

## Irrigação e Fertirrigação do Maracujazeiro





REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

*Fernando Henrique Cardoso*

Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

*Marcus Vinícius Pratini de Moraes*

Ministro

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**

**Conselho de Administração**

*Márcio Fortes de Almeida*

Presidente

*Alberto Duque Portugal*

Vice-Presidente

*Dietrich Gerhard Quast*

*José Honório Accarini*

*Sérgio Fausto*

*Urbano Campos Ribeiral*

Membros

**Diretoria Executiva da Embrapa**

*Alberto Duque Portugal*

Diretor-Presidente

*Dante Daniel Giacomelli Scolari*

*Elsa Ângela Battaglia Brito da Cunha*

*José Roberto Rodrigues Peres*

Diretores

**Embrapa Meio-Norte**

*Maria Pinheiro Fernandes Corrêa*

Chefe-Geral

*Hoston Tomás Santos do Nascimento*

Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

*Eugênio Celso Emérito Araújo*

Chefe-Adjunto de Comunicação e Negócios

*João Erivaldo Saraiva Serpa*

Chefe-Adjunto Administrativo

# Irrigação e Fertirrigação do Maracujazeiro

Valdemício Ferreira de Sousa

Ana Lúcia Borges

Eugênio Ferreira Coelho

Lúcio Flavo Lopes Vasconcelos

Marcos Emanuel da Costa Veloso

Áureo Silva de Oliveira

Antenor de Oliveira Aguiar Netto

**Embrapa**

**Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:**

**Embrapa Meio-Norte**

Av. Duque de Caxias, 5650 • Bairro Buenos Aires

Caixa Postal 01 • Cep 64006-220 • Teresina, PI

Fone: (86) 225 1141 • Fax: (86) 225 1142

www.cpamn.embrapa.br

Vendas: sac@cpamn.embrapa.br

Tiragem: 300 exemplares

**Comitê de Publicações**

Presidente: Paulo Henrique Soares da Silva

Secretaria executiva: Dione Cavalcante Costa

Membros: Valdenir Queiroz Ribeiro

Exedito Aguiar Lopes

Edson Alves Bastos

Milton José Cardoso

João Avelar Magalhães

**Coordenação editorial:** Lígia Maria Rolim Bandeira

**Editoração eletrônica:** Cecílio Nunes

**Revisão:** Lígia Maria Rolim Bandeira

**Normalização bibliográfica:** Jovita Maria Gomes Oliveira

**Fotos:** Valdemício Ferreira de Sousa

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Meio-Norte

Irrigação e fertirrigação do maracujazeiro / Valdemício Ferreira de Sousa... [et al.] – Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2001. 46p. (Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 32).

1. Maracujá. 2. Irrigação. 3. Fertirrigação. I. Sousa, Valdemício Ferreira de. II. Embrapa Meio-Norte. III. Título. IV. Série.

CDD 634.42

# Apresentação

1. INTRODUÇÃO .....	7
2. CLIMA .....	8
3. SOLO, NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO .....	9
4. IRRIGAÇÃO .....	10
5. Lavoura de Maracujá Verde .....	11
6. Adubação .....	11

A despeito do vasto acervo de tecnologias existente sobre a cultura do maracujazeiro, há carência de informações que possibilitem orientar melhor aos produtores quanto ao uso adequado de água e de nutrientes em cultivos irrigados.

Destaca-se que nos últimos anos, a tendência é para o emprego simultâneo de fertilizantes com água e de nutrientes que, certamente, irão contribuir para o aumento de produtividade e melhoria da qualidade dos frutos do maracujá, tornando esta atividade mais competitiva.

Constitui ainda uma valiosa contribuição para a fruticultura tropical, especialmente a praticada no Nordeste brasileiro.

Maria Pinheiro Fernandes Corrêa  
*Chefe-Geral da Embrapa Meio-Norte*

# Irrigação e Fertirrigação do Maracujazeiro

## Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>CLIMA</b> .....	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>SOLO, NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO</b> .....	<b>9</b>
	3.1 Solo .....	9
	3.2 Exigências nutricionais .....	9
	3.3 Adubação .....	11
<b>4</b>	<b>IRRIGAÇÃO</b> .....	<b>14</b>
	4.1 Métodos e sistemas de irrigação .....	15
	4.2 Necessidade hídrica .....	17
	4.3 Momento da irrigação e monitoramento da água no solo .....	22
	4.3.1 Medidas no solo .....	22
	4.3.2 Medidas na planta .....	27
	4.3.3 Balanço de água na zona radicular .....	27
<b>5</b>	<b>FERTIRRIGAÇÃO</b> .....	<b>28</b>
	5.1 Necessidades de nutrientes .....	29
	5.2 Marcha de absorção de nutrientes .....	30
	5.3 Frequência de fertirrigação .....	31
	5.4 Nutrientes para fertirrigação .....	33
	5.4.1 Nitrogênio .....	33
	5.4.2 Fósforo .....	33
	5.4.3 Potássio .....	34
	5.4.4 Outros nutrientes .....	35
	5.5 Concentração da solução .....	36
	5.6 Aplicação da solução fertilizante .....	38
	5.7 Monitoramento da fertirrigação e dinâmica de nutrientes no solo .....	39
<b>6</b>	<b>EXEMPLO DE ADUBAÇÃO DE PLANTIO E FERTIRRIGAÇÃO</b> ..	<b>41</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>42</b>

# Irrigação e Fertirrigação do Maracujazeiro

Valdemício Ferreira de Sousa<sup>1</sup>

Ana Lúcia Borges<sup>2</sup>

Eugênio Ferreira Coelho<sup>2</sup>

Lúcio Flavo Lopes Vasconcelos<sup>1</sup>

Marcos Emanuel da Costa Veloso<sup>1</sup>

Áureo Silva de Oliveira<sup>3</sup>

Antenor de Oliveira Aguiar Netto<sup>4</sup>

## 1 INTRODUÇÃO

O maracujazeiro é uma frutífera bastante cultivada no Brasil e de bom retorno econômico para os produtores. Com área plantada de 33.012 ha, o Brasil aparece como o principal produtor mundial de maracujá, destacando-se, como maiores produtores, os estados da Bahia, Sergipe, São Paulo, Pará, Minas Gerais, Ceará, Alagoas e Rio de Janeiro. Na Região Nordeste, a área cultivada com o maracujazeiro tem aumentado expressivamente nos últimos anos, tornando-a uma das dez espécies frutíferas mais cultivadas (Agriannual, 2001).

Os maiores centros consumidores do Brasil encontram-se no Sudeste e Nordeste do país, destacando os Estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Pernambuco e Bahia. No Estado de São Paulo, com a proximidade dos grandes centros de consumo, a principal forma de comercialização dos frutos do maracujazeiro é o mercado de frutas "in natura", que garante aos produtores preços médios superiores a 100%, para frutos de boa qualidade, quando comparado aqueles destinados às indústrias de suco (Rizzi et al, 1998).

Apesar da expansão do cultivo do maracujazeiro, a produtividade nacional é muito variada e, na maioria das vezes, baixa, em relação ao potencial produtivo da cultura. Por isso, a literatura mostra que há necessidade de tecnologias no manejo de água e nutrientes para a cultura, capazes de proporcionar o aumento da produtividade e da qualidade dos frutos para melhor competir nos mercados nacional e internacional.

---

<sup>1</sup> Pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Caixa Postal 01, CEP 64006 –220 Teresina, PI

<sup>2</sup> Pesquisador (a) da Embrapa Mandioca de Fruticultura, Caixa Postal 007, CEP 44380-000 Cruz das Almas BA

<sup>3</sup> Professor da UFBA, Cruz das Almas BA

<sup>4</sup> Professor da UFSE, Aracaju SE

A utilização adequada da água em cultivos irrigados tem condicionado aos produtores a garantia da produção, todavia, a maximização dos recursos naturais e o aumento da produtividade, não se dão apenas com o fornecimento de água às culturas. A elevação dos níveis de fertilidade do meio é também muito importante para o desenvolvimento e produção das plantas. Nos últimos anos, a forma tradicional de aplicação de fertilizantes nas culturas irrigadas vem sendo substituída pela fertirrigação, que permite a aplicação de fertilizantes simultaneamente com a água de irrigação.

## 2 CLIMA

Embora sendo de origem tropical, o maracujazeiro pode ser cultivado em quase todas as regiões subtropicais, todavia, a época de florescimento varia de uma região para outra, sendo favorecida em dias com mais de 12 horas de luz solar. Na Região Sudeste, especificamente no Estado de São Paulo, a colheita ocorre entre janeiro e julho. No Nordeste, de novembro a setembro, enquanto nas regiões tropicais de clima quente e úmido, como é o caso da Região Norte do Brasil, a produção é quase ininterrupta (Manica, 1981)

O maracujazeiro adapta-se melhor em regiões com temperaturas médias mensais entre 21 e 32 °C, precipitação pluviométrica anual entre 800 e 1750 mm, baixa umidade relativa, período de brilho solar em torno de 11 horas e ventos moderados (Ruggiero et al., 1996; Meletti, 1996).

A cultura não tolera geada, ventos fortes, frios e longos períodos de temperatura abaixo de 16 °C. No período de florescimento e de frutificação há necessidade de calor, dias longos e umidade no solo. As baixas temperaturas e dias curtos interrompem a produção, o que define uma safra de sete a dez meses por ano. As chuvas intensas e freqüentes reduzem a polinização e as secas prolongadas provocam a queda dos frutos (Souza & Meletti, 1997; Rizzi et al., 1998).

Dentre os fatores climáticos, a radiação solar, a temperatura e o número de horas de brilho solar são os que mais limitam a produtividade do maracujazeiro amarelo, visto que não existem possibilidades de interferência do homem. Fatores como estresse hídrico e baixos níveis de nitrogênio nas folhas, associados a dias curtos e baixas temperaturas do ar e do solo restringem o crescimento e o potencial produtivo do maracujazeiro (Simon & Karnatz, 1983; Menzel et al., 1986). Nesse aspecto, o estresse hídrico e os níveis nutricionais podem ser corrigidos pela irrigação e pela adubação, respectivamente, mas, para as baixas temperaturas e o curto comprimento dos dias, tornam-se difíceis suas alterações a nível de campo.

O efeito da temperatura sobre o maracujazeiro está relacionado à absorção de nutrientes pela planta, pois sua variação provoca alterações no seu estado



nutricional, tal como constatado por Menzel et al. (1987), onde a máxima acumulação de nutrientes na parte aérea das plantas ocorreu com temperaturas diurna e noturna em torno de 25°C e 20°C, respectivamente, quando os níveis de potássio na planta aumentaram com a temperatura, enquanto nitrogênio, enxofre e magnésio reduziram.

Para Menzel & Simpson (1988) a radiação solar é o fator ambiental que mais contribui para as flutuações de florescimento e a formação de frutos do maracujazeiro. O crescimento e o desenvolvimento dos ramos e o potencial produtivo se reduzem com a redução da radiação.

A influência das condições climáticas sobre a qualidade de frutos do maracujazeiro são bastante evidentes e relatadas por vários autores. Sjostrom & Rosa (1978) verificaram mudanças na qualidade do suco ao longo da safra, constando de um aumento relativo de 9% na acidez e menor valor da relação sólido solúveis/acidez durante os meses de inverno.

## **3 SOLO, NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO**

### **3.1 Solo**

O maracujazeiro desenvolve-se em diferentes tipos de solos. Ainda, os mais profundos e bem drenados são mais adequados para a cultura. Não se recomenda a utilização de baixadas, solos pedregosos ou com possibilidade de encharcamento, pois esses aspectos favorecem a incidência de doenças no sistema radicular. (Manica, 1981; Lima, 1994; Souza & Meletti, 1997; Rizzi et al, 1998). Piza Júnior (1991) acrescenta que o solo ideal para o maracujazeiro deve ser rico em matéria orgânica, de topografia ligeiramente inclinada e com bom nível de fertilidade.

Para Malavolta (1994), as plantas do maracujazeiro não toleram longos períodos de encharcamento; estes causam a morte prematura das plantas, que está inteiramente associada às más condições físicas do solo. O autor adverte que, do ponto de vista químico, o solo deve ter uma adequada saturação de bases, evitando o excesso de alumínio intercambiável.

