

Capítulo 17

Irrigação e fertirrigação na cultura do maracujá

Valdemício Ferreira de Sousa
Ana Lúcia Borges

Introdução

Pertencente à família Passifloraceae e gênero *Passiflora*, o maracujazeiro – frutífera originária da região tropical da América do Sul – é bastante cultivada no Brasil e proporciona bom retorno econômico para os produtores. O Brasil é o principal produtor mundial de maracujá, com 49.112 ha plantados e com área colhida de 48.752 ha. A produção em 2008 foi de 684.376 toneladas, e os estados que se destacam como maiores produtores são: Bahia, Ceará, Sergipe, Minas Gerais, Espírito Santo e Pará (IBGE, 2008). Em razão do uso da irrigação, na região Nordeste, a área cultivada com o maracujazeiro tem aumentado expressivamente nos últimos anos, tornando-a uma das dez espécies frutíferas mais cultivadas.

O maracujazeiro é uma planta lenhosa, perene, trepadeira, de crescimento rápido e contínuo. Seus ramos podem atingir de 5 m a 10 m de comprimento, havendo necessidade de condução específica em sistemas de exploração comercial. O sistema radicular é do tipo pivotante, pouco profundo, com maior volume de raízes (60% a 80%), compreendendo entre 0,30 m e 0,45 m de profundidade e um raio de 0,60 m a partir do caule (KLIEMANN et al., 1986; SOUSA et al., 2002; URASHIMA, 1985). As flores, geralmente, abrem-se entre 12h e 13h e permanecem abertas em torno de 4 horas. A polinização deve ser feita nesse período, caso contrário, não ocorre a formação de frutos. O principal agente responsável pela polinização do maracujazeiro é a abelha mamangava (*Xilocopa* spp.). Em sistema de produção comercial, a polinização artificial deve ser realizada, principalmente quando constatada ausência ou pouca presença das abelhas.

O maracujazeiro adapta-se melhor em regiões com temperaturas médias mensais entre 21 °C e 32 °C, precipitação pluviométrica anual entre 800 mm e 1.750 mm, baixa umidade relativa, período de brilho solar em torno de 11 horas e ventos moderados (MELETTI, 1996; RUGGIERO et al., 1996). Entre 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 existe possibilidade de interferência do homem. Fatores como estresse hídrico e baixo nível 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 (MENZEL et al., 1986; SIMON; KARNATZ, 1983).

Métodos e sistemas de irrigação

O maracujazeiro pode ser irrigado com qualquer um dos métodos de irrigação conhecidos, quais sejam: irrigação por superfície, por aspersão e localizada. Na definição do método e/ou sistema de irrigação, devem-se observar as recomendações técnicas, a fim de que haja melhor aproveitamento da água e maior eficiência da irrigação. Nas condições atuais, em que se defende o melhor aproveitamento e a economia dos recursos hídricos, o método de irrigação localizada destaca-se dos demais (COSTA et al., 2000).

Deve-se ter maior atenção ao irrigar por aspersão durante os períodos de abertura das flores e de polinização. As flores abrem-se após as 12h, com máxima abertura às 13h. Após a polinização, os estigmas devem permanecer secos pelo menos por 2 horas. Assim, recomenda-se que as irrigações sejam feitas no período da manhã, no final da tarde ou à noite. O objetivo é evitar que a água, ao entrar em contato com os grãos de pólen, provoque o estouro desses grãos reduzindo a possibilidade de fecundação.

O método mais comumente usado tem sido a irrigação localizada, com os sistemas de gotejamento e microaspersão. A microaspersão promove maior área molhada de solo comparada ao gotejamento, permitindo maior expansão do sistema radicular (Figura 1). Semelhante ao método de aspersão, a microaspersão favorece a formação de um microclima próximo ao caule das plantas, acarretando o aparecimento de possíveis doenças. No entanto, a instalação dos microaspersores próximos à fileira de plantas garante melhor distribuição de água e umedecimento na região do seu sistema radicular. Por isso, o uso da microaspersão numa cultura implantada no sistema em espaldeira requer a poda dos ramos de 0,40 m a 0,50 m acima do nível do solo.

A irrigação por gotejamento, embora seja de alto custo inicial, é o método de maior eficiência e de menor demanda de energia. Quando se realiza o dimensionamento do sistema de irrigação por gotejamento para o maracujazeiro, devem-se ter os devidos cuidados com relação ao número e à disposição dos gotejadores em torno do caule da planta em razão da sua vazão e tipo de solo. Os gotejadores podem ser distribuídos em linha com dois ou três emissores por planta (Figura 2). A distribuição ideal consiste na disposição dos gotejadores em torno do caule da planta, permitindo a sobreposição dos bulbos úmidos (disposição em círculo) (Figura 3). Nesse caso, pode-se utilizar de três a quatro emissores por planta, com raio médio de 0,25 m por planta na fase de formação (até 120 dias de idade) e de 0,40 m por planta na fase de produção. É possível também dispor os gotejadores em semicírculo (Figura 4), utilizando-se três emissores por planta, obedecendo aos mesmos critérios anteriores.

Figura 1. Irrigação por microaspersão na cultura do maracujá.



Foto: Ana Lúcia Borges

Foto: Valdemício Ferreira de Sousa



Figura 2. Gotejadores distribuídos próximo à linha de plantas do maracujazeiro.

