

ISSN 1516-5612

Junho, 2000

Circular Técnica

Número 38

# IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO EM CITROS



**Embrapa**

## IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO EM CITROS

*Eugênio Ferreira Coelho*  
*Aureo S. de Oliveira*  
*Antonia Fonseca de Jesus Magalhães*

**Apoio:**  
**Banco do**  
**Nordeste**



**Embrapa**

---

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*  
*Embrapa Mandioca e Fruticultura*  
*Ministério da Agricultura e do Abastecimento*

EMBRAPA, 2000

*Embrapa Mandioca e Fruticultura*. Circular Técnica, 38

Exemplares desta publicação podem ser solicitados a:

*Embrapa Mandioca e Fruticultura*

Rua Embrapa, s/nº - Caixa Postal 007

Telefone: (075) 721-2120 - Telex: (75) 2074

Fax: (075) 721-1118 -

CEP: 44.380-000 - CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - BRASIL.

Tiragem: 500 exemplares

Comitê de Publicações:

Domingo Haroldo R.C. Reinhardt - *Presidente*

Fernando Akira Urbano Matsuura - *Representante da CNA*

Ivani Costa Barbosa - *Secretária*

Mario Augusto Pinto da Cunha

Antonio Alberto Rocha Oliveira

Aldo Vilar Trindade

Alfredo Augusto Cunha Alves

Rômulo da Silva Carvalho

Ranulfo Corrêa Caldas

Setor de Informação - SIN

*Atividade de Editoração*

Marineusa Silva Gonçalves

COELHO, E.F.; OLIVEIRA A. S. de; MAGALHÃES, A.F. de J. Irrigação e fertirrigação em citros. Cruz das Almas, BA: *Embrapa Mandioca e Fruticultura*, 2000. 23p. (CNPMP. Circular Técnica, 38).

Termos para indexação: 1. Manejo de irrigação, 2. Nutrição mineral, 3. Fertirrigação, 4. Irrigation water management, 5. Mineral nutrition, 6. Fertigation. I. Título II. Série.

## SUMÁRIO

	Página
Resumo .....	5
Abstract .....	5
1. Métodos de Irrigação .....	6
2. Necessidades Hídricas .....	8
3. Evapotranspiração .....	9
4. Manejo da Irrigação .....	11
5. Fertirrigação .....	17
6. Referências .....	22

## IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO EM CITROS

Eugênio Ferreira Coelho<sup>1</sup>

Aureo S. de Oliveira<sup>2</sup>

Antonia Fonsêca de Jesus Magalhães<sup>1</sup>

**Resumo** - Na maior parte do território brasileiro, o volume anual de chuvas é insuficiente para atender as necessidades das plantas cítricas. A distribuição irregular das chuvas propicia a ocorrência de longos períodos de déficit hídrico no solo e conseqüente estresse hídrico às plantas, gerando grandes quebras de produção. Neste contexto, a irrigação deve constituir-se em ferramenta indispensável para o incremento da produção. A tecnologia de irrigação para produzir o efeito desejado quanto a produtividade e a qualidade dos frutos deve seguir alguns critérios técnicos que, muitas vezes são desconsiderados pelos citricultores. Um projeto de irrigação é elaborado considerando-se situações críticas, que não ocorrem no dia a dia do citricultor. A quantidade de água a ser aplicada às plantas não pode ser limitada a valores fixos, mas são dependentes de parâmetros da planta, do solo e do clima. Diferentes métodos e sistemas de irrigação, as necessidades hídricas e alguns métodos de manejo de irrigação são apresentados para a citricultura. Também são dadas orientações para fertirrigação da cultura, no que diz respeito a necessidade de nutrientes, época de aplicação e avaliação das concentrações do fertilizante.

**Termos para indexação:** Manejo de irrigação; Nutrição mineral; Fertirrigação.

## IRRIGATION AND FERTIGATION FOR CITRUS

**Abstract** - The amount of water applied to most of Brazilian lands during the year is not enough to fulfill citrus plant water need. The uncertainties of rain distribution cause long periods of water deficit in the soil and plants which results in failure in crop yields. In this context, irrigation must be an important tool to get increasing in yields, but it also must follow some technical criteria in order to obtain improvements in yields and fruit quality. Many times, these technical criteria are not considered by farmers. An irrigation project is designed based on critical situations, that are not usual in the farm. The amount of water to be applied to the trees can not be limited to fixed values, but it must be dependent upon soil, plant and meteorological conditions. In this work, several systems for irrigation, water requirement and different irrigation

---

<sup>1</sup> Pesquisador(a) da *Embrapa Mandioca e Fruticultura*, Caixa Postal 007, CEP: 44.380-000, Cruz das Almas(BA).

<sup>2</sup> Prof<sup>o</sup> Adjunto da *Escola de Agronomia da UFBA*, Cruz das Almas(BA).

management methods are presented for citrus. Also, some guidelines for fertigation are recommended, mainly, concerning to fertilizer needs, to fertigation schedule and to fertilizer concentration.

Index terms: Irrigation water management; Mineral nutrition; Fertigation.

Citros compreende um grupo de fruteiras dos mais importantes ao Brasil, não somente devido ao valor nutritivo dos frutos, mas como também devido ao papel social e econômico que desempenha como produto de exportação. A grande maioria dos pomares brasileiros, no entanto, apresenta baixas produtividades devido à combinação de diversos fatores. É relevante citar a implantação de pomares em solos com baixos teores em nutrientes, agravados por adubações insuficientes e em épocas inadequadas, bem como deficiência hídrica, decorrente de precipitações aquém do necessário e/ou distribuídas irregularmente durante o ano.

Na maior parte do território brasileiro, o volume anual de chuvas é insuficiente para atender as necessidades das plantas cítricas. A distribuição irregular das chuvas propicia a ocorrência de longos períodos de déficit hídrico no solo e conseqüente estresse hídrico às plantas, gerando grandes quebras de produção. Neste contexto, a irrigação deve constituir-se em ferramenta indispensável para o incremento da produção.