### **3.2 Exigências nutricionais**

As informações na literatura sobre nutrição mineral do maracujazeiro são muito restritas, principalmente as relacionadas com suas exigências ao potássio, a época e modo de aplicação, marcha de absorção, sintomatologia das deficiências, diagnose foliar e respostas à aplicação de macro e micronutrientes (Medina et al., 1980). Ainda, autores como Haag et al. (1973), Menzel et al. (1987), Menzel & Simpson (1988) e Baumgartner et al. (1978) apresentaram alguns resultados referentes à nutrição, à acumulação de nutrientes nas partes da planta e a sua translocação para os frutos.

O maracujazeiro amarelo possui ciclos alternados de vegetação e de produção, sendo mais intensos no início da primavera, estendendo-se até o final do outono. Esse comportamento requer que o pomar esteja em ótimo estado nutricional em todas as fases do processo produtivo, pois desde o início da frutificação há grande demanda por energia na planta e forte drenagem de nutrientes das folhas para os frutos em desenvolvimento, reduzindo, assim, a intensidade vegetativa da planta, requerendo um esquema de adubação que permita a manutenção da cultura em estado nutricional adequado.

O nitrogênio e o potássio são os macronutrientes exigidos em maior proporção pelo maracujazeiro, seguidos por cálcio, enxofre e fósforo. As quantidades desses elementos absorvidas são pequenas até os 190 dias de idade. A partir daí, a absorção de nitrogênio, potássio e cálcio é crescente, e para os demais elementos o aumento só se verifica a partir do 250º dia.

O maracujazeiro amarelo apresenta exigências nutricionais até os 262 dias após plantio, nessa ordem:  $N > K > Ca > S > Mg > P > B .> Mn > Zn > Cu > Mo$ , sendo que somente as deficiências de N, S, Ca e Cu mostraram um efeito acentuado no desenvolvimento das plantas do maracujazeiro (Primavesi & Malavolta, 1980). Contudo, é importante salientar que o maior aumento na absorção de N, P e Ca ocorre no período da pré-frutificação, sendo que o acúmulo de nitrogênio e de potássio é mais intenso nos frutos, estabilizando-se no amadurecimento (Kliemann et al., 1986).

A quantidade total de nutrientes removida pela planta inteira, incluindo os frutos de maracujá amarelo, aos 370 dias de idade, com 1.500 plantas  $ha^{-1}$ , é apresentada na Tabela 1. Considerando que somente os frutos são retirados do campo, o K é o nutriente mais exportado ( $73,80 \text{ kg } ha^{-1}$ ), seguido do N ( $44,55 \text{ kg } ha^{-1}$ ). No entanto, são pequenas as quantidades de fósforo ( $6,90 \text{ kg } ha^{-1}$ ), Ca ( $6,75 \text{ kg } ha^{-1}$ ), magnésio (Mg) e enxofre (S) ( $4,05 \text{ kg } ha^{-1}$ ) exportadas pelos frutos. Apesar de grande quantidade de cálcio na planta, somente 4,5% são exportadas pelos frutos; por outro lado, 40% do P e K absorvidos são exportados.

No que se refere aos micronutrientes, o manganês (Mn) foi o mais absorvido, mas percentualmente o zinco (Zn), seguido do cobre (Cu) foram os mais exportados. Apesar da maior quantidade de Mn encontrada nos frutos, somente 6,4% são exportados; contudo, 34% do Zn, 32% do Cu, 13% do B e 11% do Fe são acumulados nos frutos.

Quanto à absorção de nutrientes, esta é pequena até os 220-250 dias (7º-8º mês) de idade, em razão da baixa produção de matéria seca. Após o aparecimento dos frutos (8º e 9º mês), o crescimento se torna exponencial, aumentando assim, a absorção de N, K e Ca e dos micronutrientes, principalmente Mn e Fe.

**Tabela 1.** Quantidades de nutrientes extraídos pelo maracujazeiro amarelo, aos 370 dias, com 1500 plantas ha<sup>-1</sup>.

Nutrientes	Quantidade extraída (kg ha <sup>-1</sup> )
Nitrogênio	205
Potássio	184
Cálcio	152
Enxofre	25
Fósforo	17
Magnésio	14
Manganês	2,81
Ferro	0,779
Zinco	0,317
Boro	0,296
Cobre	0,199

### 3.3 Adubação

O preparo adequado do solo é importante para o bom desenvolvimento das plantas. Portanto, deve realizar análise de solo para proceder as devidas correções e adubações adequadas. No preparo do solo para o maracujazeiro, deve realizar calagem para elevar a saturação por bases (V) a 80%. Quando a análise do solo apresentar o teor de  $Mg^{2+}$  inferior a  $8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , usar calcário dolomítico.

Para o maracujazeiro, recomenda-se abrir covas nas dimensões de  $0,50 \times 0,50 \times 0,50 \text{ m}$ , comprimento, largura e profundidade, respectivamente, e realizar adubação de plantio aplicando por cova: 20 a 30 litros de esterco bovino ou 5 litros de esterco de galinha; 300 g de calcário dolomítico (quando pH em água < 6,0), 50 g de FTE BR 12, e 120 g de  $P_2O_5$  (se o P no solo estiver abaixo de  $8 \text{ mg dm}^{-3}$ ) ou 80 g de  $P_2O_5$  (se o P no solo estiver acima de  $8 \text{ mg dm}^{-3}$ ).

A adubação de formação, com nitrogênio e potássio, deve ser feita de acordo com o resultado da análise de solo e as quantidades recomendadas devem ser divididas nos períodos do ciclo vegetativo da cultura, até aos 120 dias, como apresentado na Tabela 2. No caso a aplicação dos fertilizantes via água de irrigação, as quantidades recomendadas por período podem ser parceladas em aplicações semanais.

**Tabela 2.** Recomendação para adubação de formação do maracujazeiro amarelo.

Época (dias após plantio)	N	K trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				
		0-0,7	0,8-1,5	1,6-3,0	3,1-5,0	> 5,0
kg / ha						
30	10	20	10	-	-	0
60	20	30	20	10	-	0
90	30	40	30	20	10	0
120	40	60	40	30	20	0
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>100</b>	<b>60</b>	<b>30</b>	<b>0</b>

Na fase de produção a adubação deve ser feita de acordo com a produtividade esperada obedecendo o parcelamento. Nessa fase, a diagnose foliar é uma técnica muito importante para a definição do estado nutricional das plantas e proceder a adubação com mais segurança. Para que essa ferramenta possa ser utilizada adequadamente é necessário que se observe, principalmente, a época e posição das folhas amostradas. Para o maracujazeiro recomenda-se amostrar a 3ª ou 4ª folha, a partir do ápice de ramos não sombreados, tomando-se quatro folhas por planta, dos dois lados da mesma, conservando-se o pecíolo. Para auxiliar na interpretação da diagnose foliar a Tabela 3 apresenta as faixas adequadas de teores de macro e micronutrientes em folhas do maracujazeiro.

No caso da adubação de produção com fósforo pode ser feita com base na recomendação apresentada na Tabela 4; no entanto, deve considerar: se os teores de P estiverem acima de 18 mg dcm<sup>-3</sup> (solos argilosos), acima de 30 mg dcm<sup>-3</sup> (solos de textura média) e acima de 45 mg dcm<sup>-3</sup> (solos arenosos) pode ser dispensada a adubação fosfatada.

O potássio é o elemento de maior mobilidade na planta e passa com facilidade de uma célula para outra e do xilema para o floema. Por isso, é o componente mineral de maior expressão nos processos osmóticos da planta que envolvem absorção e armazenamento de água. O potássio tem papel fundamental na translocação de assimilados das folhas para as diversas partes da planta, principalmente para os frutos. Dessa forma, deficiência de potássio no maracujazeiro provoca atraso na floração, redução no tamanho dos frutos e na área foliar, afetando, conseqüentemente, a fotossíntese e o conteúdo de sólidos solúveis nos frutos (Kliemann et al., 1986; Ruggiero et al., 1996).

A deficiência de potássio no maracujazeiro provoca redução na ramificação, no comprimento e nos diâmetros dos ramos. A frutificação é intensa, porém o pegamento de frutos é reduzido, e aqueles que se formam

**Tabela 3.** Faixas adequadas de teores de macro e micronutrientes em folhas do maracujazeiro

Macronutrientes						Micronutrientes				
N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>				
47,5-52,5	2,5-3,5	20-25	5-15	2,5-3,5	2-4	25-100	5-20	100-200	50-200	45-80

**Tabela 4.** Recomendação de adubação fosfatada na fase de produção do maracujazeiro, com base na produtividade esperada

Produtividade esperada (t há <sup>-1</sup> )	P no solo (resina), mg dm <sup>-3</sup>		
	0-15	16-40	> 40
	kg ha <sup>-1</sup> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		
< 15	50	30	20
15 a 25	90	60	40
25 a 35	120	80	50
> 35	150	100	60

são pequenos, resultando em baixas produtividades, com frutos de casca mais espessa, reduzido número de sementes e baixa quantidade de suco (Quaggio & Piza Júnior, 1998).

O Potássio afeta diversas fases da utilização do nitrogênio pelas plantas de forma que a relação de teores de nitrogênio e potássio nas folhas tem se mostrado importante no desenvolvimento das plantas e qualidade de frutos. Assim, as adubações com nitrogênio e potássio devem ser feitas para atender uma relação N/K adequada. A Tabela 5 apresenta recomendação de adubação nitrogenada e potássica para o maracujazeiro com base na produtividade esperada e teores de potássio no solo.

**Tabela 5.** Recomendação de adubação nitrogenada e potássica na fase de produção do maracujazeiro, com base na produtividade esperada.

Produtividade esperada	N	K solo (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )				
		0-0,7	0,8-1,5	1,6-3,0	3,1-6,0	> 6,0
t ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>					
< 15	50	100	90	70	50	0
15 a 25	70	160	120	90	70	0
25 a 35	90	200	160	120	80	0
> 35	120	250	200	150	100	0

Nos períodos secos, na ausência de irrigação, a absorção de potássio é reduzida. A disponibilidade do potássio é acentuadamente influenciada pelo teor de umidade no solo, devido principalmente à difusão e a relação de cátions (Raij, 1991). O bom aproveitamento dos nutrientes pela planta depende muito da adequada disponibilidade de água no solo, pois alguns nutrientes têm absorção prejudicada pela falta de água.

Além dos aspectos da adubação relacionados com a produtividade, é importante também preocupar-se com a relação entre essa prática e a qualidade dos frutos do maracujazeiro. É necessário produzir-se frutos com qualidades físicas e químicas capazes de atender ao consumidor.

## 4 IRRIGAÇÃO

A irrigação é indispensável para o maracujazeiro, especialmente nas regiões semi-áridas, pois promove ótimo desenvolvimento das plantas, aumenta a produtividade, permite a obtenção de produção de forma contínua

e uniforme, com frutos de boa qualidade. A falta de umidade no solo provoca a queda das folhas e dos frutos, principalmente no início de seu desenvolvimento, e, quando se forma, podem crescer com enrugamento, prejudicando a qualidade da produção (Manica, 1981; Ruggiero et al., 1996). Para Gonzaga Neto et al. (1983), a irrigação promove o aumento da produtividade e do período de produção em regiões com temperatura e fotoperíodo favoráveis, podendo se estender em períodos de 9 a 10 meses, aumentando a oferta de frutos durante quase o ano todo.

O fornecimento de água de forma contínua permite a floração e a frutificação do maracujazeiro continuamente, todavia, quando as irrigações não são realizadas com frequência e em quantidades de água adequadas, os efeitos dessa prática sobre a produtividade e a qualidade de frutos são insatisfatórios.

Embora a literatura evidencie que o maracujazeiro responde bem à aplicação de água, isso só é possível mediante a adoção de um manejo adequado de irrigação para a cultura. O manejo da água em culturas irrigadas tem como ponto chave decidir como, quanto e quando irrigar. Como irrigar é determinado através dos métodos e sistemas de irrigação. A quantidade de água a ser aplicada é normalmente determinada pela necessidade hídrica da cultura, podendo ser estimada através da evapotranspiração ou por meio da tensão de água no solo. Para se determinar o momento da irrigação, podem-se utilizar medidas de avaliação de água no solo, como o turno de irrigação, ou considerar os sintomas de deficiência de água nas plantas (Sousa et al., 1997).

