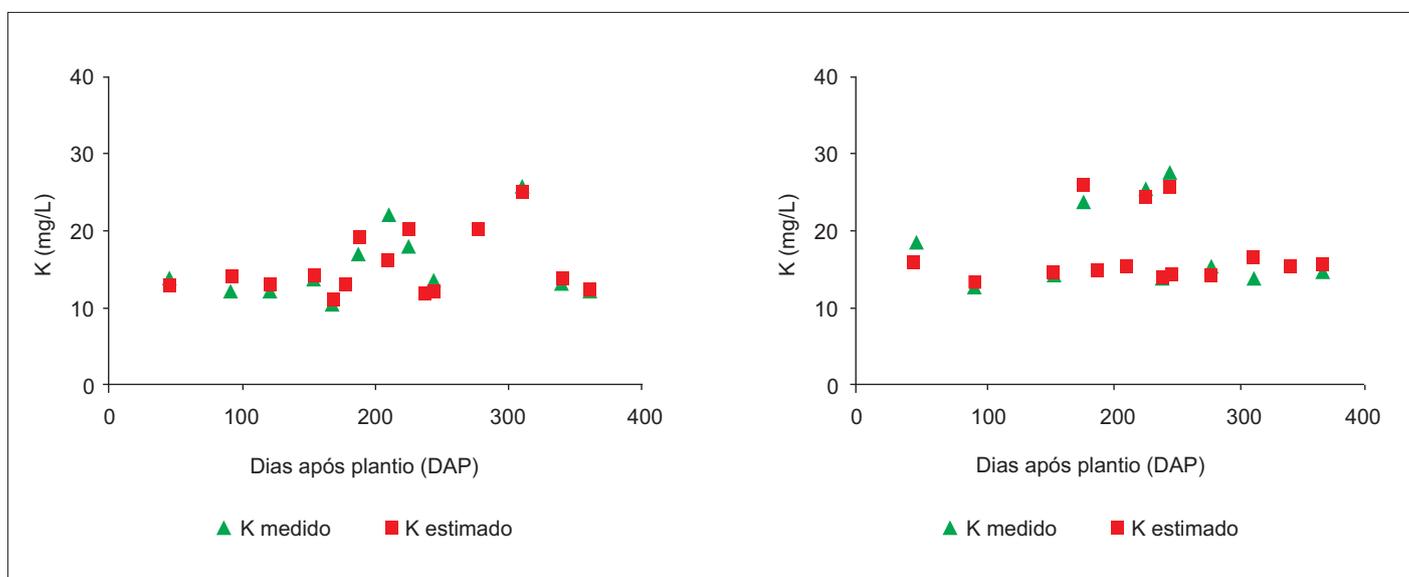


Gráfico 4 - Correlação entre os valores de K+ medidos na solução do solo e estimados pelo modelo potencial em função da condutividade elétrica - da solução do solo



Linha **Ferti**

Nutrição Líquida e Certa

Sulfato de Potássio **MAP** Fertirrigação

Nitrato de Cálcio

Nitrato de Potássio **KCl** Fertirrigação

Sulfato de Magnésio

MKP
Fosfato Mono Potássico

Salitre do Chile

Nitrato de Magnésio

FERTILIZANTES



HERINGER

Anápolis GO

Fone (62) 4015 2200

Bebedouro SP

Fone (17) 3344 1550

Camaçari BA

Fone (71) 3183 2200

Catalão GO

Fone (64) 3441 5100

Dourados MS

Fone (67) 2108 1700

Iguatama MG

Fone (37) 3353 9200

Manhuaçu MG

Fone (33) 3339 1600

Maringá PR

Fone (44) 3221 7800

Ourinhos SP

Fone (14) 3302 2550

Paranaguá PR

Fone (41) 2152 2200

Paulínia SP

Fone (19) 3322 2200

Porto Alegre RS

Fone (51) 3406 2200

Rio Verde GO

Fone (64) 3613 6400

Rondonópolis MT

Fone (66) 2101 2300

Rosário do Catete SE

Fone (79) 3274 2800

S. J. do Manhuaçu MG

Fone (33) 3377 1158

Três Corações MG

Fone (35) 3239 5900

Uberaba MG

Fone (34) 3311 9000

Viana ES

Fone (27) 2122 2200

www.heringer.com.br

SILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2009, Fortaleza. **Resumos...** O solo e a produção de bioenergia: perspectivas e desafios. Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. 1 CD-ROM.

COELHO, A.M. Fertilização. In: COSTA, E.F. da; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A. (Ed.). **Quimificação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília: EMBRAPA-SPI; Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1994. p.201-227.

COSTA, E.L. ; SILVA, J.T.A. da ; SOUTO, R.F. Frequência da fertirrigação e profundidade de irrigação no desenvolvimento e produção da bananeira (*Musa spp.*) Prata Anã. In: CIÊNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO, 2001, Belo Horizonte. **Mostra de trabalhos da FAPEMIG ...** Belo Horizonte: FAPEMIG, 2001.

HAYNES, R.J. Principles of fertilizer use for trickle irrigated crops. **Fertilizer Research**, v.6, n.3, p. 235-255, 1985.

HEIMOVAARA, T.J. et al. Assessing temporal variations in soil water composition with time domain reflectometry. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.59, n.3, p.689-698, 1995.

HERNÁNDEZ ABREU, J.M. et al. **El riego localizado**. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, 1987. 317 p.

MUÑOZ-CARPENA, R. et al. Determinación simultánea mediante TDR del transporte de agua y un soluto salino en el suelo. In: LÓPEZ, J.J.; QUEMADA, M. (Ed.). **Temas de investigación en zona no saturada**. Pamplona: Universidad Pública de Navarra, 2001. p.1-7.

ROLSTON, D.E. et al. **Applying nutrients and other chemicals to trickle irrigated crops**. Berkeley: University of California, 1979. 14p. (University of California. Bulletin, 1893)

SILVA, J. T. A.da ; BORGES, A. L., MALBURG, J. L. Solos, adubação e nutrição da bananeira. **Informe Agropecuário**. Banana: produção, colheita e pós-colheita, Belo Horizonte, v. 20, n. 196, p 21-36, jan./fev. 1999.

SILVA, T. S. M. et al. Distribuição do potássio no perfil do solo em bananeira (*Musa spp.*) fertirrigada por microaspersão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador.

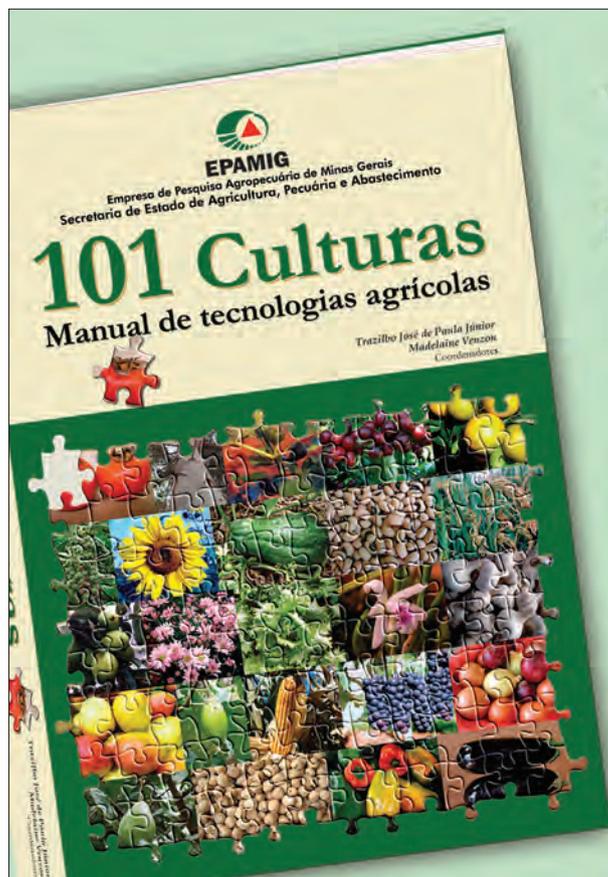
Anais... A engenharia agrícola para o desenvolvimento sustentável: água, energia e meio ambiente. Salvador: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002. 1CD-ROM.

SOTO BALLESTERO, M. Bananos: cultivo y comercialización. 2. ed. San José: Imprenta Lil, 2000. 1 CD-ROM.

VIEIRA, R.F.; COSTA, E.L.da; RAMOS, M.M. Escolha e manejo de fertilizantes na fertirrigação da bananeira. In: SIMPÓSIO NORTE MINEIRO SOBRE A CULTURA DA BANANA, 1., 2001, Nova Porteirinha. **Anais...** Montes Claros: Unimontes, 2001. p. 203-217.

VILLAS BÔAS, R.L.; BÜLL, L.T.; FERNANDES, D.M. Fertilizantes em fertirrigação. In: FOLEGATTI, M.V. (Coord.). **Fertirrigação: citrus, flores e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. p.293-319.

VITTI, G.C.; BOARETTO, A.E.; PENTEADO, S.R. Fertilizantes e fertirrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE FERTILIZANTES FLUIDOS, 1., 1993, Piracicaba. **Anais...** Fertilizantes fluidos. Piracicaba: POTAFOS, 1994. p.261-281.



101 Culturas

Manual de tecnologias agrícolas

Reimpressão
2010

Livro de consultas para agrônomos, técnicos agrícolas, estudantes, pesquisadores, professores e agricultores.

Adquira já o seu!

(31) 3489 5002
www.epamig.br
publicacao@epamig.br



EPAMIG
Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento



Automação em irrigação

*Luiz Antônio Lima¹
Guilherme Augusto Biscaro²
Luciano Oliveira Geisenhoff³
João Batista Ribeiro da Silva Reis⁴*

Resumo - Pelo potencial aumento da eficiência do uso da água e da energia, pela possibilidade de controlar a aplicação de produtos químicos, de reduzir a mão de obra e, principalmente, pela necessidade de incrementar a produção agrícola, cresce o interesse do produtor brasileiro na automatização da operação e manejo da irrigação. Sistemas automáticos de controle de irrigação tornaram-se uma ferramenta essencial para a aplicação de água na quantidade necessária e no momento oportuno, contribuindo para a manutenção da produção agrícola e para a utilização eficiente e racional dos recursos hídricos. A automação na irrigação tem, basicamente, duas funções: a) controlar quando e quanto irrigar; b) proteger e garantir a adequada operação do sistema. A automação da irrigação iniciou-se com dispositivos mecânicos, depois elétricos e, finalmente, eletrônicos, em que valores de variáveis elétricas são processados e comparados para acionamento ou não de algum dispositivo. Inovadoras ou não, as possibilidades de automação da irrigação devem valorizar cada vez mais a facilidade e a precisão da irrigação, bem como a conservação dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Controle da irrigação. Precisão da irrigação. Automatização. Eficiência hídrica. Proteção da irrigação. Válvulas. Pivô central. Fertirrigação.

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos, aliada à escassez de terras cultiváveis próximas a grandes centros consumidores, diminuição da oferta de água de boa qualidade, salinização do solo, poluição ambiental, problemas fitossanitários e a globalização do mercado fazem com que a produção de alimentos torne-se altamente tecnificada para ser competitiva e sustentável.

A modernização do setor agrícola, com a migração de mão de obra para o setor urbano-industrial, resultou na necessidade de o produtor rural buscar alternativas que

tornem o trabalho no campo mais produtivo, utilizando um menor número de insumos e de trabalhadores por unidade de área.

Pelo potencial aumento da eficiência do uso da água e da energia, pela possibilidade de controlar a aplicação de produtos químicos, de reduzir a mão de obra e, principalmente, pela necessidade de incrementar a produção agrícola, cresce o interesse do produtor brasileiro na automatização da operação e manejo da irrigação.

Sistemas automáticos de controle de irrigação tornaram-se uma ferramenta essencial para a aplicação de água na quantidade necessária e no momento oportuno,

contribuindo para a manutenção da produção agrícola e para a utilização eficiente e racional dos recursos hídricos. Assim, é possível automatizar praticamente todo o sistema de irrigação, desde o acionamento de motobombas, válvulas hidráulicas, injeção de fertilizantes (fertirrigação), retrolavagem de filtros, até a impressão de relatórios de operação do sistema, dentre muitas outras possibilidades.

A automação na irrigação tem, basicamente, duas funções:

- a) controlar quando e quanto irrigar;
- b) proteger e garantir a adequada operação do sistema.

¹Eng^a Agrícola, Ph.D., Prof. Adj. UFLA - Depto. Engenharia, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: lalima@deg.ufla.br

²Eng^a Agrícola, D.Sc., Prof. Adj. I, Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) - Faculdade de Ciências Agrárias, Caixa Postal 533, CEP 79804-970 Dourados-MS. Correio eletrônico: GuilhermeBiscaro@ufgd.edu.br

³Eng^a Agr^a, Dr., Prof. Adj. Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) - Faculdade de Ciências Agrárias, Caixa Postal 533, CEP 79804-970 Dourados-MS. Correio eletrônico: lucianogeisenhoff@ig.com.br

⁴Eng^a Agrícola, D.Sc., Pesq. EPAMIG Norte de Minas/Bolsista FAPEMIG, Caixa Postal 12, CEP 39525-000 Nova Porteirinha-MG. Correio eletrônico: jbrsreis@epamig.br

Para a primeira função, são utilizados controles por tempo, volume ou leituras de sensores que detectam, por exemplo, o consumo de água pelas plantas, a umidade ou a tensão de retenção da água no solo, a tensão de água na folha, a evapotranspiração, a temperatura etc. Para a segunda função, trata-se de dispositivos que permitem aliviar pressões elevadas que possam comprometer tubulações, que detectam níveis anormais de água em reservatório, que desligam o bombeamento em caso de ausência de fluxo de água, causada, por exemplo, pela não abertura de válvulas controladoras de setores etc.

De modo geral, a automação da irrigação iniciou-se com dispositivos mecânicos, depois elétricos e, finalmente, eletrônicos, em que valores de variáveis elétricas são processados e comparados para acionamento ou não de algum dispositivo.

VANTAGENS E LIMITAÇÕES

Várias são as vantagens na utilização do controle automático em sistemas de irrigação localizada. Dentre estas destacam-se:

- a) uso racional dos recursos hídricos, com a possibilidade de monitorar mais precisamente os volumes de água aplicado;
- b) economia de energia, pois a operação do sistema de bombeamento é otimizada e ocorre somente em função das reais necessidades de irrigação, evitando-se, assim, a operação excessiva desse sistema, permitindo também que os motores operem fora dos horários de pico, o que contribui para um melhor aproveitamento dos descontos concedidos pelas concessionárias de energia elétrica;
- c) menor demanda de mão de obra, pois a maioria das operações que ocorrem em um evento de irrigação pode ser automatizada, por exemplo, o ligar e desligar de motobombas, abertura e fechamento de válvulas e registros, fertirrigação, retrolavagem de filtros;

- d) economia de fertilizantes, pois a automatização da operação de adubação (fertirrigação) permite administrar quantidades de fertilizantes de forma mais precisa e racional com aplicações a baixas concentrações, evitando perdas, toxidez das plantas e contaminação ambiental;
- e) melhor administração da atividade agrícola, uma vez que permite o controle centralizado de várias atividades, com o monitoramento do sistema, executadas com segurança e precisão, e tomadas de decisão mais rápidas e com base em históricos de aplicação de água e de fertilizantes.

Tais vantagens, somadas ao manejo e ao acompanhamento adequados da cultura, em todas as suas fases de desenvolvimento, oferecem maior produtividade a um custo menor e, portanto, aumentam a lucratividade da atividade agrícola.

Apesar do grande número de vantagens, também ocorrem limitações na implantação e uso desses sistemas. Dentre estas podem-se citar:

- a) custo relativamente elevado, pois os sistemas de controle em projetos de irrigação localizada exigem investimentos, onerando, assim, o seu custo inicial e limitando seu uso apenas a produtores mais capitalizados;
- b) necessidade de mão de obra especializada, já que a complexidade dos sistemas de controle e sua forma pouco conhecida de programação exigem treinamento para uso e gerenciamento das informações;
- c) assistência técnica deficiente, pois não há um volume expressivo no mercado de peças e serviços capaz de reunir representantes e técnicos em todas as regiões para a solução de problemas.

A confiança excessiva no sistema de controle também pode incorrer em erros. Ao acreditar que o sistema automatizado é a solução para todos os problemas e que este consegue autossolucionar falhas téc-

nicas e humanas, os agricultores passam a confiar excessivamente no sistema e tornam-se relapsos com os tratos culturais, monitoramento da lavoura e outras atividades. Assim, deixam de executar a manutenção preventiva e de verificar se o manejo adotado automaticamente satisfaz as necessidades da cultura implantada.

TIPOS DE CONTROLE

Sistemas de controle consistem basicamente de uma combinação de hardware e software, que atuam como supervisores, com o objetivo de gerenciar o sistema controlado.

Esse gerenciamento permite especificar, manter e executar ações de controle com base na entrada de dados fornecidos pelo próprio sistema.

Em sistemas de irrigação, dois tipos de controle são utilizados:

- a) sistemas de controle em malha aberta;
- b) sistemas de controle em malha fechada.

A diferença entre ambos é que os sistemas em malha fechada possuem realimentação, ou seja, existem elementos capazes de enviar informações sobre o processo ao controlador, para que este seja capaz de definir seu modo de atuação. O sistema de controle em malha aberta possui basicamente dois elementos essenciais: a central de controle ou controlador, que pode ser um programador ou uma válvula volumétrica, e os atuadores que serão acionados a distância, como, por exemplo, as válvulas hidráulicas que atuarão sobre o processo, neste caso a irrigação. Por outro lado, os sistemas em malha fechada incorporam um terceiro elemento que é o sensor, responsável por monitorar variáveis presentes no processo e de realimentar o programador com informações que definirão se é necessário ou não irrigar, ou ativar outras ações no sistema.

A seguir são apresentados, em detalhes, os sistemas de controle em malha aberta e fechada.

Sistema de controle em malha aberta

Nesse tipo de sistema de controle, um sinal de referência é aplicado ao controlador que, por sua vez, encaminha um sinal de controle ao processo a ser controlado. Para um sistema de irrigação, o sinal de referência pode ser uma decisão tomada pelo operador para acionar ou desligar o relé, que comanda a bomba que irriga um determinado setor, ou até mesmo os instantes que determinam o intervalo que um relé temporizador deve manter a motobomba acionada e qual o volume total de água a ser aplicado. Exemplo de sistema de controle de irrigação em malha aberta é apresentado na Figura 1A.

Por sua vez, o sinal de controle enviado deve refletir a decisão do controlador, acionando ou desligando algum atuador presente no sistema. Para o caso de um sistema de irrigação, por exemplo, o sinal de controle deve efetivamente acionar ou desligar o conjunto motobomba, que promove a irrigação. Nesta estratégia de controle para a irrigação, os parâmetros de controle são instantes de acionamentos ou desligamentos do conjunto motobomba, abertura e fechamento de válvulas que controlam a irrigação em diversos setores e/ou o volume de água aplicado.

A maioria dos sistemas de controle encontrados comercialmente funciona com a presença de microprocessadores que atuam por meio do acionamento temporizado dos eventos de irrigação. O produtor deve definir o intervalo entre irrigações e a duração da irrigação, pois a estratégia de controle é obtida basicamente em função da lógica programada pelo usuário.

A principal vantagem desse tipo de controle é o seu baixo custo. Por outro lado, este tipo de sistema não é capaz de responder automaticamente a mudanças no ambiente que exijam resposta imediata por parte do controlador. Dessa forma, sistemas de controle em malha aberta podem comprometer a eficiência da utilização dos recursos hídricos, se concomitantemente ao seu uso não forem adotadas técnicas de manejo adequadas da irrigação.

Sistema de controle em malha fechada

Neste sistema tem-se a presença de um sensor capaz de enviar informações do processo ao controlador, permitindo que este tome decisões automaticamente, a partir de estratégias de controle definidas pelo operador. Exemplo de um sistema de

controle de irrigação em malha fechada é apresentado na Figura 1B.

A diferença em relação ao diagrama apresentado na Figura 1A é o sinal de estado do processo (sensor de umidade). De fato, todas as funcionalidades do sistema proposto na Figura 1A podem ser preservadas nesse tipo de estratégia de controle.

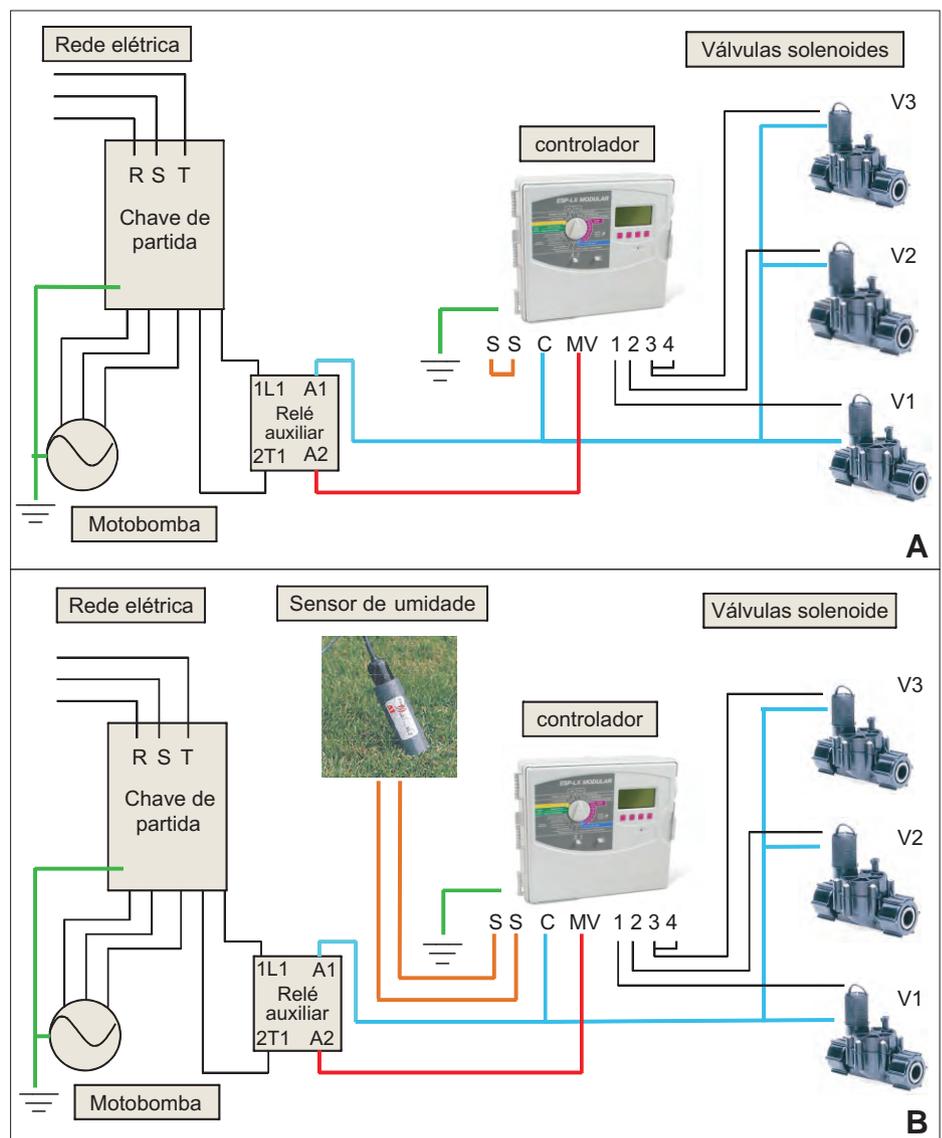


Figura 1 - Sistemas de controle em malhas

NOTA: Figura 1A - Malha aberta. Figura 1B - Malha fechada.

RST - Fases da rede de energia elétrica trifásica, o mesmo que fase 1, 2, 3; SS - Conector NA (normalmente aberto) dos sensores; C - Conector comum; MV - Conector de ligação da válvula mestre, usado normalmente para o acionamento da motobomba; V1, V2, V3 - Válvulas solenoides; 1, 2, 3 - Conectores para ligação das válvulas solenoides; A1, A2 - Conector para acionamento da bobina do relé auxiliar (24 volts); 1L1, 2T1 - Conector NA (normalmente aberto) do relé auxiliar (24 volts); 2T1 - Conectado ao terminal 96 do relé térmico da chave de partida; 2L1 - Conectado ao terminal 1L1 ou 3L2 do contator da chave de partida, que estão conectados as fases R e S, respectivamente.

Portanto, o sistema de controle em malha fechada apenas acrescenta uma funcionalidade a mais ao sistema em malha aberta: a opção de realizar o controle do processo de maneira automática, mediante possíveis alterações no estado do processo.

DISPOSITIVOS AUTOMÁTICOS DE PROTEÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

Válvula de fluxo

Esta válvula é instalada para detectar a ausência de fluxo causada, possivelmente porque nenhuma das válvulas abriu. Nesse caso, o funcionamento da bomba sem fluxo pode aquecer a água, e a ausência de refrigeração levaria ao mau funcionamento, com possíveis vazamentos e até mesmo quebra de rolamentos e retentores.

Válvula ventosa

Essa válvula tem a função única de expulsar bolsas de ar da tubulação, o que facilita o movimento de água. A presença de ar no interior dos tubos reduz o desempenho da tubulação e pode até mesmo interromper o fluxo. O excesso de ar reduz o fluxo de água e pode comprometer o funcionamento dos medidores de vazão, resultando em medições que incluem água e ar. O controle de ar na tubulação pode ser obtido com a instalação de válvulas ventosas em lugares corretamente determinados.

Por exemplo, uma tubulação com vazão de 1.000 m³/h de água pode liberar cerca de 5 m³/h de ar. As bolsas de ar movimentam-se com a água, mas podem ficar estacionadas em trechos da tubulação, sempre que a velocidade da água reduzir-se a valores menores que 0,6 m/s. Os pontos de ocorrência de bolsas de ar são geralmente nas transições de declividades, de aclave para declive.

Além de reduzir a vazão da tubulação, as bolsas de ar também reduzem a pressão. As válvulas ventosas são instaladas na entrada (parte mais alta) de filtros, cavaletes

ou tomadas de água, antes dos medidores de vazão, e nos pontos de alteração de aclave para declive (Fig. 2). O número de válvulas a serem instaladas depende da ocorrência de pontos de transição, como descritos anteriormente, da vazão e do diâmetro da tubulação.



Figura 2 - Válvula ventosa

Válvula antivácuo

Essa válvula tem a função de permitir a entrada de ar na tubulação para impedir o colapso da tubulação a jusante, eventualmente quando um registro é fechado (Fig. 3). Sua localização dá-se logo após os registros de abertura e fechamento de água.



Figura 3 - Válvula antivácuo

Válvula de duplo efeito

Essa válvula tem a função de permitir a entrada de ar ou expulsar as bolhas de ar da tubulação para impedir, respectivamente, o colapso da tubulação a jusante, eventualmente quando um registro é fechado, ou a interrupção do fluxo por bolhas de ar.

Válvula de alívio

Essa válvula tem a função de liberar água da tubulação, com o objetivo de reduzir a pressão que excedeu à máxima ajustada no piloto da válvula de alívio (Fig. 4). A pressão de liberação de água é definida em 5 a 10 m de coluna de água acima da pressão máxima de operação esperada na tubulação.



Figura 4 - Válvula de alívio de pressão em operação

Boia de nível

As boias de nível são utilizadas para dar partida à motobomba, quando o nível da água num reservatório atinge um valor mínimo, e permitem o desligamento, quando o nível atingir um valor máximo predefinido. Boias de mercúrio, utilizadas até pouco tempo, têm sido substituídas por boias de esfera, para evitar possíveis conta-

minações. Também podem ser empregadas boias de varetas, ilustradas na Figura 5.



Figura 5 - Boias de vareta

MÉTODOS DE CONTROLE EM IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

Os métodos de controle podem ser classificados de acordo com a sua forma de operação nos seguintes tipos: método de controle por tempo ou volume, método de controle sequencial ou não sequencial.

Método de controle por tempo

A automação por tempo é obtida pelo uso de dois equipamentos: válvulas volumétricas ou elétricas e programadores ou controladores eletromecânicos ou eletrônicos.

Os programadores eletrônicos são instrumentos que possuem um relógio que pode ser acertado com a hora real e, por meio de dispositivos que variam segundo os modelos, fecham e abrem circuitos elétricos nas horas programadas. Esses circuitos acionam os solenoides das válvulas elétricas que são geralmente fechadas e mantidas abertas enquanto recebem um sinal elétrico.

São apresentados nas Figuras 6A, 6B e 6C os esquemas mais comuns para abertura e fechamento de válvulas. Percebe-se que o elemento-chave é o solenoide, uma válvula composta de um eletroímã (bobina elétrica que acionada gera um campo magnético capaz de mover um elemento metálico). O primeiro esquema

(Fig. 6A), designado duas vias, é aquele em que a água caminha pelo solenoide por duas vias possíveis. A válvula possui uma câmara (parte superior com presença de uma mola) que pode ser esvaziada a jusante, pelo solenoide, fazendo com que o êmbolo se eleve, permitindo a passagem da água.

