NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE POTÁSSIO APLICADOS VIA FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO NO MARACUJAZEIRO AMARELO
(*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg)

VALDEMÍCIO FERREIRA DE SOUSA

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **MARCOS VINÍCIUS FOLEGATTI**

Co-Orientador: Prof. Dr. **JOSÉ ANTONIO FRIZZONE**

N.o 75.785
USP - Campus de Piracicaba
DIVISÃO DE BIBLIOTECA
E DOCUMENTAÇÃO

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Doutor em Agronomia, Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Piracicaba
Estado de São Paulo - Brasil
Dezembro – 2000

ERRATAS

Item	Pagina	Linha	Onde lê	Leia-se
3.3	33	7	...1,0 m de diâmetro...	...0,50 m de diâmetro...
3.4	35	3 (eq.2)	$Ti = \frac{Tia \quad 0{,}05 \quad Vd}{0{,}90}$	$\cancel{Ti =} \left[\frac{Tia - 0{,}05 \quad Vd}{0{,}90}\right]$
3.4	35	10 (eq.3)	$Ti = \frac{Tia \quad 0{,}05 \quad Vd}{0{,}90} \quad 0{,}24 \quad Tf$	$\cancel{Ti =} \left[\frac{Tia - 0{,}05 \quad Vd}{0{,}90}\right] \cancel{-0{,}24} \, Tf$
3.4	36	13 (eq.5)	$\psi_m = Lt \quad hc$	$\psi_m = Lt - hc$
3.4	37	2 (eq.6)	$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s \quad \theta_r}{\left[1 + (\psi_m \quad \alpha)^n\right]^m}$	$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\psi_m \quad \alpha)^n\right]^m}$
3.10.7	53	1 (eq.11)	$Wm = \frac{\partial dY}{\partial dW}$	$Wm = -\frac{R_1}{2R_2}$
3.10.7	53	3 (eq.13)	$We = \frac{b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$	$We = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$
3.10.7	53	5 (eq.15)	$b = P_i R_1 \cdot C_w$	$b = \frac{4P_i R_0 R_2 + P_i R_1{}^2 - 4R_2 C_o}{2R_1}$
3.10.7	53	6 (eq.16)	$c = \frac{P_i R_1}{4R_2} \cdot \frac{C_w R_1}{2R_2}$	$c = P_i R_0 - C_o$
3.10.7	53	excluir linha 19		
4.1	60	13	...mínimos, médios e máximos	....máximos, médios e mínimos....
4.1	61	3	...e abaixo da.....	.....e acima da....
4.2.2	75	2; 10 e 11	... 0,30 m	... 0,70 m.....
4.4.5	101	Figura 47, excluir curva referente aos 120 DTA		
4.5.1	107	2	...no solo....	....no solo (Tabela 23)....
4.5.2	113	28	...de ferro	...de Mn....
4.6	117	8	....As menores....	....As maiores.....

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Sousa, Valdemício Ferreira de
Níveis de irrigação e doses de potássio aplicados via fertirrigação por gotejamento no maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg.) / Valdemicio Ferreira de Sousa. - - Piracicaba, 2000.
178 p. : il.

Tese (doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2000.
Bibliografia.

1. Água de irrigação 2. Dosagem 3. Fertirrigação 4. Irrigação por gotejamento 5. Maracujá amarelo 6. Potássio I. Título

CDD 634.425

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Data de depósito junto à CPG/ESALQ
05 / 12 / 2000

À DEUS

AGRADEÇO

Aos meus pais Joaquim e Maria de Jesus (a sua memória)

À minha esposa Judith

Aos meus filhos Isaac, Isaura e Iara

DEDICO

À Comunidade Técnico Científico

OFEREÇO

Uma das virtudes profissionais,
é nunca julgar conhecedor de tudo.
Aprender com o mundo, com a vida,
com os mestres e com os colegas,
é muito importante para a vida.