## 4.1 Métodos e sistemas de irrigação

Na definição do método e/ou sistema de irrigação deve-se observar as recomendações técnicas, com vistas a um melhor aproveitamento da água e uma maior eficiência da irrigação. Nas condições atuais, em que se defende melhor aproveitamento e a economia dos recursos hídricos, o método de irrigação localizada destaca-se sobre os demais (Costa et al., 2000).

O sistema de irrigação mais adequado para o maracujazeiro tem sido o gotejamento, pois proporciona a aplicação de água e nutrientes junto à região de maior concentração das raízes, permite o controle da umidade, não molha a parte aérea das plantas, o que reduz a incidência de doenças. Contudo, independentemente do sistema de irrigação utilizado, cuidados devem ser tomados para não permitir que as plantas sejam submetidas a estresse hídrico e excesso de umidade.

O sistema de irrigação por microaspersão também tem sido utilizado por produtores de maracujá, no entanto, devido a sua forma de distribuição

de água, pode atingir uma área, além daquela ocupada pelo sistema radicular da cultura, proporcionando desperdício de água e nutrientes, quando se utiliza a fertirrigação, além de contribuir para o desenvolvimento intenso de ervas daninhas nas linhas e nas entrelinhas de plantio.

O sistema de irrigação por gotejamento, embora seja de alto custo inicial, é o de maior eficiência e de menor demanda de energia. Ao dimensionar-se o sistema de irrigação por gotejamento para o maracujazeiro, deve-se ter os devidos cuidados com relação ao número e a disposição dos gotejadores em torno do caule da planta, que é em função da sua vazão e tipo de solo. O ideal é que a disposição dos gotejadores em torno do caule da planta permita a sobreposição dos bulbos úmidos (disposição em círculo) (Figura 1), com raio médio de 0,40 m, para plantas na fase produção, e de 0,25 m para plantas na fase de formação (120 dias de idade). Uma outra maneira de dispor os gotejadores é em semi círculo (Figura 2), obedecendo os mesmos critérios anteriores. Contudo, é recomendado alternar os lados periodicamente, para permitir equilíbrio no desenvolvimento das raízes.



**Figura 1.** Detalhe da distribuição de gotejadores em forma de círculo em torno da planta de maracujazeiro.





**Figura 2.** Detalhe da distribuição de gotejadores em forma de semi círculo em planta de maracujazeiro.

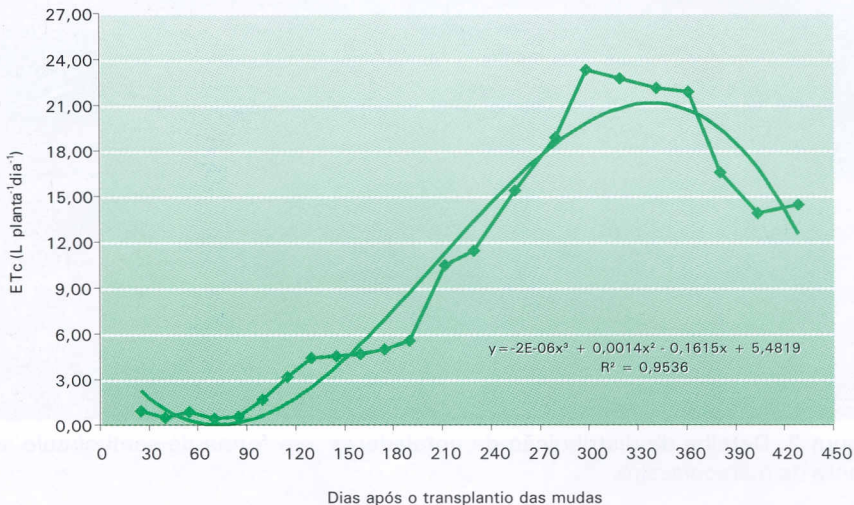
## 4.2 Necessidade hídrica

A necessidade de água pelas plantas é função da demanda evaporativa do local e da cultura, descritos pela evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) e o coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>), respectivamente. O maracujazeiro amarelo requer uma quantidade de água em torno de 2100 litros planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, ou em média 940 mm ano<sup>-1</sup>, em média (Sousa, 2000).

Nas condições de Piracicaba, SP, o consumo hídrico do maracujazeiro amarelo na fase de desenvolvimento vegetativo (até os 180 dias após o transplântio) foi de 432,9 mm, com máximo consumo de água (4,68 mm dia<sup>-1</sup>) registrado no início da floração (Alencar, 2000). Utilizando o modelo de Penman Monteith para estimar a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), o autor determinou valores de coeficientes de cultivos (K<sub>c</sub>) que variaram entre 0,51 e 1,10 no período estudado, para essa fase.

O consumo médio de água pela cultura, determinada através da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) em lisímetros de drenagem (Figura 3), mostra baixo consumo de água (ET<sub>c</sub> < 1,10 L planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) na fase inicial (até aos 90 dias após o transplântio das mudas). A partir deste ponto, o consumo cresceu até aos 300 dias, atingindo até 23,37 L planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, reduzindo em seguida até aos 428 dias, com 14,52 L planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>. A ascensão e as reduções no consumo de água

pelo maracujazeiro observadas ao longo do tempo pode ser atribuído às condições climáticas e ao próprio desenvolvimento das plantas, visto que os máximos valores de  $ET_c$  foram registrados na fase de intenso crescimento vegetativo, frutificação e colheita, fase caracterizada pelo surgimento de ciclos alternados de vegetação e de produção, demandando grande quantidade de água.



**Figura 3** - Evapotranspiração média do maracujazeiro determinada no período de maio/1999 a julho/2000 em Piracicaba, SP (Sousa, 2000).

Quando não se tem conhecimento da evapotranspiração da cultura para a região, o consumo de água pela cultura pode ser estimado com base na evapotranspiração de referência e o coeficiente de cultivo para a cultura (equação 1). Nesse caso, como os valores de  $K_c$  dependem da  $ET_o$ , é necessário que para sua estimativa seja adotado o método mais adequado para a região. Para maracujazeiro amarelo, Sousa et al. (2000) apresentaram valores de  $K_c$  determinados a partir da evapotranspiração da cultura obtida em lisímetro de drenagem e vários métodos de estimativas de  $ET_o$ , cujos maiores valores de  $K_c$  (1,48) foram obtidos pelo método de Thornthwaite para estimativa da  $ET_o$ . Para os métodos do tanque classe A e Penman Monteith, os valores de  $K_c$  foram próximos, 1,24 e 1,16, respectivamente (Tabela 6). Portanto, como a  $ET_o$  depende das condições climáticas locais ao utilizar esses dados deve-se verificar qual o método mais apropriado para estimativa da evapotranspiração de referência da região, ou aquele que estiver disponível. Por exemplo, se o método disponível for o tanque classe A, utiliza-se as equações 1 e 2 para estimativa da quantidade de água necessária para a cultura.

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

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

**Tabela 6.** Valores médios da evapotranspiração da cultura (ETc) e de coeficientes de cultivo (Kc) para o maracujazeiro amarelo determinados a partir de valores de ETo estimados pelos métodos Penman-Monteith Kc(PM); Tanque classe A, Kc(CA); Thornthwait, Kc(TH); Hargreaves-Samani, Kc(HS) e Linacre, Kc(Ln), Piracicaba-SP.

Subperíodos (dia/mês)	ETc (mm dia <sup>-1</sup> )	Valores de Kc				
		Kc (CA)	Kc (PM)	Kc (TH)	Kc (HS)	Kc (Ln)
21/05 - 04/06	0,84	0,38	0,38	0,54	0,27	0,21
05/06 - 19/06	0,79	0,37	0,41	0,56	0,32	0,21
20/06 - 04/07	0,45	0,20	0,37	0,29	0,16	0,12
05/07 - 19/07	0,39	0,16	0,41	0,21	0,13	0,09
20/07 - 03/08	0,52	0,20	0,51	0,28	0,16	0,12
04/08 - 19/08	1,49	0,55	0,64	0,80	0,40	0,31
20/08 - 02/09	2,62	0,77	0,76	1,13	0,59	0,55
03/09 - 17/09	3,74	1,14	0,86	1,42	0,87	0,75
18/09 - 02/10	3,83	0,95	0,89	1,43	0,80	0,77
03/10 - 17/10	3,92	0,97	0,94	1,33	0,80	0,80
18/10 - 01/09	4,41	1,18	1,02	1,48	0,89	0,89
02/11 - 16/11	4,93	1,24	1,16	1,48	0,98	0,94

em que:

ETc – evapotranspiração da cultura (mm)

ETo – evapotranspiração de referência (mm)

Kc – coeficiente de cultivo

ECA – evaporação do tanque classe A (mm),

Kp – coeficiente do tanque classe A.

O tanque classe A pode ser utilizado ao nível de produtor com bastante precisão para estimar a ETo e sem grandes dificuldades. É um instrumento de custo relativamente baixo e de simples utilização. Para a transformação das leituras em evapotranspiração de referência é preciso utilizar coeficientes apropriados de acordo com a localização do tanque, denominados de Kp. Doorenbos & Pruitt (1977) apresentaram valores de Kp para determinadas condições de vento, umidade relativa e posição do tanque (Tabela 7).

O coeficiente de cultivo (Kc) é função do estágio de desenvolvimento da cultura, da velocidade do vento, da umidade relativa e do teor de água do solo (Doorenbos e Kassam, 1979), e pode ser determinado experimentalmente através de balanço de água realizados com lisímetros. Portanto, os fatores: estágio de desenvolvimento da planta, teor de água no solo, radiação solar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e temperatura do ar, que afetam a ETc e ETo interferem também no Kc da cultura.

Após determinar a necessidade de água da cultura, a quantidade de água a aplicar por irrigação requer o conhecimento da precipitação pluviométrica e da ascensão capilar do solo (Reichardt, 1986). Como não é recomendada, para o maracujazeiro, a utilização de solos que permitam a ascensão capilar, somente as precipitações pluviométricas devem ser consideradas, isto é, até a capacidade de água disponível do solo, ou seja, se a chuva for superior a capacidade de água disponível, deve considerar somente o que o solo armazena, o restante se perde por drenagem superficial e profunda. Se a chuva for inferior a capacidade de água disponível, ou à necessidade da cultura, a diferença deve ser completada pela irrigação (equação 3).

$$NI = ETc - P \quad (3)$$

em que:

NI – necessidade de irrigação no período considerado (mm);

ETc – evapotranspiração da cultura no período considerado (mm);

P – precipitação pluviométrica no período considerado (mm).

**Tabela 7.** Valores do coeficiente de Kp em função dos dados meteorológicos da região e do meio em que está instalado o Tanque Classe A.

	Posição do Tanque R (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	
A. Vento (Km/dia)									
	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	0,80	
	10	0,55	0,60	0,65	10	0,50	0,55	0,70	
	100	0,60	0,65	0,75	100	0,45	0,50	0,60	
	1000	0,65	0,70	0,75	1000	0,40	0,45	0,55	
Muito forte > 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	

Fonte: Doorembos & Pruitt (1977)

### 4.3 Momento da irrigação e monitoramento da água no solo

As tecnologias de manejo de irrigação não são fáceis de serem absorvidas pelos agricultores, cujas principais razões são: (i) baixo custo da água em relação aos custos necessários a implementação de um dado manejo de irrigação; (ii) as reduções de produtividades causadas por excesso ou déficit de água no solo ou por fertilização inadequada, não são facilmente reconhecidas pelos produtores nem quantificadas pelos mesmos; (iii) indisponibilidade de dados para uso nos cálculos do manejo da água, solo, planta e atmosfera e; (iv) falta de treinamento de produtores, irrigantes e técnicos.

A determinação do momento de irrigação pode ser definida através de: (i) medidas no solo; (ii) medidas nas plantas e (iii) balanço de água na zona radicular.

#### 4.3.1 Medidas no solo

Considerando que o solo funciona como um suporte físico e reservatório de água para as plantas, no planejamento da irrigação e no manejo de água, é importante o conhecimento da umidade atual e da capacidade de água disponível.