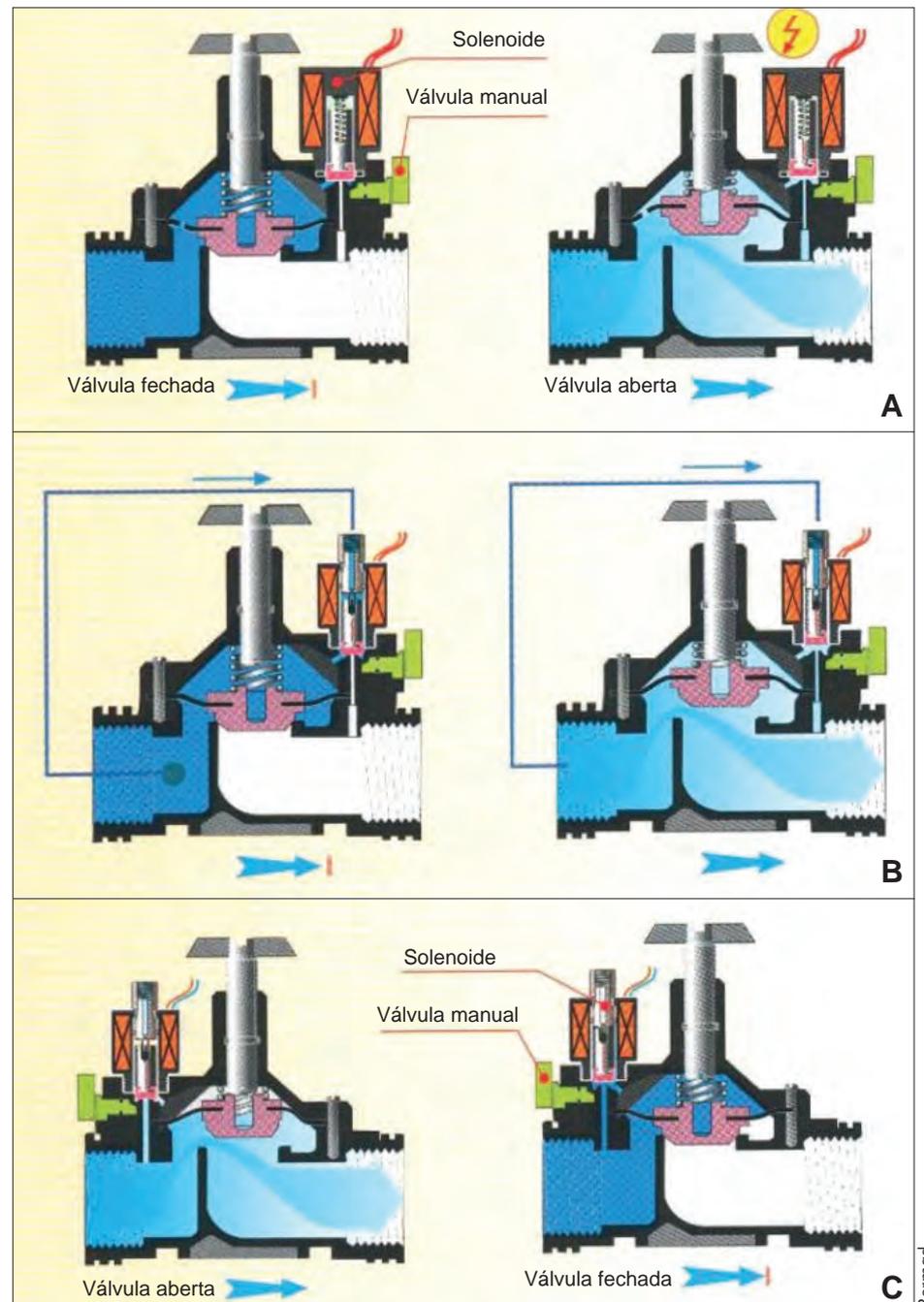


Figura 6 - Esquemas de abertura e fechamento de válvulas

NOTA: Figura 6A - Esquema de abertura da válvula com acionamento do solenoide de duas vias. Figura 6B - Esquemas de abertura e fechamento de válvulas com solenoide de três vias normalmente aberto. Figura 6C - Esquemas de abertura e fechamento de válvulas com solenoide de três vias normalmente fechado.

Na Figura 6B, o solenoide é de três vias e fica normalmente aberto, permitindo que a água a montante entre na câmara superior. Na Figura 6C, percebe-se que o solenoide fica do lado montante, normalmente fechado. O acionamento elétrico permite a passagem de água para a câmara, fechando a passagem de água pela válvula. Percebe-se nas Figuras 6A, 6B e 6C a presença de um dispositivo (cor verde), que permite a abertura ou fechamento da válvula de modo manual.

São vários os modelos de programadores eletrônicos disponíveis no mercado. Os digitais permitem programação com intervalos de 1 minuto ou mesmo de segundos, enquanto que os de acionamento mecânico na faixa de 5 a 15 min. Encontra-se apresentado na Figura 7 um modelo de controlador digital, com acionamento de sete válvulas solenoides de três vias, que permitem o fornecimento, via tubo de comando hidráulico, de água pressurizada para válvulas instaladas no campo.

Alguns controladores permitem programação por um período de 24 horas e esta programação repete-se todos os dias. Outros modelos permitem programação se-

manal, quinzenal ou até estabelecer os dias da semana nos quais a irrigação funcionará.

A programação por tempo é confiável, de custo relativamente baixo e fácil de combinar com o arranque e parada do conjunto motobomba. Entre seus inconvenientes está o fato de que, se a vazão do sistema por algum motivo for alterada, a lâmina d'água requerida e programada não será aplicada na quantidade prevista.

Alguns controladores também permitem a conexão de um sensor de chuva (Fig. 8). A função do sensor é interromper a irrigação caso a chuva atinja um valor predeterminado pelo operador (5 a 20 mm), por meio de um dispositivo mecânico de regulagem. O funcionamento do sensor de chuva apresentado dá-se pela expansão de discos de material especial que, ao serem molhados, expandem-se para acionar um interruptor. Ao secarem, os discos se contraem, permitindo que o interruptor volte à posição original. O interruptor ao ser acionado interrompe a passagem de corrente elétrica em um circuito do controlador, o que faz parar a irrigação, pois o fornecimento de energia para funcionamento da bomba de irrigação é interrompido.

Método de controle por volume

No método de controle por volume mede-se a água aplicada em cada irrigação. Quando atinge o volume necessário predefinido, interrompe-se automaticamente a passagem de água.

A automatização por volume pode ser conseguida em vários níveis:

- nível 0: realiza-se a irrigação abrindo e fechando manualmente as válvulas da entrada de cada unidade, assim que o medidor de volume (hidrômetro) indicar o momento de fechar. Nesse caso, pode-se dizer que não existe automação e sim uma indicação visual do equipamento de medição de volume;
- nível 1: cada unidade dispõe de uma válvula volumétrica que é aberta manualmente e, quando o volume de água atinge um valor predefinido no marcador da válvula, esta se fecha automaticamente;
- nível 2: irrigação sequencial com válvulas volumétricas;
- nível 3: irrigação com programação eletrônica por volumes.



Figura 7 - Controlador digital com banco de solenoides de três vias



Figura 8 - Sensor de chuva

Método de controle sequencial

Nas condições em que é possível irrigar toda a área de uma só vez, o controle mais simples seria o uso de um temporizador que permitisse ligar ou desligar a motobomba, quando atingido o tempo de funcionamento preestabelecido. Como alternativa, poderia ser instalada uma válvula volumétrica que fecharia automaticamente, quando o volume previamente definido fosse aplicado.

Entretanto, o emprego desse tipo de procedimento, na maioria das propriedades que utilizam da irrigação localizada, dificilmente torna-se possível, em especial pela limitação na oferta do volume de água captada ou por questões de diâmetros de tubulações, equipamentos e dispositivos de controle, ou mesmo pela potência instalada do conjunto motobomba.

Nesse caso, como é comum a existência de emissores (gotejadores, microaspersores) em toda a área a ser irrigada, esta pode ser dividida em setores que serão irrigados de forma sequencial, ou seja, em uma ordem preestabelecida de necessidade de irrigação. Após a irrigação de todos os setores, o ciclo é finalizado e pode ser reiniciado.

A irrigação sequencial consiste em aplicar água consecutivamente às distintas unidades de irrigação, cada uma podendo inclusive necessitar de volumes diferentes.

O método de controle da irrigação por sistema sequencial pode ser realizado com acionamento hidráulico, elétrico e pneumático.

Sistema sequencial com acionamento hidráulico

Esse sistema utiliza válvulas volumétricas automáticas, acionadas hidráulicamente de forma sequencial e ajustadas manualmente, para permitir a passagem de um determinado volume de água. Em seguida fecham-se automaticamente, independentemente de variações de pressão e vazão, e permite a abertura de outra válvula, de forma sequencial e programada.

As válvulas de operação a distância com comando hidráulico mais utilizadas são as de membrana ou de pistão. A abertura e o fechamento dessas válvulas são realizados por pressão diferencial entre os dois lados da membrana ou pistão, como exemplificados nas Figuras 6A, 6B e 6C.

Sistemas sequenciais com acionamento hidráulico apresentam falhas de funcionamento, quando instalados a distâncias acima de 800 m em nível, declives acima de 10 m e aclives maiores que 12 m, necessitando da instalação de acessórios e componentes extras como: relés hidráulicos Shastomit ou Galit, válvula antigotas LPD e amplificador de sinais TED, contribuindo para o aumento no custo de implantação do projeto.

Sistema sequencial com acionamento elétrico

Esse sistema caracteriza-se por enviar sinais elétricos por meio de cabos ou por sinais de radiofrequência (RF) remotamente, para a unidade de controle das válvulas atuadoras. Pode ser de malha aberta ou

fechada e trabalha de forma sequencial ou não sequencial. Geralmente, esse sistema atua para cobrir todas as necessidades de automatização existentes em sistemas de irrigação localizada. É utilizado principalmente em irrigação de hortaliças, parques e jardins, cultivo protegido etc.

O funcionamento da automação desse sistema é em função do tempo, e a sequência completa de acionamentos pode ser programada para diferentes conjuntos de setores.

Os sistemas sequenciais com comando elétrico normalmente utilizam válvulas operadas por solenoides. O sinal elétrico originado no controlador é enviado às válvulas por cabos ou por sinal de RF.

Como medida de segurança, o sinal enviado corresponde a uma corrente alternada gerada por uma tensão de 24 volts. Uma das limitações desses sistemas é que as válvulas solenoides, pelo tamanho reduzido, são recomendadas para vazões relativamente baixas. Exemplo de um sistema sequencial com acionamento elétrico é apresentado na Figura 9.

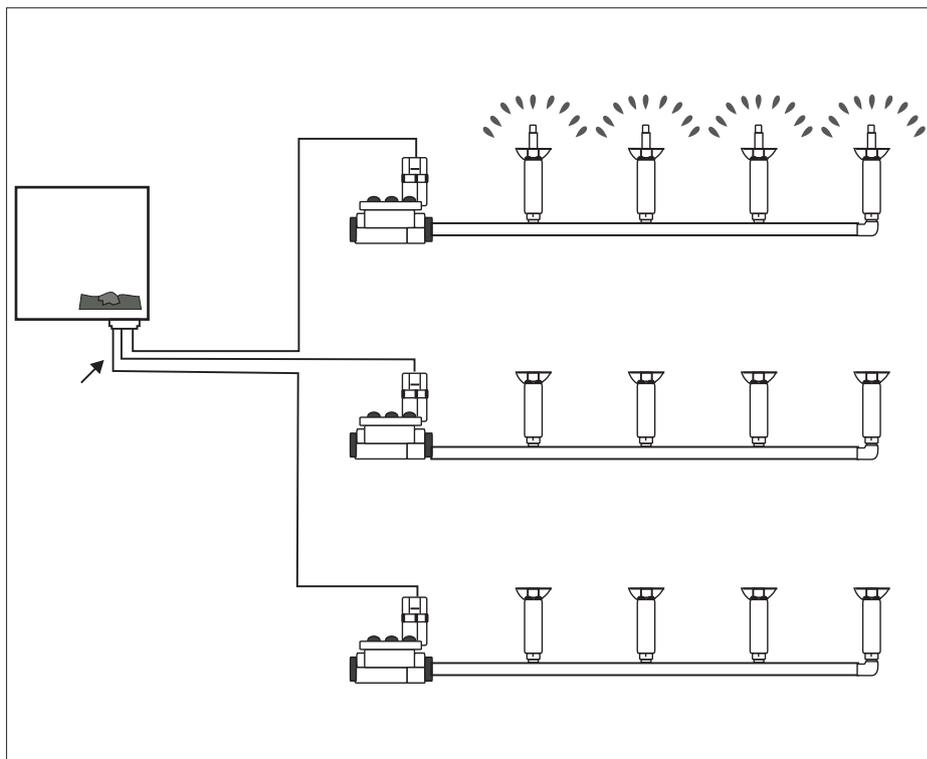


Figura 9 - Esquema de um sistema sequencial com acionamento elétrico

Sistema sequencial com acionamento pneumático

Esse sistema é semelhante ao sistema sequencial com acionamento elétrico e hidráulico, porém o sinal enviado para o acionamento das válvulas é feito por meio de tubo de comando provido de ar comprimido.

Muito utilizado na automação industrial, esse sistema foi adaptado para uso na agricultura e seu funcionamento é idêntico aos métodos de controle apresentados anteriormente, diferindo apenas no sinal de comando enviado para a abertura das válvulas, nesse caso, de forma pneumática.

O sistema necessita de uma fonte constante de ar comprimido pressurizado, obtida por meio de um compressor. Também são necessários equipamentos e acessórios específicos para esse tipo de operação, principalmente válvulas e tubos de comando.

É possível encontrar alguns projetos de irrigação em café e citros que se utilizam desse sistema e que funcionam de forma satisfatória. A vantagem desse método seria o não comprometimento do correto funcionamento do sistema, quando instalado a longas distâncias e em aclives e declives muito acentuados, não havendo, portanto, a necessidade de instalação de componentes extras ao sistema como visto anteriormente, evitando, assim, maiores investimentos.

A desvantagem seria a total dependência do sistema de uma fonte de ar comprimido, especificamente um compressor. Outro problema seria a dificuldade de reparo imediato, na hipótese da ocorrência de perda de pressão no sistema ocasionada por rupturas ou defeitos em tubos de comando e conexões.

Os vazamentos de ar comprimido do sistema podem ser de difícil solução, pois a localização do ponto exato para se realizar a manutenção não é visível, já que o vazamento de ar comprimido não deixa marcas no solo, como acontece com tubos de comando hidráulicos.

Tecnologias que são adaptadas principalmente da indústria para a agricultura necessitam de tempo para se adequarem às características peculiares impostas pelos setores agrícolas, devendo o seu uso ser avaliado de modo criterioso, levando em consideração principalmente critérios como: manutenção e operacionalidade do sistema e a relação custo-benefício.

Método de controle não sequencial

No método de controle não sequencial, as válvulas ou atuadores funcionam de forma automática e independente em relação ao tempo e ao volume. Cada válvula pode fornecer volumes de água diferentes em tempos diferentes, seguindo um programa preestabelecido ou definido por sensores.

Esse sistema controla válvulas independentemente uma da outra, tanto do ponto de vista de volume aplicado como de frequência de irrigação, e cada setor de irrigação pode receber diferentes lâminas de irrigação.

Nesse sistema, o controlador é microprocessado, o que permite controlar válvulas, sistemas de retrolavagem de filtros,

aplicação de fertilizantes e defensivos agrícolas de acordo com um programa preestabelecido, que também pode avaliar condições ambientais e de solo por meio de sensores, ajustando a irrigação em função das reais necessidades hídricas da cultura.

Em esquema de um sistema microprocessado, cada setor de campo irrigado recebe uma unidade que envia informações para o controlador central via cabo ou radiofrequência. Esses sistemas gerenciam dados climáticos ou dados enviados por sensores para manejar o sistema de irrigação em tempo real. Um exemplo é o sistema Irriwise divulgado pela Netafim.

USO DA AUTOMAÇÃO EM PIVÔ CENTRAL

Os conjuntos de irrigação tipo pivô central possuem muitos dispositivos de automação, controlados por um painel central que pode ser digital ou analógico, como apresentado na Figura 10. O painel possui um voltímetro para avaliação da voltagem disponível, um horômetro para contabilizar as horas de funcionamento e um percentímetro (canto superior esquerdo). A função do percentímetro é regular



Figura 10 - Painel central analógico de pivô central

a velocidade de deslocamento da última torre. Quando em 100%, a velocidade será a máxima (em geral em torno de 250 m/h). Se acionado em 50%, a velocidade cai para cerca de 125 m/h, o que permite aplicar maior lâmina d'água, pois a vazão dos emissores permanece constante. É importante salientar que, quando em movimento, a velocidade de deslocamento permanece a mesma (250 m/h), mas o percentímetro em 50% faz com que a torre desloque 50% de seu tempo e permaneça estática os outros 50%. Este procedimento ocorre com a interrupção da energia elétrica capaz de movimentar o motorreductor posicionado em cada torre, que movimenta o redutor da roda. Os painéis digitais utilizados em pivô central também permitem ajustar a velocidade de deslocamento, conforme a posição do pivô no campo. Assim, é possível irrigar um quadrante com uma velocidade e outro com outra, permitindo a aplicação de diferentes lâminas.

Outra automação existente em pivôs é a presença do pressostato, um dispositivo que permite o pivô movimentar-se somente quando a pressão da água atingir valores adequados para o bom funcionamento da irrigação. É importante ressaltar que, em cada torre, há uma caixa de controle com vários componentes elétricos (Fig. 11).

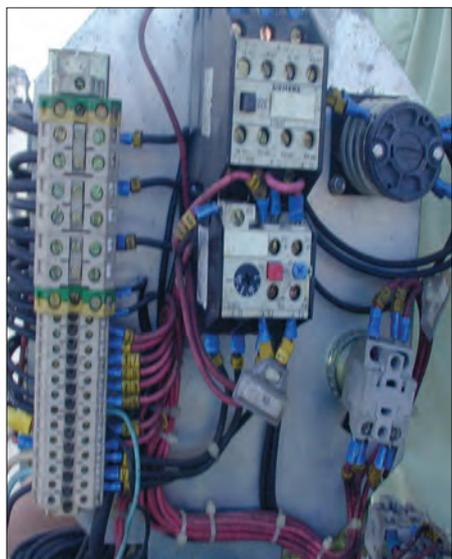


Figura 11 - Componentes da caixa de comando de cada torre de um pivô

USO DA AUTOMAÇÃO NA FERTIRRIGAÇÃO

Um sistema de fertirrigação automático possibilita diferentes alternativas de operação, desde o funcionamento de um tanque misturador de fertilizantes até um sistema completo que controla o valor de condutividade elétrica (CE) e pH na água de irrigação, incluindo a operação das bombas, dispositivos de diagnóstico de falhas e defeitos.

É apresentado, na Figura 12, um sistema com quatro bombas injetoras de soluções químicas acionadas por um controlador posicionado acima e à esquerda das bombas, alimentado por sensor de pH e CE da água. Esse sistema permite a injeção de ácido e soluções fertilizantes para o tanque cilíndrico azul à direita, que alimenta uma motobomba que, por sua vez, injeta a solução resultante na rede hidráulica.

A utilização apropriada de sistemas automáticos para o fornecimento de nutrientes às plantas pode auxiliar na redução

de gastos operacionais e na racionalização do uso dos recursos hídricos de uma propriedade.

A potencialidade em aumentar a eficiência de aplicação de água e fertilizantes, reduzindo os custos de energia, insumos e mão de obra, pode transformar esses sistemas, independentemente de seus custos, em uma ferramenta de grande valia no planejamento do uso dos recursos hídricos para o agricultor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

São muitas as possibilidades de automação e, com o tempo, novas tecnologias surgirão. Pode-se prever que, em poucos anos, haverá outras aplicações, procedimentos e sensores. Algumas tendências já se revelam, tal como o uso de redes Wireless (sem fio). Inovadora ou não, a automação deve valorizar cada vez mais a facilidade e a precisão da irrigação, bem como a conservação dos recursos hídricos.



Figura 12 - Sistema de automação em fertirrigação

Gestão de recursos hídricos nas atividades agrícolas

*Antônio Marciano da Silva*¹

*Carlos Rogério de Mello*²

*Polyanna Mara de Oliveira*³

*Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques*⁴

Resumo - A consideração dos recursos hídricos como bens públicos e a convocação da sociedade para assumir espaços de decisão, repartindo com o Estado a responsabilidade de uma gestão mais eficiente e equilibrada, vieram, sem dúvida, favorecer a consolidação de uma cidadania corresponsável pelos interesses coletivos, resultado da conscientização de que as questões ambientais também fazem parte das necessidades dos cidadãos. Assim, apresenta-se uma abordagem de pontos relevantes da evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil, tendo o estado de Minas Gerais, como área geográfica referencial de análise, uma interação com o seu Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Minas Gerais (ZEE-MG) e com os sistemas agrícolas, aqui representados pelo cenário de evolução da cana-de-açúcar. Sinaliza-se a partir dessa abordagem de que se deve ter sempre em conta que os principais vetores de desenvolvimento econômico de Minas Gerais trazem algum impacto importante sobre a disponibilidade quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos estaduais, que se agravam quando se consideram a variabilidade climática e as incertezas sobre as estatísticas utilizadas para a avaliação das disponibilidades hídricas. Esses fatores tornam a gestão dos recursos hídricos uma atividade estratégica para o alcance do desenvolvimento sustentável em termos ambiental, social e econômico. Isto remete à necessidade de que todo processo de planejamento de desenvolvimento econômico e social requeira o estabelecimento de cenários e de avaliação ambiental estratégica e integrada, para que se possam ter elementos de suporte ao processo decisório.

Palavras-chave: Água. Potencial hídrico. Bacia hidrográfica. Legislação. Agricultura.

INTRODUÇÃO

Desde os tempos remotos o acesso à água converteu-se em fonte de poder ou em ponto de discórdia e, neste caso, quase sempre gerou conflitos. Essencial à vida, a água sempre foi, e é hoje com maior intensidade, um fator preponderante e, cada vez mais, limitante para o desenvolvimento sócioeconômico do homem, passando, nesse contexto, a ser

denominada recurso hídrico e dotada de valor econômico.

A água atende a múltiplas utilidades, como abastecimento doméstico e industrial, dessedentação animal, geração de energia elétrica, irrigação, navegação, recreação, turismo, aquicultura, piscicultura, pesca e, ainda, assimilação e condução de esgoto. Em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos

hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais.

Classificam-se os recursos naturais em renováveis e não renováveis ou exauríveis. Em muitos casos, há dificuldades em estabelecer as fronteiras entre essas categorias, pois há que inserir, necessariamente, o contexto dentro do qual se faz a análise. A água é considerada por muitos, um recurso natural renovável, tendo-se

¹Eng^a Agr^a, Pós-Doc, Prof. Tit. UFLA - Depto. Engenharia, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: marciano@deg.ufla.br

²Eng^a Agrícola, Dr., Prof. Adj. UFLA - Depto. Engenharia, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: crmello@deg.ufla.br

³Eng^a Agrícola, D.Sc., Pesq. EPAMIG Norte de Minas/Bolsista FAPEMIG, Caixa Postal 12, CEP 39525-000 Nova Porteirinha-MG. Correio eletrônico: polyanna.mara@epamig.br

⁴Eng^a Florestal, Mestranda UFLA, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: rosa@posgrad.ufla.br

como base sua capacidade de recomposição, propiciada pelas suas mudanças de fase, ao circular na natureza por meio do ciclo hidrológico.

Entretanto, como a quantidade total de água na Terra (1,386 milhão de km³) tem permanecido de modo constante durante os últimos 500 milhões de anos, conforme dados coletados por cientistas soviéticos, e como não se “fabrica água”, pode-se considerá-la como um recurso natural que, ao realizar as etapas do ciclo hidrológico na natureza, se apresenta sob diferentes fases físicas, nos diversos sítios ou reservatórios, onde ocorre, com qualidade e estado de energia, também diferenciados.

Em média a água evaporada fica na atmosfera em torno de oito dias, o que lhe dá um caráter dinâmico e potencialmente renovador. Por outro lado, a água presente em outros reservatórios tem um processo de renovação mais lento, como é o caso da umidade do solo e da água subterrânea. A água oriunda dos oceanos é recirculada, em média, 2,7 vezes sobre a terra, por meio do processo precipitação-evaporação, antes de escoar de volta para os oceanos. Essa característica é fundamental no contexto do controle ambiental e, em particular, dentro da ótica de preservação da qualidade da água, pois, o ciclo hidrológico é, em síntese, uma demonstração que naturalmente a água

é reutilizada dentro da sua dinâmica de circulação.

Desde os primórdios da história até 1850, a população mundial cresceu vagarosamente, atingindo 1 bilhão de pessoas. A explosão demográfica ocorreu no século 20 com o aumento de, aproximadamente, 5 bilhões de habitantes, concentrados principalmente nos países da Ásia e África. Verifica-se, na atualidade, uma redução gradativa do crescimento demográfico, mas, mesmo assim, o mundo terá 9 bilhões de habitantes em 2048, uma média de 1 bilhão de habitantes a cada 16 anos, demandando principalmente empregos, energia e alimentos.

Com o crescimento populacional, a humanidade vê-se compelida a usar a maior quantidade possível de solo agricultável, o que vem impulsionando o uso da irrigação, não só para complementar as necessidades hídricas das regiões úmidas, como para tornar produtivas as áreas áridas e semiáridas do globo, as quais constituem, aproximadamente, 55% de sua área continental total. Atualmente, quase 50% da população mundial depende de produtos irrigados.

Essa informação reafirma ainda mais a importância que a água assume para uma agropecuária sustentável, que, além de atender a uma demanda crescente de produção e produtividade, deve também atentar para a conservação e preservação de um recurso que é finito e com disponibilidade

decrecente, não só no aspecto quantitativo como, principalmente, no qualitativo. Observa-se uma redução gradual do uso da água em atividades agrícolas, em face do crescimento da demanda industrial e do consumo humano em função de sua modernização. À medida que a sociedade se sofisticou, exigindo mais dos recursos naturais, os efeitos dessa pressão fazem-se sentir nos recursos naturais, especialmente nos recursos hídricos.

Sendo a água um recurso indispensável à vida, é de fundamental importância a discussão de suas relações com o homem, uma vez que a sobrevivência das gerações futuras depende diretamente das decisões que hoje estão sendo tomadas e, em particular, daquelas relacionadas com a gestão dos recursos hídricos.

Este artigo tem como objetivo rever pontos relevantes da evolução da gestão dos recursos hídricos, fazendo-se uma abordagem sobre estes em sistemas agrícolas, tendo o estado de Minas Gerais, como área geográfica referencial de análise.

HISTÓRICO DAS AÇÕES RELACIONADAS COM A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

O Quadro 1 apresenta um panorama histórico das principais ações relacionadas com a gestão de recursos hídricos.

QUADRO 1 - Síntese histórica das principais ações relacionadas com a gestão de recursos hídricos no Brasil (continua)

Época/Período	Ação característica/Marco referencial	Meta/Objetivo
1723	Construção do primeiro aqueduto da Lapa.	Aumentar o benefício à população, com o atendimento de serviços básicos de saneamento.
1864	Adoção de sistema de coleta de esgoto da cidade do Rio de Janeiro.	Ser a primeira cidade brasileira e a quinta do mundo a beneficiar-se deste serviço.
Década de 1920	Implantação da Inspetoria de Águas e Esgotos.	Reverter a insatisfação generalizada, pelo precário atendimento dos serviços de saneamento e pela falta de novos investimentos para ampliação das redes de saneamento.
1934	Aprovação do Decreto nº 24.643 que instituiu o Código de Águas (BRASIL, 1934). Criação do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).	Estabelecer regras de controle para o uso e aproveitamento dos recursos hídricos, principalmente com fins energéticos e definir a base para a gestão pública de saneamento, sobretudo água para abastecimento.
1939	Criação do Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica (CNAEE).	Promover a implantação e o controle da exploração de água como força hidráulica para geração de energia.