O uso da irrigação em pomares cítricos proporciona inúmeros benefícios. O aumento da produção de frutos nos pomares irrigados é da ordem de 35 a 75%, comparado aos pomares não-irrigados, gerando ganho econômico extra ao produtor. A irrigação assegura boa florada e pegamento, o que induz à produção de frutos de melhor qualidade.

## 1. Métodos de Irrigação

Todos os métodos de irrigação (superfície, aspersão e microirrigação) têm sido usados nas culturas cítricas. Na escolha do método é necessário levar em conta sua eficiência, o que pode representar economia de água e energia sem redução na produtividade da cultura.

A eficiência de irrigação de projeto é dada pelo produto da eficiência de aplicação e da eficiência de condução da água. A Tabela 1 compara valores de eficiência de aplicação de água de diferentes métodos.

Os métodos de irrigação por superfície, onde o terreno é o meio de distribuição da água, são muito usados para irrigação de citros em países como os Estados Unidos. No entanto, devido os métodos superficiais serem considerados

de baixa eficiência, eles vêm sendo gradualmente substituídos pelos métodos de irrigação pressurizada, como aspersão e microaspersão/gotejamento.

TABELA 1. Eficiência de aplicação de água para diferentes métodos e sistemas de irrigação (Allen, 1992).

Método/sistema	Eficiência de aplicação (%)
Superfície	
Sulcos com irrigação de pulso (surge flow)	60-90
Sulcos com manejo adequado de irrigação	50-70
Sulcos com manejo de irrigação deficiente	20-50
Faixas bem sistematizadas e manejo adequado	60-80
Faixas mal sistematizadas e manejo inadequado	30-50
Bacias em nível	85-90
Aspersão portátil	50-70
Aspersão fixa	60-75
Microaspersão e gotejamento	70-95

A irrigação por aspersão tem sido usada, tanto como aspersão sobrecopa, incluindo o sistema autopropelido, quanto subcopa. Este método proporciona 100% de molhamento da área cultivada, não impondo portanto nenhuma limitação ao pleno desenvolvimento das raízes. Nesse método não se deve esperar elevados coeficientes de uniformidade de distribuição de água e deve-se tomar cuidado no período de floração, quando o impacto do d'água dos aspersores pode provocar queda de flores. A água usada em aspersão sobrecopa deve ser de boa qualidade, pois, águas salinas, ainda que com concentrações reduzidas, causam prejuízo às folhas.

Os sistemas de irrigação localizada como gotejamento e microaspersão (Fig.1) são os que mais proliferam em todo o mundo. Entre as vantagens desse método inclui-se alta eficiência de aplicação, baixa pressão, facilidade de operação e bom controle sobre a umidade e aeração do solo.

Os sistemas de irrigação localizada, diferente dos sistemas de irrigação por aspersão e superfície, não molham toda a superfície do terreno; portanto, um mínimo de área molhada deve ser garantido, para evitar redução na produção de frutos. Esse mínimo é representado pela percentagem de área média molhada pelo emissor ( $P_m$ ) em relação à área total da planta. Para fins práticos, recomenda-se valores entre 33 e 67% para os citros. Em regiões de precipitação considerável (acima de 1200mm), valores de  $P_m$  inferiores a 33% são aceitáveis para solos de textura média a fina, ou seja, solos siltosos e argilosos. Por outro lado, a  $P_m$  deve ser mantida inferior a 67% de forma a evitar umedecimento desnecessário entre as linhas de plantio, facilitando portanto as práticas culturais.



Figura 1. Sistema de irrigação localizada em citros (microaspersão entre plantas ao longo da fileira e gotejamento).

Na decisão de que sistema de irrigação localizada a ser usado, o tipo de solo existente na propriedade é um dos primeiros pontos a ser considerado. Os solos com textura mais próxima do silte e argila, tendem a ser mais propícios ao gotejamento, que em solos arenosos não proporciona adequada área molhada. Para plantas cítricas, deve-se instalar 2 gotejadores por planta após o plantio e quando mais desenvolvidas (a partir de 12 meses) deve-se instalar pelo menos quatro gotejadores por planta dispostos ao redor do tronco com a linha lateral em anel ou em rabo de porco, sendo que em solos de textura média a arenosa deve-se instalar de cinco a seis gotejadores por planta.

A microaspersão se adapta melhor aos solos arenosos, que aparentemente assegura maior área molhada à planta. Os microaspersores podem ser dispostos próximos às plantas ou entre as plantas na fileira.

## 2. Necessidades Hídricas

O conhecimento das necessidades hídricas dos citros baseia-se na determinação da evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ). Evapotranspiração (ET) é a quantidade de água transferida para a atmosfera na forma de vapor através

da transpiração e evaporação, a partir de uma superfície vegetada. Como ET altera o volume de água armazenado no solo, a determinação de ET leva ao conhecimento da necessidade hídrica das plantas para uma dada condição edafo-climática e de manejo da cultura.

O consumo anual de água pelas plantas cítricas varia de 600 a 1200 mm. No Estado de São Paulo o consumo de água aproxima-se de  $3 \text{ mm.dia}^{-1}$  em irrigados e de  $1,5 \text{ mm.dia}^{-1}$  nos não irrigados. Os dados de diferentes regiões do mundo mostram que o consumo dos citros no período de inverno é de  $1,5 \text{ mm.dia}^{-1}$  e no período de verão é de  $3,2$  a  $4,7 \text{ mm.dia}^{-1}$ . A reduzida taxa evapotranspirométrica dos citros tem como um dos motivos a baixa condutância estomática das folhas.

Em termos de volume de água a ser aplicado por planta, produtividades de frutos consideradas ótimas, ou seja, em torno de  $50 \text{ t.ha}^{-1}$ , podem ser obtidas com irrigação da ordem de  $26 \text{ m}^3$  de água/árvore/ano. Na Flórida, o consumo anual de água da laranja Valência varia, conforme o ano, de 11.733 a 16.030  $\text{m}^3$ /árvore sendo o consumo médio de plantas adultas e sadias de 55 a 110 L/planta/dia no inverno e de 110 a 190 L/planta/dia na estação seca da primavera. Estes valores são da ordem de 220 a 260 L/planta/dia durante os meses quentes e secos do verão.