Para determinar a água disponível é preciso conhecer: (i) a umidade na capacidade de campo; (ii) umidade no ponto de murcha permanente; (iii) densidade do solo; (iv) profundidade efetiva do sistema radicular; (v) fração de água disponível; e (vi) curva de retenção de água no solo. Pela equação 4 pode-se determinar a água disponível no solo.

$$\theta_{ad} = \theta_{cc} - \theta_{pmp} \quad (4)$$

em que:

$\theta_{ad}$  - água disponível ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );

$\theta_{cc}$  - umidade do solo na capacidade de campo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );

$\theta_{pmp}$  - umidade do solo no ponto de murcha permanente ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ).

A água disponível no solo, em termos unidimensionais ou em termos de milímetros disponíveis às plantas, depende da profundidade efetiva do sistema radicular. A literatura apresenta valores médios de profundidade do sistema radicular para algumas fruteiras. Entretanto, é necessário sempre ponderar tais valores, uma vez que o desenvolvimento do sistema radicular num perfil sem limitação de profundidade ou de presença de lençol freático é dependente principalmente da resistência do solo, que está relacionada às propriedades edáficas do local e do seu teor de água que no caso de fruteiras, depende da distribuição de água no solo, conseqüentemente da irrigação. Para o maracujazeiro amarelo, sob irrigação

por gotejamento em solo argiloso, Sousa (2000) determinou que a distribuição média do sistema radicular é de 0,40 m de profundidade efetiva a 0,50 m de raio.

Conhecendo-se a profundidade efetiva do sistema radicular, a água disponível no solo para as plantas passa a ser obtida através da equação 5:

$$\theta_{ad1} = (\theta_{cc} - \theta_{pmp}) Z_R \quad (5)$$

em que:

$Z_R$  - profundidade do sistema radicular (mm)

$\theta_{ad1}$  - água disponível (mm);

$\theta_{cc}$  - umidade do solo na capacidade de campo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );

$\theta_{pmp}$  - umidade do solo no ponto de murcha permanente ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ).

A fração de água disponível (f) no solo corresponde a redução permissível do teor de água do solo abaixo da capacidade de campo que permita uma produtividade desejável da cultura. O manejo a ser adotado depende da rentabilidade da cultura, profundidade e distribuição das raízes e sensibilidade ao estresse hídrico. Normalmente, a redução permissível da água disponível varia de 25 a 50%. Para o maracujazeiro, o valor recomendado de f é 35% .

A partir do valor da fração f, o cálculo da lâmina líquida de água (LI) que a cultura deve consumir entre duas irrigações é feito pela equação 6. O valor obtido, indica que toda às vezes em que a umidade do solo baixar desse nível, deve-se repor através da irrigação uma lâmina de água equivalente, necessária para elevar o solo à capacidade de campo.

$$LI = \theta_{ad} . f \quad (6)$$

em que:

LI - lâmina líquida (mm);

f - fração de água disponível (decimal)

O momento da irrigação por esse método pode ser dado por (i) intervalo de irrigação (IR) definido pela razão entre a lamina total necessária (LTN) e a evapotranspiração da cultura (ETc) (equação 7); (ii) medições do estado da água no solo por meio de sensores ou medidas gravimétricas da umidade no solo.

(i) Intervalo de irrigação

$$IR = \frac{LTN}{ETc} \quad (7)$$

LTN é determinado pela equação 8:

$$LTN = LI / Es \quad (8)$$

em que:

IR – intervalo entre irrigação (dia);

LI – lâmina líquida de irrigação (mm);

LTN – lâmina total necessária (mm);

Es - eficiência do sistema de irrigação;

ETc - evapotranspiração média diária do período (mm dia<sup>-1</sup>).

(ii) Medições do estado da água no solo

O momento da irrigação pode ser determinado de forma mais flexível, sem estar amarrado a um valor fixo da lâmina total necessária, isto é, pode ser determinado apenas por medidas do teor de água no solo ou do potencial matricial ( $\psi_m$ ) do mesmo, avaliando-se a redução na faixa de água disponível está dentro da faixa recomendada. O potencial matricial ( $\psi_m$ ) ou a umidade atual do solo ( $\theta_a$ ), correspondem a uma fração atual da disponibilidade total de água. Assim, a lâmina real necessária (LRN) é determinada pela equação 9.

$$LRT = (\theta_{cc} - \theta_a) Z_R \quad (9)$$

em que:

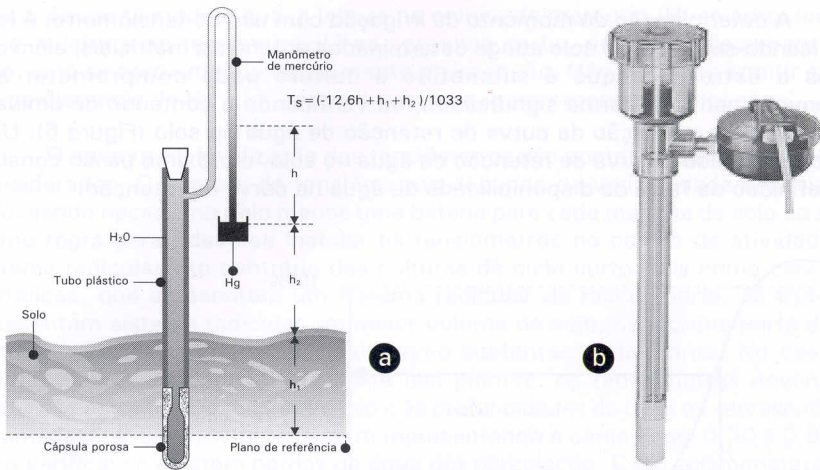
$\theta_{cc}$  e  $\theta_a$  – teores de umidade em capacidade de campo e atual, respectivamente (cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>);

$Z_R$  – profundidade efetiva de raízes (mm).

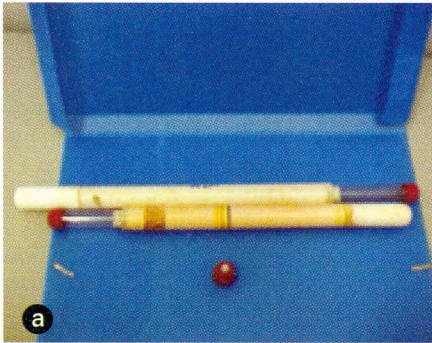
A máxima LRN admissível antes de se irrigar ocorre quando a umidade atual for igual a umidade crítica, isto é,  $\theta_a = \theta_c$ , mas teoricamente nada impede que o agricultor irrigue o pomar para valores de  $\theta_a > \theta_c$ .

Informações sobre o estado energético da água no solo podem auxiliar os produtores de maracujá a decidir quando irrigar. Dos componentes do estado energético, o potencial matricial é o mais importante em manejo da irrigação. O tensiômetro vem sendo utilizado por produtores que adotam manejo de irrigação de forma adequada. O tensiômetro é um instrumento que necessita entrar em equilíbrio com a água do solo para medir o potencial matricial, sendo os mais comuns aqueles que empregam manômetro de mercúrio (Figura 4a) ou manômetros com vacuômetro de bourdon (Figura 4b). Entretanto, atualmente já se utilizam leitores digitais para medir o potencial de água no solo. As Figuras 5a e 5b mostra o detalhe do tensiômetro com a borracha de vedação para leitura digital com o respectivo leitor (tensímetro) durante a realização da leitura do potencial.





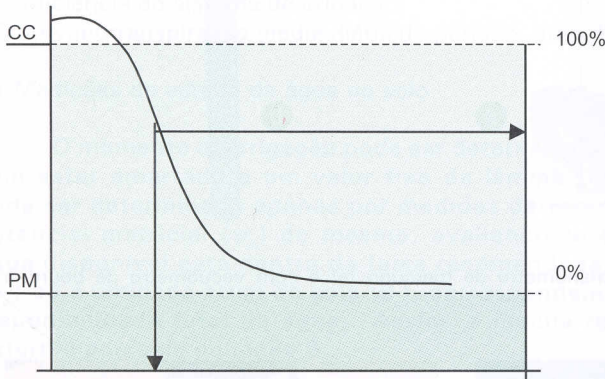
**Figura 4.** Tensiômetros com manômetro de mercúrio (a) e com vacuômetro de bourdon (b)



**Figura 5.** Detalhes do tensiômetro confeccionado para utilização de leitura digital (a) e do leitor digital do potencial, (tensímetro), no momento da leitura (b)

O tensiômetro indica o potencial matricial da água do solo ( $-\psi_m$ ) em determinada profundidade, que é função do seu conteúdo de umidade. Da mesma forma que existe um conteúdo de umidade no solo crítico ( $\theta_c$ ) para o maracujazeiro, existe também um potencial matricial crítico ( $-\psi_{mc}$ ) correspondente. Valores de  $\psi_{mc}$  capazes de garantir adequado desenvolvimento e produtividade da cultura situam-se entre -6 kPa e superiores a -20 kPa para solos de textura média a argilosa, respectivamente. Staveley & Wolstenholme (1990) concluíram que o potencial de água no solo para o maracujazeiro não deve ser inferior a -20 kPa durante os períodos críticos de diferenciação de flores e pegamento de frutos.

A determinação do momento da irrigação com uso do tensiômetro, é feita verificando-se quando o solo atinge determinados potenciais matriciais, além dos quais o estresse a que é submetido a cultura pode comprometer seu desenvolvimento de forma significativa, ou verificando o conteúdo de umidade no solo com a utilização da curva de retenção de água no solo (Figura 6). Uma vez determinada a curva de retenção da água no solo, o próximo passo consiste na definição da faixa de disponibilidade de água na curva de retenção.



**Figura 6.** Curva de retenção de água no solo

A determinação do momento da irrigação por tensiômetro é feita conhecendo primeiro o potencial matricial crítico ( $\psi_{mc}$ ) para a cultura. Posteriormente, determina-se as leituras correspondente nos tensiômetros e utilizando as equações 10 e 11 para os de mercúrio e digital (tensímetro), respectivamente:

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

$$L_c = \psi_{mc} + \frac{h}{10,33} \quad (11)$$

em que:

Hc – altura da coluna de mercúrio (H) na qual deve proceder a irrigação (cm);

$\psi_{mc}$  – potencial matricial crítico (kPa);

$h_1$  – altura do nível de mercúrio na cuba em relação a superfície do solo (cm);

$h_2$  – profundidade de instalação do tensiômetro no solo (cm);

$L_c$  – leitura no tensímetro (L) na qual deve proceda a irrigação (kPa);

h – altura da coluna de água no tensiômetro (cm).

Assim, à medida que a leitura na coluna de mercúrio (H) se aproxima de Hc e a leitura no tensiômetro (L) se aproxima de Lc, devido ao secamento do solo, está se aproximando do momento da irrigação. Não se deve permitir que H e L se distancie de Hc e Lc, respectivamente, para proceder à irrigação.

O número e a localização dos tensiômetros são pontos importantes a serem considerados. O número de tensiômetros depende da variabilidade espacial do solo, sendo necessário pelo menos uma bateria para cada mancha de solo da área. Como regra geral, deve-se instalar os tensiômetros no centro de atividade do sistema radicular. Ao contrário das culturas de ciclo curto, tais como cereais e hortaliças, que apresentam um sistema radicular de menor porte, as fruteiras apresentam sistema radicular em maior volume de solo, sendo que parte desse sistema radicular não é ativa, mais como sustentação da planta. No caso do maracujazeiro, dependendo da idade das plantas, os tensiômetros devem ser instalados entre 0,25 a 0,50 m de raio e às profundidades de 0,15 m, representando a camada de 0,0 a 0,30 m; e 0,45 m representando a camada de 0,30 à 0,60 m, para verificar se existem perdas de água por percolação. Caso seja constatada a ocorrência de percolação, as lâminas de irrigação devem ser ajustadas.

### 4.3.2 Medidas na planta

As medidas de condutância difusiva da folha, potencial de água da planta e temperatura da planta são usadas para estimar o estado da água da planta para posterior determinação do momento da irrigação. Dessas alternativas, o mais usado para medir o potencial de água na planta é a bomba de Cholamder e o psicrômetro de folha. Os potenciais de água da planta que são usados como índices referenciais para irrigação tem sido determinados para algumas fruteiras, sendo de 2480 kPa para o maracujazeiro.

A temperatura da planta é medida pelo termômetro infravermelho, que avalia a temperatura do dossel vegetativo. Essa temperatura, juntamente com o déficit de pressão de vapor do ar, pode ser usada para determinação do momento da irrigação. As medidas com base no estado de água da planta não têm sido usadas pelos produtores, devido o alto custo dos aparelhos necessários ou requerido pela variabilidade temporal e espacial a que estão sujeitas.