(continuação)

Época/Período	Ação característica/Marco referencial	Meta/Objetivo
Década de 1940 (fim da 2ª Guerra Mundial)	1º modelo de planejamento regional: Plano Geral de Aproveitamento do Vale do Rio São Francisco	Promover o desenvolvimento regional a partir de investimentos em obras hidráulicas e de infraestrutura básica complementadas com Programa de Desenvolvimento Agrícola.
	Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS) estendido a todo território nacional a partir da experiência adquirida na Baixada Fluminense.	Construir sistemas de águas e esgotos, além de obras de drenagem, aterros e canais.
	Criação do Código Penal de 1940 (BRASIL, 1940).	Penalizar pela poluição de água potável com dois a cinco anos de reclusão.
1946	Constituição de 1946 (BRASIL, 1946).	Regulamentar a utilização dos recursos naturais, reservando à União a competência de legislar sobre as águas.
Década de 1950	Criação dos modelos de gestão de saneamento de águas e esgotos – Serviço Autônomo de Água e Esgoto (Saae).	Gerir serviços de saneamento (abastecimento e esgotamento sanitário) instituídos como Autarquias com atuação simultânea de órgãos governamentais, nos níveis federal, estadual ou municipal.
1953	Aprovado o primeiro Plano Nacional de Saneamento.	Regulamentar metas e diretrizes na área de saneamento.
	Criação da Fundação de Serviços de Saúde Pública (Fsesp).	Introduzir o princípio da autossustentação tarifária – utilização de taxas progressivas para custeio da operação e manutenção dos Sistemas de Saneamento Básico.
Meados da década de 1960	Transformação da Divisão de águas do DNPM em Departamento Nacional de Águas e Energia (DNAE) e depois em Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica (DNAEE).	Adequar as estruturas física e orgânica para desempenhar o papel de gestão na área de produção de hidroenergia.
	DNAEE fica subordinado ao Ministério das Minas e Energia.	Responsabilizar este Ministério pela tutela da água – período de grandes obras hidrelétricas.
1961	Decreto nº 49.974-A regulamentou o Código Nacional de Saúde (BRASIL, 1961).	Prever tratamento de águas residuárias de qualquer natureza, as quais alterem a composição das águas receptoras, obrigando as indústrias a submeterem planos de tratamento de resíduos a autoridades sanitárias competentes.
1965	A Unesco lançou o “Decênio Hidrológico Internacional”.	Inventariar os recursos hídricos e capacitar pessoal técnico no seu manejo.
1967	Constituição Federal (BRASIL, 1967) e Emenda Constitucional 01/69 (BRASIL, 1969).	Implementar regras genéricas e competência da União para legislar sobre as águas.
1969	Criação do Plano Nacional de Saneamento (Planasa).	Implantar uma política nacional para provimento de serviços de água e esgotos. A cobertura dos serviços de abastecimento de água foi ampliada e do esgotamento sanitário reduzida.
1972	Conferência da ONU – Meio Ambiente.	Organizar o setor ambiental.
1973	Criação da Secretaria Especial de Meio Ambiente (Sema).	Promover ações de controle da degradação ambiental e da poluição generalizada.
1976	Ação conjunta entre o Ministério das Minas e Energia e o governo do estado de São Paulo.	Programar melhoria das condições sanitárias do Rio Tietê e Cubatão.
	Criação do Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas (CEEIBH).	Atuar em conjunto DNAEE, Sema, Eletrobras e Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) – nas bacias de rios federais, promovendo estudo integrado e acompanhamento da utilização racional de recursos hídricos.

(conclusão)

Época/Período	Ação característica/Marco referencial	Meta/Objetivo
1977	Conferência da Água das Nações Unidas instituindo o “Decênio Internacional de Abastecimento de água potável e Saneamento 1980-1990”.	Estimular o crescimento da oferta de abastecimento de água tratada e coleta e tratamento de esgoto sanitário.
Início dos anos 80	Bacia hidrográfica retomada como unidade territorial de planejamento.	Equacionar problemas de poluição e conflitos intersetoriais de usos da água.
	Estabelecido o Programa Nacional de Meio Ambiente (PNMA).	Estabelecer diretrizes das ações ambientais.
	Previsão da implantação do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), tendo como instância superior o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama).	Formular as políticas ambientais e participação pública de organizações públicas e representativas da sociedade civil.
1985	Criação do Ministério de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente.	Estabelecer estrutura orgânica para implementar política e programas ambientais.
1988	Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988).	Prever a necessidade de implementação de instrumentos de gestão integrada e controle dos recursos hídricos. Água – recurso natural de domínio público.
1989	Criação do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama).	Executar a política ambiental e fiscalizar as ações vinculadas ao ambiente.
1992	Criação do Ministério do Meio Ambiente.	Enfatizar a importância da gestão das questões ambientais.
	Realizada a Conferência Mundial de Meio Ambiente (ECO 92 – Rio de Janeiro)	Elaborar a Carta da Terra e a Agenda 21, com ênfase para a gestão dos recursos naturais e em particular a água (pensar na sua escassez).
1997	Criação da Lei nº 9.433 – Lei das Águas (BRASIL, 1997).	Estabelecer a Política Nacional de Recursos Hídricos e criar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh).
2000	Criação da Agência Nacional de Águas (ANA).	Implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos e coordenar o Singreh.
2008	Minas Gerais – Lei nº 17.727, de 13 de agosto de 2008 – Bolsa Verde (MINAS GERAIS, 2008).	Conceder incentivo financeiro para agricultores que atuem na recuperação, preservação e conservação de formações ciliares e áreas de recarga de aquíferos, etc.

LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE ÁGUA

Síntese dos principais marcos regulatórios

O Código de Águas, marco legal inicial da Gestão das Águas, surgiu com o Decreto nº 24.643 de 10/7/34 (BRASIL, 1934). Embora seja antigo, ainda constitui legislação básica brasileira de águas, naquilo que não conflita com a Constituição de 1988 (BRASIL, 1988) ou com a Lei nº 9.433 de 8/1/97 (BRASIL, 1997) e Lei nº 9.984 de 17/7/2000 (BRASIL, 2000). Vale destacar dentre vários artigos ainda atuais, art. 43, 46, 48, 49, 52, 109, 110, 111 e 112. Nestes, há a previsão da

necessidade de autorização (outorga) para uso da água, com prazo limitado, bem como, do pagamento pelo uso e de situações em que o poluidor deverá responder pelos prejuízos que causar a terceiros.

Com a promulgação da Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988), questões básicas relativas a água foram inseridas (todos os corpos d’água passaram a ser de domínio público, sendo considerados como bens do Estado ou da União – artigos 20; 26 e 176), e estabeleceu o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh) (art. 21, 22, 23, 24, 30, 165, 182 e 225).

A Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), expressa pela Lei nº 6.938

de 31/8/81 (BRASIL, 1981), caracteriza a água como recurso ambiental. Esta Lei foi regulamentada pelo Decreto nº 97.632 de 10/4/89 (BRASIL, 1989a) e Decreto nº 99.274 de 6/6/90 (BRASIL, 1990a) e alterada em sua redação pela Lei nº 7.804 de 18/7/89 (BRASIL, 1989b) e Lei nº 8.028 de 12/4/90 (BRASIL, 1990b). Nesta Lei e dispositivos regulamentadores, existem pelo menos quatro instrumentos previstos que incidem sobre o uso da água. São eles: Padrões de Qualidade Ambiental, Avaliação de Impacto Ambiental, Zoneamento Ambiental e Licenciamento de atividades efetivas ou potencialmente poluidoras.

A Política Nacional de Irrigação é outro instrumento legal consubstanciado pela Lei nº 6.662 de 25/6/79 (BRASIL, 1979) que foi regulamentada pelo Decreto nº 89.496 de 29/3/84 (BRASIL, 1984). O art. 21 desta Lei estabelece que:

a utilização de águas públicas, para fins de irrigação e atividades decorrentes, dependerá de remuneração a ser fixada de acordo com a sistemática estabelecida em regulamento. (BRASIL, 1979).

A Lei nº 9.433/97 (BRASIL, 1997), sancionada pelo Presidente da República em 8 de janeiro de 1997, estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Singreh. Esta constitui um marco para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos no Brasil, por estar embasada em princípios básicos, norteadores da gestão das águas no âmbito mundial. Tais princípios, de forma resumida, assim se apresentam:

- a) bacia hidrográfica é a unidade de planejamento e gestão dos recursos hídricos;
- b) todos os setores usuários de água têm igual acesso ao uso deste recurso;
- c) a água é um bem finito e vulnerável;
- d) a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e participativa.

Em seu art. 5º, a Lei nº 9.433/97 (BRASIL, 1997) elenca os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, quais sejam:

- I) os Planos de Recursos Hídricos;
- II) o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;
- III) a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;
- IV) a cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- V) a compensação a municípios;
- VI) o sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Paralelamente e simultaneamente os Estados e o Distrito Federal foram esta-

belecendo suas legislações, em caráter complementar e específico, naquilo que couber. O estado de São Paulo, pioneiro no País, teve sancionada a sua Lei nº 7.663, em 30 de dezembro de 1991 (SÃO PAULO, 1991).

Em 17 de julho de 2000, foi sancionada a Lei nº 9.984 (Brasil, 2000), que criou a Agência Nacional de Águas (ANA), entidade federal, responsável pela implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e pela coordenação do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), como parte integrante do Singreh.

Instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos

Os instrumentos previstos na Política Nacional de Recursos Hídricos estão gradativamente sendo implementados, num processo de autoaprendizagem e de internalização da cultura da gestão dos recursos hídricos, como bem público estratégico.

Plano de recursos hídricos

Em nível da União Federativa existe o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) aprovado em 2006, que está em processo adiantado de atualização, contemplando uma visão integradora dos diferentes níveis de gestão, programas e metas projetados para 2025. Minas Gerais também possui em vigência um Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) aprovado em 2005. O Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais (CERH-MG) tem como meta a aprovação, ainda em 2010, de uma versão atualizada do PERH, com a inclusão de programas de desenvolvimento para os diferentes setores da economia, além dos previstos nos planos de bacia, os quais já acumulam número significativo, numa efetiva demonstração de que a atividade de gestão está sendo exercitada em diferentes esferas e hierarquias.

Enquadramento de corpos d'água em classes de usos preponderantes

Em relação ao enquadramento dos cursos de água segundo uso preponderante, existem algumas experiências em andamento, porém o que se constata é a grande dificuldade de implementação de programas e práticas condizentes com os requisitos da classe e, acima de tudo, dos mecanismos de fiscalização e controle. Conforme definida pela Resolução CNRH nº 91 de 5/11/2008 (CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS, 2009), são quatro as etapas necessárias para a realização do enquadramento:

- I - diagnóstico;
- II - prognóstico;
- III - proposta de metas relativas às alternativas de enquadramento; e
- IV - programa de efetivação.

Como pode ser avaliado, além da superação das etapas, que requerem um investimento vultoso, outro grande desafio a ser vencido é elevar o nível de conscientização da sociedade em termos de internalizar e praticar o desenvolvimento ambientalmente sustentável.

Outorga dos direitos de uso da água

A outorga do direito de uso da água é um instrumento jurídico que tem por objetivo:

assegurar controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de todo usuário ao seu acesso. (BRASIL, 1997).

Ou ainda, assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos – Lei nº 9.443/97, art. 11 (BRASIL, 1997). A outorga é o instrumento obrigatório que regulariza, no órgão gestor, a situação do usuário de água, que passa a ter o direito outorgado de utilizar uma quantidade de

água, com prazo de validade e tempo de uso, devidamente especificados e transcritos na Portaria, que deve ser publicada nos Diários Oficiais, para tornar público o direito outorgado. O poder outorgante será a União, os Estados ou o Distrito Federal, dependendo a quem o domínio da água outorgada esteja adstrito. Trata-se de um ato administrativo sujeito ao exercício do Poder de Polícia, e pressupõe o uso privativo de um bem público.

Antes da implantação de qualquer intervenção que venha a alterar o regime, a quantidade ou a qualidade das águas, o futuro usuário deve solicitar a outorga. As outorgas em águas de domínio do estado de Minas Gerais são obtidas no Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam) e nas Superintendências Regionais de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Suprams) Lei nº 13.199 de 29/1/1999 (MINAS GERAIS, 1999). As outorgas em águas de domínio da União são concedidas pela ANA por meio da Lei nº 9.984/2000 (BRASIL, 2000).

Estão sujeitas à outorga do direito de uso, todas as intervenções que alterem a qualidade, a quantidade ou o regime dos corpos d'água (incluindo os usos não consuntivos), e independentemente da natureza pública ou privada da atividade.

Independem de outorga o abastecimento a pequenos núcleos populacionais rurais (não regulamentado), e acumulações, derivações, captações e lançamentos considerados insignificantes que, entretanto, devem estar cadastrados no Igam. Para Minas Gerais, os usos insignificantes estão regulamentados para as diferentes Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRH) do estado de Minas Gerais pela Deliberação Normativa nº 9 de 16/6/2004 (CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS, 2004), sintetizada na Figura 1.

São critérios de outorga:

- a) para captação direta no curso de água, a vazão máxima outorgável é

de 30% da $Q_{7,10}$, devendo em qualquer situação, garantir o fluxo residual de, no mínimo, 70% da $Q_{7,10}$;

- b) quando houver regularização, vazão maior pode ser retirada desde que garantido o fluxo residual mínimo de 70% da $Q_{7,10}$;

- c) no caso de água subterrânea, "a vazão total outorgável" deverá estar associada à capacidade de recarga do aquífero, sendo da competência dos Estados e do Distrito Federal a gestão desses recursos.

A outorga pode ser suspensa nos seguintes casos:

- a) não cumprimento dos termos da outorga;
- b) não utilização da água por três anos consecutivos;
- c) necessidade premente de água para atender a situações de calamidade;
- d) necessidade de prevenir ou reverter grave degradação ambiental;
- e) necessidade de atender a usos prioritários;
- f) necessidade de manter as características de navegabilidade do corpo d'água;
- g) não fazer uso do direito outorgado

no prazo de um ano da data de publicação ou do fim das obras.

Cobrança pelo uso da água

Com relação à cobrança pelo uso da água, a Constituição Federal de 1988 é omissa. Entretanto, seu art. 22 estabelece ser da competência privativa da União legislar sobre águas (BRASIL, 1988). O Decreto nº 24.643/34 dispõe em seu art. 36 da possibilidade de cobrar pelo uso da água (BRASIL, 1934). A Lei nº 9.433/97 (BRASIL, 1997) estabelece de forma mais contundente a cobrança (art. 19, 20, 21 e 22).

A necessidade de conservar, qualitativa e quantitativamente as águas de um curso, a fim de permitir seus usos atuais e futuros, exige investimentos vultosos, cada vez mais crescentes, o que não deve ser uma tarefa exclusiva do governo.

A cobrança tem sido adotada em muitos países, inclusive nos desenvolvidos, onde também funciona como incentivo indireto, para que os usuários modifiquem seus hábitos e alterem suas tecnologias, reduzindo perdas e custos excessivos de seu tratamento. Segundo Lanna (1997), algumas premissas básicas devem ser estritamente observadas:

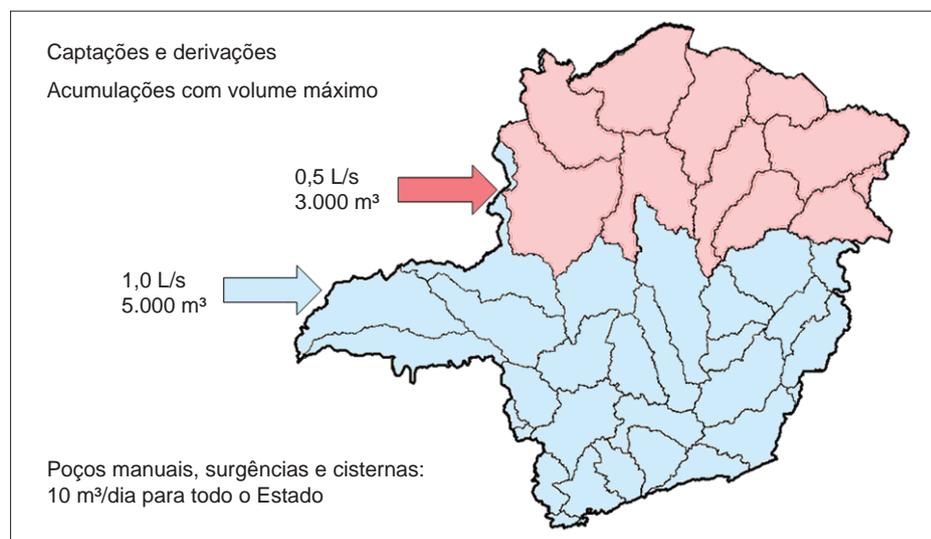


Figura 1 - Usos que independem de outorga para as Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRH) do estado de Minas Gerais

FONTE: Conselho Estadual de Recursos Hídricos (2004).

- a) a receita gerada pela cobrança deve ser compatibilizada com as necessidades de investimento na própria bacia hidrográfica;
- b) o valor cobrado deve ser compatível com a capacidade de pagamento do usuário;
- c) o valor cobrado pela poluição hídrica não confere “direitos para poluir”;
- d) o valor cobrado dos serviços de saneamento básico (água e esgoto), deve ser significativamente menor que o cobrado para outros usos, pois há um forte “enlace” entre estes serviços e a saúde pública;
- e) o valor cobrado da agricultura deve considerar os benefícios decorrentes de um manejo adequado do solo agrícola.

As motivações para a cobrança pelo uso da água podem ser agrupadas em:

- a) financeira: recuperação de investimentos e pagamentos de custos operacionais e de manutenção, geração de recursos para a expansão dos serviços;
- b) econômica: estímulo ao uso produtivo ou racionalizado do recurso;
- c) distribuição de renda: transferência de renda de camadas mais privilegiadas economicamente para aquelas menos privilegiadas;
- d) equidade social;
- e) sustentabilidade ambiental.

No Brasil, os casos mais comuns de cobrança pelo uso da água são aqueles com base na Lei da Política Nacional de Irrigação – Lei nº 6.662/79 (BRASIL, 1979) e dos serviços de água e esgoto.

Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

A atividade de gestão pressupõe o conhecimento do objeto a ser gerido. Neste contexto, assume importância ímpar o

estabelecimento de uma rede de monitoramento do clima e dos recursos hídricos (em termos quantitativos e qualitativos), de um sistema de comunicação integrado, além de sistema de análise dos dados obtidos, para dar credibilidade à informação disponibilizada para a sociedade. Há que se reconhecer o grande avanço já alcançado neste sistema, nos últimos 10 anos, seja em nível Federal, sob a batuta da ANA, que disponibiliza um banco de dados de boa qualidade, principalmente sobre vazão e cotas (recursos hídricos) e precipitação, via sistema Hidroweb, bem como, o dispêndio de grandes esforços no cadastramento de usuários. Na esfera do estado de Minas Gerais merece destacar o trabalho desenvolvido pelo Igam, que vem desenvolvendo uma série de atividades relacionadas com o Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos (Seirh), podendo-se destacar o sistema Fundo de Recuperação, Proteção e Desenvolvimento das Bacias Hidrográficas do Estado de Minas Gerais (Fhidro), a Base Ottocodificada de Bacias Hidrográficas de Minas Gerais, sistema de outorgas, e, sobretudo a densa rede de monitoramento da qualidade de água superficial, que conta com uma série histórica de mais de dez anos consecutivos e dispõe, em 2010, de quase 300 estações. Outra ação de fôlego do Igam diz respeito ao cadastro de usuários, que em praticamente dois anos conseguiu multiplicar por 10 o número de usuários cadastrados e em processo de regularização.

Felizmente os avanços tecnológicos, sustentados por um período de investimentos financeiros substanciais no sistema – Fundos Setoriais do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) –, propiciaram uma mudança expressiva e para melhor, do quadro de informações sobre recursos hídricos e clima, favorecendo a realização de estudos hidrológicos de elevada qualidade pela comunidade técnico-científica brasileira nessa área do conhecimento.

Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

O Singreh é integrado pelos seguintes órgãos e colegiados, cujo arranjo orgânico evidencia-se na Figura 2:

- a) Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH);
- b) ANA;
- c) Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal;
- d) Comitês de Bacia Hidrográfica;
- e) Órgãos dos poderes públicos federais, estaduais e municipais relacionados com a gestão das águas;
- f) Agências de Água.

O conjunto de órgãos e entidades que atuam na gestão dos recursos hídricos no Brasil é chamado “Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos”. A denominação foi dada pela Constituição Federal de 1988 (art. 21, inciso XIX) (BRASIL, 1988) e repetida no Título II da Lei nº 9.433/97 (BRASIL, 1997).

O fato de a Constituição Federal de 1988 ter inserido o tema em seu texto tem como imediata consequência a obrigação para a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios de articularem na gestão das águas. A existência de um sistema hídrico não elimina a autonomia das entidades federadas; mas, o art. 18, da referida Constituição (BRASIL, 1988), relata que a autonomia existe nos termos desta constituição. Assim unidos, Estados, Distrito Federal e Municípios são autônomos e, ao mesmo tempo, obrigatoriamente integrados no Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

A existência constitucional desse Sistema Nacional não permite que os Estados organizem a cobrança pelos diferentes usos dos recursos hídricos sem a implementação das Agências de Águas, com a exceção do art. 51 da Lei nº 9.433/97 (BRASIL, 1997), e a instituição dos Comitês de Bacias Hidrográficas. Não há um sistema federal de recursos hídricos e

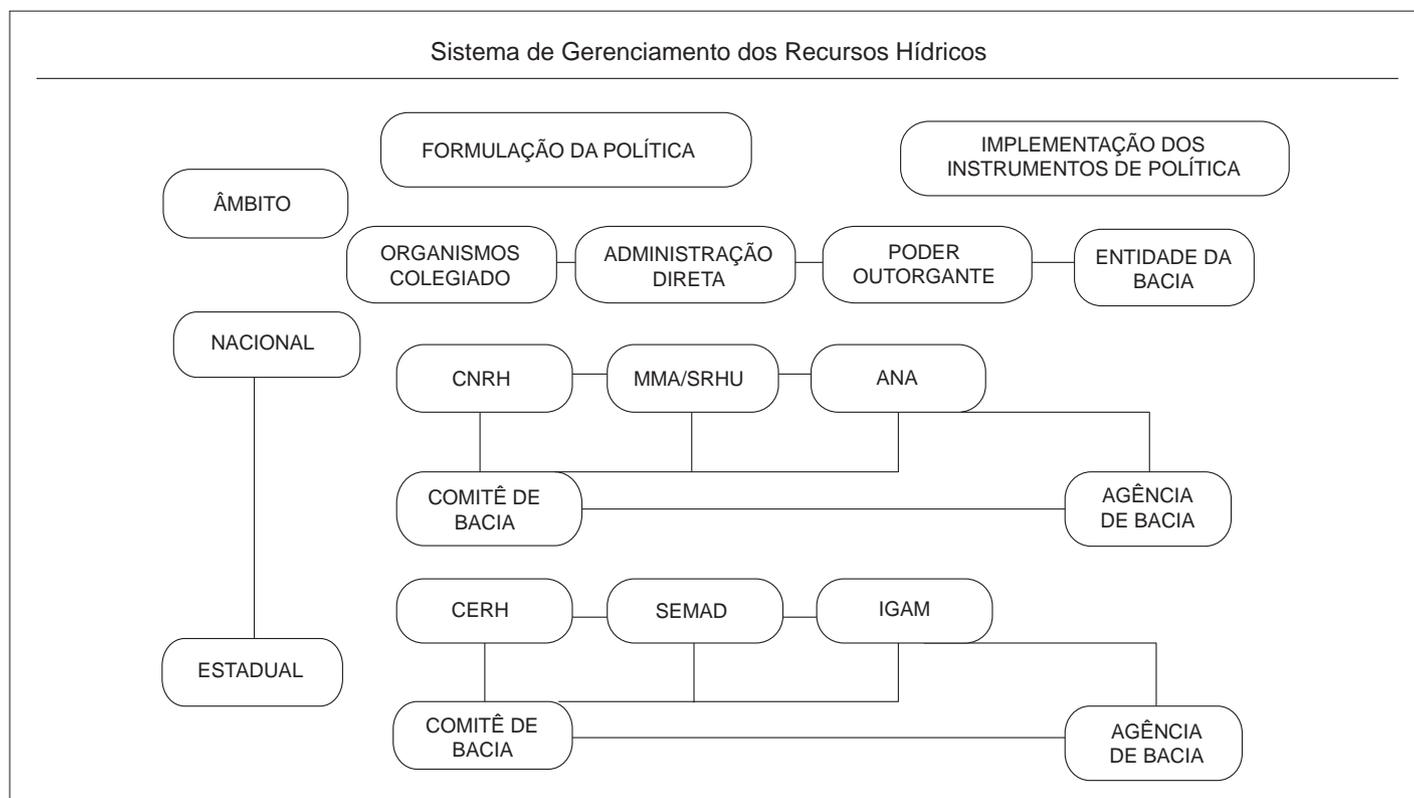


Figura 2 - Esquema do Sistema de Gerenciamento dos Recursos Hídricos – Nacionais e do estado de Minas Gerais

NOTA: CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos; MMA - Ministério do Meio Ambiente; SRHU - Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano; ANA - Agência Nacional de Águas; CERH - Conselho Estadual de Recursos Hídricos; SEMAD - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável; IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas.

um sistema estadual de recursos hídricos isolados e com regras não convergentes. Os Estados e o Distrito Federal poderão adaptar estas instituições hídricas às suas peculiaridades, desde que respeitem as características gerais do Sistema Nacional e dos Comitês e das Agências referidas, que estão apontados na Lei nº 9.433/97 (BRASIL, 1997).

O Singreh tem como objetivos fixados na Lei nº 9.433/97, em seu art. 32 (BRASIL, 1997):

- I - coordenar a gestão integrada das águas;
- II - arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos;
- III - implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos;
- IV - planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos;

V - promover a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

O conceito de sistema hídrico é um imperativo da natureza, pois os cursos de água, na maioria das vezes, não terminam num município ou num Estado ou mesmo num país, o que sinaliza a possibilidade de ter sistemas hídricos continentais de recursos hídricos integrando os diversos países de uma mesma bacia hidrográfica.

A gestão das águas é descentralizada no Singreh, mas não pode ser antagônica e desordenada. As Agências de Águas, os Comitês de Bacia Hidrográfica, os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e o CNRH são ligados por laços de hierarquia e de cooperação. O arbitramento dos possíveis conflitos de águas não será feito somente pelo Poder Judiciário, mas passa a ter instâncias administrativas anteriores às do próprio Singreh.

Comitês de Bacia Hidrográfica

Os Comitês de Bacia Hidrográfica constituem a base do Singreh. Têm como objetivo a gestão participativa e descentralizada dos recursos hídricos naquele território, utilizando-se da implementação dos instrumentos técnicos de gestão, harmonizando os conflitos e promovendo a multiplicidade dos usos da água, respeitando a dominialidade das águas, integrando as ações de todos os governos, no âmbito dos Municípios, dos Estados e da União, propiciando o respeito aos diversos ecossistemas naturais, promovendo a conservação e recuperação dos corpos d'água, garantindo a utilização racional e sustentável dos recursos para a manutenção da boa qualidade de vida da sociedade local.

Dentre suas principais competências destacam-se:

- a) arbitrar os conflitos relacionados com os recursos hídricos naquela bacia hidrográfica;
- b) aprovar o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica;
- c) acompanhar a execução do Plano e sugerir as providências necessárias ao cumprimento de suas metas;
- d) estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos e sugerir os valores a serem cobrados;
- e) definir os investimentos a serem implementados com a aplicação dos recursos da cobrança.

A Lei nº 9.433/97 estabelece dois tipos de Comitês de Bacia Hidrográfica, o primeiro mencionado no art. 37, parágrafo único e o segundo indicado no art. 39, § 4º, respectivamente:

A instituição de Comitês de Bacia Hidrográfica em rios de domínio da União será efetivada por ato de Presidente da República. A participação da União nos Comitês de Bacia Hidrográfica com área de atuações restrita a bacias de rios sob domínio estadual, dar-se-á na forma estabelecida nos respectivos regimentos. (BRASIL, 1997).

Órgãos dos poderes públicos com interface com a gestão dos recursos hídricos

Vários órgãos vinculados ao poder público, nas diferentes hierarquias atuam complementarmente na gestão dos recursos hídricos. A Lei nº 6.938/81 (BRASIL, 1981) institui o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), que se insere no Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), onde as associações ambientais e os setores dos empresários e empregados foram representados. Em nível de Estado, existe o Conselho Estadual de Política Ambiental (Copam), ou similar, que se vincula ao Sistema Estadual do Meio Ambiente (Sisema), e em nível de municípios o Conselho Municipal de Desenvolvimento

Ambiental (Codema), inserido no Sistema Municipal de Meio Ambiente (Sismuma). Além destes Conselhos existem outras organizações sociais que contribuem para a gestão dos recursos hídricos.

Agências de Água

As Agências de Água são os órgãos executores da política e dos programas previstos em cada plano de bacia. Sua legalização requer a aprovação pelo CNRH e os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados, conforme a dominialidade das águas, por proposição do respectivo Comitê de Bacia. No Brasil e em Minas as Agências em funcionamento ainda são em número limitado, mesmo porque um dos grandes argumentos para sua organização é a existência de programas de desenvolvimento dos recursos hídricos dentro do âmbito da bacia, que tenham recursos financeiros para sustentá-los, incluindo-se aí a cobrança pelo uso da água, que ainda está em fase de avaliação da viabilidade de implantação na maioria das bacias hidrográficas.