AGRADECIMENTOS

À Escola de Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – Universidade de São Paulo e a EMBRAPA, pela oportunidade da realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão de bolsa de estudo.

Aos Professores Dr. Marcos Vinícius Folegatti e Dr. José Antonio Frizzone, pela orientação e co-orientação, respectivamente, e o apoio na realização do experimento e da Tese.

À Carborundum do Brasil Ltda, pela doação de gotejadores e tubos para irrigação.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, pelos ensinamentos.

Aos Professores. Dr. Ricardo Ferraz de Oliveira, pelas idéias e concessão de aparelhos para medições morfo-fisiológicas das plantas.

Aos Professores. Dr. Quirino Augusto de C. Carmello e Dr. Ângelo Jacomine, pelas sugestões e análises química de frutos de folhas e pós-colheita dos frutos de maracujá.

Aos Professoress. Dr. Rubens Duarte Coelho, Dr. Sérgio Nascimento Duarte, Dr. Roberto Lyra Villas Boas, Dr. Tarlei Arriel Botrel e ao Dr. Eugênio Ferreira Coelho, pelas valiosas sugestões na execução do experimento, nas análises dos dados e na elaboração da tese.

Aos funcionários da Biblioteca Central da ESAL/USP, pelo apoio e sugestões na revisão de literatura e referências bibliográficas.

Aos Colegas do Curso de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem: Cristina Miranda Alencar, Thales Vinícius de A. Viana, Silvana da Silva Cardoso, Wellington Farias de Araújo, Marco Antônio F. Conceição, Maurício A. Coelho Filho, Carmelo Crisafulli Machado, Leonardo Batista da Silva, Ênio Farias F. e Silva, Aderson Soares de Andrade Jr., Edson Alves Bastos, Caroline Abate, Ariosvaldo Lucas, Tamara Gomes,

Fátima Resende e Adriano Soares, pelas valiosas idéias e colaborações na execução do experimento e análise dos dados.

Aos demais Colegas do Curso de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, pela saudável convivência e apoio durante o curso.

Ao Estudante do Curso de Graduação em Engenharia Agronômica da ESALQ/USP e Estagiário Rodrigo Alessandro de Lima Corrêa, pela colaboração durante a instalação, a condução, a coleta e a tabulação dos dados do experimento.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural/Irrigação e Drenagem, pelo apoio durante a realização do curso e na execução do experimento.

Aos colegas da Embrapa Meio Norte pelo apoio antes e durante a realização do curso.

Aos Estudantes do Curso de Graduação em Engenharia Agronômica da ESALQ/USP, Estagiários do Grupo de Práticas em Irrigação e Drenagem, pela colaboração na instalação do e na condução do experimento.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	xi
SUMMARY	xiii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 A cultura do maracujazeiro	4
2.2 Clima	7
2.3 Necessidades nutricionais do maracujazeiro	10
2.4 Irrigação	15
2.5 Fertirrigação	21
3 MATERIAIS E MÉTODOS	26
3.1 Caracterização da área experimental	27
3.2 Delineamento experimental	30
3.3 Preparo do solo, adubação e transplantio das mudas	33
3.4 Irrigação	34
3.5 Fertirrigação	37
3.6 Dinâmica de água e nutrientes no solo	39
3.7 Manejo da cultura	42
3.8 Polinização	44
3.9 Colheita dos frutos	46
3.10 Parâmetros avaliados	47
3.10.1 Estado nutricional das plantas	47
3.10.2 Parâmetros de desenvolvimento das plantas	47
3.10.3 Distribuição do sistema radicula	48
3.10.3 Produtividade e classificação de frutos	51
3.10.4 Parâmetros de qualidade de frutos	51