### 4.3.3 Balanço de água na zona radicular

Esse método baseia-se no balanço de água no solo, cujos componentes principais de entrada no sistema são a precipitação efetiva, ou aquela que infiltra no solo e a irrigação. Na presença de lençol freático, pode haver contribuição do mesmo. Os componentes de saída do sistema são a evapotranspiração e a perda por percolação, podendo, entretanto haver casos de perdas por escoamento superficial. O método se baseia nos cálculos apresentados pelas equações 12 e 13.

$$DA_{\text{atual}} = DA_{\text{anterior}} + U + PF \quad (12)$$

$$U = ETc - Pe \quad (13)$$

em que:

$DA_{\text{atual}}$  - déficit atual de água;

$DA_{\text{anterior}}$  - déficit de água anterior;

$Pe$  - precipitação efetiva no período avaliado;

$PF$  - perda por percolação no período avaliado.

O valor de  $U$ , para o caso de fruteiras irrigadas por microirrigação, deve ser calculado considerando um fator de correção da equação convencional, conforme equação 14.

$$U = 0,1 \cdot (PR)^{0,5} \cdot (ETc - Pe) \quad (14)$$

em que:

$PR$  - percentagem de sombreamento dado pela razão entre a projeção da sombra da árvore ao meio-dia e a área total ocupada pela planta (%).

O balanço é feito partindo-se de um déficit nulo, contabilizando-se diariamente as entradas e saídas de água no solo. Os déficits são acumulados e quando atingem um valor máximo permissível, a irrigação deve ser realizada e será correspondente ao déficit acumulado até aquele momento. Sendo o déficit total permissível ( $DTP$ ) dado pela equação 15.

$$(DTP) = f \cdot \theta_{ad} \cdot Z_R \quad (15)$$

Se  $DTP \geq$  déficit de água atual - não irrigar

Se  $DTP \leq$  déficit de água atual - momento de Irrigar.

## 5 FERTIRRIGAÇÃO

A aplicação de fertilizantes simultaneamente com a água de irrigação às culturas tem grande importância, tanto do ponto de vista técnico como econômico. Essa técnica constitui um avanço na agricultura irrigada, requerendo maior capacitação de técnicos e agricultores, e seu uso está relacionado a uma série de vantagens econômicas quando comparadas com os métodos tradicionais de adubação (Vivancos, 1993; Burt et al., 1998; Lopez, 1998), uma vez que aumenta a eficiência dos mesmos, reduz a mão-de-obra e o custo de energia do sistema de irrigação. Além disso, permite flexibilizar a época de aplicação dos nutrientes, que podem ser fracionados conforme a necessidade da cultura nos seus diversos estádios de desenvolvimento. O método de irrigação localizada é o mais apropriado para a fertirrigação, pois permite a aplicação dos fertilizantes diretamente na zona de maior concentração de raízes, onde consequentemente o sistema radicular é mais ativo.

O princípio de aplicação da fertirrigação preconiza o uso de fertilizantes solúveis em água e equipamentos específicos para injetar a solução nas linhas de irrigação. Essa característica permite uma aplicação adequada e uniforme de

fertilizantes com a água de irrigação (Sousa & Sousa, 1993; Sousa & Sousa, 1992). Além disso, permite também o acompanhamento e o controle dos nutrientes no perfil do solo, e seus efeitos na interface solo, água e cultura. Portanto, a seleção correta dos fertilizantes é muito importante para o sucesso da fertirrigação.

Além da seleção do fertilizante, o agricultor deve ter os devidos cuidados na determinação das doses a serem aplicadas, que são funções das necessidades nutricionais da cultura, conteúdo de nutrientes no solo, histórico da área e da produtividade esperada (Vivancos, 1993; Sousa & Sousa, 1992). Para determinar as quantidades corretas de fertilizantes, é necessário considerar a análise de solo, da água de irrigação e foliar, bem como a extração de nutrientes pelas raízes (Raij, 1991). Porém, as recomendações com base em resultados de pesquisas experimentais sobre doses de nutrientes são mais práticas e seguras.

No caso da fertirrigação em maracujazeiro, são poucas as pesquisas já realizadas. Avaliando diferentes formas de aplicação de fertilizantes (via solo e fertirrigação) em três diferentes parcelamentos de N e K<sub>2</sub>O na cultura do maracujazeiro amarelo, Teixeira et al. (1990) observaram que não houve influência do parcelamento e no modo de aplicação dos fertilizantes sobre a produção ou a qualidade dos frutos; contudo, a espessura de casca dos frutos aumentou proporcionalmente à frequência de fertirrigação.

Embora a fertirrigação se apresente com muitas vantagens, sua eficiência depende do conhecimento de uma série de fatores, entre os quais, àqueles relacionados com o manejo da água no sistema solo, planta, atmosfera, de fundamental importância no uso eficiente dessa prática.

O manejo inadequado da água no solo traz sérios problemas relacionados a perdas de nutrientes, principalmente por lixiviação. Uma aplicação de água além da capacidade máxima de retenção do solo pode causar grandes perdas de solo e nutrientes por lixiviação, escoamento superficial e erosão, sendo que o nitrogênio, o cálcio, o potássio e o magnésio apresentam maiores taxas de perdas.

## 5.1 Necessidade de nutrientes

O planejamento e o manejo corretos da fertirrigação deve iniciar com os conhecimentos da planta, do solo e clima, permitindo a determinação da dose apropriada de nutrientes. Na determinação das doses de nutrientes é necessário conhecer: (i) a extração pela cultura durante o ciclo ou as necessidades nutricionais para atingir uma determinada produtividade; (ii) as quantidades de nutrientes que o solo pode fornecer para a cultura; (iii) quantidades de nutrientes existentes na água de irrigação; (iv) eficiência da absorção de nutrientes nos diferentes métodos de irrigação (Vivancos, 1993; Papadopoulos, 1999). Em síntese, as doses de nutrientes podem ser determinadas utilizando a equação 16.

$$D_n = \frac{qn_{ex} - qn_s - qn_a}{E_{f_f}} \quad (16)$$

em que:

$D_n$  – dose de nutrientes (kg);

$q_{nex}$  – quantidade de nutrientes exportada pela planta (kg);

$q_{ns}$  – quantidade de nutrientes fornecida pelo solo (kg);

$q_{na}$  – quantidade de nutrientes fornecida pela água de irrigação (kg)

$E_f$  – eficiência da fertirrigação.

Para estimar a capacidade de fornecimento de nutrientes de um determinado solo, precisa-se conhecer (i) profundidade do sistema radicular da cultura a ser explorada; (ii) densidade do solo; (iii) área do solo ocupado pelas raízes e (iv) nutrientes disponíveis, dados pela análise de solo. Com essas informações, utilizando as equações eq. 18 e eq. 19 calcula-se a massa de solo ocupada pelas raízes (eq. 17) e a quantidade de nutrientes disponíveis (eq. 18)

$$M_s = z d 10^4 \quad (17)$$

$$Q_{nd} = m_s n_d 10^3 \quad (18)$$

em que:

$m_s$  - massa de solo ocupada pelas raízes ( $t \text{ ha}^{-1}$ );

$z$  - profundidade do sistema radicular da cultura (m);

$d$  - densidade do solo ( $t \text{ m}^{-3}$ );

$q_{nd}$  - quantidade de nutrientes disponíveis ( $\text{kg ha}^{-1}$ );

$n_d$  - nutrientes disponíveis ( $\text{g t}^{-1}$ ).

Uma outra forma de seleção da dose de nutrientes é utilizar as recomendações de adubação provenientes da pesquisa, específica para cada cultura e região.

## 5.2 Marcha de absorção de nutrientes

Para efetuar um bom manejo da fertirrigação é necessário conhecer como ocorre a distribuição da absorção dos nutrientes no ciclo da cultura. Devido sua complexidade na determinação são poucas essas informações na literatura, principalmente para as fruteiras.

De maneira geral, a absorção de macronutrientes, principalmente N, P e K, pelas culturas segue a mesma tendência do acúmulo de matéria seca (Papadopoulos, 1999). Portanto, na ausência da curva de absorção de nutrientes, o acúmulo de matéria seca dá uma boa aproximação.

A quantidade de nutrientes recomendada deve ser distribuída no ciclo da cultura de acordo com a sua marcha de absorção, que pode ser representada em termos percentuais, como apresentada na Tabela 8 para o maracujazeiro amarelo. O período compreendido entre 10 e 130 dias corresponde à fase de formação da cultura e a partir deste, a cultura entra na fase de produção (1º ano). Para os ciclos produtivos seguintes, 2º e 3º ano, pode adotar a mesma distribuição do período de produção no 1º ano.

**Tabela 8.** Distribuição percentual de nitrogênio (N) e potássio ( $K_2O$ ) no ciclo fenológico do maracujazeiro amarelo.

Períodos (dia)	N %	( $K_2O$ )
<b>Formação</b>		
10 – 40	2,5	1,5
40 – 70	3,0	2,0
70 – 100	3,5	3,0
100 –130	4,0	3,5
<b>Produção</b>		
130 – 160	4,5	4,0
160 – 190	5,0	4,5
190 – 220	5,5	5,0
220 – 250	6,5	5,5
250 – 280	9,0	9,0
280 – 310	14,0	16,5
310 – 340	19,5	20,5
340 –370	23,0	25,0

Fonte: Adaptado de Haag et al. (1973) e Sousa (2000)

### 5.3 Frequência de fertirrigação

Uma das maiores vantagens da fertirrigação é a possibilidade da aplicação dos nutrientes recomendados de forma parcelada. As frequências de aplicação de nutrientes ou parcelamento de nutrientes devem ser feitas de acordo com a marcha de absorção de nutrientes pela cultura nos seus diferentes estádios de desenvolvimento (Sousa & Sousa, 1992; Sousa & Sousa, 1998). Desta forma, para efetuar um bom manejo da fertirrigação é necessário conhecer como ocorre a distribuição da absorção dos nutrientes no ciclo da cultura.

Entretanto, no âmbito geral, a frequência da fertirrigação depende, dentre outros fatores, do tipo de fertilizante, solo, cultura, salinidade e sistema de irrigação. Fertilizantes com maior potencial de lixiviação, como os nitrogenados, devem ser aplicados mais frequentemente. Todavia, por não implicar em aumento significativo de mão-de-obra as principais fontes de nitrogênio e potássio podem ser misturadas e aplicadas simultaneamente. Para gotejamento em solos de textura arenosa, a fertirrigação deve ser realizada de um a dois dias, enquanto em solos de textura média e fina de dois a sete dias.

As aplicações mais freqüentes e em menores quantidades permitem reduzir as perdas de nutrientes, aumenta a eficiência do uso de fertilizantes e promove o aumento da produtividade das culturas (Pinto et al., 1993; Sousa, 1993). No caso do nitrogênio, os efeitos da aplicação com maior freqüência são mais evidentes devido sua facilidade de perda no solo, principalmente nos solos de textura arenosa.

A literatura mostra que na maioria das vezes, os melhores resultados da fertirrigação são obtidos com aplicações mais freqüentes. A aplicação de fertilizantes deve ser feita com a mesma freqüência de irrigação (Pizarro, 1987). Para as culturas de ciclo curto, como as hortaliças e culturas anuais, a fertirrigação deve ser mais freqüente. Para as fruteiras de ciclo anual, os fertilizantes podem ser aplicados via água de irrigação com menor freqüência. No entanto, não há nenhum problema se aplicar na mesma freqüência de irrigação. A cultura a ser fertirrigada é um fator decisivo na definição da freqüência de fertirrigação. A dinâmica de absorção de nutrientes de uma cultura de ciclo curto, como o meloeiro, difere da dinâmica de absorção de uma cultura perene, como uma mangueira.

O estado de salinidade do solo também deve ser observado, pois menores freqüências de fertirrigação implicam em maiores quantidades de fertilizantes por vez, o que implica aumento da condutividade elétrica e do potencial osmótico da solução do solo, que podem exceder aos valores aceitáveis pelas plantas. Dependendo da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, poder-se-á manter uma maior ou menor freqüência de fertirrigação. A Tabela 9 apresenta dados sobre o efeito da freqüência de irrigação e de fertirrigação na salinidade do solo.