Figura 3. Distribuição de gotejadores em círculo em torno da planta de maracujazeiro.



Foto: Valdemício Ferreira de Sousa

Foto: Valdemício Ferreira de Sousa



Figura 4. Distribuição de gotejadores em semicírculo em torno da planta de maracujazeiro.

Ainda referente à disposição de emissores (gotejadores), tanto o sistema de gotejamento superficial quanto o subsuperficial (enterrado) podem ser utilizados. No caso dos emissores enterrados e pela característica do maracujazeiro de apresentar um sistema radicular raso, recomendam-se profundidades de instalação que variem de 0,20 m (em solo arenoso) a 0,25 m (em solo argiloso). Ainda no gotejamento enterrado, o plantio em época chuvosa facilita o desenvolvimento das raízes, que terão profundidade suficiente para absorção de água do volume molhado nos períodos secos subsequentes.

Nogueira et al. (1998) estudaram os efeitos de três sistemas de irrigação localizada e de três níveis de irrigação na cultura do maracujazeiro em solo de tabuleiro. Os seguintes sistemas foram usados: microaspersão e gotejamento superficial e subsuperficial. As lâminas de irrigação foram baseadas nos dados de evaporação do tanque Classe A, utilizando-se os fatores de 0,6, 0,8 e 1,0. Os autores observaram efeitos significativos das lâminas d'água sobre o peso médio de frutos, cuja irrigação por gotejamento foi superior à microaspersão no que diz respeito ao número e ao peso médio de frutos.

Necessidades hídricas da cultura

O maracujazeiro responde bem à irrigação, e o teor de umidade no solo é um dos fatores que mais influenciam o florescimento da cultura (VASCONCELLOS, 1994). A falta de umidade no solo provoca a queda de folhas e frutos do maracujazeiro, principalmente no início de seu desenvolvimento. Quando os frutos permanecem na planta numa situação de deficiência hídrica, podem crescer com enrugamento, e isso prejudica a qualidade da produção (MANICA, 1981; RUGGIERO et al., 1996).

Informações sobre as necessidades hídricas da cultura do maracujazeiro são atualmente escassas na literatura. Resultados obtidos por Martins et al. (1998) no Estado do Rio de Janeiro mostraram a relação entre a lâmina d'água total aplicada (chuva + irrigação) e a produtividade da cultura do maracujazeiro irrigado por gotejamento. Para os autores, a produtividade máxima econômica (39.051 kg ha⁻¹) foi obtida com uma lâmina em torno de 1.360 mm. Os resultados evidenciaram ainda que o uso da irrigação propiciou um aumento de 36% na produtividade da cultura. A partir dos resultados obtidos por Martins et al. (1998), fizeram-se combinações para situações particulares de clima, solo, variedade e método de irrigação (Tabela 1), que, no entanto, podem ser extrapoladas na ausência de informações locais mais precisas.

Resultados de Sousa (2000) e de Sousa et al. (2003) mostraram que o maracujazeiro amarelo requer uma quantidade de água em torno de 2.117 L planta⁻¹ ano⁻¹ ou, em média, 940 mm ano⁻¹ para obter a máxima produtividade comercial (Figura 5).

Nas condições de Piracicaba, SP, o consumo hídrico do maracujazeiro amarelo na fase de desenvolvimento vegetativo (até os 180 dias após o transplante) foi de 432,9 mm, com máximo consumo de água (4,68 mm dia⁻¹) registrado no início da floração (ALENCAR, 2000). Utilizando o modelo de Penman-Monteith para estimar a evapotranspiração de referência (*ET₀*), o autor determinou valores de coeficientes de cultivo (*K_c*) que variaram entre 0,51 e 1,10 no período estudado.

Tabela 1. Relação entre lâmina total de água e produtividade do maracujazeiro amarelo irrigado por gotejamento.

Lâmina total ⁽¹⁾ (mm)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
826 ⁽¹⁾	29.627
1.045	34.067
1.197	37.095
1.306	40.131
1.479	40.031
1.724	33.847

⁽¹⁾ A precipitação pluviométrica no período foi de 826 mm.
Fonte: adaptado de Martins et al. (1998).