À semelhança do que ocorre com as culturas agrícolas em geral, as necessidades de água dos citros varia conforme o estágio fenológico das plantas. Na brotação, emissão de botões florais, frutificação e início de desenvolvimento dos frutos há maior demanda de água e as plantas são muito sensíveis ao déficit hídrico nesse período, sendo que o aumento no tamanho dos frutos está altamente relacionado com a absorção de água. Na fase de maturação, colheita e semi-dormência a demanda hídrica é menor. O período mais crítico vai da brotação até o fruto atingir 2,5 cm de diâmetro. No período de estabelecimento da cultura, em condições de clima árido e semi-árido recomenda-se aplicar 10, 15, 25, 45 e 65 L/planta/dia durante o verão do primeiro ao quinto ano, respectivamente. Do sexto ano em diante sugere-se aplicar 100 L/planta/dia.

O excesso de água no solo, caracterizando o encharcamento do mesmo, causa redução no crescimento e desenvolvimento das raízes após 4 dias do início do encharcamento na cultura da laranja; enquanto para o limão, a taxa de crescimento se reduziu após 8 dias do início do encharcamento.

### 3. Evapotranspiração

A ET é um processo de transformação de radiação solar líquida em calor sensível e latente do ar e aquecimento do solo. A sua determinação por

métodos diretos é limitada à pesquisa pelo custo dos equipamentos que envolve. Para contornar essa limitação, utiliza-se um procedimento indireto em duas etapas para estimativa da  $ET_c$ , a partir de um fator de conversão denominado coeficiente de cultivo  $K_c$  e da evapotranspiração da cultura de referência  $ET_o$ . A cultura de referência adotada no Brasil é a grama batatais (*Paspalum notatum*, L.). A  $ET_o$  pode ser medida, usando-se lisímetros por exemplo, ou estimada por meio de vários modelos matemáticos atualmente disponíveis. Entre esses, ela pode ser estimada pela seguinte expressão:

$$ET_c = K_c * ET_o \quad (1)$$

onde  $ET_c$  e  $ET_o$  são dados em mm/dia e  $K_c$  é adimensional. O  $K_c$  é determinado experimentalmente sendo função da: cultura, do seu estágio de desenvolvimento, do teor de água no solo e das condições climáticas locais.

A  $ET_o$  pode ser estimada a partir do tanque classe A. A partir da lâmina d'água evaporada no tanque usa-se um fator de conversão denominado coeficiente do tanque  $K_p$ . Como mostra a Tabela 2,  $K_p$  varia de acordo com a

TABELA 2. Valores do coeficiente  $K_p$  em função dos dados meteorológicos da região e do meio em que o Tanque Classe A está instalado, segundo Doorenbos e Pruitt (1977).

Vento (km/dia)	Distancia Vegetação- Tanque (m)	Exposição A Tanque circundado por grama UR média (%)			Posição do Tanque R (m)	Exposição B Tanque circundado por solo nu UR média (%)		
		Baixa < 40	Média 40-70	Alta > 70		Baixa < 40	Média 40-70	Alta > 70
Leve < 175	1	0,55	0,65	0,75	1	0,70	0,80	0,85
	10	0,65	0,75	0,85	10	0,60	0,70	0,80
	100	0,70	0,80	0,85	100	0,55	0,65	0,75
	1000	0,75	0,85	0,85	1000	0,50	0,60	0,70
Moderado 175-425	1	0,50	0,60	0,65	1	0,65	0,75	0,80
	10	0,60	0,70	0,75	10	0,55	0,65	0,70
	100	0,65	0,75	0,80	100	0,50	0,60	0,65
	1000	0,70	0,80	0,80	1000	0,45	0,55	0,60
Forte 425-700	1	0,45	0,50	0,60	1	0,60	0,65	0,70
	10	0,55	0,60	0,65	10	0,50	0,55	0,65
	100	0,60	0,65	0,70	100	0,45	0,50	0,60
	1000	0,65	0,70	0,75	1000	0,40	0,45	0,55
Muito forte > 700	1	0,40	0,45	0,50	1	0,50	0,60	0,65
	10	0,45	0,55	0,60	10	0,45	0,50	0,55
	100	0,50	0,60	0,65	100	0,40	0,45	0,50
	1000	0,55	0,60	0,65	1000	0,35	0,40	0,45

velocidade do vento, exposição do tanque, bordadura e umidade relativa média do ar. Assim aplica-se a equação:

$$ET_o = K_p * ECA \quad (2)$$

onde  $K_p$  = coeficiente do Tanque Classe A (adimensional) e ECA = lâmina d'água evaporado no tanque ( $\text{mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ ).

O  $K_c$  para citros, assim como para as culturas agrícolas em geral, é regional devendo ser obtido mediante pesquisas para diferentes sistemas de irrigação, condições edafoclimáticas e combinações copa/cavalo. Na falta de dados mais precisos recomenda-se os valores de  $K_c$  da Tabela 3, para os cálculos da ETc.

TABELA 3. Valores do coeficiente de cultura ( $K_c$ ) para pomares cítricos. Adaptado de Castel (1996) e Doorenbos & Pruitt (1977). Os dados da FAO referem-se a áreas de poucas chuvas, ventos moderados e grama como cultura de referência.

Fonte	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Castel (A)	0,66	0,65	0,66	0,62	0,55	0,62	0,68	0,79	0,74	0,84	0,73	0,60
FAO (A1)	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,65	0,65	0,65	0,65	0,70	0,70	0,70
FAO (A2)	0,90	0,90	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Castel (B)	0,55	0,71	0,54	0,52	0,44	0,53	0,63	0,69	0,68	0,66	0,72	0,79
FAO (B1)	0,65	0,65	0,60	0,60	0,60	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,60	0,60
FAO (B2)	0,90	0,90	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
FAO (C1)	0,55	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,50
FAO (C2)	1,00	1,00	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95

A = Plantas adultas cobrindo mais de 70% do terreno.