A aplicação de nitrogênio e potássio via água de irrigação no maracujazeiro pode ser conduzida com freqüência entre três a sete dias. No caso do nitrogênio, recomenda-se que, em solo arenoso, sua aplicação seja em torno de três dias.

**Tabela 9.** Freqüência de fertirrigação e salinidade máxima da água na saída dos emissores em irrigação localizada.

Intervalo entre irrigações (dias)	Intervalo entre fertirrigações (dias)	Concentração (g.L <sup>-1</sup> )	Condutividade elétrica (dS.m <sup>-1</sup> )
1	1	1,5	2,3
1	2	2,0	3,1
1	3	2,5	4,0
1	4-7	4,0	6,3



## 5.4 Nutrientes para fertirrigação

### 5.4.1 Nitrogênio

O nitrogênio (N) é fundamental no crescimento, na formação vegetativa da planta e na produção, pois estimula o desenvolvimento de gemas floríferas e frutíferas, aumentando também o teor de proteínas. A maior absorção de N pelo maracujazeiro ocorre após o aparecimento dos frutos, em torno de oito a nove meses após o plantio. Após o décimo primeiro mês, a absorção de N é estabilizada.

Esse nutriente é o mais aplicado via água de irrigação, pois apresenta alta mobilidade no solo, principalmente na forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), o que favorece perdas, podendo as mesmas serem reduzidas com aplicações de forma parcelada por fertirrigação. Na fertirrigação parcela-se o N de acordo com a demanda do maracujazeiro, reduzindo as perdas do nutriente, principalmente em solos arenosos.

As quantidades de N recomendadas para a cultura, no mundo, são muito variáveis, com amplitude de 20 a 733  $\text{kg ha}^{-1}$  no plantio e no primeiro ano de implantação da cultura; 40 a 733  $\text{kg ha}^{-1}$  no segundo ano e 50 a 733  $\text{kg ha}^{-1}$  no terceiro ano. No Brasil, as recomendações variam de 40 a 200  $\text{kg ha}^{-1}$  de N. Maior produtividade e quantidade de sólidos solúveis totais e os menores valores de acidez do suco foram obtidas com aplicação de 300  $\text{kg ha}^{-1}$  ano<sup>-1</sup> de N (375  $\text{g planta}^{-1}$  ano<sup>-1</sup>), em solo de tabuleiro do Estado da Bahia. No Estado do Rio de Janeiro, máxima produtividade foi obtida com a aplicação de 290  $\text{g de N planta}^{-1}$  ano<sup>-1</sup> (483  $\text{kg ha}^{-1}$  ano<sup>-1</sup>).

Os fertilizantes nitrogenados sólidos são apresentados em quatro formas: amoniacal (sulfato de amônio, 200  $\text{g de N kg}^{-1}$  e 240  $\text{g de S kg}^{-1}$ ), nítrica (nitrato de sódio, 160  $\text{g de N kg}^{-1}$ ; nitrato de cálcio, 200  $\text{g de N kg}^{-1}$  e 20 a 80  $\text{g de Ca kg}^{-1}$ ), nítrico-amoniacal (nitrato de amônio, 340  $\text{g de N kg}^{-1}$ ) e amídica (uréia, 450  $\text{g de N kg}^{-1}$ ), sendo solúveis em água e adequados para fertirrigação, inclusive por gotejamento. De modo geral, as fontes nitrogenadas apresentam comportamento similar, podendo diferir em razão da presença de outro nutriente ou pelo efeito sobre o pH do solo.

### 5.4.2 Fósforo

O fósforo (P) é responsável pelos processos de armazenamento e transferência de energia. Diferentemente do nitrogênio, o P é um nutriente pouco utilizado em fertirrigação, devido à sua baixa difusão no solo. A adubação fosfatada apresenta efeito residual de longa duração, pois esse nutriente não se move a longas distâncias de onde é colocado e a lixiviação no perfil do solo é pequena, até mesmo em solos mais arenosos.

As quantidades de P recomendadas nas regiões produtoras do mundo variam de 20 a 400  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  no plantio e primeiro ano de implantação, 20 a

367kg/ha no segundo ano e 30 a 367 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no terceiro ano. No Brasil, dependendo do teor encontrado no solo, as quantidades variam de 0 a 160 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. A maior produtividade do maracujazeiro, em solo de tabuleiro costeiro do Estado da Bahia, foi obtida com 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado três vezes no ano, sendo uma dose na época do florescimento, que é considerado um período crítico de absorção de nutrientes.

De maneira geral, o fósforo é pouco aplicado através da água de irrigação, devido à baixa solubilidade da maioria dos fertilizantes fosfatados e da facilidade de sua precipitação, causando entupimento na tubulação e nos emissores. O ácido fosfórico (760 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> L<sup>-1</sup>), apesar do risco de corrosão nos tubos e conexões metálicas, não causa problemas de entupimento dos emissores, que além de fornecer fósforo, é também aplicado através da água de irrigação para promover a limpeza dos tubos e emissores do sistema de irrigação. Além desse, podem ser empregados em fertirrigação o fosfato diamônico (DAP, 460 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg<sup>-1</sup>) e o fosfato monoamônico (MAP, 480 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg<sup>-1</sup>).

### 5.4.3 Potássio

O potássio é o elemento de maior mobilidade na planta, e passa com facilidade de uma célula para outra e do xilema para o floema. Por isso, é o componente mineral de maior expressão nos processos osmóticos das plantas que envolvem absorção e armazenamento de água.

O potássio atua como ativador enzimático e tem papel fundamental na abertura e fechamento dos estômatos, na fotossíntese, na respiração e na translocação de carboidratos das folhas para as diversas partes da planta, principalmente para os frutos. Entretanto, deficiência desse nutriente no maracujazeiro provoca atraso na floração, redução no tamanho dos frutos e na área foliar, afetando, conseqüentemente, a fotossíntese e o conteúdo de sólidos solúveis nos frutos.

A deficiência de potássio no maracujazeiro provoca ainda redução na ramificação, no comprimento e nos diâmetros dos ramos. A frutificação é intensa, porém o peagâmetro de frutos é reduzido, e aqueles que se formam são pequenos, resultando em baixas produtividades, com frutos de casca mais espessa, reduzido número de sementes e baixa quantidade de suco.

A disponibilidade de potássio é acentuadamente influenciada pelo teor de umidade no solo. Portanto, o manejo adequado de irrigação manterá o solo em estado ótimo de umidade, favorecendo assim a disponibilidade e absorção de potássio pelo maracujazeiro.

Tal como o nitrogênio, a aplicação de potássio via água de irrigação, é viável, uma vez que os fertilizantes potássicos são solúveis em água. No

parcelamento desse nutriente é importante considerar o seu potencial de perdas por lixiviação e a curva de absorção da cultura. Sabe-se que as perdas de K por lixiviação variam com a textura do solo, sendo maiores em solos arenosos e quando as doses aplicadas são muitas elevadas.

As doses de K recomendadas nas regiões produtoras do mundo variam de 48 a 1.466 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no plantio e primeiro ano de implantação e de 50 a 1.466 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O nos segundo e terceiros anos. No Brasil estas doses oscilam de 0 a 420 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, dependendo do teor do nutriente no solo. Aumentos no comprimento de diâmetro do fruto foram obtidos com doses mais elevadas de K. Maiores produtividades foram atingidas com 300 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (375 g planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) em solo de tabuleiro; enquanto em neossolos quartzarênicos, a dose econômica foi de 287 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (503 g planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O). No Estado do Rio de Janeiro, obteve-se máxima produtividade com 434 g planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (723 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O).

Os fertilizantes potássicos, normalmente utilizados em fertirrigação, são: cloreto de potássio (KCl, 600 g de K<sub>2</sub>O kg<sup>-1</sup> + 480 g de Cl kg<sup>-1</sup>), sulfato de potássio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 520 g de K<sub>2</sub>O kg<sup>-1</sup> + 170 g de S kg<sup>-1</sup>), nitrato de potássio (KNO<sub>3</sub>, 440 g de K<sub>2</sub>O kg<sup>-1</sup> + 140 g de N kg<sup>-1</sup>), nitrato de sódio e potássio (KNaNO<sub>3</sub>, 140 g de K<sub>2</sub>O kg<sup>-1</sup> + 140 g de N kg<sup>-1</sup> e sulfato de potássio e magnésio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.2MgSO<sub>4</sub>, 220 g de K<sub>2</sub>O kg<sup>-1</sup> + 11g de Mg kg<sup>-1</sup> + 220 g de S kg<sup>-1</sup>).

Apesar do uso de cloreto de potássio em fertirrigação, sua aplicação requer cuidados, principalmente em sistemas de irrigação por gotejamento. O cloreto de potássio vermelho, além de fornecer ferro ao solo a níveis inadequados à cultura, pode precipitar formando crostas nas paredes internas da tubulação de irrigação e provocando obstrução no gotejadores. O uso do cloreto de potássio branco elimina o fornecimento de ferro ao solo, todavia, este contém alumínio, podendo provocar toxidez à cultura.

#### 5.4.4 Outros nutrientes

Quanto aos macronutrientes cálcio (Ca) e magnésio (Mg), estes são normalmente supridos pela calagem. Vale lembrar que o Ca é o terceiro nutriente mais absorvido pelo maracujazeiro, em torno de 152 kg ha<sup>-1</sup>.

O suprimento de enxofre (S) pela fertirrigação não apresenta problemas, pois o íon SO<sub>4</sub><sup>-</sup> é móvel no solo e está presente em fertilizantes com alta solubilidade, como o sulfato de amônio (240 g de S kg<sup>-1</sup>).

Quanto aos micronutrientes, o zinco (Zn) e o boro (B) são os mais absorvidos pela planta, após o manganês (Mn) e o ferro (Fe). Havendo deficiências de Zn aplicar 20 g por planta de sulfato de zinco (ZnSO<sub>4</sub>, 220 g de Zn kg<sup>-1</sup>); e de B, aplicar, via água de irrigação, 6,5 g por planta de ácido bórico (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, 160 g de B kg<sup>-1</sup>).

## 5.5 Concentração da solução

Uma vez definidos os tipos e as doses dos fertilizantes a serem aplicados via água de irrigação e verificada a compatibilidade entre os mesmos, o preparo da solução nutritiva deve levar em consideração, principalmente, o seu pH e a solubilidade dos adubos. O pH da solução deve ser mantido entre 5,5 e 6,5 (Sousa et al., 1999). Para valores de pH acima de 7,5, pode ocorrer precipitação de carbonatos de cálcio e de magnésio, provocando entupimento dos emissores e das linhas de irrigação (Coelho et al., 2000). Não há uma recomendação padrão para a concentração dos nutrientes na solução nutritiva. Essa concentração pode ser obtida a partir da concentração da solução que flui nas linhas de irrigação. Quando for necessário misturar fertilizantes diferentes, é importante verificar a compatibilidade entre eles.

A concentração da solução nutritiva que deve ser injetada no sistema de irrigação pode ser determinada pela equação 19.

$$CSI = \frac{qi}{CAI} \cdot Qs \quad (19)$$

em que:

CSI - concentração da solução a ser injetada ( $g L^{-1}$ );

CAI - concentração do nutriente na água de irrigação ( $g L^{-1}$ );

$q_i$  - vazão de injeção da solução na linha de irrigação ( $L h^{-1}$ ); e

$Q_s$  - vazão do sistema de irrigação ( $L h^{-1}$ ).

Conhecendo-se a vazão do sistema de irrigação ( $Q_s$ ) e a razão de injeção ( $ri$ ), pode-se determinar a vazão de injeção ( $q_i$ ) (eq. 20). Não há valores de  $ri$  recomendados na literatura, podendo-se utilizar 0,01, ou valores que não resultem em concentrações da solução a ser injetada acima de  $250 g L^{-1}$ , considerado o limite de solubilidade dos fertilizantes (Sousa et al., 1999). Em termos gerais, a concentração da solução final (que chega a planta), não deve ultrapassar a  $0,70 g L^{-1}$ , e no caso de irrigação por gotejamento, esta deve ser mantida sempre entre  $0,20$  e  $0,40 g L^{-1}$ , uma vez que os emissores são mais susceptíveis à obstruções (Pizarro, 1987). Na prática, tem-se observado que as concentrações das soluções no tanque tem variado a valores acima de  $4 g L^{-1}$ , mas sempre obedecendo a solubilidade do fertilizante utilizado (Coelho et al., 2000).

$$q_i = ri \cdot Q_s \quad (20)$$

Se o tempo de fertirrigação for estabelecido em função do tempo de irrigação, pode-se calibrar o injetor para a determinada vazão de injeção da solução ( $q_i$ ), e posteriormente verificar a razão de injeção se está dentro da concentração recomendada.