USO DE RECURSOS HÍDRICOS NA AGRICULTURA

A grande demanda por alimentos, o uso intenso em agricultura, indústrias e residências e as mudanças climáticas têm proporcionado maior pressão sobre

os recursos ambientais e, em particular, sobre os estoques de água do planeta. Essas questões conduzem a reflexões sobre novos meios de garantir a sustentabilidade das atividades agropecuárias sob a ótica da segurança alimentar e nutricional, aliadas à proteção do meio ambiente.

A agricultura irrigada em escala mundial ocupava em torno de 18% (275 milhões de hectares) da área total cultivada no planeta (1,5 bilhão de hectares), consumindo, aproximadamente, 70% do total de água de qualidade usada, valor superior à quantidade consumida pelo setor industrial (21%) e pelo consumo doméstico (9%) (SANTOS, 2000). Estima-se que o Brasil apresente em torno de 3,7 milhões de hectares irrigados, ou seja, quase 5,9% da área plantada. A área irrigada responde por mais de 16% do volume total de produção e 35% do valor econômico total da produção, enquanto no mundo estes números ficam em 44% e 54%, respectivamente (CHRISTOFIDIS, 2002). Portanto, uma unidade de área irrigada equivale a, aproximadamente, 2,7 unidades de área não irrigada em termos de volume de produção e a 5,9 unidades em termos de valor econômico da produção agrícola. No Quadro 2, apresenta-se uma síntese dos indicadores relativos às áreas plantadas e irrigadas.

QUADRO 2 - Indicadores de áreas plantadas e irrigadas dos 62 principais cultivos (2003/2004)

Brasil/Regiões	Cultivos permanentes (10 ⁶ ha)	Cultivos temporários (10 ⁶ ha)	Área plantada total (10 ⁶ ha)	Área Irrigada (10 ⁶ ha)	Área irrigada/Área plantada (%)
Brasil	6,35	52,11	58,46	3,44	5,89
Norte	0,58	1,98	2,56	0,001	3,89
Nordeste	2,27	9,71	11,98	0,07	6,12
Sudeste	2,90	8,85	11,75	0,99	8,41
Sul	0,48	18,74	19,22	1,30	6,77
Centro-Oeste	0,12	12,83	12,95	0,32	2,46

Com base em estudos realizados para a elaboração do Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Minas Gerais (ZEE-MG), pôde-se avaliar a situação dos recursos hídricos quanto à outorga do direito de uso da água, que está sintetizada no Gráfico 1, representativa de um momento, visto que esta questão tem uma dinâmica muito intensa e se altera continuamente, exigindo assim muita atenção do órgão gestor para identificar possíveis conflitos e gerenciá-los.

Constata-se que a irrigação é também em Minas Gerais, um uso dos mais relevantes requerendo por parte de todos os segmentos (usuários e gestores de recursos hídricos) um esforço no sentido da prática da racionalidade técnica, aliada a uma maior eficácia no uso, para alcançar mais produtividade por unidade de água consumida.

Ainda com base no ZEE-MG pôde-se avaliar a situação dos recursos hídricos no Estado, tanto superficial quanto subterrâneo, e o seu grau de comprometimento, representado pela relação volume outorgado/volume outorgável.

A representação dos recursos hídricos por meio do indicador vulnerabilidade natural (Fig. 3A) deve-se ao fato de que todos os recursos ambientais foram assim representados, segundo metodologia proposta pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA). No Quadro 3, apresenta-se o critério que permitiu converter índices de $RE_{7,10}$ (rendimento ou vazão específica, obtida pela relação: $Q_{7,10}/Ad$, sendo $Q_{7,10}$ - o valor mínimo das vazões médias de 7 dias consecutivos com recorrência de 10 anos e Ad - a área de drenagem até o ponto onde a vazão é medida ou estimada) em vulnerabilidade propriamente dita. Observa-se que o estado de Minas Gerais apresenta um gradiente de disponibilidade hídrica, decrescente do Sul para o Norte-Nordeste, fato que guarda estreita correlação com o clima e, em particular, com o balanço hídrico regional e o regime pluvial. Nesta situação, a região Sul é a que apresenta os maiores volumes de chuva, bem como sua

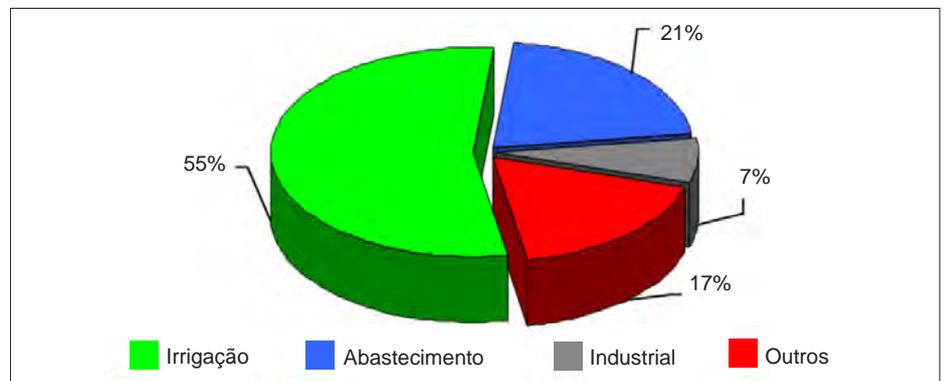


Gráfico 1 - Situação de outorgas de direito de uso da água, por modalidade de uso em Minas Gerais

FONTE: Silva, Mello e Coelho (2008).

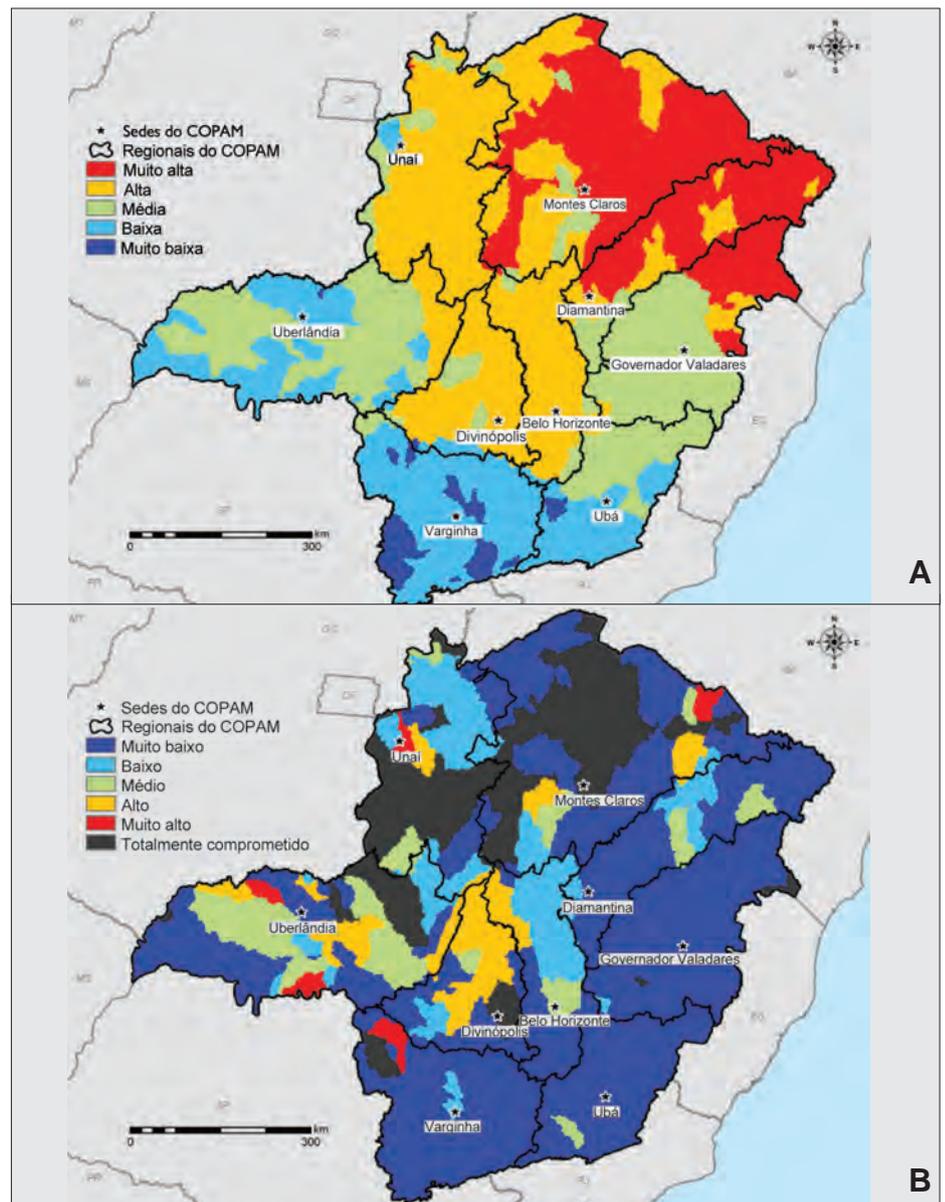


Figura 3 - Recursos hídricos superficiais para o estado de Minas Gerais
 FONTE: (Figura 3A) Mello et al. (2008) e (Figura 3B) Silva, Mello e Coelho (2008).
 NOTA: Figura 3A - Vulnerabilidade natural. Figura 3B - Nível de comprometimento.
 NOTA: COPAM - Conselho Estadual de Política Ambiental

distribuição temporal menos concentrada que outras do Estado, uma vez que esta região recebe com mais frequência e intensidade, sistemas frontais (frentes frias), além de temperaturas mais amenas.

Na Figura 3B, pode-se avaliar o quanto a disponibilidade hídrica superficial já se encontrava comprometida, sinalizando a necessidade de tomadas de decisões no tocante à sua gestão. Fica evidenciada a situação crítica na bacia do Rio Verde Grande e na região Noroeste do Estado, em situação clara de conflito. Os dados considerados no estudo, no tocante a volume de água outorgado, representam a parcela de usuários a qual está legalizada, e que na época, correspondia a menos de 50% dos usuários.

A mesma avaliação pode ser feita em relação aos recursos hídricos subterrâneos, cuja vulnerabilidade natural/oferta está representada na Figura 4A, visualizando-se também o grau de seu comprometimento (Fig. 4B). No Quadro 4, apresenta-se o critério de conversão do grau de vulnerabilidade natural dos recursos hídricos subterrâneos, com as lâminas médias de restituição anual de água subterrânea.

As informações contidas no ZEE-MG constituem subsídio para ações de planejamento e gestão dos recursos hídricos. Neste sentido, apresenta-se como exemplo, parte do estudo realizado para avaliar o cenário decorrente do processo de expansão da cana-de-açúcar no Estado. Para tanto, foram elaborados estudos diagnósticos sobre as condições edafoclimáticas, bem como, impactos no uso dos recursos hídricos superficiais.

No tocante à aptidão edáfica, esta foi conduzida avaliando-se as características pedológicas gerais e declividade, conforme Ramalho Filho e Beek (1995), permitindo gerar um mapa, onde se identificam as unidades de solos classificadas em inaptas, restritas, regulares e boas. Este mapa foi sobreposto ao mapa de aptidão climática, o qual foi desen-

QUADRO 3 - Critério para conversão de $RE_{7,10}$ em grau de vulnerabilidade natural dos recursos hídricos superficiais adotados no ZEE-MG

Vulnerabilidade natural	$RE_{7,10}$ (L/s km ²)
Muito alta	< 1,5
Alta	1,5 - 2,5
Média	2,5 - 3,5
Baixa	3,5 - 5,5
Muito baixa	> 5,5

FONTE: Silva, Mello e Coelho (2008).

NOTA: ZEE-MG - Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Minas Gerais.

$RE_{7,10}$ - rendimento ou vazão específica, obtida pela relação: $Q_{7,10}/Ad$, sendo $Q_{7,10}$ - o valor mínimo das vazões médias de 7 dias consecutivos com recorrência de 10 anos e Ad - a área de drenagem até o ponto onde a vazão é medida ou estimada.

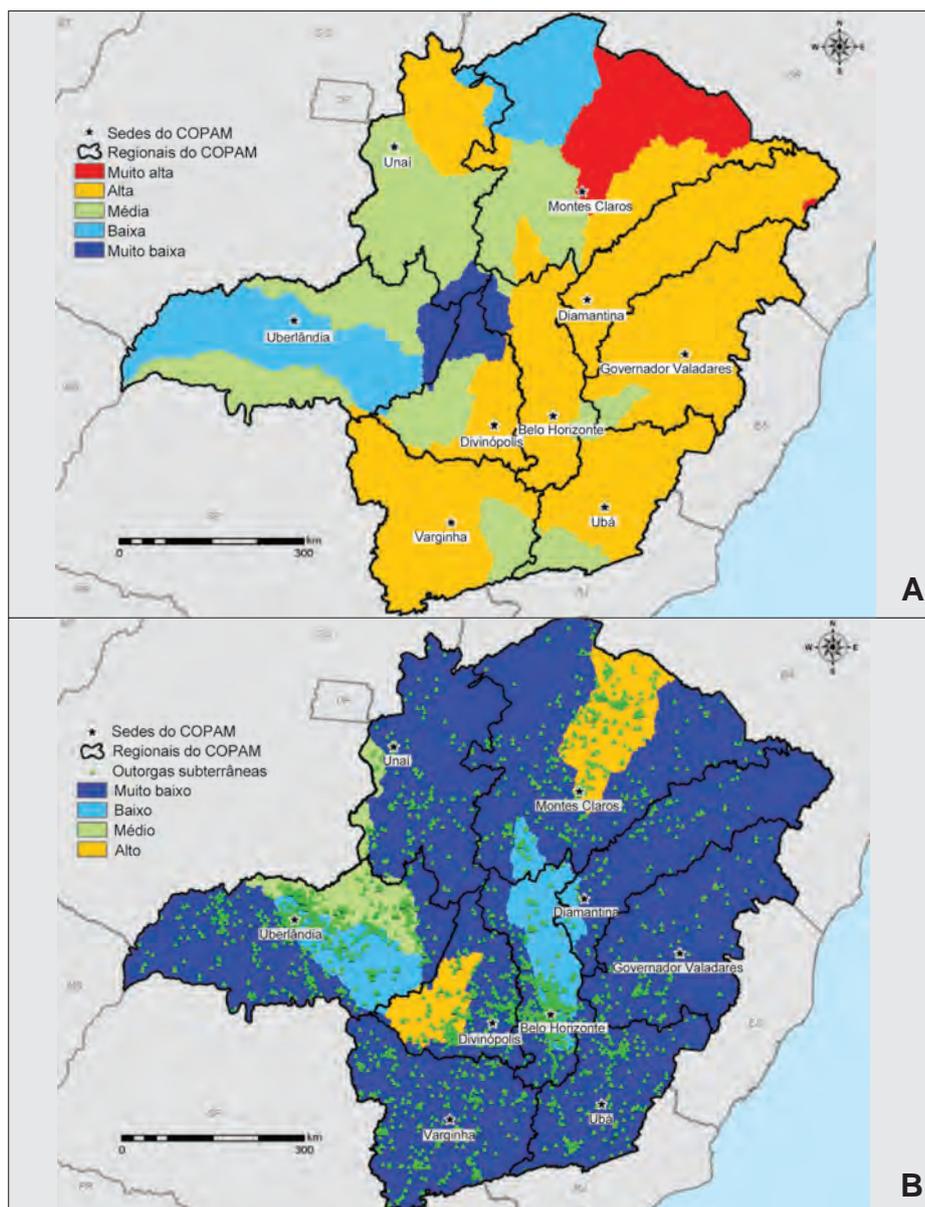


Figura 4 - Recursos hídricos subterrâneos para o estado de Minas Gerais

FONTE: (Figura 4A) Mello et al. (2008) e (Figura 4B) Silva, Mello e Coelho (2008).

NOTA: Figura 4A - Vulnerabilidade natural. Figura 4B - Nível de comprometimento.

NOTA: COPAM - Conselho Estadual de Política Ambiental

volvido com base no balanço hídrico climatológico, seguindo metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1955), descrita por Pereira, Villa Nova e Sedyama (1997), e classificada para as condições da cana-de-açúcar (Quadro 5), conforme Silva e Barros (2003).

Assim, foi gerado o mapa de aptidão edafoclimática geral para cana-de-açúcar no estado de Minas Gerais, o qual foi complementado no tocante à necessidades de irrigação (Fig. 5). Foram caracterizadas duas zonas, onde a cultura pode ser plantada. Porém a irrigação consiste de um fator fundamental para tomada de decisão. Essas zonas foram classificadas em áreas com irrigação necessária em algum período do ano e áreas com irrigação recomendada, ou seja, com características suplementares.

Com o intuito de fornecer um melhor subsídio em termos de tomada de decisão pelos empreendedores, o mapa de Nível de Comprometimento (Fig. 3B) foi reinterpretado, considerando alguns níveis importantes no contexto de um possível conflito pelo uso da água (Quadro 6).

Com esta análise, é possível identificar zonas problemáticas no contexto de emissão de outorgas para uso da água associado ao cultivo da cana-de-açúcar (Fig. 6).

Em termos práticos, o empreendedor localizará uma determinada área de interesse, verificando a aptidão edafoclimática. Se esta área estiver localizada nas regiões onde a irrigação implica num fator decisório, este deverá avaliar a possibilidade de risco de conflito com outros usuários já existentes na área, com outorgas vigentes. Observa-se que este mapa torna-se uma ferramenta de planejamento importante tanto para o usuário, quanto para os órgãos ambientais do Estado, no contexto do planejamento sustentável da exploração da cana-de-açúcar e da gestão dos recursos hídricos.

QUADRO 4 - Critério para conversão da lâmina de restituição (LR) – mm/ano – em grau de vulnerabilidade natural dos recursos hídricos subterrâneos

Lâmina média de restituição (mm/ano)	Vulnerabilidade natural
< 220	Muito alta
220 - 250	Alta
250 - 280	Média
280 - 310	Baixa
> 310	Muito baixa

QUADRO 5 - Critérios para caracterização da aptidão climática da cana-de-açúcar

Índice de umidade (Iu)		Condições térmicas	
Inapta	(Iu < -10)	Apta	(T > 21 °C)
Moderada seca	(-10 < Iu < 10)	Moderada	(19 °C < T < 21 °C)
Região apta	(10 < Iu < 60)	Restrita	(18 °C < T < 19 °C)
Moderada úmida	(Iu > 60)	Inapta	(T < 18 °C)

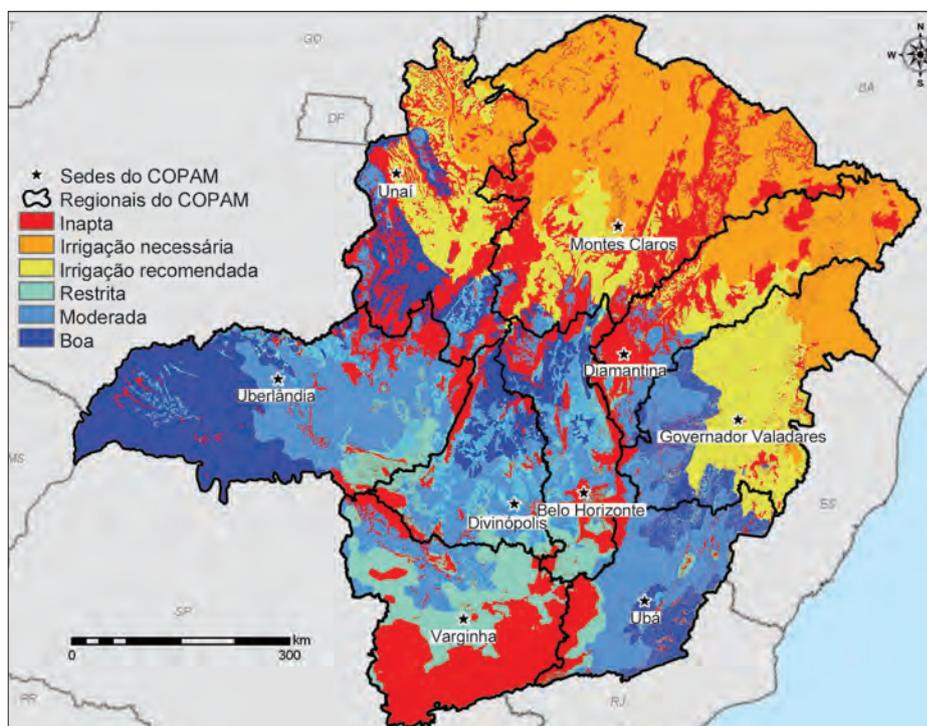


Figura 5 - Mapa de aptidão edafoclimática e necessidade de irrigação para a cultura da cana-de-açúcar no estado de Minas Gerais

FONTE: Carvalho et al. (2008).

NOTA: COPAM - Conselho Estadual de Política Ambiental.

QUADRO 6 - Critérios para a identificação de conflito pelo uso da água a partir do nível de comprometimento

Nível de comprometimento (%)	Possibilidade de conflito de uso da água
< 20%	Baixa
20% - 60%	Moderada
60% - 100%	Alta
> 100%	Muito alta

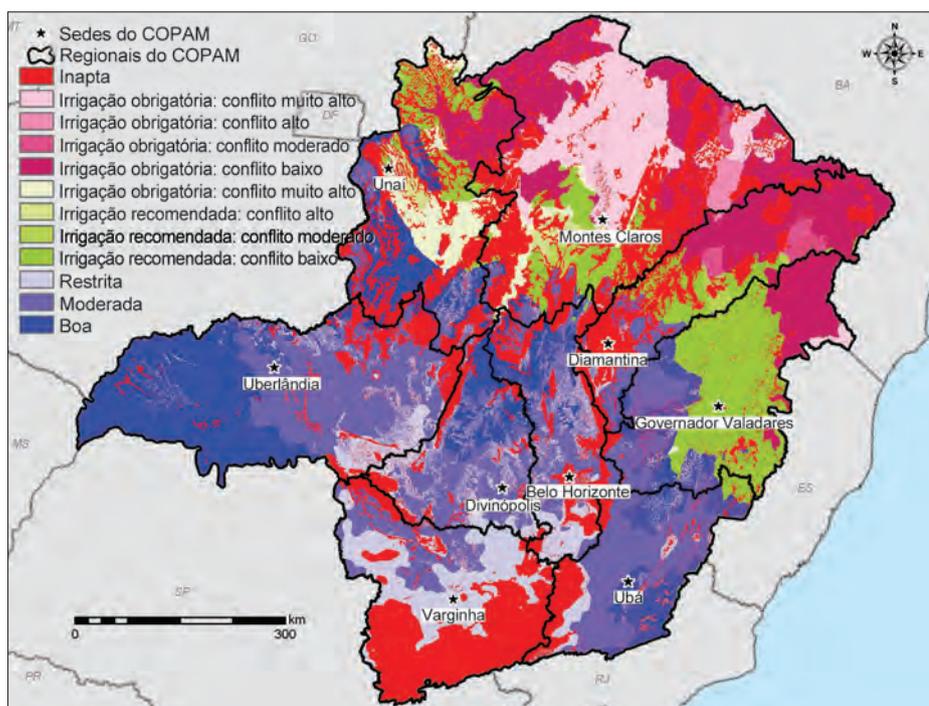


Figura 6 - Mapa de aptidão edafoclimática da cana-de-açúcar associada à possibilidade de risco por conflito por água nas áreas de irrigação

FONTE: Carvalho et al. (2008).

NOTA: COPAM - Conselho Estadual de Política Ambiental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A transformação dos recursos naturais em bens públicos e a convocação da sociedade para assumir espaços de decisão, repartindo com o Estado a responsabilidade de uma gestão mais eficiente e equilibrada, veio, sem dúvida favorecer a consolidação de uma cidadania corresponsável pelos interesses coletivos, resultado da conscientização de que as questões ambientais também fazem parte das necessidades dos cidadãos.

Neste sentido, há que se ter sempre em conta que os principais vetores de desenvolvimento econômico de Minas Gerais trazem algum impacto importante sobre a disponibilidade quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos estaduais, que se agravam, quando se consideram a variabilidade climática e as incertezas sobre as estatísticas utilizadas para a avaliação das disponibilidades hídricas, fatores estes que tornam a gestão dos recursos hídricos uma atividade estratégica para o alcance do desenvolvi-

mento sustentável em termos ambiental, social e econômico.

Isto remete à necessidade de que todo processo de planejamento de desenvolvimento econômico e social requer o estabelecimento de cenários e de avaliação ambiental estratégica e integrada, para que se possam ter elementos de suporte para o processo decisório.

O setor da gestão de recursos hídricos apresenta desafios ditados pela enorme diversidade ambiental e de riqueza de recursos entre as diversas regiões geográficas. É, portanto, necessário que haja a disponibilidade de informações processadas que evidenciem a variabilidade regional como suporte, tanto para o usuário no seu processo de decisão, quanto para os gestores que se devem aparelhar com instrumentos de precisão e atualizados para exercerem, a contento, sua função de controle da disponibilidade desse recurso natural tão essencial ao desenvolvimento da sociedade.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Constituição (1946). Constituição dos Estados Unidos do Brasil: promulgada em 18 de setembro de 1946. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Rio de Janeiro, 18 set. 1946.
- _____. Constituição (1967). Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 24 de Janeiro de 1967. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 24 de Janeiro de 1967.
- _____. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 5 de out. de 1988.
- _____. Constituição (1988) Emenda constitucional nº 1, de 17 de outubro de 1969. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 17 out. 1969.
- _____. Decreto nº 24.693, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Rio de Janeiro, 11 jul. 1934.
- _____. Decreto nº 49.974-A, de 21 de janeiro de 1961. Regulamenta, sob a deno-

minação de Código Nacional de Saúde, a Lei nº 2.312, de 3 de setembro de 1954, de Normas Gerais sobre Defesa e Proteção da Saúde. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 21 jan. 1961

BRASIL. Decreto nº 89.496, de 29 de março de 1984. Regulamenta a Lei nº 6.662, de 25 de junho de 1974, que dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 30 mar. 1984.

_____. Decreto nº 97.632, de 10 de abril de 1989. Dispõe sobre a regulamentação do artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 12 de abr. 1989a.

_____. Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990. Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 7 jun. 1990a.

_____. Decreto-Lei nº 2.848, de 7 de dezembro de 1940. Código Penal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Rio de Janeiro, 7 dez. 1940.

_____. Lei nº 6.662 de 25 de junho de 1979. Dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 26 jun. 1979.

_____. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 2 set. 1981.

_____. Lei nº 7.804, de 18 de julho de 1989. Altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, a Lei nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989, a Lei nº 6.803, de 2 de julho de 1980, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 20 jul. 1989b.

_____. Lei nº 8.028, de 12 de abril de 1990. Dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios, e

dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 13 de abr. 1990b.

_____. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 9 jan. 1997.

_____. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas – ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 18 jul. 2000.

CARVALHO, L. G. et al. Zoneamento da cana-de-açúcar e do eucalipto: aspectos geofísicos e bióticos. In: SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D.; CARVALHO, L. M. T. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Minas Gerais: zoneamento e cenários exploratórios**. Lavras: UFLA, 2008, p.53-60.

CHRISTOFIDIS, D. Irrigação: a fronteira hídrica na produção de alimentos. **ITEM: Irrigação & Tecnologia Moderna**, Brasília, n.54, p. 46-55, 2002.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Deliberação Normativa CERH nº 9, de 16 de junho de 2004. Define os usos insignificantes para as circunscrições hidrográficas no estado de Minas Gerais. **Minas Gerais**, Belo Horizonte, 28 de junho de 2004.

_____. Resolução nº 91, de 5 de novembro de 2008. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 6 fev. 2009.

LANNA, A.E. **Gestão das águas: reflexões a respeito de sua aplicação no Brasil**. Porto Alegre: UFRGS, 1997. 235p.

MELLO, C. R. de et al. Recursos hídricos. In: SCOLFORO, J.R.S.; CARVALHO, L.M.T.; OLIVEIRA, A.D. (Org.). **Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Minas Ge-**

rais: componentes geofísicos e biótico. Lavras, UFLA, 2008. v. 1, p. 103-135.

MINAS GERAIS. Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e da outras providências. **Minas Gerais**, Belo Horizonte, 30 jan. 1999. p.3.

_____. Lei nº 17.727, de 13 de agosto de 2008. Dispõe sobre a concessão de incentivo financeiro a proprietários e posseiros rurais, sob a denominação de Bolsa Verde, para os fins que especifica, e altera as Leis nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999, que dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos e 14.309, de 19 de junho de 2002, que dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. **Minas Gerais**, Belo Horizonte, 14 ago. 2008. p.1.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA. G.C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K.J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPMS, 1995. 65p.

SANTOS, D.G.A. **Cobrança pelo uso da água**. 2000.106p. Dissertação (Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente) – Universidade de Brasília, Brasília.

SÃO PAULO. Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, 31 dez. 1991. p.2-5.

SILVA, M.A.V.; BARROS, A. H. C. Zoneamento de aptidão climática do estado de Pernambuco para três distintos cenários pluviométricos. **Boletim do IPA**, Recife, 2003.