B = Plantas jovens cobrindo 50% do terreno.

C = Plantas jovens cobrindo 20% do terreno.

1- Plantas em terreno limpo, 2 - Plantas em terreno com mato.

#### 4. Manejo da Irrigação

O manejo da irrigação envolve a tomada de decisão sobre quando irrigar e quanta água aplicar. Para auxiliar o produtor a tomar a decisão mais apropriada,

diferentes métodos foram desenvolvidos. Pode-se portanto, programar a irrigação de uma área cultivada usando-se um método ou uma combinação de dois ou mais métodos. Entre os métodos de manejo da irrigação disponíveis, os mais usados na prática baseiam-se em: (1) turno de rega calculado; (2) medidas do teor ou estado energético da água no solo; (3) balanço hídrico diário na zona radicular e (4) instrumentos de evaporação.

#### 4.1. *Turno de rega calculado*

O turno de rega ou freqüência de irrigação TR (dias) é dado pela razão entre a lâmina de irrigação real necessária e a ET<sub>c</sub>, como se segue:

$$TR = \frac{LRN}{ET_c} \quad (3)$$

onde LRN = lâmina real necessária ou lâmina líquida (mm) a ser repostada a cada irrigação.

O seu valor pode ser dado por:

$$LRN = (\theta_{CC} - \theta_{PM}) * z * f \quad (4)$$

onde  $q_{CC}$  e  $q_{PM}$  corresponde ao teor de umidade do solo ( $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ ) na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente, respectivamente;  $z$  = profundidade efetiva do sistema radicular (mm) e  $f$  = variação máxima permissível da disponibilidade de água no solo (decimal) sem causar redução na produtividade da cultura. A diferença ( $q_{CC} - q_{PM}$ ) na equação 4, é conhecida como disponibilidade total de água no solo, ou seja, água entre a capacidade de campo (limite superior de disponibilidade) e o ponto de murcha permanente (limite inferior de disponibilidade).

Para uso na equação 4, recomenda-se valores de  $f$  de 0,30 a 0,35 durante o período crítico entre a brotação e até que o fruto atinja 2,5 cm de diâmetro. No restante do ano esse valor pode subir para 0,50 a 0,60, permitindo maior TR ou menor freqüência na aplicação de água. O valor máximo de  $f$  deve ser em torno de 0,50 e valor máximo de  $z$  deve variar de 1,2 a 1,5 m. Para fins de manejo, a escolha do valor apropriado de  $z$  deve ser cuidadosa, tendo em vista a proporcionalidade entre LRN e  $z$ .

#### 4.2. *Medidas da água no solo*

Nesse caso, o momento da irrigação é determinado pelo estado atual da água do solo, por meio de sensores, quer para determinação do conteúdo de umidade quer para determinação do potencial de água do solo.

#### 4.2.1. Medida do conteúdo de umidade do solo

O conteúdo de umidade do solo, para definição do momento de irrigar, pode ser obtido por métodos diretos e indiretos. O método gravimétrico, o TDR (Reflectometria no Domínio do Tempo) e a sonda de nêutrons permitem a obtenção direta do teor de água no solo. Por outro lado, os blocos de resistência elétrica e o tensiômetro permitem a obtenção indireta da umidade do solo. No caso do tensiômetro precisa-se da curva de retenção da água do solo. Portanto, conhecendo-se a umidade atual do solo ( $q_a$ ) por meio de qualquer um dos métodos acima, e comparando-a com a umidade do solo crítica  $q_c$  para a cultura, decide-se irrigar quando  $q_a \leq q_c$ . Conhecendo-se  $q_a$  então LRN pode ser dada pela equação 5.

$$LRN = (\theta_{cc} - \theta_a) * z \quad (5)$$

onde  $q_{cc}$  e  $q_a$  estão em  $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$  e  $z$  (mm) como definido na equação 4. Segundo a equação 5, a máxima LRN admissível antes de se irrigar ocorre quando  $q_a = q_c$ , mas teoricamente nada impede que o citricultor irrigue o pomar para valores de  $q_a < q_c$ .

#### 4.2.2. Medida do potencial matricial da água do solo

Informação sobre o estado energético da água no solo pode auxiliar o citricultor a decidir quando irrigar. Dos componentes do estado energético, o potencial matricial é o mais importante em manejo da irrigação. Nesse caso, utiliza-se o tensiômetro de mercúrio ou o tensiômetro do tipo vacuômetro. O tensiômetro indica o potencial matricial da água no solo ( $y_m$ ) em função seu conteúdo de umidade a uma dada profundidade. Portanto, se existe para os citros uma umidade crítica de irrigação ( $q_c$ ) existe também um potencial matricial crítico ( $y_{mc}$ ) correspondente. Conhece-se  $q_c$  a partir de  $y_{mc}$  com o uso da curva de retenção de água no solo. O  $y_m$  é expresso em termos de uma altura de coluna de mercúrio (cmHg) ou outra unidade de pressão como atm e kPa.

Neste momento cabe então a pergunta: Quando o tensiômetro indica o momento de irrigar? Para isto é preciso conhecer o  $y_m$  crítico da cultura. Pode-se adotar um valor comum para os citros em geral ou se houver, usa-se o valor particular para cada cultura, ou seja, laranja, limão, tangerina, etc. Os potenciais matriciais mantidos entre -15 e -30 kPa a 30 cm de profundidade proporcionam crescimento adequando à cultura, sendo que valores de -30 a -45 kPa têm sido tomados como limite para a manutenção de teores adequados de água à cultura, além dos quais deve-se irrigar. O crescimento das raízes é reduzido para potenciais matriciais no solo inferiores a -600 kPa.