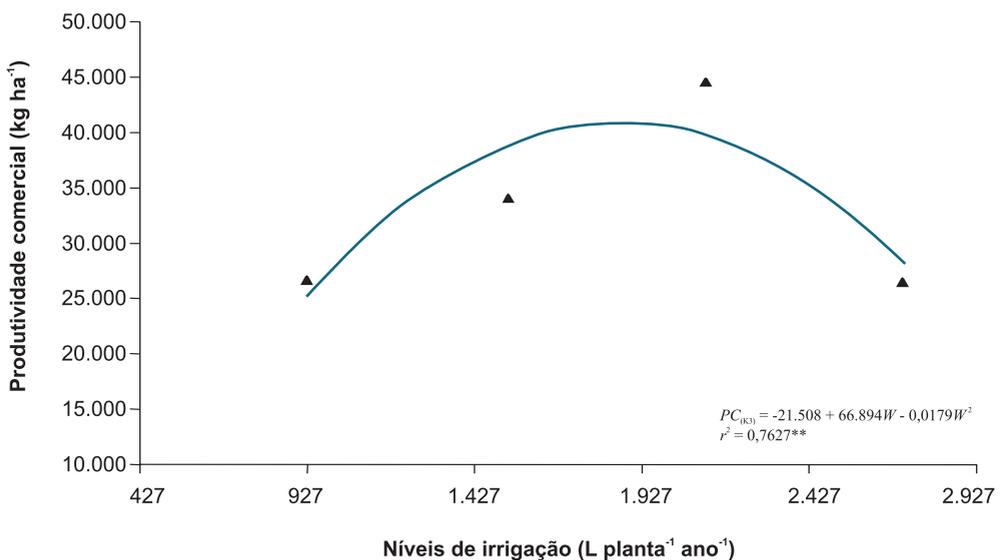


Figura 5. Produtividade comercial do maracujazeiro amarelo (*PC*) sob diferentes níveis de irrigação (*W*) aplicados por gotejamento.

O consumo médio de água pela cultura, determinado por meio da evapotranspiração da cultura (ET_c) em lisímetros de drenagem (Figura 6), mostrou baixo consumo de água ($ET_c < 1,10 \text{ L planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) na fase inicial (até 90 dias após o transplântio das mudas). Esse fato ocorreu em virtude do pequeno crescimento da planta (área foliar) e também pelo período frio do ano (inverno). A partir desse ponto, o consumo cresceu até os 300 dias, atingindo até $23,37 \text{ L planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, reduzindo em seguida até os 428 dias, com $14,52 \text{ L planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

Como abordado, a ascensão e as reduções no consumo de água pelo maracujazeiro, observadas ao longo do tempo, podem ser atribuídas às condições de demanda atmosférica e ao próprio desenvolvimento e crescimento das plantas. Nesse trabalho, 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.

Para o manejo de irrigação do maracujazeiro, podem-se tomar como referência os valores de K_c obtidos por Souza et al. (2000) a partir da evapotranspiração da cultura (ET_c) determinada em lisímetro de drenagem, ajustados a vários métodos de estimativa de ET_0 . Os maiores valores de K_c (máximo de 1,48) foram obtidos pelo método de Thornthwait para a estimativa da ET_0 . Para os métodos do tanque Classe A e Penman-Monteith, os valores de K_c foram próximos, 1,24 e 1,16, respectivamente (Tabela 2).

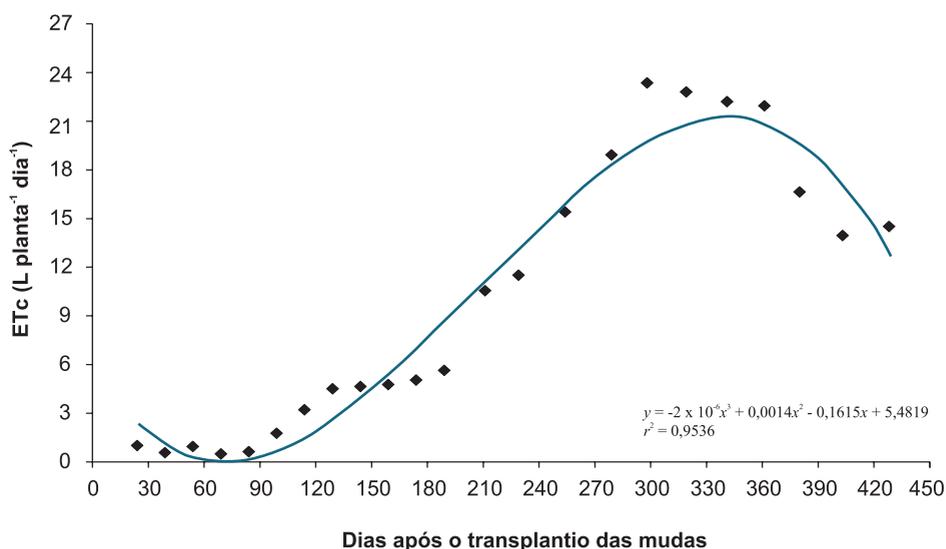


Figura 6. Evapotranspiração média do maracujazeiro determinada no período de maio de 1999 a julho de 2000 em lisímetros de drenagem.

Fonte: Sousa (2000).

Tabela 2. Valores médios da evapotranspiração da cultura (ET_c) e dos coeficientes de cultivo (K_c) para o maracujazeiro amarelo, determinados a partir de valores de ET_o estimados pelos métodos Penman-Monteith, K_c (PM); tanque Classe A, K_c (CA); Thornthwait, K_c (TH); Hargreaves-Samani, K_c (HS); e Linacre, K_c (Ln), para a região de Piracicaba, SP.

Subperíodos (dia/mês)	ET_c (mm dia ⁻¹)	Valores de K_c				
		K_c (CA)	K_c (PM)	K_c (TH)	K_c (HS)	K_c (Ln)
21/5–4/6	0,84	0,38	0,38	0,54	0,27	0,21
5/6–19/6	0,79	0,37	0,41	0,56	0,32	0,21
20/6–4/7	0,45	0,20	0,37	0,29	0,16	0,12
5/7–19/7	0,39	0,16	0,41	0,21	0,13	0,09
20/7–3/8	0,52	0,20	0,51	0,28	0,16	0,12
4/8–19/8	1,49	0,55	0,64	0,80	0,40	0,31
20/8–2/9	2,62	0,77	0,76	1,13	0,59	0,55
3/9–17/9	3,74	1,14	0,86	1,42	0,87	0,75
18/9–2/10	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
18/10–1/11	4,41	1,18	1,02	1,48	0,89	0,89
2/11–16/11	4,93	1,24	1,16	1,48	0,98	0,94

Fonte: Sousa et al. (2000).