SILVA, A.M. da; MELLO, C. R. de; Coelho, G. Nível de comprometimento da água. In: SCOLFORO, J.R.S.; OLIVEIRA, A.D.; CARVALHO, L.M.T. (Org.) **Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Minas Gerais: zoneamento e cenários exploratórios**. Lavras, UFLA, 2008. v.2, p.37-52.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104p.

Agricultura irrigada no Brasil

Marcos Vinícius Folegatti¹

Cornélio Alberto Zolin²

Janaína Paulino³

Rodrigo Máximo Sánchez-Román⁴

Maira Ometto Bezerra⁵

Resumo - A irrigação é importante no contexto alimentar, uma vez que cada hectare irrigado equivale a 3 ha de sequeiro em produtividade física e 7 ha em produtividade econômica. Tendo em vista essa importância e o fato de o Brasil ter disponibilidade hídrica diferenciada dos demais países, realizou-se uma abordagem sobre a agricultura irrigada no País, considerando a área irrigada em âmbito regional e estadual, com base no Censo Agropecuário 2006. O Brasil apresenta, atualmente, uma área de 4,45 milhões de hectares cultivados com irrigação, sendo a Região Sudeste a maior irrigante, seguida pelas Regiões Sul, Nordeste, Centro-Oeste e Norte. Entre as culturas, a cana-de-açúcar, o arroz, a soja e o milho destacam-se em área irrigada. O método de irrigação mais utilizado é o por aspersão (sem pivô), seguido pelo de inundação, pivô central, localizada e em sulco.

Palavras-chave: Irrigação. Área irrigada. Brasil.

INTRODUÇÃO

Grande parte do potencial produtivo do Brasil que gera riquezas, bem como empregos diretos e indiretos, no campo e na cidade, só é possível com o uso da água como insumo direto desse processo. Nesse contexto, a irrigação assume papel fundamental, na medida em que seu principal objetivo é fornecer adequada e precisa quantidade de água para as plantas em função da distribuição irregular das chuvas.

Estima-se que a área irrigada no Planeta ocupe cerca de 17% de toda terra arável e responda pela produção de mais de 40% de

todo alimento consumido, ou seja, a área irrigada mundialmente equivale a quase 2,5 vezes a produção de alimentos das áreas de sequeiro. No Brasil, cada hectare irrigado equivale a 3 ha de sequeiro em produtividade física e a 7 ha em produtividade econômica (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2004).

De acordo com Mukherji et al. (2009), 80% dos produtos necessários para satisfazer as necessidades da população mundial, nos próximos 25 anos, serão providos pelos cultivos irrigados. Por outro lado, a agricultura irrigada é a atividade humana

que demanda a maior quantidade de água, em termos mundiais, sendo estimados 70% do seu uso (FAO, 2007).

O Brasil possui um potencial de expansão para agricultura irrigada de cerca de 30 milhões de hectares (CHRISTOFIDIS, 2002). Isto equivale a um adicional de 25,5 milhões, considerando a área irrigada atual de, aproximadamente, 4,5 milhões. Contudo, essa expansão torna-se questão estratégica, uma vez que implicará em maior demanda pelos recursos hídricos e possíveis conflitos pelo uso da água.

¹Eng^a Agr^a, Pós-Doc, Prof. Tit. USP-ESALQ - Depto. Engenharia de Biosistemas, Caixa Postal 09, CEP 13418-900 Piracicaba-SP. Correio eletrônico: mvfolega@esalq.usp.br

²Eng^a Agrícola, Dr. Irrigação e Drenagem, Pesq. Embrapa Agrossilvipastoril, Av. dos Jacarandás, 2639, CEP 78550-003 Sinop-MT. Correio eletrônico: cornelio.zolin@embrapa.br

³Eng^a Agrícola, M.Sc., Doutoranda Irrigação e Drenagem, USP-ESALQ - Depto. Engenharia de Biosistemas, Caixa Postal 09, CEP 13418-900 Piracicaba-SP. Correio eletrônico: jpaolino@esalq.usp.br

⁴Eng^a Agrícola, Pós-Doc, Prof. Doutor UNESP-FCA-Depto. Engenharia Rural, Caixa Postal 237, CEP 18610-307 Botucatu-SP. Correio eletrônico: rmsroman@fca.unesp.br

⁵Eng^a Agr^a, M.Sc., Pesq. USP-ESALQ - Depto. Engenharia de Biosistemas, Caixa Postal 09, CEP 13418-900 Piracicaba-SP. Correio eletrônico: mairabezerra@yahoo.com.br

AQUISIÇÃO E SISTEMATIZAÇÃO DOS DADOS

Como base de pesquisa sobre a área irrigada no Brasil, foram utilizados dados do Censo Agropecuário 2006 (CENSO AGROPECUÁRIO, 2007), por intermédio do Sistema IBGE de Recuperação Automática (Sidra).

De acordo com o Censo Agropecuário 2006 (CENSO AGROPECUÁRIO, 2007), os métodos de irrigação discriminados a seguir, foram divididos em seis, para melhor compreensão:

- a) inundação: consiste no nivelamento do terreno para alagamento ou inundação da área de cultivo de determinadas lavouras;
- b) sulco: consiste na condução e distribuição da água por meio de sulcos ou canais de irrigação, localizados entre as linhas de plantio das culturas;
- c) pivô central: considera o método no qual a área é irrigada por sistema móvel, constituído por uma barra com aspersores, que se movimentam em torno de um ponto fixo;
- d) aspersão (sem pivô): método considerado por aspersores fixos e móveis, exceto pivô central;
- e) localizada: gotejamento, microaspersão etc., ou seja, aquele método que conduz a água por tubos, sendo a sua distribuição feita gota a gota;
- f) outros: consiste nas regas manuais, utilizando regadores, mangueiras, baldes, latões etc.

As análises foram conduzidas com base nos seguintes temas principais: área e número de estabelecimentos agropecuários com uso da irrigação no Brasil e área colhida irrigada por tipo de cultura.

IRRIGAÇÃO NO BRASIL

De acordo com dados da Agência Nacional de Águas (2009), desde 1960 até 1995/1996 (Gráfico 1), a área irrigada no

Brasil aumentou de 0,45 milhão de hectares para 3,1 milhões de hectares, sendo cerca de 90% dessas áreas desenvolvidas pela iniciativa privada e os restantes 10%, por projetos públicos (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2009).

Entre os anos de 1996 e 2006, a área irrigada no País deu um salto de 3.121.644 para 4.453.925 ha, o que representou um aumento de 1,3 milhão de hectares em dez anos, resultando em um ritmo médio de 150 mil hectares por ano. Com esses números, o Brasil assume o 16º lugar entre os países com maior área irrigada no mundo, detendo pouco mais de 1% da área mundial irrigada, que é cerca de 277 milhões de hectares.

Ainda no Gráfico 1, é possível notar que a Região Sul foi a que sempre apresentou a maior área irrigada, até o ano de 1996, seguida pelas Regiões Sudeste, Nordeste, Centro-Oeste e Norte. Nessa última década, houve uma inversão entre as Regiões Sudeste e Sul, pois até o Censo de 1995/1996 (CENSO AGROPECUÁRIO, 1998), a Região Sul, com 1.195.440 ha, era a que possuía a maior área irrigada (35,1%), contra 890.974 ha (29,8%) da Região Sudeste, segunda maior área. Atualmente, a Região Sudeste encontra-

se com 1,58 milhão de hectares irrigados, representando 35,6% da área total do País, e a Região Sul apresenta uma área de 1,22 milhão de hectares (27,5%).

Em 2006 foram colhidos, no Brasil, aproximadamente, 53 milhões de hectares, incluindo todas as lavouras (permanentes e temporárias). Dentre todas as lavouras somente nove representam 83% de toda área colhida ou, aproximadamente, 44 milhões de hectares. Destas nove culturas, somente o café Arábica é lavoura permanente, as demais são temporárias (arroz, cana-de-açúcar, feijão de cor, feijão-fradinho, mandioca, milho, soja, trigo) (Gráfico 2).

Entre lavouras temporárias e permanentes, no Brasil, da área total colhida, somente 11% utilizaram algum tipo de irrigação e destes, 89% da área colhida foi destinada ao cultivo de lavouras temporárias, representando, aproximadamente, 5 milhões de hectares.

Cerca de 71% da área irrigada colhida no Brasil é representada por apenas quatro culturas. A que ocupa o primeiro lugar é a da cana-de-açúcar, com 30% do total da área irrigada colhida; em segundo lugar está a cultura do arroz, com 20%; as lavouras de soja e milho vêm em terceiro e quarto lugares, com maior

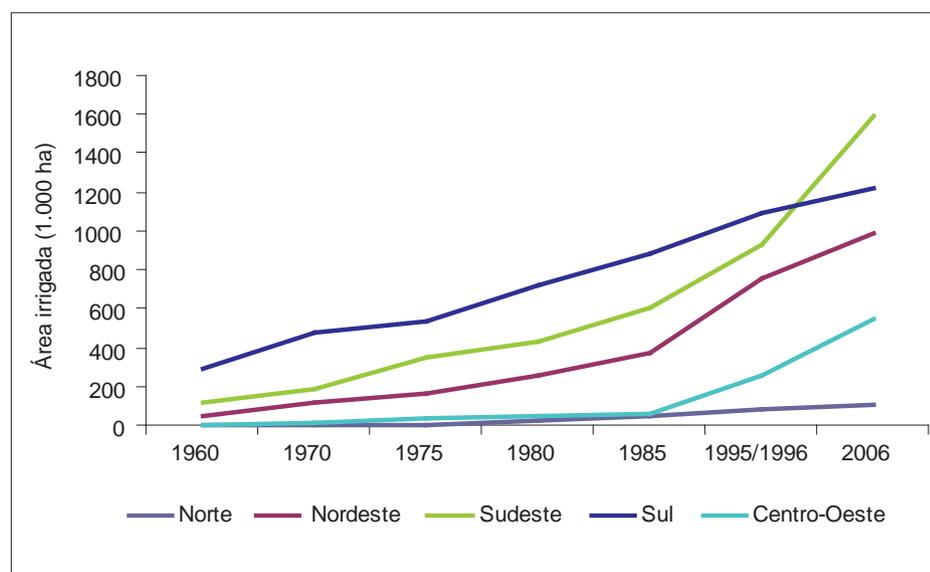


Gráfico 1 - Evolução da área irrigada no Brasil

FONTE: Dados básicos: Agência Nacional de Águas (2009) e Censo Agropecuário (2007).

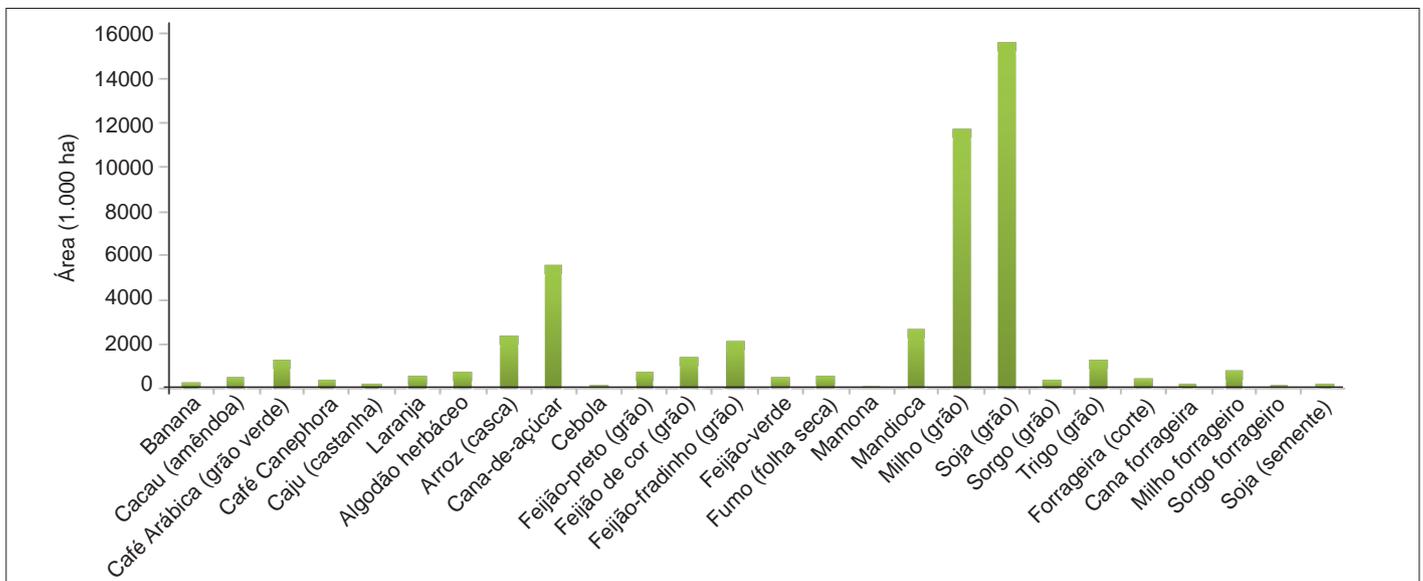


Gráfico 2 - Área total colhida no Brasil, para lavouras com mais de 100 mil hectares colhidos
 FONTE: Censo Agropecuário (2007).

área colhida irrigada, sendo 11% e 10%, respectivamente. Ainda merecem destaque as culturas de feijão (de cor e fradinho), de café (Canephora, Robusta e Arábica) e de laranja, com, respectivamente, 6%, 5% e 3% (Gráfico 3).

No Gráfico 4, estão apresentadas as áreas irrigadas nas diferentes regiões administrativas, com os respectivos métodos de irrigação utilizados. Pode-se notar que a maior área irrigada por inundação encontra-se na Região Sul (cerca de 85%). A área irrigada por sulco é mais bem distribuída entre as regiões. A Região Nordeste é responsável pela utilização de 43% desse sistema, seguida pela Região Sul (32%), Centro-Oeste (13%), Sudeste (11%) e Norte, com somente 1%.

Para os demais métodos de irrigação (pivô central, aspersão (sem pivô), localizada e outros) observa-se que a Região Sudeste apresentou as maiores áreas irrigadas, seguida pela Região Nordeste.

Analisando os métodos de irrigação utilizados, pode-se observar que os sistemas de irrigação por aspersão (sem pivô) são empregados na maior parte das áreas irrigadas, com 1.572.960 ha (35%), seguidos pelos de inundação (24%), pivô central (19%), localizada (8%) e outros (8%) e, por último, a irrigação por sulcos, com 6%.

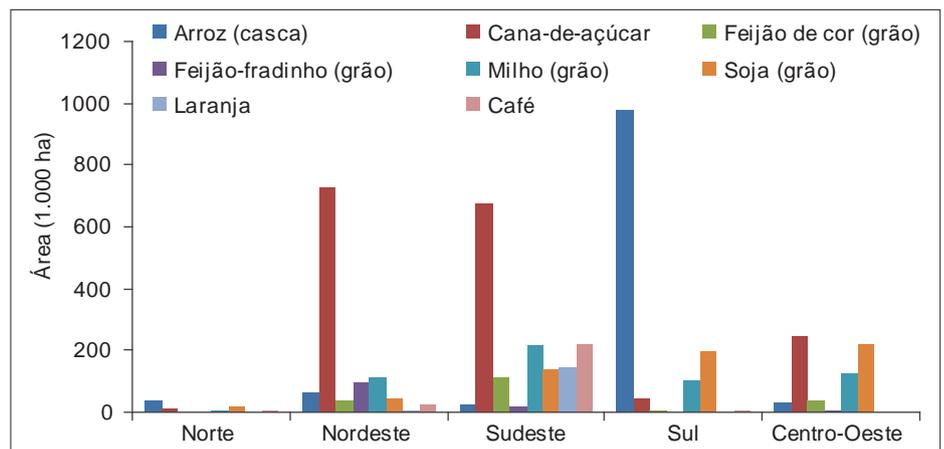


Gráfico 3 - Área colhida por tipo de lavoura com uso de irrigação por região administrativa
 FONTE: Censo Agropecuário (2007).

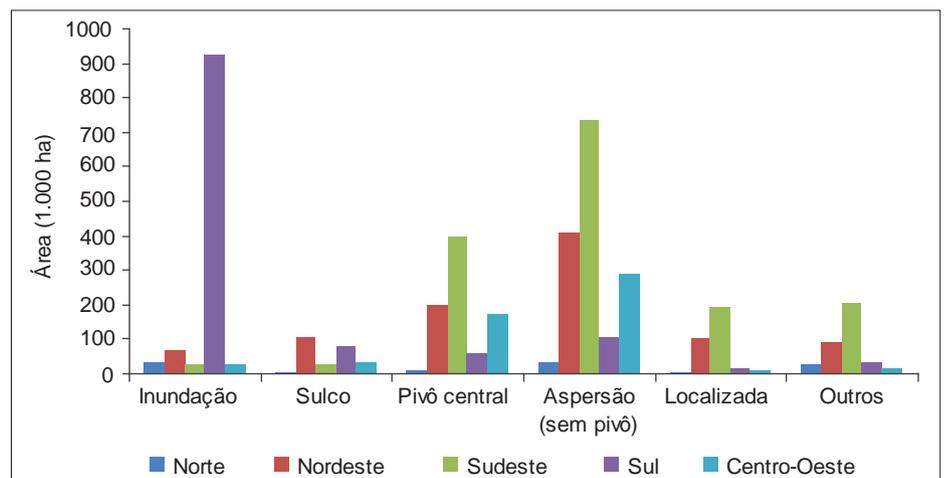


Gráfico 4 - Área irrigada nas diferentes regiões administrativas com os respectivos métodos de irrigação utilizados
 FONTE: Censo Agropecuário (2007).

Área irrigada por região administrativa

No Gráfico 5, pode-se visualizar a área irrigada no Brasil por regiões administrativas.

A Região Norte apresenta a menor área irrigada do Brasil, com apenas 107.789 ha, que representam 2,4% do total. Essa região teve um acréscimo de 23% na área irrigada, quando comparada com o Censo de 1995/1996, sendo uma das menores do Brasil. Entre os Estados da Região Norte, Tocantins é o maior irrigante, representando 38,4% das áreas irrigadas, seguido pelo estado do Pará. Esses dois Estados somam juntos 70.673 ha, ou seja, 65,6% do total irrigado na região. Entre os diversos métodos de irrigação, o por inundação é o mais utilizado, seguido pelo método por aspersão (sem pivô) e outros. Nessa região, destacam-se as culturas do arroz, da soja e da cana-de-açúcar, com, respectivamente, 29%, 16% e 12% da área total colhida com o uso de irrigação (Gráfico 3).

A Região Nordeste, de acordo com Agência Nacional de Águas (2003), possui 156 milhões de hectares (18% do território nacional), ocupando a maior parte da região Semiárida do Brasil. É a terceira colocada no ranking de área irrigada no País, mantendo a sua colocação ao longo dos anos, com uma expansão de 23,7% em relação aos últimos dois Censos, e possuindo, atualmente, 985.348 ha irrigados.

O estado da Bahia representa 30,4% da irrigação da Região Nordeste com, aproximadamente, 300 mil hectares irrigados (Gráfico 6), sendo o método por aspersão o mais utilizado no Estado, tanto aspersão sem pivô (30,6%), quanto com pivô central (23,1%). As maiores áreas irrigadas por aspersão (sem pivô) e por pivô central nessa região são do estado de Alagoas, sendo 110.049 ha e 73.041 ha, respectivamente. Já os demais métodos são pouco representativos em área irrigada.

Na Região Nordeste, destaca-se a cultura da cana-de-açúcar, com participação na área total colhida com uso de irrigação

de 13% (ligeiramente superior a verificada para a Região Sudeste). Regionalmente, a cana-de-açúcar representa 50% da área total colhida com uso de irrigação. Merecem destaque ainda as culturas do milho e do feijão-fradinho, as quais representam 8% e 7%, respectivamente, da área total colhida com uso da irrigação (Gráfico 3).

A Região Sudeste, de acordo com Christofidis (1999), tem 4.429.000 ha aptos para irrigação (sem várzea) e sua área irrigada, em 2006, foi de 1.586.744 ha (Gráfico 5). Essa região teve um aumento de 41,4% de área irrigada, quando se compararam os dois últimos levantamentos do Censo Agropecuário (1998, 2007), au-

mentando assim sua área irrigada em mais de 650 mil hectares. Teve destaque o estado de São Paulo, com uma expansão de 330 mil hectares. Considerando que essa região possuía a segunda maior área irrigada em 1995/1996 (929.189 ha), esse acréscimo foi o suficiente para que a Região Sudeste ultrapassasse a Região Sul, assumindo o primeiro lugar.

O estado de São Paulo representa quase 50% da irrigação da Região Sudeste com uma área de 770.011 ha (Gráfico 6). Esta área é equivalente à soma das áreas irrigadas nas Regiões Norte e Centro-Oeste. O sistema de irrigação mais utilizado no estado de São Paulo é o por aspersão (sem pivô), com

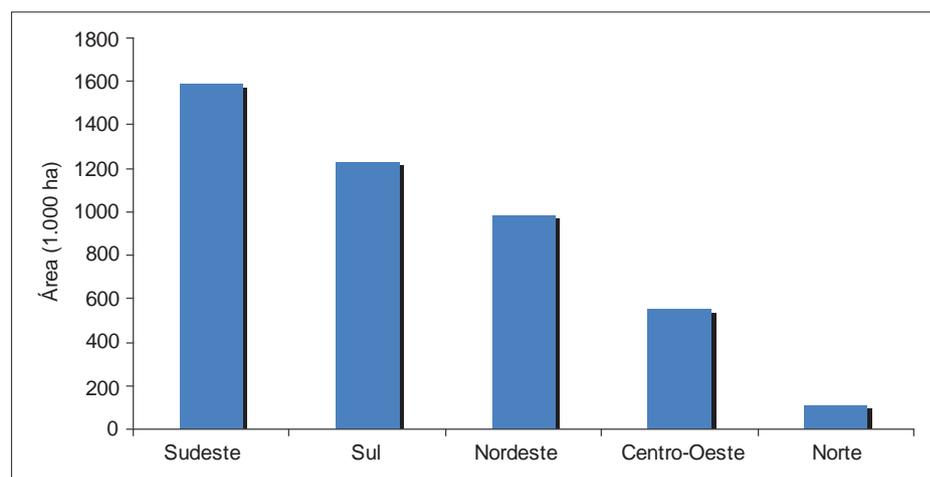


Gráfico 5 - Área irrigada (1.000 ha) por regiões administrativas
 FONTE: Censo Agropecuário (2007).

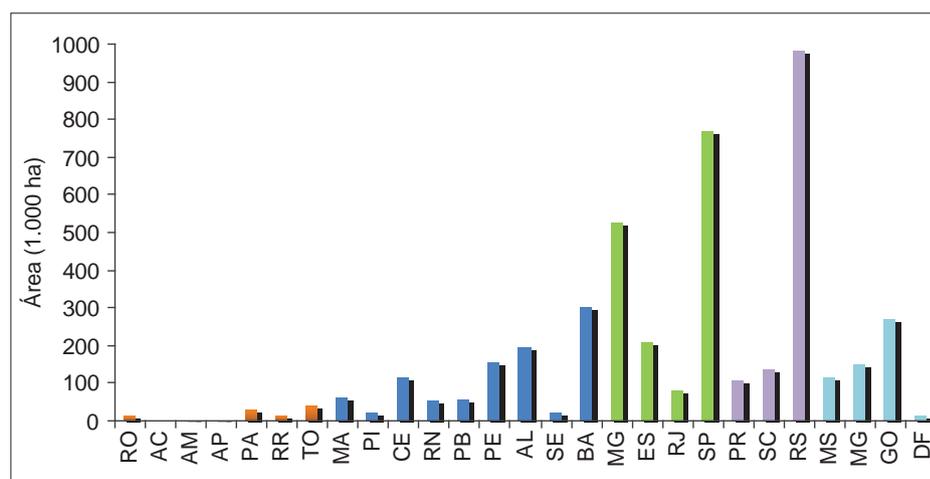


Gráfico 6 - Área irrigada (1000 ha) por Estado
 FONTE: Censo Agropecuário (2007).

53%, e o por pivô central, com 25,3% da área irrigada. Com 33,1% da área irrigada da Região Sudeste está o estado de Minas Gerais (525.250 ha), seguido pelo Rio de Janeiro que é o Estado menos expressivo, com somente 81.683 ha irrigados (Gráfico 6).

A cultura que apresenta a maior área colhida irrigada é a da cana-de-açúcar, com 12% da área total do Brasil, e 38% da área da Região Sudeste. A segunda cultura mais irrigada nessa região é a do milho, que representa 4% da área total irrigada colhida no Brasil e 12% da Região Sudeste. Em terceiro lugar estão as culturas da laranja e da soja, sendo que, nacionalmente, ambas representam 3% e, regionalmente, 8% da área colhida com o uso de irrigação (Gráfico 3).

Levando em conta que a cultura da cana-de-açúcar tem grande participação na área irrigada da Região Sudeste, e que o método de irrigação mais utilizado na região é o de aspersão, pode-se supor que foi considerada a prática da aplicação de vinhaça como irrigação, o que teve grande relevância para o aumento da área irrigada na região.

Nesse sentido, vale observar que, tecnicamente, a aplicação da vinhaça não deveria ser considerada como irrigação, mas sim como prática de disposição de efluentes agroindustriais no solo, bem como tratamento de resíduos agroindustriais ou adubação orgânica. Uma vez considerada como irrigação ou fertirrigação, a aplicação de vinhaça deveria ter um caráter de aplicação permanente ao longo do período de desenvolvimento da cultura e não pontual.

Diferentemente da Região Sudeste, a área irrigada na Região Sul aumentou apenas 10%, conforme observado no Censo 1995/1996. Este acréscimo foi bastante inferior ao ocorrido na Região Sudeste, fato que impossibilitou a Região Sul de permanecer em primeiro lugar, em relação à área irrigada. De acordo com Christofidis (1999), essa região possui 4.407.000 ha em terras (sem várzea) consideradas aptas para a irrigação. Esse número, por sua vez,

é menor do que o apresentado pela Região Sudeste.

O estado do Rio Grande do Sul é responsável por mais de 80% da irrigação na Região Sul e, dos 984.085 ha irrigados (Gráfico 6), 82,6% são pelo método de inundação. Em Santa Catarina, o método de inundação também prevalece, porém a área irrigada nesse Estado representa apenas 11% de toda a região. O estado do Paraná é pouco representativo em área irrigada. Possui apenas 8,5% do total irrigado na Região Sul, sendo que, diferentemente dos outros Estados da região, o método mais utilizado é o de aspersão, empregado em 53,8% das áreas irrigadas.

Na Região Sul existe o predomínio da cultura do arroz em termos de área colhida, com o uso de irrigação. Da área total colhida nessa região, 65% são destinados ao arroz. Merece destaque, ainda, a cultura da soja, que representa 4% da área total colhida com uso de irrigação no País e 13% na Região Sul (Gráfico 3).

A Região Centro-Oeste possui, de acordo com Christofidis (1999), 7.724 mil hectares aptos ao uso da irrigação. Foi a região que teve, em porcentagem, o maior acréscimo em área irrigada nos últimos dez anos, passando de 260.952 ha para 549.466 ha, o que representa 52,5% de acréscimo. Esta região é a quarta colocada em área irrigada no País.

Goiás é o Estado com maior área irrigada da Região Centro-Oeste. Possui 269.921 ha irrigados que equivalem a 50% da área da região (Gráfico 6). Desta área, 88% são realizados por aspersão (pivô central e aspersão sem pivô). O estado de Mato Grosso possui 148.425 ha irrigados, onde a soma dos métodos pivô central e aspersão (sem pivô) equivale a 92,6% da área irrigada. O estado do Mato Grosso do Sul é menos representativo, em relação à área irrigada na região. Possui cerca 116.612 ha, representando 21% das áreas irrigadas da Região Centro-Oeste. As culturas mais expressivas são a da cana-de-açúcar e a da soja que somam juntas 62% da área total colhida com uso de irrigação no Brasil e 4% na Região Sudeste.

Número de estabelecimentos agropecuários

Considerando todos os métodos de irrigação levantados pelo IBGE (inundação, sulco, pivô central, aspersão (sem pivô), localizada e outros) é possível verificar que a Região Nordeste apresenta o maior número de estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação, detendo, aproximadamente, 41% do total deles. A Região Sudeste é a segunda região administrativa com maior número de estabelecimentos que utilizam irrigação, detendo, aproximadamente, 35% do total nacional. A Região Sul segue em terceiro lugar com cerca da metade de estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação, em relação à Região Sudeste, ou seja, 15% do total nacional (Gráfico 7).

Comparando o número de estabelecimentos com a área irrigada nas regiões, é possível verificar que não há uma relação direta entre estas. A região que apresentou o maior número de estabelecimentos, necessariamente, não apresentou a maior área irrigada.

A Região Sudeste apresentou a maior área irrigada, porém em número de estabelecimentos é a segunda colocada. O mesmo acontece na Região Sul que é a segunda em área irrigada e a terceira em número de estabelecimentos. Já a Região Nordeste foi a que apresentou o maior número de estabelecimentos e não a maior área irrigada.