3.10.6 Eficiência de uso da água 51
3.10.7 Níveis econômicos do fator água 52
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 55
4.1 Manejo de água 55
4.2 Dinâmica de água e nutrientes no perfil do solo 66
4.2.1 Dinâmica de água no solo 66
4.2.2 Dinâmica de potássio no solo 71
4.2.3 Condutividade elétrica da solução do solo 77
4.3 Distribuição do sistema radicular 82
4.4 Parâmetros de desenvolvimento de plantas 91
4.4.1 Área foliar 91
4.4.2 Número de folhas 93
4.4.3 Diâmetro de caule 94
4.4.4 Número e comprimento de entrenós 97
4.4.5 Altura de plantas 100
4.5 Estado nutricional das plantas 102
4.5.1 Macronutrientes 102
4.5.2 Micronutrientes 110
4.6 Produtividade 117
4.6.1 Produtividade comercial 118
4.6.1.1 Classificação de frutos 124
4.6.2 Produtividade não-comercial 128
4.6.3 Produtividade total 131
4.7 Parâmetros de qualidade de frutos 135
4.7.1 Parâmetros fisicos 136
4.7.1.1 Peso médio de frutos 136
4.7.1.2 Diâmetro e comprimento de frutos 138
4.7.1.3 Espessura de casca 139
4.7.1.4 Rendimento de suco 140
4.7.1.5 Densidade de suco 141

4.7.2. Parâmetros químicos..... 143
4.7.2.1 Sólidos salúveis totais..... 143
4.7.2.2 pH..... 145
4.7.2.3 Acidez total titulável..... 146
4.8 Eficiência do uso da água..... 147
4.9 Níveis econômicos do fator água..... 149
4.9.1 Análise das funções de produção..... 151
5 CONCLUSÕES..... 159
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 160

NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE POTÁSSIO APLICADOS VIA FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO NO MARACUJAZEIRO AMARELO (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg)

Autor: VALDEMÍCIO FERREIRA DE SOUSA
Orientador: Prof. Dr. MARCOS VINICIUS FOLEGATTI
Co-Orientador: Prof. Dr. JOSÉ ANTONIO FRIZZONE

RESUMO

Este Trabalho teve com objetivos estudar os efeitos de níveis de irrigação e doses de potássio aplicados via água de irrigação por gotejamento no desenvolvimento e no estado nutricional das plantas, na produtividade e na qualidade de frutos do maracujazeiro amarelo; avaliar a eficiência do uso da água pelo maracujazeiro; e determinar níveis de irrigação e doses de potássio mais adequadas ao maracujazeiro cultivado sob fertirrigação. O experimento foi realizado no período de maio/1999 a junho/2000, no Campo Experimental da Fazenda Areão, pertencente a ESALQ/USP, localizado em Piracicaba - São Paulo à latitude de 22°42'30"S e longitude de 47°38'00"W. Foi utilizado o delineamento experimental de blocos casualizados em parcelas subdivididas com quatro repetições. Os tratamentos resultaram da combinação entre quatro níveis de irrigação e cinco doses de potássio. Os níveis de irrigação foram L_1, L_2, L_3 e L_4, equivalentes a 25%, 50%, 75% e 100%, respectivamente, da lâmina média de água consumida pelo maracujazeiro, determinada em quatro lisímetros de