O suprimento de água à cultura deve ser feito para manter a planta com água facilmente disponível no volume compreendido pela zona radicular. Como referência, o potencial mátrico (ψ_m), ou o armazenamento mínimo, deve ser considerado no manejo de água. Para o maracujazeiro, o potencial mátrico adequado ao desenvolvimento e à produção da cultura situa-se entre -6 kPa e -20 kPa para solos de textura média a argilosa, respectivamente (MENZEL et al., 1986). Trabalho de Staveley e Wolstenholme (1990) corroboram a informação anterior. Os autores 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.

Menzel et al. (1986) destacam ainda que valores de potencial matricial inferiores a -10 kPa podem limitar severamente o desenvolvimento vegetativo e o potencial produtivo, pois a produção de matéria seca é afetada muito antes do aparecimento visual dos sintomas provocados pelo deficit hídrico. Nesse caso, os autores sugerem que, para o maracujazeiro, o ideal é promover irrigações frequentes, de modo que se mantenha o solo próximo da capacidade de campo, principalmente nos períodos de floração e de frutificação.

Exigências nutricionais

O maracujazeiro amarelo possui ciclos alternados de vegetação e de produção, que são mais intensos no início da primavera e estendem-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. Esses fatores reduzem a intensidade vegetativa da planta, por isso há necessidade de um esquema de adubação que permita a manutenção da cultura em estado nutricional adequado.

O nitrogênio e o potássio são os macronutrientes requeridos em maior proporção pelo maracujazeiro, seguidos pelo cálcio, enxofre e fósforo. As quantidades absorvidas desses elementos são pequenas até os 190 dias de idade. A partir daí, a absorção de nitrogênio, potássio e cálcio é crescente. Para os demais elementos, o aumento só se verifica a partir do 250º dia. De acordo com Baumgartner et al. (1978) e Primavesi e Malavolta (1980), o maracujazeiro amarelo apresenta exigências nutricionais até os 262 dias após o plantio, nessa ordem: $N > K > Ca > S > Mg > P > B > Mn > Zn > Cu > Mo$. No entanto, somente as deficiências de N, S, Ca e Cu mostram um efeito acentuado no desenvolvimento das plantas do maracujazeiro. Contudo, é importante salientar que o maior aumento da absorção de N, P e Ca ocorre no período da pré-frutificação, cujos acúmulos de nitrogênio e de potássio são mais intensos 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} , apresenta-se na Tabela 3.

Considerando-se que somente os frutos são retirados do campo, o potássio é o nutriente mais exportado ($73,80 \text{ kg } ha^{-1}$), seguido do nitrogênio ($44,55 \text{ kg } ha^{-1}$). As quantidades de fósforo ($6,90 \text{ kg } ha^{-1}$ de P), cálcio ($6,75 \text{ kg } ha^{-1}$), magnésio e enxofre ($4,05 \text{ kg } ha^{-1}$) exportadas pelos frutos são pequenas. Apesar da grande quantidade de cálcio na planta, somente 4,5% são exportados pelos frutos. Por sua vez, 40% do fósforo e potássio absorvidos são exportados.

No que diz respeito aos micronutrientes, o manganês é o mais absorvido. Apesar de esse elemento ser encontrado em maior quantidade nos frutos, comparado aos outros micronutrientes, somente 6,4% são exportados. Nesse aspecto, o zinco (34%) e o cobre (32%) são os que possuem os maiores índices, seguidos do boro (13%) e do ferro (11%).

Tabela 3. Quantidades de nutrientes extraídos pelo maracujazeiro amarelo.

Nutriente	Quantidade extraída (kg ha ⁻¹)
Nitrogênio	205,000
Potássio	184,000
Cálcio	152,000
Enxofre	25,000
Fósforo	17,000
Magnésio	14,000
Manganês	2,810
Ferro	0,779
Zinco	0,317
Boro	0,296
Cobre	0,199

A absorção de nutrientes é pequena entre os 220 e os 250 dias (sétimo e oitavo mês) de idade, em razão da baixa produção de matéria seca. Após o aparecimento dos frutos (oitavo e nono mês), o crescimento torna-se exponencial, aumentando assim a absorção de N, K e Ca e dos micronutrientes, principalmente Mn e Fe.

Além do nível de fertilidade no solo, os fatores climáticos afetam a absorção e a acumulação de nutrientes pelo maracujazeiro amarelo. A máxima acumulação de nutrientes na parte aérea das plantas ocorre com temperaturas diurnas e noturnas em torno de 25 °C e 20 °C, respectivamente. Os níveis de potássio na planta aumentam com a temperatura, enquanto os de nitrogênio, enxofre e magnésio diminuem (MENZEL et al., 1987).