Nos Gráficos 8 e 9, estão apresentados o número de estabelecimentos e as áreas irrigadas pelos vários métodos de irrigação, em diferentes tamanhos de propriedades. É fácil visualizar que a maior área irrigada é representada pelas grandes propriedades (> 500 ha) e que estas, por sua vez, ocorrem em menor número. O mesmo é verificado para as propriedades menores que 10 ha, as quais têm menos representatividade em área irrigada, porém representam o maior número de estabelecimentos que utilizam irrigação.

Com isso, pode-se entender o motivo de a Região Nordeste apresentar o maior

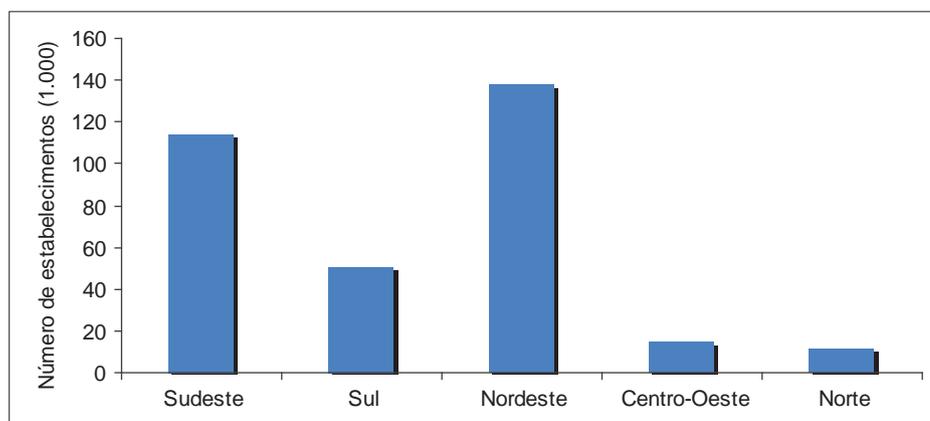


Gráfico 7 - Número de estabelecimentos que utilizam irrigação nas regiões administrativas
FONTE: Censo Agropecuário (2007).

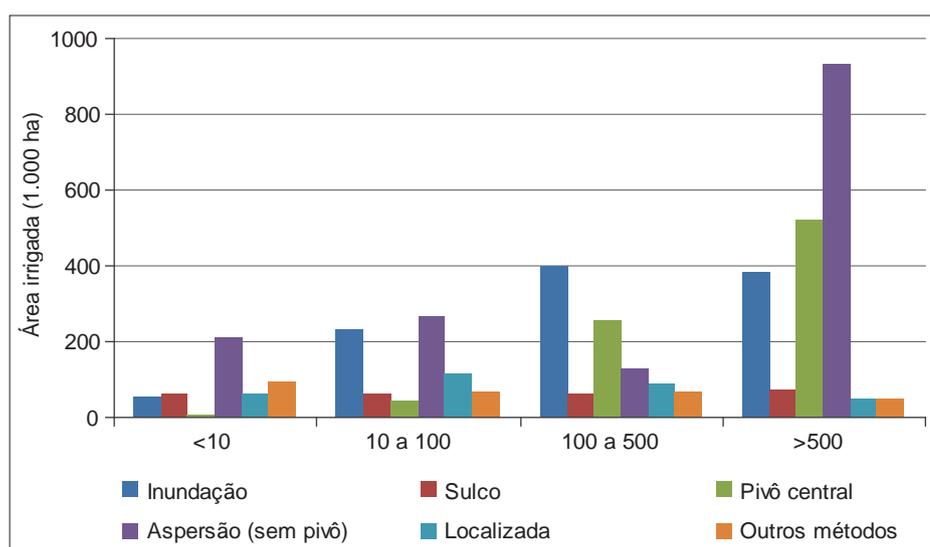


Gráfico 8 - Área irrigada (1.000 ha) pelos diferentes métodos, por tamanho de propriedade
FONTE: Censo Agropecuário (2007).

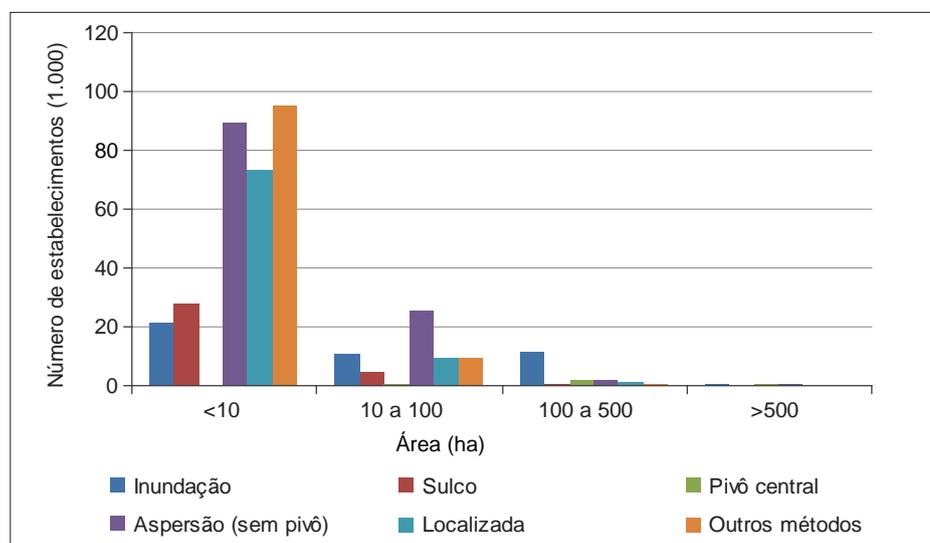


Gráfico 9 - Número de estabelecimentos que utilizam irrigação pelos diferentes métodos, por tamanho de propriedade (ha)
FONTE: Censo Agropecuário (2007).

número de estabelecimentos e não a maior área irrigada. Provavelmente a Região Nordeste apresenta áreas irrigadas, em sua maior parte, por propriedades pequenas. Este mesmo raciocínio pode-se ter para a Região Sul, onde a maior parte de suas áreas com irrigação é representada por grandes propriedades.

Analisando os Gráficos 8 e 9, do ponto de vista dos métodos de irrigação, pode-se perceber que, quanto à área irrigada, os sistemas utilizados tipo pivô central e inundação concentram-se geralmente nas maiores propriedades. Para irrigação por sulco, localizada e outros métodos não foram notadas diferenças, já por aspersão (sem pivô), houve concentração nas propriedades maiores que 500 ha, destacando-se também nas propriedades com até 100 ha.

Quanto ao número de estabelecimentos, nota-se claramente sua diminuição com o aumento da área da propriedade. Por exemplo, as propriedades maiores que 500 ha quase não aparecem na escala do Gráfico 9, porém, representam a maior parcela da área irrigada no País, assim como as propriedades menores de 10 ha, que representam o maior número de estabelecimentos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área total irrigada no Brasil é de 4.453.925 ha, e os métodos de irrigação mais representativos em ordem crescente são os por aspersão (sem pivô), inundação, pivô central, localizada, sulco e outros métodos.

As regiões com as maiores áreas irrigadas do Brasil são, respectivamente, Sudeste (35,6%), Sul (27,5%), Nordeste (22,12%), Centro-Oeste (12,3%) e Norte (2,4%).

A cultura da cana-de-açúcar ocupa o primeiro lugar em área irrigada no Brasil, possivelmente por considerar a aplicação de vinhaça como técnica de irrigação.

Em sequência, as outras culturas mais expressivas no uso da irrigação são arroz, soja e milho, respectivamente, em segundo, terceiro e quarto lugares.

AGRADECIMENTO

À Finep e ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), ao CNPq e à Fapesp, pelo apoio a esta pesquisa, por meio do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Engenharia da Irrigação (Inctei).

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Agricultura irrigada: estudo técnico preliminar**. Brasília, 2004. 107p.

_____. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2009**. Brasília, 2009. Disponível

em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/>>. Acesso em: 15 jun. 2010.

_____. **Plano Nacional dos Recursos Hídricos**. Brasília, 2003.

CENSO AGROPECUÁRIO 1995-1996. Rio de Janeiro: IBGE, 1998.

CENSO AGROPECUÁRIO 2006. Resultados preliminares. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

CHRISTOFIDIS, D. Considerações sobre conflitos e uso sustentável em recursos hídricos. In: THEODORO, S.H. (Org). **Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais**. Brasília: Garamond, 2002.

_____. **Recursos hídricos e irrigação no Brasil**. Brasília: UnB, 1999.

FAO. **Agriculture and water scarcity: a programmatic approach to water use efficiency and agricultural productivity**. Rome, 2007. Committee on Agriculture, Twentieth Session, COAG/2007/7. Disponível em: <http://www.fao.org/unfao/bodies/coag/coag20/index_en.htm>. Acesso em: 15 jun. 2010.

MUKHERJI, A. et al. **Revitalizing Asia's irrigation: to sustainably meet tomorrow's food needs**. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute; Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2009.

Jornal agronegócio 5 anos **NEGÓCIO**
informação e resultados

Vote Consciente
O agronegócio agradece.

XI Congresso Mundial da Raça Brahman

Café com queijo
Tradição de Minas

“O AgroNegócio de Minas em suas mãos”.
Leia - assine - acesse

www.jornalagronegocio.com.br Seja um assinante ligue - 31. 3484-2430

Agricultura irrigada: oportunidades e desafios

Helvecio Mattana Saturnino¹
Demétrios Christofidis²
Édio Luiz da Costa³
João Batista Ribeiro da Silva Reis⁴

Resumo - As estatísticas disponíveis, com as necessidades de formulações de políticas voltadas para o setor, indicam a importância de planos, programas e projetos integrados, que se baseiam na agricultura irrigada, para impulsionar o setor de forma equilibrada. É imprescindível as mudanças de atitude em relação à agricultura irrigada, para obter um adequado aproveitamento das vantagens comparativas brasileiras. A multiplicação dos bons exemplos no campo que priorizam a capacitação, com destaque para a gerencial, configura-se como imprescindível para uma logística que requer investimentos básicos para uma sadia competição e um desenvolvimento que proporcione a capitalização dos produtores e maiores impulsos para o desenvolvimento do Brasil. Do pequeno ao grande empreendimento que viabiliza a agricultura irrigada aos perímetros públicos e empreendimentos que exigem realocações de pessoas, descortina-se um amplo e diversificado leque de oportunidades, cujos impactos precisam ser considerados desde os estudos de pré-viabilidade de cada projeto.

Palavras-chave: Projeto integrado. Gestão. Capacitação.

INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada enseja abertura de um amplo leque de alternativas de explorações ao longo de todo o ano. Tem a capacidade de mudar os perfis das propriedades, promover a prosperidade dos produtores e fortalecer as cadeias dos agronegócios, com geração de riquezas e abertura de muitos postos de trabalhos a custos convidativos para programas de governo. Enseja também os sinergismos e complementaridades para integrações com a agricultura de sequeiro, áreas de proteção ambiental, arranjos produtivos e comerciais os mais diversos, e positivos reflexos para o desenvolvimento socioeconômico dos municípios, regiões, Estados e do País.

As indissociáveis inter-relações entre o econômico, o social e o ambiental, como condicionantes para um harmônico e equilibrado desenvolvimento, tendo a agricultura irrigada como base para esse processo e considerando as vantagens comparativas, a logística e as oportunidades de utilização dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos disponíveis, requerem um trabalho integrado com base na gestão das bacias hidrográficas.

A agricultura irrigada tem muito a contribuir para esse desenvolvimento, com mais suporte de pesquisas e assistência técnica, foco na capacitação dos mais diversos empreendedores. Assim, fazer a agricultura irrigada permear no seio da sociedade brasileira é cada vez mais premente.

Especialmente na virada do milênio, afloraram reflexões em diversos cenários sobre a segurança alimentar, o fornecimento de fibras e energia, as necessidades de duplicar a produção mundial de alimentos em meio século ou em menos tempo, a promoção do desenvolvimento sustentável etc. Assim, o despertar para a associação de esforços em favor da agricultura irrigada, com a iniciativa de revitalizar a Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid), que é o Comitê Nacional Brasileiro da International Commission on Irrigation and Drainage (Icid), que congrega uma centena de países no mundo e tem sua sede em Nova Deli, na Índia, tem estreita correlação com este artigo.

¹Eng^a Agr^a, M.Sc., Presidente da ABID, CEP 70760-533 Brasília-DF. Correio eletrônico: helvecio@gcsnet.com.br

²Eng^a Civil, D.Sc., Diretor da ABID, CEP 70760-533 Brasília-DF. Correio eletrônico: dchristofidis@gmail.com

³Eng^a Agrícola, D.Sc., Pesq. EPAMIG Centro-Oeste/Bolsista FAPEMIG, Caixa Postal 295, CEP 35701-970 Prudente de Moraes-MG. Correio eletrônico: edio.costa@epamig.br

⁴Eng^a Agrícola, D.Sc., Pesq. EPAMIG Norte de Minas/Bolsista FAPEMIG, Caixa Postal 12, CEP 39525-000 Nova Porteirinha-MG. Correio eletrônico: jbrsreis@epamig.br

Os impactos socioeconômicos e ambientais decorrentes do complexo e amplo negócio calcado na agricultura irrigada são analisados de forma positiva, sem perder de vista a importância da sabedoria no aproveitamento dessa competência brasileira, evitando rotas insustentáveis. O uso do recurso hídrico poderá caminhar tanto para o cenário de sustentabilidade quanto de insustentabilidade, de acordo com o adequado ou inadequado uso da água (Fig. 1).

Nos intercâmbios e aprendizados internacionais evidencia-se, de forma marcante, o rico e milenar histórico da agricultura irrigada, com diversos países que a têm impregnada em seus costumes⁵. Diante desse quadro, dirigentes das congêneres da Abid, como os Comitês Nacionais da Icid, especialmente os dos países da Ásia, como o da China, por exemplo, ao visitarem o Brasil, verificaram que, em geral, os produtores, os governos, as universidades, as instituições de pesquisa e desenvolvimento e tantos outros organismos e atores, como os agentes financeiros, não privilegiam a agricultura irrigada, colocando-a como uma estratégica vantagem comparativa

para o produtor e para o País. Como reverter isso?

Essas interlocuções, no âmbito das organizações internacionais, sempre afloram de forma muito proveitosa, ao trazerem à tona questionamentos sobre os ônus decorrentes da sazonalidade de utilização dos fatores de produção ao longo do ano, dos riscos dos déficits ou excessos de água, entre outras fragilidades ocasionadas pelos regimes pluviométricos, com as irregularidades das chuvas, que tanto caracterizam os trópicos.

A lógica seria a de perseguir um plano de negócios com vistas a, primeiro, esgotar as possibilidades de desenvolver a agricultura irrigada em cada propriedade, tendo como objetivo central um harmonioso e integrado projeto para o empreendimento, para que os efeitos multiplicadores da agricultura irrigada, com seus positivos impactos socioeconômicos e ambientais, aflorassem em benefício de todos. Nisso, vale lembrar que o potencial da agricultura irrigada, para mitigar e controlar efeitos das mudanças climáticas, precisa também ser devidamente explorado.

VISÃO MUNDIAL SOBRE A AGRICULTURA IRRIGADA

As estatísticas mundiais evidenciam que 44% das colheitas são advindas da agricultura irrigada (Gráfico 1), que ocupa somente 18% da área, o que representa aproximadamente 278 milhões de hectares em um total de 1,533 bilhão de hectares cultivados. Vale lembrar também que a decantada Revolução Verde, que fez a Ásia livrar-se da fome, foi 100% realizada com cultivos sob irrigação, com captação de águas subterrâneas, como registrado pelo presidente honorário da Icid, Peter Lee, sobre o pai dessa Revolução Verde (Dr. Borlaug), Nobel da Paz (ITEM, 2009b).

Em dezembro de 2009, durante a abertura da Cúpula Mundial de Segurança Alimentar, em Roma, o diretor-geral da FAO, Jacques Diouf, lembrou que a produção mundial de alimentos precisa crescer 70% até 2050 para atender às futuras demandas da população. Mas destacou que entre os países emergentes, o desafio é maior: “nesses países é preciso dobrar essa produção para atender à demanda”. (FAO..., 2009).

Nos possíveis efeitos das mudanças climáticas e da segurança alimentar, a agricultura irrigada é uma interessante alternativa para amenizar muitos dos efeitos deletérios esperados (FEDOROFF et al., 2010). Trata-se de um interessante debate, com diferentes cenários, entre eles o de aumento de temperatura e drásticas quedas de produção quando as médias ultrapassam os 30 °C, o que reduz a eficiência do processo fotossintético na maioria das culturas.

Em recente encontro promovido pelo World Agricultural Forum - Latin America, 12-13 May 2010, The Role of Latin America in Feeding the World in 2050, realizado em Brasília⁶, a Presidência da Abid foi convidada para representar a Icid. Lá estavam ex-ministros, representantes de vários organismos internacionais, setores privado e público. O denominador comum foi o da necessidade de duplicar a produção de alimentos nos países em desenvolvi-

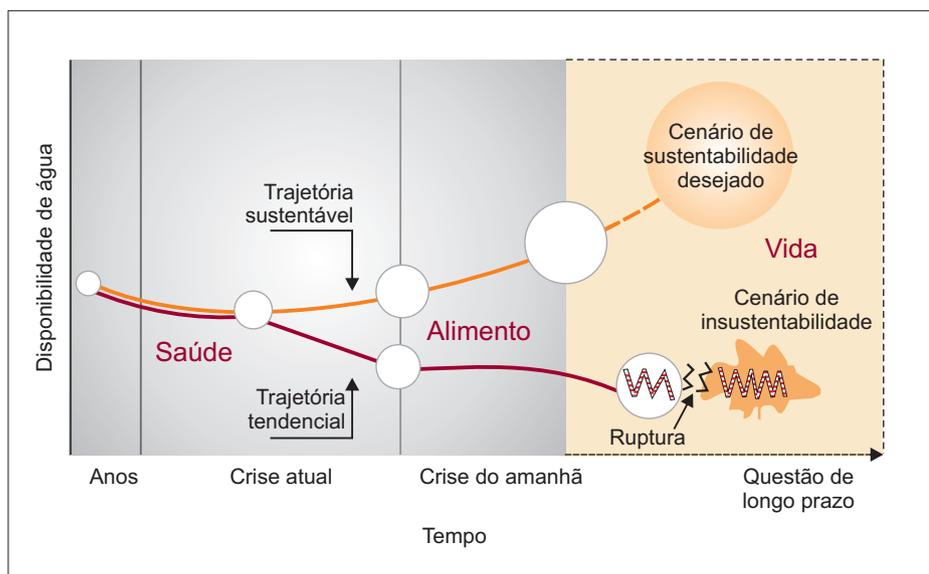


Figura 1 - Impactos socioeconômicos decorrentes da disponibilidade de água em função do tempo

⁵Mais informações podem ser encontradas no site: <http://www.icid.org>

⁶Para informações complementares acessar: <http://www.worldagforum.org>

to. As fronteiras já esgotadas em diversos países, dificuldades de avanços em países como a China e o papel esperado da região e do Brasil, evidenciaram o potencial a ser explorado com o desenvolvimento da agricultura irrigada. Mais especificamente, o setor foi abordado nos debates e pelo representante do Canadá, Aly Shady, hoje

um dos presidentes honorários da Icid, que enfatizou a necessidade de duplicar a área irrigada no mundo e que o Brasil tem um enorme papel a desempenhar nessa empreitada. Essa reunião fez parte dos preparativos para o Congresso Mundial da China⁷.

O Brasil tem condições excepcionais perante o mundo, porque ainda irriga mui-

to pouco diante do potencial já estimado (Quadros 1 e 2). Em fóruns como os da Icid, com o histórico e a experiência de muitos países, há muito para tratar sobre o potencial do mundo e do Brasil, seja com mais refinamentos e avanços da pesquisa, especialmente com a expansão vertical e uma maior produtividade da água.

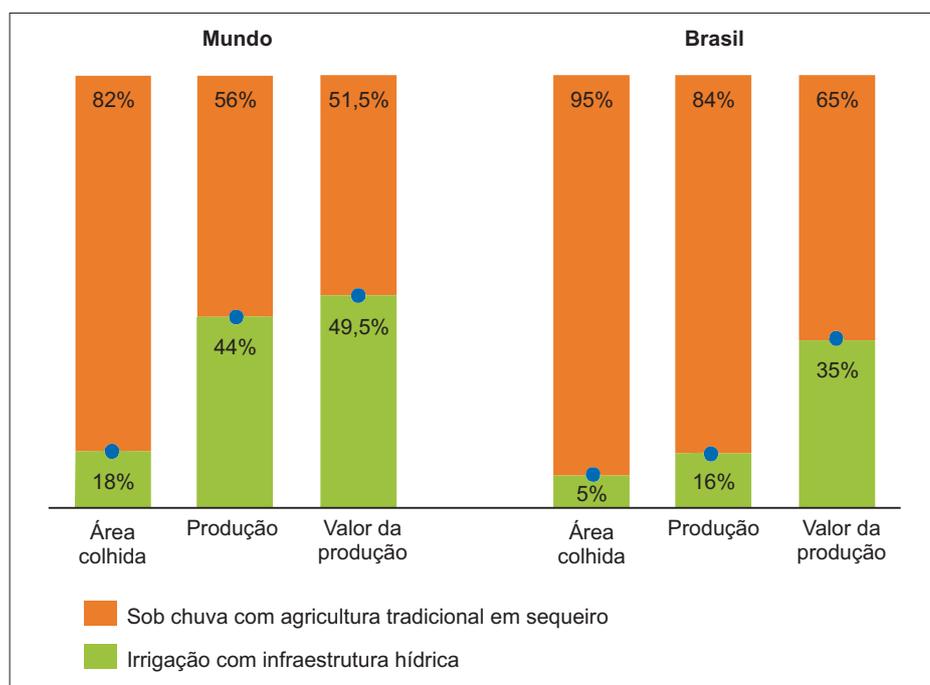


Gráfico 1 - Agricultura irrigada no mundo e no Brasil

FONTE: Christofidis (2010).

QUADRO 1 - O Brasil e os dez países que mais irrigam

Ordem	País	Área irrigada (ha)	Ano
1	Índia	57.286	2000
2	China	53.820	2000
3	Estados Unidos	25.023	2000
4	Paquistão	17.820	2001
5	Iran	8.132	2003
6	Namíbia	7.573	2002
7	México	6.256	1997
8	Barbados	5.435	1989
9	Tailândia	5.004	1995
10	Turquia	4.983	2006
23	Brasil	2.870	1998

FONTE: Christofidis (2010).

QUADRO 2 - Potencial para o desenvolvimento sustentável da irrigação no Brasil

Região/ Estado	Área potencial (ha)
Norte	14.598.000
Rondônia	995.000
Acre	615.000
Amazonas	2.852.000
Roraima	2.110.000
Pará	2.453.000
Amapá	1.136.000
Tocantins	4.437.000
Nordeste	1.304.000
Maranhão	243.500
Piauí	125.600
Ceará	136.300
Rio Grande do Norte	38.500
Paraíba	36.400
Pernambuco	235.200
Alagoas	20.100
Sergipe	28.200
Bahia	440.200
Sudeste	4.229.000
Minas Gerais	2.344.900
Espírito Santo	165.000
Rio de Janeiro	207.000
São Paulo	1.512.100
Sul	4.507.000
Paraná	1.348.200
Santa Catarina	993.800
Rio Grande do Sul	2.165.000
Centro-Oeste	4.926.000
Mato Grosso do Sul	1.221.500
Mato Grosso	2.390.000
Goiás	1.297.000
Distrito Federal	17.500
Brasil	29.564.000

FONTE: Christofidis (2002).

⁷Informações complementares podem ser encontradas no site: <http://www.worldagforum.org/events.htm#congress>

DESENVOLVIMENTO DA AGRICULTURA IRRIGADA NO BRASIL

Por que um país com condições edafoclimáticas tão excepcionais tem feito a opção de evoluir de forma tão acanhada na agricultura irrigada? Por que essa opção pelo maior risco de perdas e dos crescentes e problemáticos endividamentos com recorrentes sinistros em decorrência da falta ou excesso de água?

Uma das respostas pode ser o da falta de coragem e de segurança para mudar, decorrente da falta de políticas voltadas para o setor, com claros sinais para que todo o universo de produtores considere essa oportunidade de investir de forma positiva, com perspectiva de melhores resultados em seus negócios. O que é mais crucial para levar avante adequados projetos nas propriedades? Há a necessidade de maior capacitação nesse setor, com destaque especial para a logística, para os indispensáveis programas integrados, tendo a água como vetor de significativos avanços. Podem ser várias as conjecturas, mas a falta de tradição e de cultura dos brasileiros em torno da irrigação, da drenagem, da reservação das águas e dos negócios delas decorrentes, é um fato que se configura como dos mais determinantes para limitar os desejáveis avanços e crescimento dos agronegócios calcados na agricultura irrigada.

Há um ônus decorrente de equivocadas políticas econômicas e financeiras, com empreendedores que se inviabilizaram, correndo todos esses riscos, sem que os devidos ajustes fossem logrados. Isso constitui um pedágio, em injustos passivos, que diversas lideranças têm lembrado de forma recorrente, fazendo com que o almejado empreendimento em favor da água irrigada seja inibido. Com uma visão mais holística dessas iniciativas de muitos projetos inovadores no bojo de uma política voltada para o setor, certamente haverá um ambiente que enalteça o alcance positivo de muitos desses projetos, tendo-os como exemplos em favor de bons negócios.

As vantagens comparativas de poder explorar mais intensamente cada propriedade, com mais controles ambientais e mercantis, constituem um diferencial inigualável proporcionado pelas condições brasileiras em favor da agricultura irrigada. Isso exige estratégicos planejamentos. Assim, arrolar os potenciais que vão das micros às grandes bacias hidrográficas, das alternativas de utilização dos mais diversos mananciais, incluindo-se aí o reúso das águas servidas, seja para uma área dentro de uma pequena propriedade, seja nas mais variadas escalas e arranjos produtivos, precisa ser uma constante nas mais diversas políticas. Trata-se de uma alternativa de investimentos nas formulações de planos, programas e projetos nos mais diversos níveis de governo, tendo como objetivo maior fomentar o empreendedorismo do setor privado.

Quanto mais elaboradas as regionalizações agroclimáticas, maiores serão as chances de refinadas utilizações das ferramentas proporcionadas pela agricultura irrigada, principalmente as do melhor rendimento dos fatores de produção ao longo do ano, com maiores possibilidades de maximização do seu aproveitamento. Fatores como, por exemplo, os dos ganhos genéticos e também da maior eficiência na utilização dos diversos insumos pela garantia da presença da água nas horas mais críticas, mais estratégicas. Assim terá a produção para conquistar as melhores janelas do mercado e lograr os menores custos por unidade produzida, alcançando as melhores oportunidades de negócios.

O conhecimento em favor da elaboração e condução de projetos de ponta, o preparo para que se faça a classificação dos solos para a agricultura irrigada, aliados à disponibilidade de equipamentos e insumos para se implantar projetos com o que há de mais avançado no mundo, já é uma realidade no Brasil. Nesse ambiente, abrir caminhos para bons investimentos, com viabilidade socioeconômica e ambiental, configura-se como dos mais promissores.

Os desafios para o maior desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil

estão necessitando de maior articulação do setor, dada a necessidade de formulação de programas integrados, que requerem apoios e participações de vários organismos. Nessa linha, com especial foco no Nordeste e estudos centrados em perímetros públicos, que estão sob o comando da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf), do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e de Estados, foi desenvolvido um amplo trabalho com vistas a um novo modelo para a irrigação, com o apoio e participação de várias instituições, sob a coordenação operacional do Banco do Nordeste.

Nesse modelo, os impactos decorrentes do baixo custo dos empregos gerados, da capacidade de abrir postos de trabalho que podem contemplar desde o analfabeto até os mais sofisticados níveis de formação acadêmica e científica, aos modernos conceitos para organizar e implementar negócios que tratam da logística e dos efeitos multiplicadores nas cadeias produtivas, agroindustriais e comerciais, explicitam fundamentos importantes para os setores público e privado.

Com os resultados dos dois últimos Censos Agropecuários, realizados pelo IBGE, em 1996 e 2006, foi possível observar o crescimento da área irrigada no País, de 2,66 milhões de hectares (1996), para 4,45 milhões de hectares (2006) (CENSO AGROPECUÁRIO, 1998, 2007). Um acréscimo que corresponde a cerca de 1,8 milhão de hectares em dez anos. Destaque especial para o crescimento da porcentagem da área irrigada pelos métodos de irrigação pressurizados. Isso significa um crescimento médio anual bem melhor que o de todo o período, apesar de ainda muito modesto diante das potencialidades brasileiras.