drenagem. As doses de potássio K_0, K_1, K_2, K_3 e K_4 corresponderam a 0,00; 0,225; 0,450; 0,675 e 0,900 kg de K_2O planta^{-1} ano^{-1}, respectivamente. A fertirrigação foi realizada a cada sete dias utilizando-se uma bomba injetora de diafragma. O monitoramento da umidade e da concentração de nutrientes no solo foram feitos com tensiômetros e extratores de solução, respectivamente, instalados em torno da planta. Pelos valores de potencial mátrico, o nível de irrigação L_3 manteve o perfil de distribuição de água mais constante do que os de L_1 e L_2. O nível L_4 favoreceu a manutenção do potencial mátrico, próximo e acima da capacidade de campo. A aplicação de maior nível de irrigação proporcionou menores valores de CE na solução do solo; porém reduziu os teores de potássio na zona radicular, afetando a produção de frutos. As maiores concentrações de raízes ocorreram até 0,40 m de profundidade para todas as doses de potássio. A concentração de K^+ nas folhas aumentou linearmente com as doses de potássio, havendo tendência de efeito antagônico deste elemento com os íons Mg^{++} e Ca^{++}. As produtividades, comercial, não-comercial e total, foram influenciadas por níveis de irrigação, doses de potássio e interação. A aplicação de L_3 (2117 L planta^{-1} ano^{-1}) combinado com K_3 favoreceu a obtenção das maiores produtividades total (45454 kg ha^{-1}) e comercial (44540 kg ha^{-1}). O aumento do volume de água aplicado reduziu a eficiência do uso da água pelo maracujazeiro, e o simples aumento da produtividade em função da quantidade de água aplicada, não otimizou o uso do recurso água. A análise econômica do fator água indicou que os volumes de água para obter a máxima receita líquida, em função dos preços do maracujá variaram de 1212 a 1352 L planta^{-1} ano^{-1}, e de 1176 a 1364 L planta^{-1} ano^{-1}, quando combinados com as doses de potássio K_2 e K_3, respectivamente.

IRRIGATION LEVELS AND POTASSIUM DOSES APPLIED THROUGH DRIP FERTIGATION IN THE YELLOW PASSION FRUIT PLANT

(*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg)

Author: VALDEMÍCIO FERREIRA DE SOUSA
Advisor: Prof. Dr. MARCOS VINÍCIUS FOLEGATTI
Co-advisor: Prof. Dr. JOSÉ ANTONIO FRIZZONE

SUMMARY

The objective of this work was to determine the optimum management irrigation strategy and potassium doses applied through drip fertigation in the yellow passion fruit plant. The experiment was realized between May/1999 and June/2000 at ESALQ/USP Experimental Field, in Piracicaba – São Paulo State, Brazil (Latitude 22°42'30"S, Longitude 47°38'00). Four irrigation levels and five potassium doses were applied by drip irrigation at the plant development and growth. The experiment was realized in a randomized blocks in plots subdivided in four repetitions. The treatments resulted from the combination among four irrigation levels and five potassium doses. The irrigation levels were L_1 L_2, L_3 and L_4, which correspond to 25%, 50%, 75% and 100% of the average water consume by passion fruit plant, determinated in four drainage lysimeters installed in the area. The potassium doses K_0, K_1, K_2, K_3 and K_4 which corresponded to 0.00, 0.225, 0.450, 0.675 and 0.900 kg of K_2O plant^{-1} year^{-1},

respectively. The fertigation was applied each seven days with a diaphragm injector pump. Tensiometers and solution extractors, were used to the irrigation control and to evaluate the soil nutrient concentration, respectively. The irrigation levels and potassium doses influenced the soil concentration and soil spatial and temporary distribution. The larger irrigation level the smaller values of electric conductivity in soil solution. However, it reduced the potassium concentration in the rooting zone, which affected the yield fruits. The largest roots concentrations were in the first 0.40 m of the soil profile for all the potassium doses. The leaves concentration of K^+ were increased as function of potassium increments. The yield, were affected by irrigation levels, potassium doses and by the both interactions. The L_3 (2,117 l plant^{-1} year^{-1}) and potassium dosesK_3, showed that the best yield (45,454 kg ha^{-1}). The increase of irrigation amount reduced the water use efficiency in the passion fruit plant. The ranger of optimum irrigation amount was between 1,212 and 1,352 l plant^{-1} year^{-1} for the potassium treatment K_2 and 1176 to 1364 l plant^{-1} year^{-1} for potassium dose K_3.

1 INTRODUÇÃO

O maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg) pertencente à família Passifloraceae e ao gênero Passiflora, é uma frutífera bastante cultivada no Brasil e de bom retorno econômico para os produtores.