Uma vez conhecido o  $y_{mc}$  da cultura em questão, procede-se a irrigação

toda vez que a altura  $H$  da coluna de mercúrio, no caso do tensiômetro de mercúrio, for igual a um valor previamente calculado  $H_c$ . A expressão que fornece o valor de  $H_c$  é:

$$H_c = \frac{10,33 \cdot \psi_{mc} + h_1 + h_2}{12,6} \quad (6)$$

onde  $H_c$  é expresso em cm,  $h_1$  = altura do nível de mercúrio na cuba em relação à superfície do solo (cm) e  $h_2$  = profundidade de instalação do tensiômetro no solo (cm). Na equação 6,  $\psi_{mc}$  deve ser um valor positivo e expresso em kPa. Assim, à medida que  $H$  se aproxima de  $H_c$ , devido ao secamento do solo, aproxima-se o momento de irrigar.

Um ponto importante a ser observado é quanto à localização dos sensores no perfil do solo. Como regra geral, deve-se instalar os sensores no centro de atividade do sistema radicular, ou numa região do sistema radicular representativa do cenário geral de extração de água, à profundidades entre 25-30 cm; 50-60 cm e 80-90 cm. No caso de plantas cítricas, 80% da extração de água ocorre entre 0 e 60 cm de profundidade no perfil do solo.

Em se usando tensiômetros, recomenda-se instalar de três a quatro baterias por hectare, sendo cada bateria composta por dois tensiômetros instalados nas profundidades de 30 e 60 cm, mas o número de baterias depende da variabilidade espacial do solo, sendo necessário pelo menos uma bateria para cada mancha de solo da área. A média das alturas das colunas de mercúrio nos tensiômetros a 30 cm ( $H_{30}$ ) e a 60 cm ( $H_{60}$ ) deve ser no máximo igual a  $H_c$  para se proceder a irrigação. Neste caso, na equação 5, substitui-se  $q_a$  por  $q_c$  e faz-se  $z = 600$  mm para se determinar LRN.

#### 4.3. Balanço de água na zona radicular

Para fins de manejo da irrigação de um pomar de plantas cítricas, o balanço hídrico no solo pode ser escrito como se segue:

$$D_i = D_{i-1} + ET_c + D_r - I - P_e \quad (7)$$

onde  $D_i$  = déficit atual de água no perfil do solo na profundidade  $z$  até o dia  $i$  (mm),  $D_{i-1}$  = déficit de água no perfil do solo até o dia anterior ( $i-1$ ),  $ET_c$  = evapotranspiração da cultura (mm),  $D_r$  = drenagem (mm) além da profundidade  $z$ ,  $I$  = lâmina líquida de irrigação e  $P_e$  = precipitação efetiva (mm), ou seja a fração da precipitação total  $P$  que contribui para atender as necessidades hídricas das plantas.

O objetivo do balanço é acompanhar diariamente a variação do conteúdo de

umidade do solo, partindo por exemplo do solo na capacidade de campo. Portanto,  $D_i$  é a lâmina acumulada até o dia  $i$ , pois soma-se à lâmina acumulada até o dia anterior o que se extraiu ( $ET_c$  e  $D_r$ ) e o que se acrescentou ao perfil do solo ( $I$  e  $Pe$ ). Como o balanço é diário, todos os componentes da equação devem também ser diários, ou seja, o citricultor deve ter à mão os valores diários de  $ET_c$ ,  $D_r$ ,  $I$ , e  $Pe$ .

Assim, com base na equação 7, decide-se irrigar de acordo com as seguintes condições:

- (1) Se  $D_i \geq LRN$  então irrigar
- (2) Se  $D_i < LRN$  então não-irrigar

onde  $LRN$  é dado pela equação 4 ou 5 e representa o déficit total permissível na zona radicular. Se a irrigação não ocorre no momento certo,  $D_i$  vai se tornando maior que  $LRN$  e as plantas passarão a sofrer deficiência hídrica com todas as consequência ao crescimento, desenvolvimento e produção de frutos.

Na equação 7,  $I$  representa genericamente qualquer lâmina de irrigação que poderá ser aplicada antes que  $D_i$  se torne igual ou maior que  $LRN$  (condição 1 acima). Neste caso  $I = D_i$  acumulado até àquele dia. A lâmina genérica  $I$  e a lâmina limite  $LRN$  visam trazer umidade do solo à capacidade de campo. Na equação 7,  $ET_c$  e  $D_r$  têm sinais positivos pois estes componentes do balanço hídrico contribuem para o déficit de água no solo. Os componentes  $I$  e  $Pe$  acrescentam água e portanto são negativos, pois reduzem o déficit.

Para fins práticos, no entanto, considera-se desprezível a drenagem da água após uma irrigação, pois entende-se que a lâmina de irrigação é suficiente unicamente para elevar a umidade do solo à capacidade de campo. Após uma chuva ( $P$ ), num dia  $i$  qualquer, usa-se o seguinte critério:

- (3) Se  $P > D_i$  então  $Pe = D_i$  e  $Dr = P - D_i$
- (4) Se  $P \leq D_i$  então  $Pe = P$  e  $Dr = 0$

Na equação 7 do balanço hídrico não aparecem a contribuição da ascensão capilar e do escoamento superficial. Esses dois componentes podem ser desprezados na prática. Para áreas relativamente planas e chuvas de média a baixa intensidade o escoamento superficial pode ser considerado desprezível.

O método do balanço hídrico pode ser empregado independentemente do método de irrigação usado para irrigar o pomar. No caso da microirrigação, Keller & Bliesner (1990) sugeriram um fator de correção envolvendo os componentes  $ET_c$  e  $Pe$  da equação 7, da seguinte forma:

$$U = 0,1 * (P_s)^{0,5} * (ET_c - Pe) \quad (8)$$

onde  $P_s$  = percentagem de área sombreada, tomada como sendo a razão entre a projeção da copa da árvore no chão ao meio-dia e a área ocupada pela planta.

#### 4.4. Instrumentos de evaporação

Dentre os instrumentos de evaporação usado em manejo da irrigação destaca-se o tanque Classe A. O tanque é prático e de fácil aplicação, podendo portanto ser usado para definir a quantidade de irrigação, quando o uso de outros métodos de manejo não for possível.