Esses e outros estudos retratam a evolução de áreas com irrigação no Brasil. De forma consolidada, observa-se um incremento médio de cerca de 80 mil ha/ano, de 1950 a 2006 (Gráfico 2). Isso, quando comparado com o potencial de cerca de 30 milhões de hectares considerados ap-

tos para a agricultura irrigada (Quadro 2), constata-se que seriam necessários quase quatro séculos para o Brasil usufruir plenamente dessa riqueza em benefício de toda a sociedade.

Para o melhor acompanhamento e planejamento do setor, vale destacar a importância das estatísticas oficiais, como essas do IBGE. Com base nos resultados dos dois últimos Censos Agropecuários (CENSO AGROPECUÁRIO, 1998, 2007), realizados pelo IBGE em 1996 e 2006, sendo esse último publicado em 2007, há muito para ser apreciado, refinado e devidamente trabalhado, para que haja um seguro e rápido aproveitamento das vantagens comparativas do Brasil perante o mundo.

Os solos aptos ao desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada no Brasil são da ordem de 29.564.000 hectares. Essas possibilidades foram obtidas dos estudos desenvolvidos, em 1999, pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Recursos Hídricos, Departamento de Desenvolvimento Hidroagrícola (CHRISTOFIDIS, 2002). Levaram-se em conta a existência de solos aptos à prática da irrigação (classes 1 a 4), a disponibilidade de recursos hídricos sem risco de conflitos com outros usos prioritários da água, o atendimento às exigências da Legislação Ambiental e Código Florestal, resultando no potencial, por Estado, que caracteriza a diversidade dos ecossistemas brasileiros e as capacidades de suporte à expansão da agricultura irrigada de forma sustentável.

Potencialmente, toda propriedade tem espaço para evoluir em negócios com o desenvolvimento da agricultura irrigada. Seja com o pequeno jardim bem tratado, seja com a pequena horta ou pomar, fazendo um diferencial no dia a dia das refeições ao longo de todo o ano. Assim, nas pequenas irrigações, nos detalhes, já se pode celebrar marcantes diferenciais, com impactos significativos para o desenvolvimento e bem-estar das pessoas. Isso pode ser conseguido desde com a coleta de chuvas, mesmo que estas sejam sazonais e escassas, até com grandes captações

nos mananciais hídricos, o que se configura como um complexo e amplo leque de opções, sempre a harmonizar com os múltiplos usos da água e suas prioridades.

Em todos os casos, numa visão bem simples, trata-se de exercitar ao máximo e com equilíbrio, o natural ciclo hidrológico, ao perseguir a maior produtividade da água na agricultura, fazendo-a passar mais vezes pelo sistema solo-planta antes de desaguar no mar. Os mecanismos para esse empreendimento florescer de forma consistente, com adequados projetos e equipamentos para atender do mini ao grande produtor, com o racional aproveitamento dos recursos hídricos em favor do desenvolvimento socioeconômico e ambiental, precisam ser permeados por todo o Brasil.

Assim, vale analisar os caminhos para que o País possa usufruir desse potencial constituído pelos negócios calcados na agricultura irrigada, fazendo-o em toda a sua plenitude.

Os levantamentos das áreas irrigadas pelos diversos métodos e por Estado, no Brasil, indicam que havia 4,454 milhões de hectares irrigados no País (CENSO AGROPECUÁRIO, 2007).

Com esses dados do Censo Agropecuário (2007), foram elaborados os Quadros 3 e 4, com as áreas em hectares dos dez Estados e dos 20 municípios que mais irrigam no Brasil.

Dos macros aos pequenos impactos da agricultura irrigada

Ao fazer uma reflexão, no final dos anos 80, em decorrência de programas que movimentaram positivamente diversos segmentos com base na agricultura irrigada, especialmente nas décadas de 1970 e 1980, o governo federal instituiu o Ministério Extraordinário da Irrigação e slogans como “um hectare irrigado vale por dez”. Ou seja, o trabalho iniciado em favor da agricultura irrigada, com diversos programas, refletiu na criação de um organismo de âmbito nacional que teve vários desdobramentos.

Merecem destaques para aquela época, especialmente as duas que antecederam à criação do Ministério Extraordinário, o desenvolvimento dos cursos de pós-graduação e o fortalecimento da graduação. Com essa política, houve significativos investimentos na qualificação dos recursos humanos, com várias universidades podendo hoje dar suporte permanente ao setor. Assim, as possibilidades de frutíferas mobilizações e de desenvolvimento de programas integrados, que possam ser implementados rapidamente em âmbitos nacional, regional, estadual, municipal, sobre o melhor aproveitamento das bacias hidrográficas focadas na agricultura irrigada, com o respaldo de profissionais com

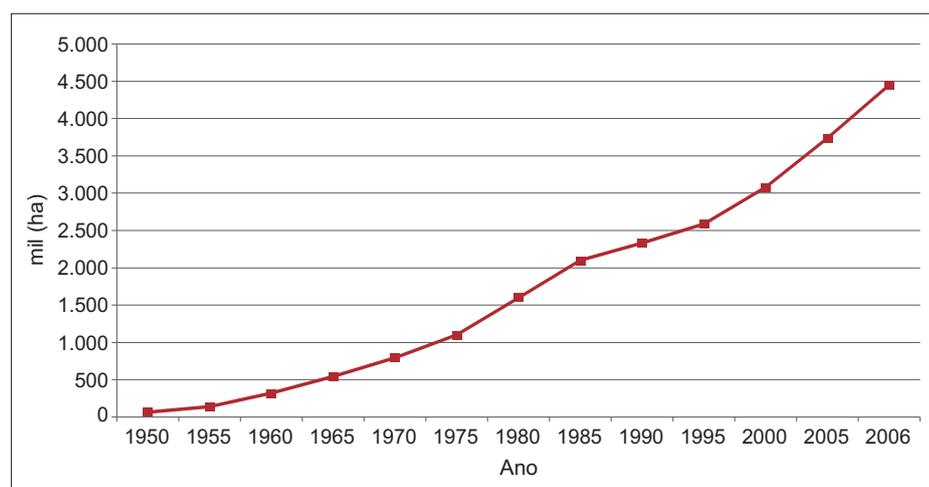


Gráfico 2 - Expansão da área irrigada no Brasil

FONTE: Christofidis (2010).

QUADRO 3 - Estados que mais irrigam no Brasil

Ordem	Estado	Área total irrigada (ha)	Método/sistema de irrigação					
			Inundação	Sulco	Pivô central	Aspersão	Localizada	Outros
1	Rio Grande do Sul	984.085	813.193	69.147	44.787	33.232	8.902	14.824
2	São Paulo	770.011	10.262	8.877	194.238	409.020	71.418	76.196
3	Minas Gerais	525.250	11.587	11.664	166.691	168.059	66.330	100.919
4	Bahia	299.485	17.061	56.183	69.040	91.574	41.532	24.097
5	Goiás	269.921	8.181	12.739	108.510	129.387	4.598	6.507
6	Espírito Santo	209.801	3.072	2.254	23.319	115.535	51.534	14.087
7	Alagoas	195.764	2.058	3.066	73.041	110.049	3.866	3.684
8	Pernambuco	152.917	6.325	21.036	20.887	73.264	17.828	13.577
9	Mato Grosso	148.425	963	1.397	30.909	106.506	2.460	6.190
10	Santa Catarina	136.249	98.532	10.948	1.020	19.160	2.430	4.158

FONTE: Christofidis (2010).

QUADRO 4 - Municípios que mais irrigam no Brasil

Ordem	Município	Unidade da Federação	Área total irrigada (ha)	Método/sistema de irrigação					
				Inundação	Sulco	Pivô central	Aspersão	Localizado	Outros
1	Itaqui	RS	68.352	54.791	12.606	709	1	203	42
2	Uruguaiana	RS	60.180	54.346	4.676	560	80	381	137
3	Santa Vitória do Palmar	RS	56.464	55.396	550	0	0	7	8
4	Ribeirão Preto	RS	55.921	0	25	0	55.218	36	637
5	São Borja	RS	44.185	37.835	2.535	742	2.832	129	113
6	Alegrete	RS	43.232	39.341	3.157	447	95	93	100
7	Coruripe	AL	41.029	19	0	28.251	10.538	1.832	89
8	Cachoeira do Sul	RS	39.291	36.211	2.373	252	142	34	280
9	Itamarandiba	MG	37.615	0	0	0	33	957	36.618
10	Dom Pedrito	RS	36.459	34.102	1.466	0	126	184	370
11	São Gabriel	RS	32.342	27.266	2.683	1.400	85	38	871
12	Casa Branca	SP	31.702	50	483	8.191	21.627	1.065	287
13	Juazeiro	PE	30.758	366	24.222	0	1.405	4.423	163
14	Campos dos Goytacazes	RJ	29.676	1.778	3.315	5.279	15.419	417	3.467
15	Mostardas	RS	29.327	28.419	521	0	237	0	150
16	Unaí	MG	28.573	0	69	26.362	1.718	325	99
17	Linhares	ES	25.748	1.866	153	8.150	6.177	9.094	308
18	Paracatu	MG	25.609	0	0	21.715	3.382	126	80
19	São Desidério	BA	25.278	1.086	822	14.318	8.781	0	20
20	Itapira	SP	24.688	0	39	0	24.586	11	36

FONTE: Christofidis (2010).

elevada capacitação, já podem ser consideradas como um positivo diferencial para que se encetem arrojados programas no Brasil. Àquela época, com a súbita mudança política, independentemente de manter ou não esse Ministério Extraordinário, faltou a percepção estratégica do alcance da agricultura irrigada. Em decorrência disso, desde o início dos anos 90, o setor passou a carecer de uma política nacional e dos programas integrados que o mesmo tanto requer. Qual o impacto dessa falta de uma política nacional coordenada e articulada para a agricultura irrigada?

Negócios com base na agricultura irrigada e seus benefícios socioeconômicos e ambientais

Quando se trata de segurança alimentar, vale buscar como exemplo, o trigo irrigado no Brasil Central. Segundo a Item (2009a), esse cereal tem o potencial de colocar o Brasil da situação de grande importador para a de exportador, de poder organizar e garantir melhor qualidade dos produtos e de utilizar os instrumentos de comercialização, incluindo-se aí contratos de compras antes de plantar, bem como de impulsionar diferentes e salutares mecanismos de negócios, a exemplo da participação do setor segurador privado com os avanços nas políticas de governo, para que haja uma adequada cesta de produtos de seguros, com positivas inovações. Um ambiente que permite tratar inclusive do seguro de renda. Como cultura de inverno, excelente formadora de palha e de fácil manejo, o trigo facilita também uma exploração mais ampla de todo o Sistema Plantio Direto (SPD), com o melhor aproveitamento das áreas ao longo do ano e possibilidades de projetos que possam contemplar sequências e rotações de culturas que favoreçam uma melhor sanidade, o melhoramento dos solos e tantos outros benefícios. Para isso, são necessários os programas integrados, com a visão sistêmica do conjunto de produtos na agricultura irrigada. Os produtores, como os da Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba (Coopadap), já registram

produtividades médias de 6 toneladas de trigo por hectare e as perspectivas são cada vez mais promissoras.

Outro exemplo prático, da área animal, em curso é o Programa Cooperativo de Irrigação na Pecuária (PCIP), com uma ampla integração de esforços, envolvimento do sistema cooperativo, como da Cooperativa Central dos Produtores Rurais de Minas Gerais (CCPR/MG) - Itambé e concurso de organizações de pesquisa, como a EPAMIG. Para iniciá-lo, tomou-se como referência um trabalho de irrigação de pastagens já consolidado, na Fazenda Boa Fé, em Conquista, MG, com vários anos de manejo do 'Tyfton-85', com o manejo dos animais e do pastejo sendo cuidadosamente controlados, tendo conseguido até 22 unidades animais (UA)/ha nos momentos de climas mais favoráveis e de 5 UA/ha nos extremos de frio. Nas avaliações, a produção de mais de 60 t de matéria seca (MS)/ha/ano, digestibilidade da ordem de 63% e 17% de proteína bruta (PB), com uma média anual em torno de 13 a 14 UA/ha. Com esses indicadores, com o acompanhamento da pesquisa, há muito a desenvolver em favor dessa intensificação, com a possibilidade de muitas transformações, revertendo-se o quadro das pastagens degradadas, com capacidade média anual de menos de 1 UA/ha. Esse quadro faz descortinar um campo para muitos negócios em decorrência da introdução da irrigação. O diagnóstico geral é de que a grande maioria dessas pastagens brasileiras está degradada e a capacidade média de suporte não chega a 1 UA/ha. Diante disso, se menos que 10% da área total da propriedade for organizada com pastagens e forragens irrigadas para corte, pode-se abrigar todo o rebanho, liberando mais de 90% da propriedade para outros negócios, como os de florestas plantadas, com as desejáveis recomposições florísticas, fortalecimento dos mananciais hídricos e dos negócios do produtor. Assim, o fomento de programas integrados, com amplas oportunidades de visitas e acompanhamentos de bons exemplos, facilita os processos de transferência de tecnologia. Esse exemplo

motiva programas cooperativos, partindo-se da organização dos produtores, para que haja mais efetividade e eficiência na alocação de esforços em favor de substanciais mudanças, especialmente as de gestão dos negócios e de cada propriedade. Um grande desafio, mais indicadores como esses da Fazenda Boa Fé e de outros, significa algo como produzir três vezes mais pasto/ano que a avançada Nova Zelândia.

Vale também observar que a geografia do café no Brasil, graças à irrigação, tem avançado para fronteiras até pouco tempo inimagináveis. Com essas mudanças, além dos enormes ganhos em produtividade, a superior e diferenciada qualidade do café, com significativas conquistas de mercado. Como nos organizarmos para fazer isso florescer cada vez mais e melhor?

A amplitude de oportunidades com a introdução da irrigação nas propriedades, seja parcial seja total, está na diversificação das atividades, nos trabalhos ao longo do ano, inclusive na conjugação da agricultura irrigada como parceira do saneamento e revitalização dos corpos d'água, nos sinergismos e complementaridades com as explorações de sequeiro, bem como com todo o arcabouço para um profícuo e harmônico trabalho em favor de melhoramentos ambientais. Entre eles está o da menor pressão por abertura de novas áreas e, mais significativo ainda, intensificar a produção por área, com a liberação de mais espaços para outras atividades, entre estas os negócios com florestas plantadas e recomposição de áreas protegidas, como das nascentes, de recuperação de áreas degradadas, com as possibilidades, inclusive, de adequar as propriedades para recebimentos por serviços ambientais. Disso resulta mais riqueza, mais empregos e atividades mais sustentáveis sob o ponto de vista ambiental, econômico e social. A planejada organização da agricultura irrigada, tendo como princípio o mais adequado aproveitamento das bacias hidrográficas e a logística dos negócios, favorece a formação de polos, que caracterizam o *cluster*, com toda a gama de abertura de

novos serviços e efeitos multiplicadores para atrair investimentos para as mais diversas regiões.

Como negócio, vale destacar também, diante das dificuldades com o saneamento, que são diversas as culturas que podem ser irrigadas com águas servidas, entre estas as florestas plantadas, com projetos devidamente preparados para esse fim. Daí o inteligente aproveitamento dos nutrientes que podem vir do esgoto urbano, dos dejetos de suínos, do setor sucroalcooleiro e de tantos outros efluentes. Essas águas servidas, ao passarem pelo sistema solo-planta são depuradas e devolvidas ao ciclo hidrológico, podendo gerar riquezas e empregos, como já evidenciado em diversos empreendimentos. No reúso dessas águas, há também a utilização dos efluentes dos biodigestores, que podem ser intermediários nesses processos, incluindo-se aí a geração de energia e os negócios com os créditos de carbono. Em todos os casos, cada um com seus requerimentos e peculiaridades, há um saudável e desejável mecanismo de transformar essas eutroficações em benefícios que vão do ambiental ao socioeconômico. São projetos que requerem monitoramento para eliminar o indesejável a montante, antes da água servida entrar no sistema de irrigação. Mas são estratégicos para solucionar problemas como os de lançar esses efluentes diretamente nos cursos d'água.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da lógica de mais investimentos por área, com a contrapartida de menos riscos e muito mais oportunidades de ganhos, aflora, de forma muito evidente, a necessidade do salto em gestão para que se aproveite plenamente desse universo de negócios, com base na agricultura irrigada. Isso significa fomentar programas integrados para contemplar uma ampla capacitação, o melhor aproveitamento possível dos fatores de produção ao longo de todo o ano, com oportunidades de mais riquezas e mais postos de trabalhos, impulsionando-se os diversos elos das cadeias produtivas e comerciais, com arranjos cooperativos para favorecer ao máximo o aproveitamento dos

sinergismos e complementaridades que possam florescer, com novos patamares de negócios em decorrência das liberações de áreas para novos empreendimentos e diversificações, conforme mercados, de articulações para melhor gerir as bacias hidrográficas e fortalecer seus Comitês.

É óbvio que para conseguir esse avanço nos negócios com base na agricultura irrigada e ser competitivo, há necessidade de mais domínios sobre os diversos requerimentos da atividade, de um novo perfil administrativo, de mudanças de comportamentos e de inovações nas atitudes dos agentes que possam atuar em favor desse desenvolvimento. Daí a importância dos programas integrados, para que haja envolvimento adequado em toda a logística requerida, caso a caso.

Os trabalhos cooperativos e a utilização de exemplos que tiveram êxito, que já são muitos pelo Brasil afora, são boas bases de referências para fortalecer as tomadas de decisões e, também, para promover as indispensáveis capacitações dos recursos humanos. Com o permanente envolvimento e respaldo da pesquisa, do ensino e da assistência técnica, com o adequado trato das inovações e dos equipamentos e serviços já disponíveis, o ambiente para a concepção de bons planos, programas e projetos tem sido cada vez melhor no Brasil. Isso precisa ser permeado em todo o universo dos produtores, bem como nas Ciências Agrárias e tantos outros segmentos envolvidos nos negócios com base na agricultura irrigada. Trata-se de abraçar uma política de resultados, com o governo promovendo uma ampla abertura e fomento junto ao setor privado. Os impactos daí derivados são altamente positivos.

Para isso, é indispensável uma mudança de atitudes em favor da agricultura irrigada, com um trabalho que facilite os empreendimentos e uma adequada harmonia com os requerimentos ambientais, cuja resultante é a melhor convivência em prol de um próspero e sustentável desenvolvimento.

Nesse ambiente, ano a ano, são recorrentes as demandas a provocarem os mais

diversos níveis de governo para fomentar a agricultura irrigada, com o exercício de uma ampla integração tecnológica, científica, socioeconômica, ambiental, mercantil e de toda a logística requerida pelo setor. Assim, nessa experiência recente da ABID, mas que já passa de uma década, têm sido forjados bons embriões para impulsionar arrojadas iniciativas. No bojo dessas interlocuções, evidencia-se a carência de políticas para o setor, a falta de planos, programas e projetos para, de forma ordenada e integrada, atender a todos os requisitos dentro e fora das propriedades, para que os positivos impactos da agricultura irrigada possam beneficiar, de forma permanente e crescente, toda a sociedade.

Agricultura irrigada implica em manejar a água com sabedoria, controlando-a pela irrigação e drenagem, de forma que supra as plantas nas quantidades e nos momentos certos, com a preservação e revitalização dos recursos hídricos, fazendo a mola propulsora do desenvolvimento. Como vantagens e impactos positivos para o desenvolvimento mineiro e brasileiro, vale salientar:

- a) geração de empregos permanentes, que podem ser considerados, como média geral, da ordem de 0,5 a 1/ha, a custos relativamente baixos quando comparados com outros setores da economia, com efeitos multiplicadores na cadeia produtiva e na formação e distribuição espacial de polos de desenvolvimento. São diversos os estudos a estimar os possíveis graus de manipulações e agregações de valores a cada produto específico, dentro e fora da propriedade, podendo ocupar, como um indicador geral, de até 4 a 6 pessoas/ha nas hortaliças, de 2 a 4/ha na fruticultura e de 0,4 a 1/ha no restante;
- b) maior estabilidade e maior concentração espacial da produção, facilitando a formação desses polos de desenvolvimento, com efeitos multiplicadores nas cadeias agroindustriais e de produtos in natura;

- c) significativa diminuição, ou mesmo eliminação, de um dos mais perversos riscos agrícolas, que é o provocado pelas secas, por erráticos veranicos e, algumas vezes, pelos encharcamentos das áreas em cultivo;
- d) utilização dos fatores de produção ao longo do ano, girando os recursos e facilitando o retorno dos investimentos;
- e) aumento da capacidade competitiva pela maior produção, pela melhor qualidade e uniformidade dos produtos, pelas alternativas de controles das produções e pela maior facilidade de constância no mercado, com possibilidades de produtividade cada vez mais crescente, considerando as melhores condições hídricas para o aproveitamento dos resultados dos investimentos em Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) como um todo;
- f) melhor utilização de insumos, com menores impactos ambientais. De fato, a agricultura irrigada bem-feita, associada a sistemas como SPD tem a capacidade de aproveitar melhor a água, inclusive depurando-a, facilitar o manejo da irrigação, e desempenhar importante papel socioeconômico e ambiental para um equilibrado desenvolvimento nas bacias hidrográficas.

É oportuno destacar as permanentes expectativas por novos tempos na agricultura irrigada. Desde o ano de 1995 tramita no Congresso Nacional o Projeto de Lei (PL) nº 6.381, chamada Lei da Irrigação, que já contou com diversas audiências públicas e é considerada fundamental para dinamizar a gestão dos perímetros públicos. Em 19 e 20 de maio de 2009 foi realizado o Seminário Nacional – Agricultura Irrigada e Desenvolvimento Sustentável, justamente na Câmara dos Deputados, quando o presidente daquela Casa sinalizou que esse PL seria votado dentro de um mês. Naquela ocasião instalou-se o Fórum Permanente de Desenvolvimento da Agricultura Irrigada, sob a inspiração do Ministério da Integração Nacional. No âmbito do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) houve a organização da Câmara Temática de Agricultura Sustentável e Irrigação. Mas com as precárias evoluções observadas após esses acontecimentos, registra-se a falta de prioridades para o setor, o que evidencia a necessidade de atenções diferenciadas de um novo governo para com a agricultura irrigada.

REFERÊNCIAS

CRISTOFIDIS, D. **Estatísticas agricultura irrigada**: fórum agricultura irrigada. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2010. Disponível em: <http://www.irrigacao.org.br/docdownload/Apresentacao_Demetrios_04maio2010.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2010.

_____. Irrigação: a fronteira hídrica na produção de alimentos. **ITEM: Irrigação & Tecnologia Moderna**, Brasília, n.54, p.46-55, 2002.

CENSO AGROPECUÁRIO 1995 - 1996. Rio de Janeiro: IBGE, 1998.

CENSO AGROPECUÁRIO 2006. Resultados preliminares. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

FAO diz que países emergentes precisam dobrar produção de alimentos até 2050. **Journal Agrosoft**, 17 nov. 2009. Disponível em: <<http://agrosoft.org.br/agropag/212448.htm>>. Acesso em: 17 ago. 2010.

FEDOROFF, N. et al. Radically rethinking agriculture for the 21st century. **Science**, v.327, n. 5967, p.833-834, Feb. 2010.

ITEM: Irrigação & Tecnologia Moderna. Brasília: ABID, n.81, 2009a.

ITEM: Irrigação & Tecnologia Moderna. Brasília: ABID, n.83/84, 2009b.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

CHRISTOFIDIS, D. **Olhares sobre a política de recursos hídricos no Brasil**: o caso da bacia do rio São Francisco. Brasília: UnB, 2001. 430p.

_____. **Recursos hídricos, irrigação e segurança alimentar**: o estado das águas no Brasil, 2001-2002. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2003. p.111-134.

ITEM: Irrigação & Tecnologia Moderna. Brasília: ABID, n.54, 2002.

ITEM: Irrigação & Tecnologia Moderna. Brasília: ABID, n.79, 2008.

SATURNINO, H. M.; LANDERS, J. N. (Ed.). **The environment and zero tillage**. Brasília: APDC, 2002. 144p.



Mudas de Videira

- Mudanças selecionadas.
- Produzidas pela moderna técnica de enxertia de mesa.
- Isentas de víruses.

Consulte as variedades disponíveis
e informe-se sobre cursos em viticultura.

Núcleo Tecnológico EPAMIG Uva e Vinho
Av. Santa Cruz, 500 • Caldas • MG
(35) 3735 1101
epamig@epamigcaldas.gov.br



Importância do manejo da irrigação sobre a ocorrência de doenças de plantas

Wânia dos Santos Neves¹
 Polyanna Mara de Oliveira²
 Douglas Ferreira Parreira³
 Rosângela Dallemole Giaretta⁴
 Édio Luiz da Costa⁵

Resumo - A irrigação de culturas agrícolas é uma prática que tem sido cada vez mais adotada pelos agricultores, por possibilitar a obtenção de produtos de melhor qualidade e significativos aumentos de produtividade. Entretanto, o aumento da produtividade das lavouras irrigadas pode predispor as plantas ao ataque de várias doenças, se medidas de manejo integrado não forem adotadas adequadamente. Dentre essas medidas está o manejo da irrigação que, quando feito de maneira correta, auxilia na redução de algumas doenças em viveiros de produção de mudas e em campo. Existe uma relação entre a ocorrência de determinadas doenças e o sistema de irrigação utilizado, sendo, de maneira geral, as doenças da parte aérea favorecidas pelos sistemas de irrigação por aspersão e as doenças de solo favorecidas pelos sistemas superficiais e por gotejamento. É, portanto, necessário que se faça um manejo correto da irrigação com base na cultura plantada, no clima da região e nas doenças presentes na área. Esse manejo é importante para obter maior produção da cultura e melhor qualidade do produto, reduzindo danos econômicos causados pelas doenças e auxiliando na questão ambiental, já que pode também reduzir a quantidade de agrotóxicos aplicados nas culturas agrícolas.

Palavras-chave: Condição ambiental. Fitopatógenos. Doença de planta. Produção agrícola.

INTRODUÇÃO

Para satisfazer uma necessidade humana primordial, faz-se necessária a obtenção de produtos agrícolas com qualidade e em quantidade suficiente para a população mundial. Em geral, esta função é determinada por um conjunto de atividades que se iniciam no segmento da própria produção agrícola até atingir o consumidor final. Dentre essas atividades, a irrigação desem-

penha um papel de grande importância no agronegócio mundial, já que é, tipicamente, uma técnica que se aplica aos cuidados operacionais na fase de produção vegetal.

A irrigação de culturas agrícolas é uma prática que tem possibilitado a obtenção de produtos de melhor qualidade, significativos aumentos de produção e produtividades mais estáveis. Esta prática favoreceu a expansão de diversas culturas de interesse

agronômico e permitiu o cultivo em áreas limitadas pelas condições pluviométricas. Estudos científicos demonstram que o estresse causado pela falta de água reduz sensivelmente a produção vegetal, inviabilizando-a, por exemplo, em regiões de clima árido ou semiárido, onde a falta de água é constante e limita a atividade agrícola (FERNANDES; TESTEZLAF, 2002; PULUPOL; BEHBOUDIAN; FISHER,

¹Eng^a Agr^a, Pós-Doc, Pesq. EPAMIG Centro-Oeste/Bolsista FAPEMIG, Caixa Postal 295, CEP 35701-970 Prudente de Morais-MG. Correio eletrônico: wanianeves@epamig.br

²Eng^a Agrícola, D.Sc., Pesq. EPAMIG Norte de Minas/Bolsista FAPEMIG, Caixa Postal 12, CEP 39525-000 Nova Porteirinha-MG. Correio eletrônico: polyanna.mara@epamig.br

³Eng^a Agr^a, Doutorando, Bolsista CAPES/UFV - Depto. Fitopatologia, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: douglas2002ufv@yahoo.com.br

⁴Eng^a Agr^a, D.Sc., Prof^a Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Campus CEDETEG - Depto. Agronomia, CEP 85040-080 Guarapuava-PR. Correio eletrônico: rodalemolle@yahoo.com.br

⁵Eng^a Agrícola, D.Sc., Pesq. EPAMIG Centro-Oeste/Bolsista FAPEMIG, Caixa Postal 295, CEP 35701-970 Prudente de Morais-MG. Correio eletrônico: edio.costa@epamig.br

1996). Por outro lado, em diversas pesquisas realizadas, já foi relatado o efeito positivo da irrigação sobre a produtividade de lavouras agrícolas em várias regiões do País (MANTOVANI; SOARES, 2003). Entretanto, esse aumento de produtividade das lavouras irrigadas pode predispor as plantas ao ataque de várias doenças, se medidas de manejo integrado não forem adotadas adequadamente. Dentre essas medidas está o manejo da irrigação que, quando feito de maneira correta, auxilia na redução de algumas doenças em campo. Esse manejo é importante para evitar a redução da produção e da qualidade, pois atua no microclima da lavoura, o que pode resultar em condições favoráveis ou não para a ocorrência de epidemias (BERGAMIN FILHO; KIMATI; AMORIM, 1995).