Com uma área plantada de 44.462 ha, o Brasil destaca-se como o principal produtor mundial de maracujá, tendo como maiores produtores os Estados da Bahia, Pará, Sergipe, São Paulo, Minas Gerais, Ceará, Alagoas e Rio de Janeiro (Anuário Estatístico do Brasil, 1997). O Estado de São Paulo aparece com a maior expansão da área cultivada e aumento da produção em cerca de 5,45 vezes, entre 1988 e 1996, por esta ser uma atividade bastante atrativa para pequenos produtores, uma vez que oferece um retorno econômico rápido com receitas distribuídas quase o ano inteiro (Meletti, 1996; Souza & Meletti, 1997).

Embora sendo de origem tropical, o maracujazeiro pode ser cultivado em quase todas as regiões subtropicais; todavia, adapta-se melhor em regiões com temperaturas médias mensais entre 21 e 32°C, precipitação pluviométrica anual entre de 800 e 1750 mm, baixa umidade relativa, período de brilho solar em torno de 11 horas e ventos moderados (Medina et al., 1980; Ruggiero et al., 1996; Meletti, 1996).

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 há 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 com irrigação e adubação, respectivamente, mas para as baixas temperaturas e o comprimento dos dias, tornam-se difíceis suas alterações no campo.

O maracujazeiro desenvolve-se em diferentes tipos de solos; contudo, os profundos e bem drenados são mais adequados para a cultura. Não se recomenda a utilização de baixadas, solos pedregosos ou com possibilidade de encharcamento. Esses aspectos favorecem a incidência de doenças no sistema radicular. (Manica, 1981; Lima, 1994; Souza & Meletti, 1997; Rizzi et al, 1998; Piza Júnior, 1991).

O maracujazeiro amarelo possui ciclos alternados de vegetação e de produção, sendo mais intenso no início da primavera, estendendo-se até o final do outono. Esse comportamento requer que o pomar esteja sempre em ótimo estado nutricional, 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 (Menzel et al., 1993), o que requer um esquema de adubação adequado para a manutenção e a produção da cultura.

O potássio é o elemento de maior mobilidade na planta e passa com facilidade de uma célula para outra, do xilema para o floema. Contudo, sua disponibilidade é bastante influenciada pelo teor de água no solo, devido principalmente à difusão e à relação de cátions (Raij, 1991).

A falta de umidade no solo provoca a queda das folhas e dos frutos, principalmente no início de seu desenvolvimento. Quando se formam nessas condições, os frutos podem crescer com enrugamento, prejudicando a qualidade da produção (Manica, 1981; Ruggiero et al., 1996). Portanto, a irrigação é indispensável para o maracujazeiro, pois promove ótimo desenvolvimento das plantas, aumenta a produtividade, permite a obtenção de produção de forma contínua e uniforme, com frutos de boa qualidade.

O método de irrigação mais adequado para o maracujazeiro tem sido o localizado, principalmente o gotejamento, pois proporciona a aplicação de água e nutrientes junto ao tronco da planta, onde há maior concentração das raízes, permite o controle da umidade,

não molha a parte aérea das plantas, o que reduz a incidência de doenças (Goldberg & Shmuelli, 1970; Bresler, 1977; Nir, 1982; Dasberg & Bresler, 1985). Entretanto, independentemente do método ou sitema de irrigação utilizado, os cuidados devem ser tomados para não permitir que as plantas sejam submetidas a estresse hídrico e nem a excesso de umidade (Ruggiero et al., 1996).

Embora a literatura evidencie que o maracujazeiro responde bem à irrigação é preciso desenvolver pesquisas para determinar o manejo adequado de irrigação para a cultura, envolvendo principalmente necessidades hídricas, tensão ótima de umidade no solo e lâminas e freqüências de irrigação adequadas.