O uso do tanque Classe A para manejo da irrigação, além de servir na determinação da  $E_{To}$ , pode ser, também usado para uma relação direta entre  $E_{CA}$  e  $E_{Tc}$  por meio de um fator de conversão, como se segue:

$$E_{Tc} = k * E_{CA} \quad (9)$$

onde todos os componentes foram definidos anteriormente. A equação 9 representa uma outra maneira de se usar o tanque Classe A para fins de manejo da irrigação. A princípio, sugere-se um valor de  $k$  de 0,6, que poderá ser ajustado pelo usuário, dependendo da região.

Nos métodos de manejo acima considerado, a LRN não inclui as perdas inevitáveis de água inerentes a todo sistema de irrigação. Determina-se então a lâmina total necessária, como se segue:

$$LTN = \frac{LRN}{E_a} \quad (10)$$

onde  $LTN$  = lâmina total necessária ou lâmina bruta de irrigação a ser aplicada (mm) e  $E_a$  é a eficiência de aplicação (decimal) do sistema de irrigação usado para irrigar o pomar.

Em caso de microirrigação (gotejamento e microaspersão) pode-se substituir  $E_a$  pela uniformidade de emissão de água  $UE$  na equação 10. Em caso de risco de salinidade, a  $LTN$  também deve incluir uma fração extra de água para controle da salinidade.

Em microirrigação, a necessidade de lixiviação  $NL$  pode ser dada por (Keller e Bliesner, 1990):

$$NL = \frac{CE_i}{2(maxCE_e)} \quad (11)$$

onde NL (decimal), CE<sub>i</sub> = condutividade elétrica da água de irrigação (dS/m) e maxCE<sub>e</sub> = condutividade elétrica máxima (dS/m) do extrato de saturação do solo que reduziria a zero a produtividade da cultura. Para os citros esse valor é 8 dS/m. Assim, dependendo do valor de NL deve-se acrescentar ao denominador da equação 10 a diferença (1 - NL) que adiciona lâmina d'água extra para controle da salinidade, isto é:

$$LTN = \frac{LRN}{Ea(1 - NL)} \quad (12)$$

Portanto, se NL ≤ 0,10 então LTN não é corrigido, mas se NL > 0,10 então LTN é corrigido. Na equação 11, CE<sub>i</sub> pode ser obtido em laboratório ou no campo usando-se um condutivímetro.

## 5. Fertirrigação

A fertirrigação objetiva o uso racional dos fertilizantes na agricultura irrigada. Entre as vantagens da fertirrigação pode-se destacar (Frizzone et al., 1985): a) minimiza o trabalho de aplicação do fertilizante; b) economia e comodidade de aplicação; c) distribuição e localização do fertilizante mais próximo da planta; d) ajuste às diferentes etapas de desenvolvimento das plantas; e) eficiência de uso e economia de fertilizantes; e) controle da profundidade de aplicação; f) melhor controle sob a quantidade aplicada; g) favorece aplicação de micronutrientes; e h) preservação da qualidade das águas subterrâneas. Entre as limitações destacam-se: a) envenenamento e contaminação de água potável; b) não aplicável a todo tipo de fertilizante; c) possibilidade de entupimento dos emissores de água; d) corrosão; e) necessidade de mão-de-obra qualificada; f) incompatibilidade entre diferentes formas de fertilizantes.

### 5.1. Fertilizantes para fertirrigação em citros

#### 5.1.1. Nitrogênio

O nitrogênio N é um importante componente dos aminoácidos. Dos fertilizantes nitrogenados, os de uso mais comuns são o sulfato de amônio, o nitrato de amônio e a uréia. O sulfato de amônio tem o maior índice de acidez, o que implica em maior poder de acidificação do solo, seguido pelo nitrato de amônio e uréia, que é de reação neutra ou ligeiramente ácida. A uréia é o fertilizante nitrogenado que produz menor incremento de salinidade na água de irrigação, podendo, portanto ser utilizada em concentrações superiores a outros fertilizantes nitrogenados. Os nitratos, devido à sua alta solubilidade em água, constituem a forma de adubo nitrogenado de maior mobilidade no solo. Os nitrogenados à base de amônio são os de menor

mobilidade por serem retidos pelas argilas e matéria orgânica do solo. Devido à presença de bactérias no solo, ocorre a oxidação dos íons de amônio a nitrato pelo processo da nitrificação, que é favorecida em ambientes de valores mais altos de pH e não saturados. A uréia não é fortemente retida pelas argilas e matéria orgânica do solo e, por apresentar alta solubilidade, sua mobilidade é maior que os fertilizantes amoniacais.

As plantas cítricas, como as demais culturas, possuem requerimentos nutricionais diferenciados com o tempo, isto é, há uma variação na intensidade de absorção de nutrientes ao longo do ano. No estágio fenológico de floração, a demanda por N começa a acentuar-se, maximizando no início da frutificação, após a queda das pétalas, e reduzindo-se a partir de então. Em condições de florescimento natural, o que ocorre em setembro, com colheita de frutos em março, sugere-se, a princípio, o seguinte parcelamento do N anual: 10% de setembro a outubro, 60% de novembro a janeiro, 20% de fevereiro a março e 10% de abril a maio.

As pesquisas têm permitido concluir que ótimas produtividades são obtidas usando-se 200 kg de N/ha/ano e que a necessidade individual de N do solo pelas plantas adultas está entre 600 e 800 g/planta/ano (Castel, 1987). Nas condições edafoclimáticas do Nordeste, com maior abrangência para Tabuleiros Costeiros de nosso país as doses anuais de N podem ser distribuídas conforme a Tabela 4.

TABELA 4. Doses anuais de N ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) para citros segundo a idade das plantas.