ORIGEM DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

A água utilizada na irrigação é, geralmente, proveniente de rios, córregos, lagos ou poços localizados na propriedade ou nas suas proximidades. É mais rara a utilização de água de abastecimento público, principalmente pelo seu alto custo, uma vez que a demanda exigida para este propósito é bastante elevada. Portanto, a água destinada à irrigação, na maioria das vezes, não passa por qualquer tratamento prévio, o que pode vir a ser uma fonte potencial de patógenos para a cultura agrícola a ser irrigada (SOUTO, 2005). Por isso, é de grande importância que a água de irrigação seja de boa qualidade, para evitar o aparecimento de doenças de plantas. Muitas vezes, a falta de conhecimento por parte do agricultor sobre a importância na escolha da origem e da qualidade da água pode refletir em prejuízos futuros, já que o uso da água contaminada traz, como consequência, a necessidade de compra de produtos químicos para controle de doenças e a queda de produtividade da cultura. Sendo assim, além da questão econômica, o uso de água de qualidade para a irrigação auxilia na questão ambiental, já que pode reduzir a quantidade de agrotóxicos aplicados nas culturas agrícolas.

Uma das formas de disseminação de patógenos para áreas onde eles ainda não ocorrem é através da água. A disseminação pode ocorrer tanto pela água de chuva como pela água de irrigação advinda de fontes contaminadas. A água utilizada para irrigação de lavouras deve ser de origem conhecida e livre de patógenos. Mesmo que a água utilizada seja de boa qualidade, é importante que esta não passe antes por áreas onde estejam presentes patógenos de solo, para que não haja contaminação de outras áreas. Em estudos realizados em água utilizada para irrigação advinda de reservatórios, na Geórgia, Estados Unidos, foi observada a presença de fungos dos gêneros *Phytophthora*, *Pythium*, *Rhizoctonia* e *Fusarium* (SHOKES; MCCARTER, 1979). Em outro trabalho realizado por Whiteside e Oswalt (1973) também foi relatada a presença de espécies do gênero *Phytophthora* em água dos diques utilizados para irrigação de pomares de citros nos Estados Unidos, que servia como fonte de inóculo do patógeno, causando grandes prejuízos econômicos na cultura.

Em um estudo realizado na água utilizada para irrigação em sistema de plantio no Distrito Federal, foram detectados os fungos dos gêneros *Pythium* spp., *Rhizoctonia* e *Fusarium* (FREITAS; NASSER; CAFÉ FILHO, 2001). Esses fungos podem ser introduzidos em áreas de produção agrícola e, em alta concentração, causar sérios prejuízos, como o tombamento de plântulas nos viveiros de mudas, em cultivo protegido e no campo e, em baixa concentração, servem para colonizar novas áreas anteriormente livres de problemas fitossanitários (THOMSON; ALLEN, 1974).

IRRIGAÇÃO EM VIVEIROS DE MUDAS

A irrigação, quando realizada de maneira correta e combinada com tratamentos culturais, possibilita a obtenção de mudas de qualidade, tanto em relação ao tamanho como em relação ao vigor. A falta e o excesso de água podem ser prejudiciais para a obtenção de mudas de boa qualidade.

Entretanto, o excesso de rega geralmente é mais prejudicial do que a falta, pois dificulta a circulação de ar no solo, impedindo o crescimento das raízes, lixivia os nutrientes e propicia o aparecimento de doenças. É interessante ressaltar que a rega eficiente é obtida quando o terreno fica suficientemente umidificado, sem apresentar sinais de encharcamento. Por isso, as sementeiras devem apresentar solo com boa drenagem natural e a irrigação deve ser realizada adequadamente com água de boa qualidade. Alguns fatores podem interferir na qualidade da água, dentre eles o pH, que poderá afetar a absorção de nutrientes, e a contaminação por patógenos, que poderão veicular doenças no viveiro. Irrigações mais frequentes e com menor volume de água evitam o acúmulo e a permanência de água livre por mais tempo na superfície foliar e no substrato (GRIGOLETTI JÚNIOR; AUER; SANTOS, 2001).

Os principais fatores que vão determinar a quantidade de água a ser usada na produção de mudas são: tipo de substrato, tamanho do recipiente, umidade relativa (UR) e temperatura. A boa distribuição das mudas e um substrato com boa textura são fundamentais para uma irrigação eficiente. O tamanho do recipiente onde as mudas serão plantadas também interfere na quantidade de água disponível para a planta, o que reflete na obtenção de mudas de boa qualidade. No que se refere à arquitetura da planta, dependendo da distribuição e da posição de suas folhas, a irrigação por aspersão poderá ou não molhar adequadamente o substrato (GRIGOLETTI JÚNIOR; AUER; SANTOS, 2001).

A podridão das sementes e o tombamento de mudas são doenças importantes nas fases de sementeira e viveiro (Fig. 1). Essas doenças podem causar a redução da população de plantas, o que traz danos econômicos e produtivos. Vários patógenos podem causar tombamento de plântulas, sendo muitos deles fungos do sistema radicular com grande adaptação ao solo. O tombamento de mudas ou damping-off é causado por fungos do solo, entre os quais podemos citar como exemplo os dos gêne-



Figura 1 - Tombamento de plântulas de pepino em sementeira, causado pelo fungo *Rhizoctonia* sp.

ros *Pythium*, *Rhizoctonia* e *Phytophthora*, que são comumente encontrados e podem infectar individualmente ou simultaneamente as plântulas (BERGAMIN FILHO; KIMATI; AMORIM, 1995). O tombamento ocorre normalmente associado ao excesso de água do solo.

Doenças que causam tombamento de mudas em viveiros, como as causadas pelo fungo *Rhizoctonia* sp., podem ter como controle preventivo a irrigação da muda com água de boa qualidade e ambiente sem excesso de umidade e sombreamento. Em um trabalho realizado por Lewis e Papavizas (1977) foi observado que teores de água no solo (acima de 70% da capacidade de campo) favoreceu a infecção de *R. solani* em soja, o que demonstra a importância da irrigação na quantidade correta já que esse é um fungo de ocorrência comum em viveiros de produção de mudas.

Determinados patógenos presentes nas sementes e em plântulas, mesmo em taxas relativamente baixas, podem gerar grandes perdas na produção, como é o caso da podridão-radicular de *Rhizoctonia*, causada pelo fungo *Rhizoctonia solani*. Trata-se de uma das doenças radiculares mais comuns do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) no

Brasil (CARDOSO, 1990; CERESINI; SOUZA, 1997), causando podridões de sementes e raízes e tombamento de plântulas (Fig. 2 e 3). O controle da doença em solos é extremamente difícil, podendo inviabilizar a exploração econômica do feijoeiro. Dessa forma, a irrigação adequada nessa fase é muito importante para reduzir as condições favoráveis ao aparecimento da doença.

Além das doenças que causam tombamento e podridão de raízes de plântulas, outra doença bastante comum em viveiros de mudas é o mofo-cinzento, causado pelo fungo *Botrytis cinerea*. Essa doença ocorre com frequência em mudas de eucalipto em viveiros florestais (ALFENAS et al., 2004) e pode causar tanto a morte de mudas em rebolteiras como aleatoriamente nos canteiros, com abundante esporulação de coloração cinza sobre as estacas e miniestacas mortas, folhas e brotações (FERREIRA, 1989). A constante irrigação por aspersão realizada nos viveiros de mudas garante a formação de um microclima favorável ao longo do ano, já que a presença de água livre é essencial para a infecção de folhas de diferentes espécies hospedeiras de *B. cinerea* (COLEY-SMITH; VERHOEFF; JARVIS, 1980). Além disso, a água de

irrigação serve como veículo de disseminação do patógeno, que leva os esporos produzidos sobre as lesões para outras partes da planta e para plantas vizinhas, o que pode causar uma epidemia no viveiro (FERREIRA, 1989).

INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO SOBRE AS DOENÇAS DE PLANTAS

Existe forte relação entre a ocorrência de certos tipos de doenças e o sistema de irrigação utilizado nas lavouras. Segundo Lopes, Marouelli e Café Filho (2006), de maneira geral, as doenças da parte aérea são favorecidas pelos sistemas de irrigação por aspersão, enquanto as doenças de solo são favorecidas pelos sistemas superficiais e por gotejamento.

Na produção do tomate em sistema orgânico, a irrigação por gotejamento tem sido recomendada em substituição à aspersão por favorecer a economia de água, o aumento da produtividade e da qualidade dos frutos, e a redução na incidência de doenças foliares (SOUZA, 2003). Porém, dentre os diversos fatores que favorecem o processo infeccioso das doenças em sistemas orgânicos, a umidade no dossel vegetativo e no solo é um dos mais importantes (BAPTISTA; MAROUELLI; RESENDE, 2009). O sistema de gotejamento não distribui bem a água e aumenta a incidência de podridão de raízes, caso os emissores sejam colocados muito perto da planta (ZAMBOLIM; OLIVEIRA, 2007). Com o aumento do cultivo protegido do tomate e o uso da irrigação por gotejamento, doenças como as causadas por oídios passaram a ser importantes para a cultura. Segundo Baptista, Marouelli e Resende (2009), a irrigação por aspersão reduz a severidade da doença, representando uma alternativa de controle do oídio em sistemas orgânicos de produção. Portanto, é importante avaliar quais as doenças presentes na área de cultivo, para que seja recomendado o sistema de irrigação mais apropriado, já que em cultivos orgânicos não é permitido o uso de produtos químicos para o manejo de doenças.



Figura 2 - Detalhe do sintoma causado pelo fungo *Rhizoctonia solani*, em plântulas de feijão, em condições de casa de vegetação



Figura 3 - Plântulas de feijão atacadas pelo fungo *Rhizoctonia solani*, em condições de casa de vegetação

A irrigação por aspersão, especialmente quando em regime de alta frequência, favorece condições de elevada umidade na folhagem, podendo aumentar a incidência de doenças da parte aérea, como, por exemplo, a mancha-púrpura causada por *Alternaria porri* e o mofo-cinza causado por *Botrytis* sp., ambas em cebola. O impacto da gota d'água ao atingir a folha da planta pode espalhar esporos fúngicos ou células bacterianas, presentes em lesões preestabelecidas, aumentando a área afetada na planta e propiciando a disseminação para plantas vizinhas. As doenças da parte aérea são favorecidas por injúrias nas folhas, sejam mecânicas, sejam causadas por insetos, que, na presença de umidade, funcionam como "porta de entrada" para fungos e bactérias (PINTO; COSTA; RESENDE, 2007).

No que diz respeito às hortaliças, em geral, o importante é saber que o excesso de água durante determinadas fases da cultura favorece ou reduz o aparecimento de doenças (SILVA; MAROUELLI, 2005?). O manejo de irrigação deve ser considerado pelo produtor como medida preventiva no controle integrado de doenças. Além

dos benefícios diretos de uma irrigação bem realizada, esse manejo pode causar reduções no uso de agrotóxicos, o que reduz a contaminação do meio ambiente e do homem, além de aumentar a receita líquida do agricultor. Mesmo nos sistemas de irrigação por aspersão, o agricultor deve evitar a formação de pontos de encharcamento, os quais, frequentemente, se transformam em focos de disseminação e multiplicação de doenças de solo. Dentre as principais causas de encharcamento têm-se: vazamentos e desuniformidade de distribuição de água, drenagem deficiente, depressões no solo e áreas compactadas por máquinas e implementos (MAROUELLI, 2004). Deve-se evitar o plantio em solos maldrenados ou sujeitos ao encharcamento com impedimento físico (camada adensada), já que nesta condição pode faltar oxigênio nas raízes e favorecer seu apodrecimento. Algumas das principais doenças de solo em área irrigada em excesso e/ou de drenagem inadequada são: tombamento de muda (*Rhizoctonia solani*, *Pythium* spp., *Fusarium* spp.), antracnose-foliar (*Colletotrichum gloeosporioides*), podridão-basal (*Fusarium oxysporum*

e podridão-mole (*Erwinia carotovora*). A doença conhecida como podridão-de-Sclerotium causada pelo fungo *Sclerotium rolfsii* é uma doença comum em algumas hortaliças. Plantas afetadas murcham ou ficam enfezadas em consequência de necrose na região do colo, quase sempre circunscrevendo o caule. Em condições de alta umidade, verifica-se crescimento micelial branco que se desenvolve junto ao tecido doente, formando numerosos escleródios pequenos, arredondados, de cor branca que evoluem para a cor pardo-escura (PUNJA; JENKINS, 1984). O patógeno pode atacar também frutos em contato com o solo contaminado, provocando podridão e deixando os frutos impróprios ao comércio (Fig. 4), além de servir de fonte de inóculo no campo. Embora a maioria das doenças seja favorecida pelo excesso de água, outras encontram condições favoráveis sob irrigação deficitária, como por exemplo, a sarna-comum da batata, que aumenta de intensidade em solos mais secos, e o oídio, que tem maior incidência quando menor quantidade de água é aplicada na parte aérea das plantas (BERGAMIN FILHO; KIMATI; AMORIM, 1995).



Rosângela Dallemole Giaretta

Figura 4 - Sintomas da doença podridão-de-Sclerotium, causada pelo fungo *Sclerotium rolfsii*, em fruto de pimentão

Para o caso de fruteiras, o sistema de aspersão ou pivô central não é adequado por molhar a parte aérea da planta e acarretar problemas na polinização e aumento da incidência de doenças. Esse sistema lava os defensivos e fertilizantes foliares, faz com que os intervalos de aplicação sejam reduzidos, aumentando, dessa forma, o volume de defensivos e o custo de produção. Deve-se, então, evitar a irrigação por aspersão convencional. Caso o produtor já tenha esse sistema de irrigação, recomenda-se irrigar somente pela manhã, para evitar o aumento da umidade durante a noite. Os sistemas de irrigação localizados (microaspersão e gotejamento) são os mais indicados para o caso de fruteiras, pois não molham as folhas. Entretanto, existem algumas desvantagens para os dois sistemas. O sistema de microaspersão distribui bem a água, mas aumenta a incidência de plantas daninhas e de certas doenças. O sistema de gotejamento não distribui bem a água e aumenta a incidência de podridão de raízes, caso os emissores sejam colocados muito perto do tronco (ZAMBOLIM; OLIVEIRA, 2007). O correto, para qualquer sistema de irrigação a ser adotado, é irrigar na medida certa, já que o excesso de água durante a irrigação

aumenta a incidência de doenças e lixivia os nutrientes, afetando consequentemente a produtividade da cultura.

Em relação ao café irrigado, alguns trabalhos demonstram que o sistema de irrigação utilizado pode interferir no progresso de certas doenças, como é o caso da ferrugem (*Hemileia vastatrix*). A intensidade da ferrugem é maior em lavouras irrigadas por pivô central, do que em lavouras irrigadas por gotejamento, por causa do molhamento foliar que possibilita a disseminação e a reinoculação do patógeno nas plantas (JULIATTI et al., 2000). Outra doença importante para a cultura é a mancha-de-olho-pardo, causada pelo fungo *Cercospora coffeicola*. O fungo ataca tanto folhas quanto frutos do cafeeiro, causando desfolha, amadurecimento precoce, queda prematura dos frutos e redução na produtividade do cafeeiro. Segundo Carvalho e Chalfoun (2000), baixo nível de água no solo é um dos principais fatores que predis põem o cafeeiro ao ataque desta doença. Dessa forma, é de fundamental importância um estudo das características do solo e do clima da região de plantio para que a irrigação seja feita sem que haja excesso ou falta de água no solo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As doenças de plantas podem ocorrer mesmo sob condições onde a irrigação é realizada de forma adequada. Nesse caso, deve-se reavaliar a frequência e a lâmina de irrigação aplicada. Os danos causados pela ocorrência de doenças são maiores do que os provocados pela falta moderada de água. Por isso, faz-se necessário um manejo correto da irrigação com base na cultura plantada, no clima da região e nas doenças presentes na área. No caso de alta incidência de doenças favorecidas pela água, por exemplo, deve-se aumentar o turno de rega, ou seja, diminuir a frequência de irrigação ou reduzir o tempo de irrigação. Em geral, o aumento do intervalo de irrigação deve ser a estratégia preferida para doenças favorecidas pelo excesso de água, principalmente em se tratando daquelas da parte aérea e irrigação por aspersão (MAROUELLI, 2004).

AGRADECIMENTO

À Fapemig pelo apoio financeiro às pesquisas.

REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A.C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 442p.
- BAPTISTA, M.J.; MAROUELLI, W.A.; RESENDE, F.V. Influência dos sistemas de irrigação por aspersão e gotejamento na ocorrência de oídio em tomateiro cultivado em sistema orgânico de produção. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.4, n.2, 2009. VI Congresso Brasileiro de Agroecologia e II Congresso Latinoamericano de Agroecologia.
- BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v.1, 919p.
- CARDOSO, J.E. **Doenças do feijoeiro causadas por patógenos de solo**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1990. 30p. (EMBRAPA-CNPAP Documento Técnico, 30).
- CARVALHO, V.L. de; CHALFOUN, S.M. **Doenças do cafeeiro: diagnose e controle**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2000. 44p. (EPAMIG. Boletim Técnico, 58).

CERESINI, P.C.; SOUZA, N.L. de. Associação de *Rhizoctonia* spp. binucleadas e de *R. solani* Kühn GA 4 HGI e GA 2-2 IIIB ao feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) no estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v.23, n.1, p.14-24, jan./mar. 1997.

COLEY-SMITH, J.R.; VERHOEFF, K.; JARVIS, W.R. **The biology of Botrytis**. London: Academic Press, 1980. 318p.

FERNANDES, A.L.T.; TESTEZLAF, R. Ferritirrigação na cultura do melão em ambiente protegido, utilizando-se fertilizantes organominerais e químicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.1, p.45-50, jan./abr. 2002.

FERREIRA, F.A. **Patologia florestal: principais doenças florestais no Brasil**. Viçosa, MG. Sociedade de Investigações Florestais: UFV, 1989. 590p.

FREITAS, M.A. de; NASSER, L.C.B.; CAFÉ FILHO, A.C. Água contaminada. **Cultivar. Hortaliças e Frutas**, p.32-37, jun./jul. 2001. Disponível em: <http://www.grupocultivar.com.br/arquivos/hf08_água.pdf>. Acesso em: 16 set. 2010.

GRIGOLETTI JÚNIOR, A.; AUER, C.G.; SANTOS, A.F. dos. **Estratégias de manejo de doenças em viveiros florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 6p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 47).

JULIATTI, F.C. et al. **Ferrugem em lavoura com diferentes sistemas de irrigação**. [S.l.]: Coffee break, 2000. Disponível em: <<http://www.coffeebreak.com.br/ocafezal.asp?SE=8&ID=143>>. Acesso em: 16 set. 2010.

LEWIS, J.A.; PAPAIVIZAS, G.C. Factors affecting *Rhizoctonia solani* infection of soybeans in the greenhouse. **Plant Disease Reporter**, v.61, n.3, p.196-200, Mar. 1977.

LOPES, C.A.; MAROUELLI, W.A.; CAFÉ FILHO, A.C. Associação da irrigação com doenças de hortaliças. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.14, p.151-179, 2006.

MANTOVANI, E.C.; SOARES, A.R. (Ed.). **Irrigação do cafeeiro: informações técnicas e coletânea de trabalhos**. Viçosa, MG: Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais: UFV, 2003. 260p.

MAROUELLI, W.A. Controle da irrigação como estratégia na prevenção de doenças em hortaliças. **A Lavoura**, Rio de Janeiro, n.651, p.42-44, dez. 2004. Disponível em: <<http://www.sna.agr.br/artigos/651/HORTICULTURA.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2010.

PINTO, J.M.; COSTA, N.D.; RESENDE, G.M. de (Ed.). **Cultivo da cebola no nordeste**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. (Embrapa Semi-Árido. Sistemas de Produção, 3). Versão eletrônica. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Cebola/CultivoCebolaNordeste/irrigacao.htm>>. Acesso em: 17 set. 2010.

PULUPOL, L.U.; BEHBOUDIAN, M.H.; FISHER, K.J. Growth, yield, and postharvest attributes of glasshouse tomatoes produced under deficit irrigation. **Hortscience**, v.31, n.6, p.926-929, Oct. 1996.

PUNJA, Z.K.; JENKINS, S.F. Influence of temperature, moisture, modified gaseous atmosphere, and depth in soil on eruptive sclerotial germination of *Sclerotium rolfsii*. **Phytopathology: an international journal**, St. Paul, v.74, n.6, p.749-754, June 1984.

SHOKES, F.M.; MCCARTER, S.M. Occurrence, dissemination, and survival of plant pathogens in surface irrigation ponds in southern Georgia. **Phytopathology**:

an international journal, St. Paul, v.69, n.5, p.510-516, May 1979.

SILVA, H.R. da; MAROUELLI, W.A. **Avanços na eficiência de sistemas de irrigação em horticultura**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, [2005?]. Disponível em: <<http://www.upf.br/coaju/download/irrigacaohorticulturaII.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2010.

SOUTO, R.A. de. **Avaliação sanitária da água de irrigação e de alfaces (*Lactuca sativa* L.) produzidas no município de Lagoa Seca, Paraíba**. 2005. 70p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2005.

SOUZA, J.L. de. Tomateiro para mesa em sistema orgânico. **Informe Agropecuário**. Tomate para mesa, Belo Horizonte, v.24, n.219, p.108-120, 2003.

THOMSON, S.V.; ALLEN, R.M. Occurrence of *Phytophthora* species and other potential plant pathogens in recycled irrigation water. **Plant Disease Reporter**, v.58, n.10, p.945-949, Oct. 1974.

WHITESIDE, J.O.; OSWALT, T.W. An unusual brown rot outbreak in a Florida citrus grove following sprinkler irrigation with *Phytophthora* infested water. **Plant Disease Reporter**, v.57, p.391-393, 1973.

ZAMBOLIM, L.; OLIVEIRA, R.R. de. **Manejo integrado das doenças da goiabeira**. In: ROZANE, D.E.; COUTO, F.A.A. (Ed.). **Cultura da goiabeira: tecnologia e mercado**. Viçosa, MG: UFV, 2007. Disponível em: <http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/ensino/pos/Palestras_William/Livrogoiaba_pdf/4_MIPdoencas.pdf>. Acesso em: 15 set. 2010.

AVALIAÇÃO DE VARIEDADES MELHORADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

Produção de mudas e capacitação técnica para produtores

Avaliação e recomendação de variedades para produção de cachaça, utilização em usinas e alimentação animal.

EPAMIG

Unidade Regional EPAMIG Centro-Oeste
Rod. MG-424 km 64 - Caixa Postal 295 - CEP 35701-970 - Prudente de Morais - MG - Telefax: (31) 3773-1980 - e-mail: ctco@epamig.br

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

INTRODUÇÃO

O Informe Agropecuário é uma publicação seriada, periódica, bimestral, de caráter técnico-científico e tem como objetivo principal difundir tecnologias geradas ou adaptadas pela EPAMIG, seus parceiros e outras instituições para o desenvolvimento do agronegócio de Minas Gerais. Trata-se de um importante veículo de orientação e informação para todos os segmentos do agronegócio, bem como de todas as instituições de pesquisa agropecuária, universidades, escolas federais e/ou estaduais de ensino agropecuário, produtores rurais, empresários e demais interessados. É peça importante para difusão de tecnologia, devendo, portanto, ser organizada para atender às necessidades de informação de seu público, respeitando sua linha editorial e a prioridade de divulgação de temas resultantes de projetos e programas de pesquisa realizados pela EPAMIG e seus parceiros.

A produção do Informe Agropecuário segue uma pauta e um cronograma previamente estabelecidos pelo Conselho de Difusão de Tecnologia e Publicações da EPAMIG, conforme demanda do setor agropecuário e em atendimento às diretrizes do Governo. Cada edição versa sobre um tema específico de importância econômica para Minas Gerais.

Do ponto de vista de execução, cada edição do Informe Agropecuário terá um coordenador técnico, responsável pelo conteúdo da publicação, pela seleção dos autores dos artigos e pela preparação da pauta.

APRESENTAÇÃO DOS ARTIGOS ORIGINAIS

Os artigos devem ser enviados em CD-ROM ou pela Internet, no programa Word, fonte Arial, corpo 12, espaço 1,5 linha, parágrafo automático, justificado, em páginas formato A4 (21,0 x 29,7cm).

Os quadros devem ser feitos também em Word, utilizando apenas o recurso de tabulação. Não se deve utilizar a tecla *Enter* para formatar o quadro, bem como valer-se de “toques” para alinhar elementos gráficos de um quadro.

Os gráficos devem ser feitos em Excel e ter, no máximo, 15,5 cm de largura (em página A4). Para tanto, pode-se usar, no mínimo, corpo 5 para composição dos dados, títulos e legendas.

As fotografias a serem aplicadas nas publicações devem ser recentes, de boa qualidade e conter autoria. Podem ser enviadas em papel fotográfico (9 x 12 cm ou maior), cromo (slide) ou digitalizadas. As fotografias digitalizadas devem ter resolução mínima de 300 DPIs no formato mínimo de 15 x 10 cm e ser enviadas em CD-ROM ou ZIP disk, preferencialmente em arquivos de extensão TIFF ou JPG.

Não serão aceitas fotografias já escaneadas, incluídas no texto, em Word. Enviar os arquivos digitalizados, separadamente, nas extensões já mencionadas (TIFF ou JPG, com resolução de 300DPIs).

Os desenhos devem ser feitos em nanquim, em papel vegetal, ou em computador no Corel Draw. Neste último caso, enviar em CD-ROM ou pela Internet. Os arquivos devem ter as seguintes extensões: TIFF, EPS, CDR ou JPG. Os desenhos não devem ser copiados ou tirados de Home Page, pois a resolução para impressão é baixa.

PRAZOS E ENTREGA DOS ARTIGOS

Os colaboradores técnicos da revista Informe Agropecuário devem observar os prazos estipulados formalmente para a entrega dos trabalhos, bem como priorizar o atendimento às dúvidas surgidas ao longo da produção da revista, levantadas pelo coordenador técnico, pela Revisão e pela Normalização. A não-observância a essas normas trará as seguintes implicações:

- a) os colaboradores convidados pela Empresa terão seus trabalhos excluídos da edição;
- b) os colaboradores da Empresa poderão ter seus trabalhos excluídos ou substituídos, a critério do respectivo coordenador técnico.

O coordenador técnico deverá entregar ao Departamento de Publicações (DPPU) da EPAMIG os originais dos artigos em CD-ROM ou pela Internet, já revisados tecnicamente, 120 dias antes da data prevista para circular a revista. Não serão aceitos artigos entregues fora desse prazo ou após o início da revisão lingüística e normalização da revista.

O prazo para divulgação de errata expira seis meses após a data de publicação da edição.

ESTRUTURAÇÃO DOS ARTIGOS

Os artigos devem obedecer a seguinte seqüência:

- a) **título:** deve ser claro, conciso e indicar a idéia central, podendo ser acrescido de subtítulo. Devem-se evitar abreviaturas, parênteses e fórmulas que dificultem a sua compreensão;
- b) **nome do(s) autor(es):** deve constar por extenso, com numeração sobrescrita para indicar, no rodapé, sua formação e títulos acadêmicos, profissão, instituição a que pertence e endereço. Exemplo: Eng^a Agr^a, D.Sc., Pesq. U.R. EPAMIG SM, Caixa Postal 176, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: ctsm@epamig.br;
- c) **resumo:** deve constituir-se em um texto conciso (de 100 a 250 palavras), com dados relevantes sobre a metodologia, resultados principais e conclusões;
- d) **palavras-chave:** devem constar logo após o resumo. Não devem ser utilizadas palavras já contidas no título;
- e) **texto:** deve ser dividido basicamente em: Introdução, Desenvolvimento e Considerações finais. A Introdução deve ser breve e focar o objetivo do artigo;
- f) **agradecimento:** elemento opcional;
- g) **referências:** devem ser padronizadas de acordo com o “Manual para Publicação de Artigos, Resumos Expandidos e Circulares Técnicas” da EPAMIG, que apresenta adaptação das normas da ABNT.

Com relação às citações de autores e ilustrações dentro do texto, também deve ser consultado o Manual para Publicações da EPAMIG.

NOTA: Estas instruções, na íntegra, encontram-se no “Manual para Publicação de Artigos, Resumos Expandidos e Circulares Técnicas” da EPAMIG. Para consultá-lo, acessar: www.epamig.br, entrando em Publicações ou Biblioteca/Normalização.

A história e o sabor do café



O café é um dos produtos agrícolas de grande importância para o Brasil, com peso significativo na balança comercial de exportações. O Brasil é o maior produtor mundial de café e o segundo maior consumidor desse produto, depois dos Estados Unidos.

O livro **A Qualidade do Café e Opções para o Consumo**, em nova edição, traz informações sobre a história do café, benefícios para a saúde e diversas receitas para degustação deste produto.

Informações e vendas:
publicacao@epamig.br
(31) 3489-5002



PIVOT VALLEY.
TODA CONFIANÇA
DO MUNDO PARA

 VOCÊ.

VALLEY 
UM PRODUTO **valmont** 
IRRIGANDO **CONFIANÇA.**

Encontre um Pivot ideal pra **Você**

www.pivotvalley.com.br (34) 3318.9000