São poucas as culturas que têm uma recomendação de adubação específica para uso em fertirrigação. Na prática, pela falta de informações, têm-se utilizado as recomendações dos boletins de adubação convencionais; no entanto, ao utilizá-las, é necessário ter os devidos cuidados, porque na adubação via fertirrigação o comportamento dos nutrientes no solo e sua eficiência de uso pelas plantas devem mudar (Sousa, 2000). Assim, é necessário determinar doses de nutrientes adequadas para fertirrigação em cada cultura.

Os objetivos deste trabalho foram: (i) estudar os efeito de níveis de irrigação e doses de potássio aplicadas via água de irrigação por gotejamento no desenvolvimento e no estado nutricional das plantas, na produtividade e na qualidade de frutos do maracujazeiro amarelo; (ii) avaliar a eficiência do uso da água pelo maracujazeiro; (iii) determinar níveis de irrigação e doses de potássio adequados para o maracujazeiro cultivado sob fertirrigação por gotejamento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Cultura do maracujazeiro

Pertencente à família Passifloraceae e ao gênero Passiflora, o maracujazeiro é uma frutífera originária da região tropical da América do Sul e encontra no Centro-Norte do Brasil o maior centro de distribuição geográfica (Medina et al., 1980). O gênero Passiflora possui cerca de 530 espécies tropicais e subtropicais, das quais 150 são originárias do Brasil. Dessas, apenas 60 produzem frutos com valor comercial (Pizza Júnior, 1966; Schultz, 1968), destacando-se o maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis Sins var. flavicarpa Deg*) por ser mais vigoroso e adaptar-se bem a diferentes tipos de solo (Medina et al., 1980; Meletti, 1996; Souza & Meletti, 1997).

Além da grande variabilidade genética existente no gênero Passiflora, dentro da espécie cultivada *Passiflora edulis Sims* e na sua variedade botânica *Passiflora edulis Sims Var. flavicarpa Deg*, ocorre também uma grande variabilidade, uma vez que se trata de uma espécie alógama, havendo incompatibilidade entre seus indivíduo (Ruggiero et al., 1976).

O maracujazeiro é uma planta lenhosa, perene, de hábito trepadeira de crescimento rápido e contínuo, com ramos podendo atingir de 5 m a 10 m de comprimento, havendo portanto necessidade de condução específica em sistemas de exploração comercial.

O sistema radicular do maracujazeiro é tipo pivotante, pouco profundo, com maior volume de raízes, 60% a 80%, concentrado entre 0,30 m e 0,45 m de profundidade e em raio de 0,60 m a partir do tronco (Manica, 1981; Urashima,1985; Kliemann et al., 1986). Em um trabalho desenvolvido por Carvalho (1988) foi observado que as raízes do

maracujazeiro amarelo concentraram-se num raio de 0,50 m até uma profundidade 0,40 m, com maior densidade entre 0 m e 0,20 m e 0 m e 0,20 m de raio e profundidade, respectivamente. Para o autor, essa característica implica maior risco de competição por água e nutriente com plantas invasoras e em maiores cuidados específicos com as capinas.

O caule cilíndrico é lenhoso na base e herbáceo no ápice, donde surgem as gemas vegetativas, cada uma dando origem a uma folha, uma gavinha e uma flor. As folhas adultas são simples, alternadas lobadas ou digitadas, com bordos, alternas e glandulosas. As flores geralmente nascem em ramos do ano, são hermafroditas com estames normalmente em número de cinco presos a um androginóforo colunar bem desenvolvido; as anteras são grandes com elevado número de grãos-de-pólen com coloração amarelada e pesados, o que dificulta a polinização pelo vento; a parte feminina é representada por três estigmas que variam conforme a curvatura, determinando tipos de flores diferentes, com reflexão diferenciada na polinização. As flores geralmente abrem-se entre 12 e 13 horas, e permanecem abertas em torno de quatro horas. Nesse período a polinização deve ser feita; caso contrário, não ocorre a formação de frutos; as flores só abrem uma única vez (Manica, 1981; Kliemann et al., 1986; Ruggiero et al., 1996; Meletti & Maia, 1999).