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, os quais envolvem absorção e armazenamento de água. O potássio tem o papel fundamental na translocação de assimilados das folhas para as diversas partes da planta, principalmente para os frutos. A deficiência de potássio no maracujazeiro amarelo provoca atraso da floração, redução do tamanho dos frutos e da área foliar, afetando, conseqüentemente, a fotossíntese e o conteúdo de sólidos solúveis nos frutos (BAUMGARTNER et al., 1978; KLIEMANN et al., 1986; RUGGIERO et al., 1996).

A deficiência de potássio no maracujazeiro provoca redução da ramificação, do comprimento e do diâmetro dos ramos. A frutificação é intensa, porém o pegamento 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 (QUAGGIO; PIZA JÚNIOR, 1998). Na Figura 7, pode ser observada a resposta positiva do maracujazeiro amarelo em razão de níveis de fertirrigação do potássio.

Necessidade de nutrientes para fertirrigação

A utilização conjunta das informações resultantes de pesquisas de adubação da cultura na região e a análise foliar têm sido recomendadas para os produtores de frutas como referência para fertirrigação. A diagnose foliar é uma técnica importante para a fruticultura. Para que essa ferramenta seja utilizada adequadamente, é necessário que se observem principalmente a época e a posição das folhas amostradas. Para a cultura do maracujá amarelo, recomenda-se amostrar a terceira ou a quarta folha a partir do ápice de ramos não sombreados, tomando-se quatro folhas por planta, dos dois lados, conservando-se o pecíolo. A Tabela 4 apresenta as faixas adequadas de teores de macro e micronutrientes em folhas do maracujazeiro amarelo.

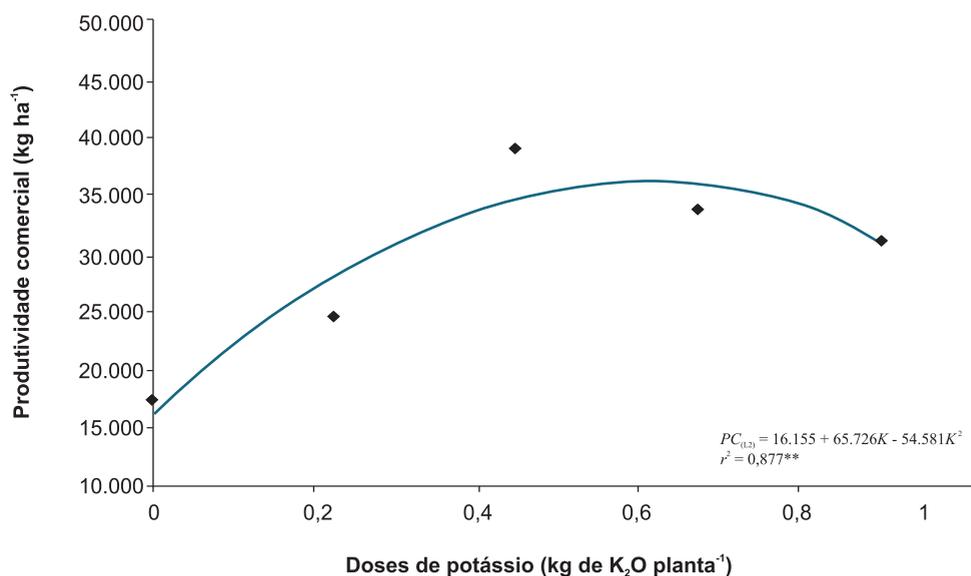


Figura 7. Efeito de doses de potássio por fertirrigação na produtividade do maracujazeiro amarelo.

Fonte: Sousa et al. (2003).

Tabela 4. Faixas adequadas de teores de macro e micronutrientes em folhas de maracujazeiro amarelo.

N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
(g kg ⁻¹)						(mg kg ⁻¹)				
47,5–52,5	2,5–3,5	20–25	5–15	2,5–3,5	2,0–4,0	25–100	5–20	100–200	50–200	45–80

Fonte: Wichmann (1992).

Na adubação de plantio, podem-se aplicar por cova (0,5 m x 0,5 m x 0,5 m) 20 L de esterco bovino curtido ou 5 L de esterco de galinha e 300 g de calcário dolomítico, em solo ácido (pH em água < 6,0). Quando o P no solo estiver abaixo de 8 mg dm⁻³, aplicar 120 g de P₂O₅ por cova; se o P no solo estiver acima de 8 mg dm⁻³, aplicar 80 g de P₂O₅ por cova. Recomenda-se, também, aplicar 50 g de FTE BR12 por cova.

Para as adubações nos períodos de formação, do transplantio das mudas até os 120 dias e de produção, as quantidades de nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes podem ser determinadas de acordo com as recomendações apresentadas nas Tabelas 5, 6, 7 e 8. Para solos com teores de P acima de 18 mg dm⁻³ (solos argilosos), acima de 30 mg dm⁻³ (solos de textura média) e acima de 45 mg dm⁻³ (solos arenosos), pode ser dispensada a adubação fosfatada.

O parcelamento das adubações deve ser feito segundo a textura e a capacidade de troca de cátions (*CTC*) do solo. Em solos arenosos e com baixa *CTC*, parcelar semanalmente ou quinzenalmente. Em solos mais argilosos, as adubações podem ser feitas mensalmente ou a cada dois meses, principalmente nas aplicações via solo.