No caso da utilização de injetores em que a concentração da solução se mantém constante durante o tempo de injeção, a determinação da concentração final de nutriente na água de irrigação aplicada à planta (CAI) pode ser determinada pela equação 21.

$$CAI = \frac{QN}{Q_s \cdot T_f} \quad (21)$$

em que:

QN - quantidade do nutriente a ser aplicada (kg);

T<sub>f</sub> - tempo de fertirrigação adotado (h)

Conhecendo a razão de injeção (ri) e a concentração do nutriente na água de irrigação (CAI), pode-se também determinar a concentração da solução a ser injetada (CSI), pela equação 22.

$$CSI = \frac{CAI}{r_i} \quad (22)$$

A concentração do fertilizante na água de irrigação (CFAI) é determinada considerando a concentração do nutriente no fertilizante selecionado. Pode-se usar um valor de ri de 0,01. Caso a concentração da solução a ser injetada não seja adequada (CSI > 250 g L<sup>-1</sup>), adota-se um outro valor para ri. O volume de água necessário para se obter a solução a ser injetada é dada pela seguinte equação 23.

$$V = \frac{QFA}{CFSI} \quad (23)$$

em que:

V - volume de água necessário (L);

QFA - quantidade do fertilizante a ser aplicada (kg); e

CFSI - concentração do fertilizante na solução a ser injetada.

O volume total necessário para a solução será o volume de água (V) somado ao volume do adubo, que pode ser obtido pela densidade (df) do mesmo. A densidade do fertilizante pode ser obtida pela equação 24.

$$df = \frac{mf}{Vf} \quad (24)$$

em que:

$d_f$  – densidade do fertilizante ( $\text{kg L}^{-1}$ );

$m_f$  – massa do fertilizante (kg); e

$v_f$  – volume do fertilizante (L).

A densidade da uréia, por exemplo, é de  $0,724 \text{ kg L}^{-1}$ , e do cloreto de potássio  $1,074 \text{ kg L}^{-1}$ . O volume total da solução a ser injetada será  $(v + v_f)$ , em que  $v$  é o volume de água utilizado para dissolver o fertilizante. Com base no volume total e no volume disponível (tanque ou reservatório de fertirrigação), calcula-se quantos recipientes são necessários para preparar a solução nutritiva.

No caso da utilização de injetores de fertilizantes que aplica a solução em concentração variada ao longo do tempo de injeção como, por exemplo, o tanque de derivação de fluxo, Shani (1981) sugere que o volume de água que deve passar dentro do tanque durante a fertirrigação seja quatro vezes o volume do tanque. Pela resolução da equação que expressa a redução da concentração no tanque durante o tempo de injeção, a concentração final no tanque pode ser determinada pela equação 25.

$$C_t = C_o e^{-x} \quad (25)$$

em que:

$C_t$  – concentração do fertilizante na solução após o tempo  $t$ ;

$C_o$  – concentração inicial do fertilizante;

$x$  – razão entre o volume de água que passa pelo tanque durante o tempo  $t$  e o volume do tanque.

## 5.6 Aplicação da solução fertilizante

Depois de determinadas as quantidades de nutrientes, a seleção dos fertilizantes a serem aplicados na cultura, frequência de fertirrigação, cálculos das concentrações e tempo de fertirrigação, deve-se proceder à seleção do injetor a ser utilizado na aplicação dos fertilizantes.

A aplicação da solução nutritiva na linha de irrigação deve ser iniciada quando todo o sistema estiver em pleno funcionamento, com todas as linhas cheias de água. De maneira geral, recomenda-se iniciar a aplicação da solução nutritiva após o funcionamento em torno de 25% do tempo de irrigação ( $T_i$ ). A aplicação da solução, ou a fertirrigação propriamente dita, deve ser feita em 50% do tempo de irrigação, sendo o restante do tempo (25% de  $T_i$ ), utilizado para a lavagem da tubulação. O tempo de fertirrigação nunca deve ser inferior a 30 minutos (Shani, 1981; Frizzone et al. 1985). No entanto, avaliações de campo têm mostrado que a estabilização da concentração da solução nas linhas de irrigação ocorre depois de 22 minutos de funcionamento da prática (Sousa et al., 2000). Portanto, para tempos de fertirrigação muito pequeno ocorre risco de baixa uniformidade de distribuição de fertilizantes ao longo da área, afetando o desenvolvimento e a produtividade da cultura.

A aplicação de fertilizantes tradicionalmente usados em adubação convencional, por não serem apropriados para fertirrigação podem acarretar solubilidade não adequada. Nesse caso, deve dar preferência aos mais solúveis e no caso do uso de bombas injetoras ou venturi, pode-se manter a solução dentro do tanque aberto sob agitação contínua durante a injeção para evitar perdas. No caso da bomba injetora hidráulica, usar o filtro na admissão da água à bomba e na mangueira de sucção. Uma vez terminada a fertirrigação manter a bomba em funcionamento com água limpa por pelo menos 5 minutos, de forma assegurar a limpeza da mesma. Pode-se também preparar a solução com antecedência a fertirrigação em um reservatório, deixando a mesma em repouso durante 20 a 30 minutos, após os quais transfere a solução para outro reservatório de onde será bombeada para o sistema de irrigação, deixando no primeiro apenas a parte decantada. Nesse procedimento a eficiência da fertirrigação é menor, em função das partes de nutrientes que ficou sedimentada no reservatório.

Para fazer a manutenção do sistema de injeção de fertilizantes, no caso de bombas injetoras de acionamento hidráulico, deve-se conectar a mangueira de entrada de água da bomba injetora à tubulação, deixando a mangueira de injeção desconectada, em seguida a mangueira de sucção deve ser colocada num recipiente contendo água limpa. A bomba deve funcionar por 15 minutos, após os quais a mangueira é desconectada. O exterior da bomba pode ser limpo usando produto anticorrosivo nas partes metálicas e as partes móveis metálicas da bomba podem ser lubrificadas.

## 5.7 Monitoramento da fertirrigação e dinâmica de nutrientes no solo

O monitoramento da fertirrigação deve ser feito para avaliar o manejo em si, com base nos impactos causados no solo que possam influenciar o desenvolvimento das plantas, que deve envolver o acompanhamento da aplicação dos fertilizantes observando a concentração da solução injetada, concentração da solução final na saída dos emissores, uniformidade de distribuição ao longo da área e a distribuição dos nutrientes no perfil do solo.

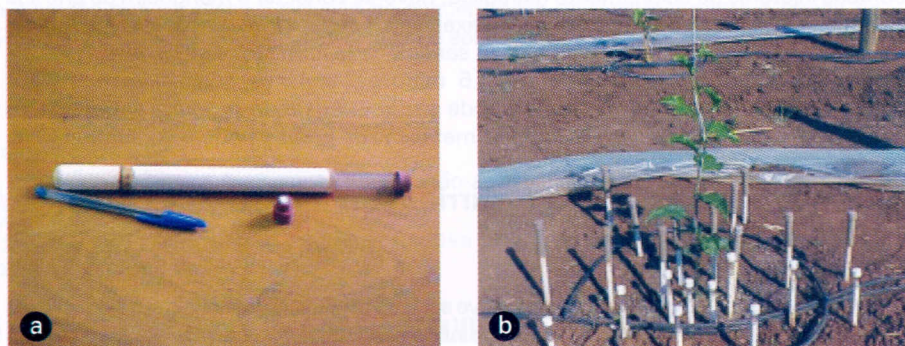
O acompanhamento da concentração da solução injetada e na saída dos emissores deve ser feita com amostragens coletadas durante a aplicação e medindo a condutividade elétrica (CE) com um condutivímetro portátil, observando além da uniformidade, se os valores não diferirem muito do planejado.

A uniformidade de distribuição deverá ser feita a cada dois meses para detectar possíveis entupimentos na tubulação e emissores. A uniformidade de distribuição adequada deverá estar acima de 90%. No caso de obter valores menores, as causas devem ser variação de pressão no sistema de irrigação, vazamentos na tubulação, emissores com defeitos e/ou com entupimento. Ao constatar esses defeitos as correções devem ser feitas imediatamente.

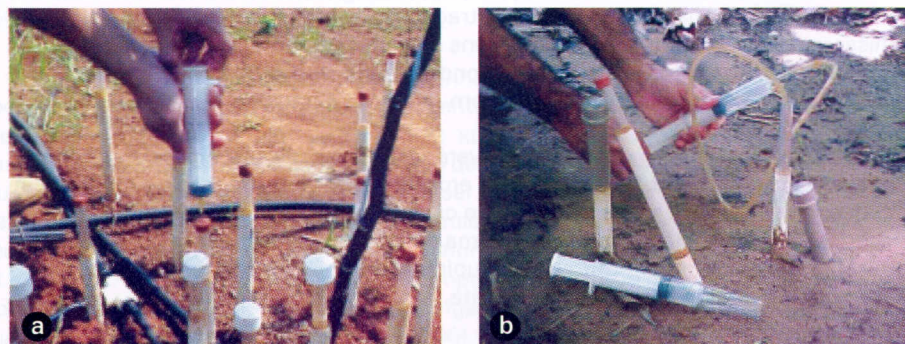
Em cultivos com fertirrigação é muito importante realizar o acompanhamento da dinâmica ou distribuição dos nutrientes no perfil do solo. Esta prática permite estabelecer ou ajustar a aplicação adequada dos fertilizantes e o manejo da água de

irrigação, além de poder prevenir danos ambientais como a salinização dos solos e a contaminação do lençol subterrâneo e fontes de água superficiais. Esse acompanhamento pode ser feito através de amostragens do solo e posterior determinação da condutividade elétrica e concentração de íons, que utiliza o extrato de saturação do solo ou por amostragens de solução do solo, pela utilização de extratores de solução do solo. Os extratores são confeccionados com cápsulas porosas utilizadas em tensiômetros e é de fácil manuseio (Figura 7).

Depois de instaladas no solo nas profundidades desejadas, a extremidade superior deve ser fechada e fazer a extração do ar interno para facilitar a entrada da solução pela cápsula. A retirada da solução pode ser feita com pequenas bombas de vácuo ou com seringas descartáveis, que compreende: (a) fazer um vácuo com uma tensão em torno de 70 kPa podendo utilizar uma seringa descartável; (b) em torno de 24 horas após o vácuo, deve proceder a retirada da solução do extrator, utilizando a mesma seringa acoplada a uma mangueira flexível para posterior análise em laboratório (Figura 8).



**Figura 7.** Extratores de solução confeccionados com cápsula porosa de cerâmica e tubo de pvc rígido, com a borracha de vedação na extremidade (a) e instalados em torno de plantas de maracujazeiro (b)

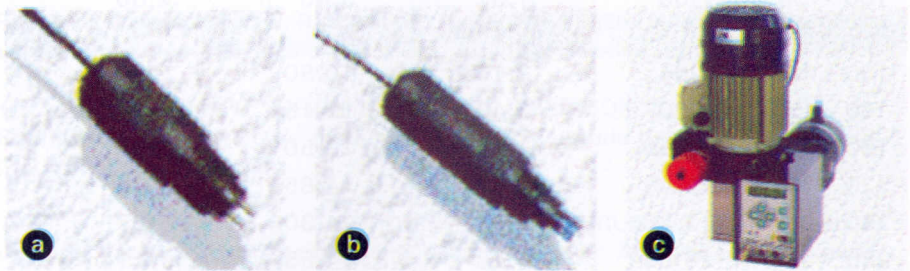


**Figura 8.** Procedimento da extração de solução do solo utilizando extratores de cápsula porosa e seringa descartável (i) vácuo e (ii) extração da solução



Recomenda-se a utilização de no mínimo uma bateria de extratores de solução, instalados em duas profundidades ou mais. Pode-se instalar um extrator na profundidade de maior concentração de raízes, que é em torno de 0,40 m para o maracujazeiro. O outro extrator deve ser instalado a uma profundidade tal que permita detectar lixiviação de nutrientes, portanto abaixo da região efetiva da absorção de nutrientes pelas raízes. Os extratores devem ser instalados a 0,10 m do gotejador entre o mesmo e a planta para o caso de gotejamento junto a fileira de plantas. No caso de microaspersão, se o emissor for localizado próximo da planta, instalar os extratores a 0,50 m da planta; se o emissor for localizado entre quatro plantas, manter a distância do extrator ao microaspersor de 0,50 m.