O fruto do maracujazeiro é do tipo baga, cujas características fisicas e químicas variam de acordo com os diferentes estádios de maturação, idade da cultura, latitude, condições edafoclimáticas e sistema de manejo (Medina et al., 1980; Figueiredo, 1988).

Em sistema de produção comercial, práticas como a polinização artificial do maracujazeiro devem ser feitas. A ausência ou pouca presença de agentes responsáveis pela polinização natural, nesse caso as abelhas mamangavas (Xilocopa spp), leva a reduções drásticas na produtividade do maracujazeiro, pois a eficiência da polinização depende da população de mamangavas e do clima. Uma polinização bem-sucedida deve ser feita entre 13:30 h e 17:30 h, na ausência de chuva ou qualquer umidade nas flores (Ruggiero et al., 1996; Meltti & Maia, 1999). A polinização artificial, além de proporcionar um ótimo pegamento das flores, promove o aumento do peso de frutos e ganhos reais na produtividade (Rizzi et al., 1998). O rendimento de suco está

relacionado com o número de óvulos fecundados, os quais são transformados em sementes envolvidas por um arilo, que por sua vez encerra o suco.

Devido a suas características de sabor e por ser o suco consumido no mundo inteiro, o maracujazeiro tem expansão contínua há vários anos, cujo crescimento no Brasil, nos últimos oito anos, foi de 60%. Entretanto, o cultivo do maracujazeiro no Brasil sofreu grandes alterações na sua distribuição geográfica e na sua área cultivada. Com uma área plantada de 44.462 ha, o Brasil destaca-se como o principal produtor mundial de maracujá. Dentre os Estados produtores destacam-se Bahia, Pará, Sergipe, São Paulo, Minas Gerais, Ceará, Alagoas e Rio de Janeiro (FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO, 2000). O Estado de São Paulo aparece com a maior expansão da área cultivada entre 1989 e 1996, devido a ser uma atividade bastante atrativa para pequenos produtores, uma vez que oferece um retorno econômico rápido, com receitas distribuídas quase o ano inteiro (Meletti, 1996 e Souza & Meletti, 1997).

De acordo com dados do Anuário Estatístico do Brasil (1997), o maracujazeiro é uma das oito espécies frutíferas mais cultivadas de forma extensiva na Região Sudeste. Influenciada basicamente pelas áreas cultivadas nos Estados de São Paulo, Minas Gerais, e Rio de Janeiro, no ano de 1994 o Sudeste brasileiro participou com cerca de 24% da produção nacional. Nos últimos oito anos, a produção da região cresceu muito, passando de 56,7 mil toneladas em 1988 para 137,3 mil toneladas em 1996, correspondendo a um incremento médio de 142%, sendo o Estado de São Paulo o que mais cresceu, com cerca de 545%, considerando o mesmo período.

Apesar dessa expansão, tanto a produtividade nacional quanto a apresentada pelos produtores paulistas 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 pesquisas para melhor definir tecnologias de adubação, de irrigação e de manejo da cultura, capazes de proporcionar o aumento de produtividade e qualidade dos frutos para melhor competir no mercado, tanto nacional quanto internacional (Ruggiero et al., 1996).

A comercialização dos frutos do maracujazeiro é basicamente feita para a indústria de suco e para consumo "in natura". As grandes indústrias de processamento do

maracujá estão localizadas nas Regiões Centro Oeste, Norte e Nordeste do Brasil, que consomem anualmente cerca de 30 mil toneladas de frutos e atendem principalmente ao mercado interno de suco (Rizzi et al., 1998). Em função da instabilidade do produto, das tarifas elevadas e da defasagem cambial, as exportações do suco produzido no Brasil vêm caindo a cada ano, sendo que o espaço desse mercado está sendo ocupado por México, Colômbia e Equador, que são os principais concorrentes do Brasil na América Latina (Ruggiero et al., 1996; Rizzi et al., 1998; Meletti & Maia, 1999).