Tabela 5. Recomendação de adubação de formação com nitrogênio e potássio para o maracujazeiro amarelo.

Época (dias após o plantio)	K trocável (mmol _c dm ⁻³)					
	N	0–0,7	0,8–1,5	1,6–3,0	3,1–5,0	> 5,0
(kg ha ⁻¹)						
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
Total	100	150	100	60	30	0

Tabela 6. Recomendação de adubação de formação fosfatada para o maracujazeiro amarelo.

Produtividade Esperada	P no solo (resina) (mg dm ⁻³)		
	0–15	16–40	> 40
(t ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅)		
< 15	50	30	20
15 a 25	90	60	40
25 a 35	120	80	50
> 35	150	100	60

Tabela 7. Recomendação de adubação de produção com nitrogênio e potássio para o maracujazeiro amarelo.

Produtividade esperada	N	K solo				
		0–0,7	0,8–1,5	1,6–3,0	3,1–6,0	> 6,0
(t ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(mmol _c dm ⁻³)				
< 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

Tabela 8. Recomendação de adubação com micronutrientes para o maracujazeiro amarelo.

Elemento	Classe de fertilidade	Teor no solo (mg dm ⁻³)	Dose de nutriente (kg ha ⁻¹)
B (água quente)	Baixa	< 0,2	2
	Média	0,21 a 0,6	1,0
	Alta	> 0,6	0
Zn	Baixa	< 0,5	6
	Média	0,6 a 1,2	3
	Alta	> 1,2	0

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. Em razão da 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, conforme descrição da Tabela 9. O período compreendido entre 10 e 130 dias corresponde à fase de formação da cultura. A partir daí, a cultura entra na fase de produção (primeiro ano). Para os ciclos produtivos seguintes, segundo e terceiro anos, adota-se a mesma distribuição do período de produção no primeiro ano.

Tabela 9. Distribuição percentual de nitrogênio (N) e potássio (K_2O) no ciclo fenológico do maracujazeiro amarelo.

Período (dia)	N	(K_2O)
%		
Formação		
10–40	2,5	1,5
40–70	3,0	2,0
70–100	3,5	3,0
100–130	4,0	3,5
Produção		
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).

No âmbito geral, a frequência da fertirrigação depende, dentre outros fatores, do tipo de fertilizante, solo, cultura, salinidade e sistema de irrigação. A aplicação de nitrogênio e potássio via água de irrigação no maracujazeiro amarelo pode ser conduzida com frequência entre 3 e 7 dias. No caso do nitrogênio, recomenda-se que, em solo arenoso, sua aplicação seja realizada com a frequência de cerca de 3 dias.

Exemplo prático

Com as informações apresentadas a seguir e com os dados de distribuição percentual de nutrientes no ciclo da cultura (Tabela 10), efetuam-se os cálculos para o manejo de fertirrigação no maracujazeiro amarelo.

- 1) Cultura: maracujá
- 2) Área total (AT): 2 ha
- 3) Área do setor (AS): 0,5 ha
- 4) Espaçamento da cultura: 3,5 m x 4,0 m
- 5) Frequência de fertirrigação (F): 3 dias
- 6) Tempo de fertirrigação (Tf): 1 hora
- 7) Sistema de irrigação: gotejamento
Vazão do emissor (qe): 4 L h⁻¹
Número de emissores por planta: 5
- 8) Densidade do solo (d): 1,5 g cm⁻³
- 9) Profundidade da raiz (z): 0,4 m
- 10) Nutrientes disponíveis (nd)
Nitrogênio (N): 0
Fósforo (P): 0
Potássio (K): 0,51 Cmol_c dm⁻³
- 11) Dose de nutrientes recomendada (Dr)
Nitrogênio: 480 g planta⁻¹ ~ 343 kg ha⁻¹
Potássio: 675 g planta⁻¹ ~ 482 kg ha⁻¹
- 12) Massa de nutriente existente na água de irrigação (Mna)
Nitrogênio: 0
Potássio: 0

Tabela 10. Distribuição percentual de nutrientes no ciclo da cultura (Dpn).

Período	N	K ₂ O
	%	
Formação		
10–40	2,5	1,5
40–70	3,0	2,0
70–100	3,5	3,0
100–130	4,0	3,5
Produção		
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

Cálculos da necessidade de fertilizante

1) Massa do solo ocupada pelas raízes (ms)

$$ms = z \times d \times 10^4$$

em que ms é a massa do solo ($t \text{ ha}^{-1}$), d a densidade do solo ($t \text{ m}^{-3}$) e z a profundidade efetiva das raízes (m).