Espaçamento (m x m)	Período						
	Plantio	1º ano	2º ano	3º ano	4º ano	5º ano	≥6º ano
8 x 5 ou 7 x 6	20	30	40	50	60	80	100
7 x 4 ou 6 x 5	30	40	60	80	100	120	150
6 x 4	40	60	80	100	120	160	200

Fonte: Magalhães (1997)

### 5.1.2. Potássio

O potássio K é um elemento importante na determinação das qualidades físicas e químicas dos frutos cítricos, sendo de razoável solubilidade. Os riscos de entupimento nos sistemas pressurizados são maiores quando se aplica o sulfato de potássio com água rica em bicarbonatos de Ca e Mg, resultando na formação do sulfato de cálcio (gesso). O cloreto de potássio, apesar da solubilidade, pode apresentar problemas pela toxidez do íon cloreto, principalmente em solos salinos ou irrigados com água salina.

As doses anuais de potássio ou  $K_2O$  para citros determinadas para uso via solo são apresentadas na Tabela 5 para as condições edafoclimáticas do Nordeste, com maior abrangência para Tabuleiros Costeiros. Tais valores podem inicialmente serem usados via água até que resultados de pesquisas próprios para a condição de fertirrigação sejam apresentados.

TABELA 5. Doses anuais de  $K_2O$  ( $kg \cdot ha^{-1}$ ) para citros segundo a idade das plantas.

Espaçamento (m x m)	Plantio	1º ano	2º ano	3º ano	4º ano		5º ano			≥6º ano			
	Nível de $K_2O$ ( $mg \cdot dm^{-3}$ )												
	<20	<20	<20	<20	<20	21-40	41-60	<20	21-40	41-60	<20	21-40	41-60
8x5 ou 7x6	20	30	40	50	60	40	30	70	50	30	80	60	40
7x4 ou 6x5	30	45	60	70	80	60	45	100	75	45	120	90	60
6x4	40	60	80	100	120	80	60	140	100	60	160	120	80

Fonte: Magalhães (1997)

### 5.1.3. Fósforo

O uso do fósforo P via água de irrigação tem sido feito principalmente por meio de fertilizantes fosfatados (fosfato monoamônico, 48%  $P_2O_5$  e diamônico, 45%  $P_2O_5$ ) e em menor escala com uso do ácido fosfórico. Ao se usar fosfatados deve-se cuidar para evitar a formação de precipitados nos sistemas de irrigação, principalmente para águas com elevados teores de Ca e Mg e pH alcalino. Os problemas de precipitação com os fertilizantes fosfatados podem ser evitados procurando-se reduzir o pH para valores entre 6 e 6,5. Isto pode ser feito mediante a adição de ácido nítrico, fosfórico ou sulfúrico durante a fertirrigação.

A maior fixação do P no solo e o maior tempo requerido para sua liberação na solução do solo limitam a sua aplicação via fertirrigação em relação ao N e ao K. Sua demanda pela planta segue a mesma tendência apresentada para o N e para o K. Uma única aplicação no início da floração pode ser suficiente, não havendo necessidade de outras aplicações durante o ciclo anual. A Tabela 6A e 6B sugere as dosagens anuais de P para os citros para as condições edafoclimáticas do Nordeste, com maior abrangência para Tabuleiros Costeiros.

### 5.2. Solução injetora

O pH da solução deve ser mantido entre 5 e 6,5, sendo que acima de 7,5 pode ocorrer precipitação de carbonatos de Ca e Mg causando entupimento nas linhas. A condutividade elétrica CE da solução deve ser mantida entre

TABELA 6A - Doses anuais de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg.ha<sup>-1</sup>) segundo a idade das plantas.

Espaçamento (m x m)	Plantio			1º ano			2º ano			3º ano		
	P do solo (mg.dm <sup>-3</sup> )											
	<6	7-12	13-20	<6	7-12	13-20	<6	7-12	13-20	<6	7-12	13-20
8 x 5 ou 7 x 6	15	10	5	20	10	10	25	15	10	25	15	10
7 x 4 ou 6 x 5	25	15	10	30	15	15	40	20	15	40	25	15
6 x 4	30	20	10	40	20	20	50	30	20	50	30	20

TABELA 6B - Doses anuais de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg.ha<sup>-1</sup>) segundo a idade das plantas.

Espaçamento (m x m)	Plantio			4º ano			5º ano			6º ano		
	P do solo (mg.dm <sup>-3</sup> )											
	<6	7-12	13-20	<6	7-12	13-20	<6	7-12	13-20	<6	7-12	13-20
8 x 5 ou 7 x 6	15	10	5	30	30	10	30	20	15	40	30	20
7 x 4 ou 6 x 5	25	15	10	45	30	15	45	30	20	60	45	30
6 x 4	30	20	10	60	40	20	60	40	30	80	60	40

Fonte: Magalhães (1997)

1,44 e 2,88 dS/m para evitar risco de salinização. Se a CE da água for superior a 1 dS/m, deve-se trocar o cloreto de potássio, se o mesmo estiver sendo usado, pelo nitrato de potássio ou bissulfato de potássio. Deve-se, também, nesses casos, usar uréia ou nitrato de amônia, não se aconselhando o uso do sulfato de amônia.

Não há uma recomendação padrão para a concentração dos nutrientes na solução nutritiva. A concentração de fertilizantes na água de irrigação não deve ser superior a 700 mg.L<sup>-1</sup>, devendo ficar entre 200 e 400 mg.L<sup>-1</sup>, principalmente para os sistemas de gotejamento, que são os mais sujeitos a entupimentos dos emissores.

No caso do uso de injetores de fertilizantes com concentração variável da solução durante a injeção (tanque com fluxo de circulação), o volume de água que passa no tanque durante a fertirrigação deve ser quatro vezes o volume do tanque, resultando numa concentração final no tanque de 2g.kg<sup>-1</sup>.

$$C_t = C_o * e^{-x} \quad (13)$$

onde C<sub>t</sub> = concentração da solução após o tempo t; C<sub>o</sub> = concentração inicial da solução; x = razão entre o volume de água que passou pelo tanque durante o tempo t e o volume tanque; e = base do logaritmo Neperiano.