Além dos extratores de solução, pode-se utilizar também sensores de condutividade elétrica e de pH para fazer o monitoramento da distribuição de nutrientes e da variação de acidez no perfil do solo (Figura 9). Esses sensores são instalados no solo na profundidade desejada e por meio de visor de leituras pode-se acompanhar freqüentemente as variações da condutividade elétrica e do pH da solução do solo.



**Figura 9.** Sensores de condutividade elétrica(a) e pH (b) e respectivo leitor conectado a uma bomba elétrica para injeção de fertilizantes (c)

## 6 EXEMPLO DE ADUBAÇÃO DE PLANTIO E FERTIRRIGAÇÃO

Em cultivos com fruteiras sob fertirrigação é comum aplicar todo fósforo e micronutrientes recomendados para o primeiro ano, em fundação. Enquanto o nitrogênio e potássio deve ser distribuído ao longo do ciclo fenológico da cultura conforme suas exigências.

Em trabalho com o maracujazeiro amarelo sob fertirrigação em solo argiloso, cuja produtividade comercial no primeiro ano foi de 44.540 kg ha<sup>-1</sup>, o esquema de adubação adotado foi: (i) fundação: 0,20 kg cova<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,004 kg cova<sup>-1</sup> de Zn e 0,001 kg cova<sup>-1</sup> de B; (ii) fertirrigação: 0,480 kg planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N e 0,675 kg planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Com base nas quantidades de N e K<sub>2</sub>O, a

distribuição desses no ciclo da cultura pode ser feita tal como apresentado na Tabela 10. Neste caso, considerou-se um setor com 400 plantas e a aplicação por fertirrigação das doses (por planta) 0,480 kg de N e 0,675 kg de  $K_2O$  com frequência de 7 dias.

**Tabela 10.** Distribuição de nitrogênio (N) e potássio ( $K_2O$ ) no ciclo fenológico do maracujazeiro amarelo aplicados por fertirrigação em solo argiloso.

Períodos	Quantidade de N (kg)		Quantidade de $K_2O$ (kg)	
	No período	Por aplicação	No período	Por aplicação
Formação				
10 - 40	4,80	1,20	4,05	1,01
40 - 70	5,76	1,44	5,40	1,35
70 - 100	6,72	1,68	8,10	2,02
100 - 130	7,68	1,92	9,45	2,36
Produção				
130 - 160	8,64	2,16	10,80	2,70
160 - 190	9,60	2,40	12,15	3,04
190 - 220	10,56	2,64	13,50	3,37
220 - 250	12,48	3,12	14,85	3,71
250 - 280	17,28	4,32	24,30	6,07
280 - 310	26,88	6,72	44,55	11,14
310 - 340	37,44	9,36	55,35	13,84
340 - 370	44,16	11,04	67,50	16,87

Fonte: Adaptado de Sousa (2000)

## 7 REFERÊNCIAS

AGRIANUAL 2001: Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira, São Paulo, p 400-406, 2001.

ALENCAR, C. de A. **Consumo de água do maracujazeiro amarelo** (*Passiflora edulis* Sims var *flavicarpa* Deg). Piracicaba: ESALQ, 2000. 49p. Dissertação Mestrado.

BAUMGARTNER, J. G.; LOURENÇO, R. S.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral e adubação do maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) V. adubação mineral. **Científica**, v. 6, n.3, p.361-7, 1978.

BURT, C.; O'CONNOR, K.; RUEHR, T. **Fertigation**. San Luis Obispo: California Polytechnic State University, 1998.

COELHO, E. F.; BORGES, A. L.; SOUSA, V. F. de; OLIVEIRA, A. S. de; AGUIAR NETTO, A. de O. **Irrigação e fertirrigação da mangueira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2000. 26p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular Técnica, 39).

COSTA, E. L. da; SOUSA, F. V. de; NOGUEIRA, L.C.; SATURNINO, H. M. Irrigação da cultura do maracujazeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte. v.21, n.206, p.59-66, 2000.

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

DOORENBOS, J.; PRUIT, J. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 179p. (Irrigation and Drainage Paper, 24).

FRIZZONE, J. A.; ZANINI, J. R.; PAES, L. A. D.; NASCIMENTO, V. M. **Fertirrigação mineral**. Ilha Solteira: UNESP, 1985. 31p. (UNESP Boletim Técnico, 2).

GONZAGA NETO, L. G.; BEZERRA, J. E. F.; ABRAMOF, L.; MELO, G. S. de; LEDERMAN, I. E. **Cultivo do maracujá**. Recife: Secretaria de Agricultura, 1983. 40p. (Boletim Técnico, 9).

HAAG, H. P; OLIVEIRA, G. D; BORDUCHI, A. S; SARRUGE, J. R. Absorção de nutrientes por duas variedades de maracujá. ESALQ/USP. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz"**, v. 30, p. 267-279, 1973.

KLIEMANN, H. J; CAMPELO JÚNIOR, J. H; AZEVEDO, J. A. de; GUILHERME, M. R.; GENU, P. J. de C. Nutrição mineral e adubação do maracujazeiro. In: HAAG, H. P. **Nutrição mineral e adubação de fruteiras tropicais**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.247-284.

LIMA, A. de A. **A pesquisa no Brasil com a cultura do maracujá**. Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMPF, 1994. 14p (EMBRAPA-CNPMPF. Documentos, 55).

LOPEZ, T. M. Cabezal de riego. In: LOPEZ, C. C. **Fertirrigation: cultivos hortícolas y ornamentales**. Madri: Ediciones Mundi Prensa, 1998.

MALAVOLTA, E. **Nutricion y fertilizacion del maracuya**. Piracicaba: CENA/USP, 1994. 52p.

MANICA, I. **Fruticultura tropical: maracujá**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 151p.

MEDINA, J. C.; GARCIA, J. L. M.; LARA, L. C. C. **Maracujá**: da cultura ao processamento e comercialização. Campinas: Secretaria da Agricultura e Abastecimento/ITAL, 1980. 207p.

MELETTI, L. M. M. **Maracujá**: produção e comercialização em São Paulo. Campinas: IAC, 1996. 26p.

MENZEL, C. M; SIMPSON, D. R. Effect of continuous shading on growth, flowering and nutrient uptake of passion fruit. **Scientia Horticulturae**, v.35, p.77-88, 1988.

MENZEL, C. M; SIMPSON, D. R; DOWLING, A. J. Water relations in passion fruit: effect of moisture stress on growth, flowering and nutrient uptake. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.29, p.239-349, 1986.

MENZEL, C. M; SIMPSON, D. R; WINKS, C. W. Effect of temperature on growth, flowering and nutrient uptake of three passion fruit cultivars under low irradiance. **Scientia Horticulturae**, v.31, n.3/4, p.259-268, 1987.

PAPADOPOULOS, I. Fertirrigação: situação atual e perspectivas para o futuro. In: FOLEGATTI, M. V. **Fertirrigação**: citrus, flores, hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999. p.11-84.

PINTO, J. M; SOARES, J. M; CHOUDHURY, E. N; PEREIRA, J. R. Adubação via água de irrigação na cultura do melão. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v.28, n.11, p.1263-68, 1993.

PIZA JÚNIOR, C. de T. **A cultura do maracujá**. Campinas: Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, 1991. 71p.

PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia**. 3. ed., Madrid: Mundi Prensa, 1987. 513p.

PRIMAVESI, A. C. P. A; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do maracujá amarelo. VI. Efeitos dos macronutrientes no desenvolvimento e composição mineral das plantas. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v.37, n.2, p.609-630, 1980.

QUAGGIO, J. A.; PIZA JÚNIOR, C. de T. Nutrição mineral e adubação da cultura do maracujá. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DO MARACUJAZEIRO, 5., Jaboticabal, 1998. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1998. p.130-156.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: CERES/POTAFOS, 1991. 343p.

REICHARDT, K. Dinâmica de íons no solo. In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 1986, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.43-52.

RIZZI, L. C.; RABELLO, L. R.; MOROZINI FILHO, W.; SAVAZAKI, E. T., KAVATI, R. **Cultura do maracujá azedo**. Campinas: CATI, 1998. 54p. (CATI. Boletim Técnico, 235).

RUGGIERO, C.; SÃO JOSÉ, A. R.; VOLPE, C. A.; OLIVEIRA, J. C. de; DURIGAN, J. F.; BAUMGARTNER, J. G.; SILVA, J. R. W.; NAKAMURA, K.; FERREIRA, M. E.; KAVATI, R.; PEREIRA, V. de P.; **Maracujá para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 64p. (Publicações Técnicas FRUPEX, 19)

SHANI, M. **La fertilizacion combinada com el riego**. Israel: Ministerio del Agricultura, 1981. 36p.

SIMON, P.; KARNATZ, A. Effect of soil and air temperature on growth and flower formation of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). **Acta Horticulturae**, v.139, p.120-128, 1983.

SJOSTROM, G; ROSA, J. F. L. Estudo sobre as características físicas e composição química do maracujá ácido *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg. cultivado no município de Entre Rios, Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 4., 1978, Salvador. **Anais...Cruz das Almas: Sociedade Brasileira de Fruticultura**, 1978. p.265-273.

SOUSA, V. F. de. **Frequência de aplicação de N e K via água de irrigação por gotejamento no meloeiro (*Cucumis melo* L. cv. Eldorado 300) em solo de textura arenosa**. Botucatu: UNESP, 1993. 131p. Dissertação Mestrado.

SOUSA, V. F. de. **Níveis de irrigação e doses de potássio aplicados via fertirrigação por gotejamento no maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg)**. Piracicaba: ESALQ, 2000.178p. Tese Doutorado.

SOUSA, V. F. de; AGUIAR NETTO, A. O.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; SOUSA, A. de P.; DANTAS NETO, J. **Manejo de irrigação através do balanço de água no solo**. Teresina: Embrapa-CPAMN, 1997. 36p. (Embrapa-CPAMN. Documentos, 23).

SOUSA, V. F. de; ALENCAR, C. M.; FOLEGATTI, M. V. Coeficientes de cultivo para o maracujazeiro amarelo no período de desenvolvimento vegetativo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Fortaleza. Fortaleza: SBEA/UFC, 2000. 1 CD-ROM

SOUSA, V. F. de ; RODRIGUES, B. H. N.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; COELHO, E. F.; VIANA, F. M. P.; SILVA, P. H. S. da. **Cultivo do meloeiro sob fertirrigação por gotejamento no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 1999. 68p. (Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 21).

SOUSA, V. F. de; SOUSA, A. P. Efeito da frequência de aplicação de N e K por gotejamento na cultura do meloeiro (*Cucumis melo* L.). **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.17, n.3, p.36-45, 1998.

SOUSA, V. F. de; SOUSA, A. P. Fertirrigação: princípios e métodos de aplicação, vantagens e limitações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 1993, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1993. p.2519-2528.

SOUSA, V. F. de; SOUSA, A. P. Fertirrigação II: Tipos de produtos, aplicação e manejo. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, v.47, p.15-20, 1992.

SOUZA, J. S. I.; MELETTI, L. M. M. **Maracujá: espécies, variedades, cultivo**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 179p.

STAVELY, G. W.; WOLSTENHOLME, B. N. Effects of water stress on growth and flowering of *Passiflora edulis* (Sims) grafted to *P. Caerulea*. L **Acta horticulturae**, n.275, p.251-258, 1990.

TEIXEIRA, D. M. M.; OLITA, A. F. L.; VASCONCELOS, L. A. B. C. de. Efeito de vários níveis de fertilização na cultura do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* var. *Flavicarpa*). **Engenharia Rural**, v.1, n.1, p.1-22, 1990.

VIVANCOS, A. D. **Fertirrigación**. Madrid: Mundi-Prensa, 1993. 217p.