Assim, considerando que $1g \text{ cm}^{-3} = 1 t \text{ m}^{-3}$, a massa do solo é:

$$ms = 0,4 \times 1,50 \times 10^4 = 6.000 t \text{ ha}^{-1}$$

2) Massa de nutriente disponível no solo (mns)

$$mns = ms \times nd \times 10^{-3}$$

• Massa de nitrogênio disponível no solo (mNs): 0

- Massa de potássio disponível no solo (mK_2Os)

$$mK_2Os = \frac{6.000 \times 0,51 \times 0,01840}{1,5} = 37,54 \text{ kg ha}^{-1}$$

3) Dose de nutriente necessária (Dnn)

$$Dnn = \frac{Dr - mns - mna}{EFf}$$

- EFf (eficiência de fertirrigação) = 0,9

- DNn (dose de nitrogênio necessária)

$$DNn = \frac{343 - 0 - 0}{0,9} = 381 \text{ kg ha}^{-1}$$

- DK_2On (dose de potássio necessária)

$$DK_2On = \frac{482 - 37,5 - 0}{0,9} = 494 \text{ kg ha}^{-1}$$

4) Seleção do fertilizante

- Nitrato de potássio (46% de K_2O e 14% de N)
- Ureia (45% de N)

5) Massa total de fertilizantes (MTf)

$$MTf = \frac{Dnn}{Pnf} \times AT$$

- Nitrato de potássio (NP)

$$MTNP = \frac{494}{0,46} \times 2 = 2.148 \text{ kg}$$

- Ureia

$$MTU = \frac{381 \times 2 - 2.148 \times 0,14}{0,45} = 1.025 \text{ kg}$$

6) Número de setores (Ns)

$$Ns = \frac{AT}{AS} = \frac{2}{0,5} = 4$$

7) Massa de fertilizantes por setor (Mfs)

$$Mfs = \frac{MTf}{ns}$$

- Nitrato de potássio (*NP*)

$$MNP_s = \frac{2.148}{4} = 537 \text{ kg}$$

- Ureia (*U*)

$$MU_s = \frac{1.025}{4} = 256 \text{ kg}$$

8) Número de aplicações no período do ciclo da cultura (*Na*)

$$Na = \frac{30}{3} = 10 \text{ aplicações}$$

9) Massa do fertilizante por aplicação (*Mfa*)

$$Mfa = \frac{Mfs \times dpm}{Na}$$

- Nitrato de potássio (*NP*)

$$Mfa(10 - 40)(1) = \frac{537 \times 0,015}{10} = 0,8055 \text{ kg}$$

$$Mfa(40 - 70)(2) = \frac{537 \times 0,02}{10} = 1,074 \text{ kg}$$

$$Mfa(70 - 100)(3) = \frac{537 \times 0,03}{10} = 1,611 \text{ kg}$$

$$Mfa(100 - 130)(4) = \frac{537 \times 0,035}{10} = 1,879 \text{ kg}$$

$$Mfa(130 - 160)(5) = \frac{537 \times 0,04}{10} = 2,148 \text{ kg}$$

$$Mfa(160 - 190)(6) = \frac{537 \times 0,045}{10} = 2,416 \text{ kg}$$

$$Mfa(190 - 220)(7) = \frac{537 \times 0,05}{10} = 2,685 \text{ kg}$$

$$Mfa(220 - 250)(8) = \frac{537 \times 0,055}{10} = 2,953 \text{ kg}$$

$$Mfa(250 - 280)(9) = \frac{537 \times 0,09}{10} = 4,833 \text{ kg}$$

$$Mfa(280 - 310)(10) = \frac{537 \times 0,165}{10} = 8,8605 \text{ kg}$$

$$Mfa(310 - 340)(11) = \frac{537 \times 0,205}{10} = 11,01 \text{ kg}$$

$$Mfa(340 - 370)(12) = \frac{537 \times 0,25}{10} = 13,425 \text{ kg}$$

• Ureia (U)

$$Mfa(10 - 40)(1) = \frac{256 \times 0,025}{10} = 0,64 \text{ kg}$$

$$Mfa(40 - 70)(2) = \frac{256 \times 0,03}{10} = 0,768 \text{ kg}$$

$$Mfa(70 - 100)(3) = \frac{256 \times 0,035}{10} = 0,896 \text{ kg}$$

$$Mfa(100 - 130)(4) = \frac{256 \times 0,04}{10} = 1,024 \text{ kg}$$

$$Mfa(130 - 160)(5) = \frac{256 \times 0,045}{10} = 1,152 \text{ kg}$$

$$Mfa(160 - 190)(6) = \frac{256 \times 0,05}{10} = 1,28 \text{ kg}$$

$$Mfa(190 - 220)(7) = \frac{256 \times 0,055}{10} = 1,408 \text{ kg}$$

$$Mfa(220 - 250)(8) = \frac{256 \times 0,065}{10} = 1,664 \text{ kg}$$

$$Mfa(250 - 280)(9) = \frac{256 \times 0,09}{10} = 3,304 \text{ kg}$$

$$Mfa(280 - 310)(10) = \frac{256 \times 0,14}{10} = 3,584 \text{ kg}$$

$$Mfa(310 - 340)(11) = \frac{256 \times 0,195}{10} = 4,992 \text{ kg}$$

$$Mfa(340 - 370)(12) = \frac{256 \times 0,23}{10} = 5,888 \text{ kg}$$

Cálculos da solução fertilizante

1) Vazão do setor (Q_s)

$$Q_s = ne \times qe$$

em que ne é o número de emissores no setor ($ne = 357 \times 5 = 1.785$ emissores) e qe a vazão do emissor = 4 L h^{-1} .

$$Q_s = 1.785 \times 4 = 7.140 \text{ L h}^{-1}$$

2) Taxa de injeção da solução fertilizante (qi)

$$qi = ri \times Q_s$$

em que ri é a razão de injeção da solução fertilizante = $0,005$.