No caso do uso de injetores onde a concentração da solução se mantém constante durante a injeção, sugere-se determinar a concentração da água de irrigação aplicada no solo (CI) é dada pela seguinte equação:

$$CI = \frac{FA * NF}{Q_s * T_f} \quad (14)$$

onde FA = quantidade de fertilizante a ser aplicado (kg); NF = teor do nutriente no fertilizante (decimal);  $T_f$  = tempo de fertirrigação adotado (horas) e  $Q_s$  = vazão da linha de irrigação (L/h).

A concentração da solução a ser injetada CS pode ser obtida pela equação:

$$CS = \frac{CI}{ri} \quad (15)$$

onde ri = razão (decimal) entre a concentração do nutriente na água de irrigação e a concentração da solução injetora. A razão de concentração ri pode inicialmente ser tomada entre 0,01 a 0,02, podendo estar fora dessa faixa dependendo do recipiente da solução, da vazão da bomba injetora, e de parâmetros de manejo da fertirrigação, tais como sua frequência.

De posse da concentração da solução a ser injetada, obtém-se o volume de água necessário para diluir o fertilizantes, de acordo com a seguinte equação:

$$V = \frac{FA}{CFSI} \quad (16)$$

onde V = volume de água necessário (L) e CFSI = concentração do fertilizante na solução a ser injetada ( $\text{kg.L}^{-1}$ ), ou  $CFSI = CS/NF$ . O volume final a ser injetado será igual ao volume de água somado ao volume do fertilizante  $V_f$ .

A aplicação da solução nutritiva na linha de irrigação pode ser iniciada tão logo todo o sistema esteja em pleno funcionamento, com todas as linhas cheias de água. Recomenda-se pelo menos 15 min como tempo para se iniciar a fertirrigação, atendo-se ao fato de que é necessário pelo menos o mesmo tempo para que todo o fertilizante seja expulso da tubulação. A taxa de injeção do fertilizante é dada pela equação:

$$T_i = \frac{FA}{C_s * T_f} \quad (17)$$

onde  $T_i$  = taxa de injeção do fertilizante ( $\text{L.min}^{-1}$ ); FA = quantidade do fertilizante a ser aplicado na área (kg);  $C_s$  = concentração do fertilizante na solução injetora ( $\text{kg.L}^{-1}$ );  $T_f$  = tempo de fertirrigação (min). De posse da taxa de injeção do fertilizante, ajusta-se a vazão do dispositivo de injeção e procede-se a fertirrigação.

## 6. Referências

- ALLEN, R.G. Irrigation engineering: Course lecture Notes Department of Agricultural Engineering, Utah State University, Logan, Utah.p.297. 1992.
- BARREDA, F. GÓMEZ DE; LEGAZ, F.; PRIMO, E.; LORENZO, E.; IBAÑEZ, R.; TORRES, V. Irrigation of young W.navel cv. Frost Trees. Proceedings of International Society of Citriculture. São Paulo.v.1, p.121-124. 1984.
- BOMAN, B. Citrus: understanding its irrigation requeriments. Irrigation Journal, v.16, n.2, p.8-11, 1996.
- BOMAN, R.J. Evapotranspiration by young Florida Flatwoods citrus trees. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. v.120, n. 1, p. 80-88. 1994.
- CASSELL, D.K; KLUTE. A. Water potential: tensiometry. In Methods of Soil Analysis. Ed. KLUTE, A. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy. p. 563-596. 1986.
- CASTEL, J.R. Evapotranspiration of drip irrigated Clementine citrus tree in a weighing lysimeter. In : CHARTOZULAKIS, K.S. Proceedings of the Second International Symposium on Irrigation and Horticultural Crops, v. 1, p.91-98. 1996
- CASTEL, J.R. Programacion del riego localizado y fertirrigacionn en citricos y frutales de hueso. Levante Agricola, n.273, p.19-27. 1987.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. Crop water requirements. Rome, Italy: FAO Irrigation and Drainage. S.p. (FAO paper 24). 1977.
- ERIE, E. J.; FRENCH, O. F., HARRIS, K. Consumptive use of water by major crops in the Southwestern United States. United States Department of Agriculture, Conservation Research Report No. 29, 42 p., 1982.
- FRIZZONE, J. A., ZANINI, J. R., PAES, L. A. D.; NASCIMENTO, V. M. Fertirrigação mineral. 1985. 31 p. Ilha Solteira :UNESP, (Boletim Técnico 2).
- KELLER, J.; BLIESNER, R. D. Sprinkle and trickle irrigation. New York: Van Nostrand Reinholds, 1990, 650 p.

- MAGALHÃES, A.F. de J. Citros - Nutrição e adubação. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA-CNPMPF, 1997. 37p. (EMBRAPA-CNPMPF, Circular Técnica, 28)
- PLESSIS, S.F. Comparison of evaporation pan and tensiometers as methods of irrigation scheduling of citrus. Citrus Journal. v. 4, no 4, p.24-25. 1994.
- PIZARRO, F. Riego localizado de alta frequência. Madrid: Mundi-Prensa, 1987. 461p.
- ROLSTON, D.E.; MILLER, R.J.; SCHULBACH, H. Management principles: fertilization. In: Nakayama, F.S.; Bucks, D.A. Trickle irrigation for crop production: design, operation and management. Amsterdam: Elsevier, 1986, p.137-344. (Development in Agriculture engineering, 9).
- SHANI, M. La fertilization combinada com el riego. Israel: Ministério da Agricultura, 1981.
- SYVERTSEN, J.P.; LLOYD, J.J. Citrus In: SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P. (Eds.) Handbook of environmental physiology of fruit crops. Library of Congress, United States of America. p. 65-100. 1994.
- VIEIRA, D.G. Irrigação de citros. In: Rodriguez, O.; Viegas, F.; Pompeu Júnior., J.; Amaro, A.A. Citricultura Brasileira, 2 ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991. p. 519-541.



---

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*  
*Embrapa Mandioca e Fruticultura*  
*Ministério da Agricultura e do Abastecimento*  
Rua Embrapa, s/n - CP. 007 - Cruz das Almas, BA  
PABX (75) 721-2120 - Fax: (75) 721-1118  
<http://www.cnpmf.embrapa.br>