$$qi = 0,005 \times 7.140 = 35,70 \text{ L h}^{-1}$$

3) Concentração do fertilizante na água de irrigação ($CFAI$)

$$CFAI = \frac{MFA \times 10^3}{(qi \times Tf) + (Q_s \times Tf)}$$

• Nitrato de potássio

$$CFAI = \frac{0,8055 \times 10^3}{(35,7 \times 1) + (7.140 \times 1)} = 0,11225 \text{ g L}^{-1}$$

• Ureia

$$CFAI = \frac{0,64 \times 10^3}{(35,7 \times 1) + (7.140 \times 1)} = 0,0891 \text{ g L}^{-1}$$

4) Concentração do fertilizante na solução a ser injetada ($CFSI$)

$$CFSI = \frac{CFAI}{ri}$$

• Nitrato de potássio

$$CFSI = \frac{0,11225}{0,005} = 22,45 \text{ g L}^{-1}$$

- Ureia

$$CFSI = \frac{0,0891}{0,005} = 17,82 \text{ g L}^{-1}$$

5) Volume de água necessário (V_a) para preparar a solução fertilizante

- Nitrato de potássio

$$VaNP = \frac{Mfa}{CFSI} = \frac{805,5}{22,45} \approx 35,9 \text{ L}$$

- Ureia

$$VaU = \frac{Mfa}{CFSI} = \frac{640}{17,82} \approx 35,9 \text{ L}$$

6) Volume de água total (VT)

$$VT = VaNP + VaU = 35,9 + 35,9 = 71,8 \text{ L}$$

7) Tempo total de fertirrigação (T_{ft})

$$T_{ft} = T_f \times ns$$

$$T_{ft} = 1 \times 4 = 4 \text{ h}$$

Referências

ALENCAR, C. de A. **Consumo de água do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis Sims var flavicarpa Deg.*)**. 2000. 49 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

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**, Jaboticabal, v. 6, n. 3, p. 361-367, 1978.

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.

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

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de Recuperação Automática: SIDRA**. 2008. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 31 maio 2010.

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. (Ed.). **Nutrição mineral e adubação de fruteiras tropicais**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p. 247-284.

- MANICA, I. **Fruticultura tropical**: maracujá. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 151 p.
- MARTINS, D. P.; CARVALHO, A. J. C. de; BERNARDO, S.; MONNERAT, P. H. Produtividade do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims var. *flavicarpa* Deg.) em função das lâminas totais de água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas, 1998. v. 2, p. 214-216.
- MELETTI, L. M. M. **Maracujá**: produção e comercialização em São Paulo. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. 26 p. (Boletim Técnico, 158).
- 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, NL, 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**, Amsterdam, NL, v. 31, n. 3/4, p. 259-268, 1987.
- NOGUEIRA, L. C.; TAVARES, E. D.; NOGUEIRA, L. R. Q.; SANTANA, C. E.; GORNAT, B. Efeito de sistemas de irrigação localizada na cultura do maracujá em solo de tabuleiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 15., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: SBF, 1998. p. 575.
- PAPADOPOULOS, I. Fertirrigação: situação atual e perspectivas para o futuro. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.). **Fertirrigação**: citrus, flores, hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 11-84.
- 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"**, Piracicaba, 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 MARACUJÁ, 5., 1998, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Funep, 1998. p. 130-156.
- 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, DF: EMBRAPA-SPI, 1996. 64 p. (FRUPEX. Publicações Técnicas, 19).
- SIMON, P.; KARNATZ, A. Effect of soil and air temperature on growth and flower formation of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 139, p. 120-128, 1983.
- 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.)**. 2000. 178 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SOUSA, V. F. de; ALENCAR, C. M.; FOLEGATTI, M. V.; FRIZZONE, J. A.; CORRÊA, R. A. de L. Coeficientes de cultivo para o maracujazeiro amarelo no período de desenvolvimento vegetativo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Fortaleza. **CONBEA 2000**: construindo a engenharia agrícola do futuro: anais... Fortaleza: SBEA: UFC, 2000. 1 CD-ROM.
- SOUSA, V. F. de; FOLEGATTI, M. V.; COELHO FILHO, M. A.; FRIZZONE, J. A. Distribuição radicular do maracujazeiro sob diferentes doses de potássio aplicadas por fertirrigação. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina grande, v. 6, n. 1, p. 51-56, 2002.
- SOUSA, V. F. de; FOLEGATTI, M. V.; FRIZZONE, J. A.; CORRÊA, R. A. de L.; ELOI, W. M. Produtividade do maracujazeiro amarelo sob diferentes níveis de irrigação e doses de potássio via fertirrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 4, p. 497-505, 2003.

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

URASHIMIA, A. S. **Aspectos fenológicos do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims. var. *flavicarpa* Den.)**. Botucatu: FCA-UNESP, 1985. 83 p.

VASCONCELLOS, M. A. S.; CEREDA, E. O cultivo do maracujá doce. In: SÃO JOSÉ, A. R. (Ed.). **Maracujá: produção e mercado**. Vitória da Conquista: DFZ: UESB, 1994. p. 71-83.

WICHMANN, W. (Ed.). **IFA world fertilizer use manual**. Limburgerhof: BASF Agricultural Research Station, 1992. 632 p.