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 ao produtor preços médios superiores até 100%, para frutos de boa qualidade, quando comparado com os destinado às indústrias de suco (Rizzi et al, 1998).

2.2 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 (Fouqué, 1972). 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 de 800 e 1750 mm, baixa umidade relativa, período de brilho solar em torno de 11 horas e ventos moderados (Medina et al., 1980; 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). Portanto, em condições de baixa precipitação e distribuição pluviométrica irregular, precisa-se de irrigação.

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 de nutricionais podem ser corrigidos pela irrigação e pela adubação, respectivamente, mas, para as baixas temperaturas e o comprimento dos dias, tornam-se difíceis suas alterações no de campo.

Estudos realizados por Utsunomiya (1992) mostraram efeitos da temperatura no crescimento de plantas, no peso médio de frutos e no rendimento de suco do maracujazeiro roxo (*Passiflora edulis Sims var. edulis*). Os maiores valores de comprimentos de ramos (2,54 m) e de entrenós (0,27 m), peso médio de frutos (37 g), rendimento de suco (35%), sólido solúveis (17,4%) e acidez (4,30% foram obtidos com temperaturas diurna e noturna de 28°C e 23°C, respectivamente. Para o autor, esses resultados indicam que temperaturas de moderadas a altas são favoráveis ao crescimento e à qualidade de frutos dessa variedade de maracujá.

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, e 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 irregulares 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.

Ritzinger et al. (1989) registraram diminuição no teor de açúcares redutores e na relação sólidos solúveis totais e acidez total, e aumento na acidez do suco em frutos colhidos sob baixas temperaturas e radiações e menor precipitação pluvial. Para os autores, algumas variações na composição dos frutos do maracujazeiro amarelo ocorreram em função da épocas de colheita, cujas diferenças nos fatores climáticos podem ter interferido nas taxas de fotossíntese e no processo de amadurecimento dos frutos.

Em estudos sobre a qualidade de frutos de maracujazeiro amarelo produzidos em diferentes épocas, foi constatado que temperaturas e precipitações moderadas e baixa insolação favoreceram maiores valores na relação sólidos solúveis totais e acidez total e açúcares totais. Períodos com precipitação e temperatura elevadas e insolação moderada favoreceram apenas o teor de sacarose (Nascimento, 1996; Nascimento et al., 1998).

Veras et al. (2000) detectaram diferença significativa na relação sólidos solúveis totais e acidez total em suco de maracujazeiro doce entre épocas de colheita. Para o maracujazeiro amarelo os autores não constataram diferenças significativas, contudo, frutos produzidos no inverno foram mais ácidos. Comportamento semelhante, foi também descrito em Haendler (1965), relatando que na maioria das regiões tradicionais no cultivo do maracujazeiro os frutos produzidos no inverno apresentam-se ligeiramente mais ácidos.

2.3 Necessidades nutricionais do maracujazeiro

O maracujazeiro desenvolve-se em diferentes tipos de solos; todavia, 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). Além disso, 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.

As informações na literatura sobre nutrição mineral do maracujazeiro são muito restritas, principalmente as relacionadas com suas exigências ao potássio, 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). Todavia, 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.

De acordo com Baungartner (1987) e Primavesi & Malavolta (1980a) 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. 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).

Embora existindo recomendações para adubação do maracujazeiro, observa-se que adubação de formação do pomar ainda é feita sob diferentes formas e varia entre autores e de produtor para produtor. Souza & Meletti (1997) recomendam aplicação por cova de 20 a 50 litros de esterco; 1,0 kg de superfosfato simples; 200 g de calcário dolomítico e 50 g de FTE BR 12 por cova. Para Miranda & Bemelmans (1995) a adubação mineral de formação é feita em quatro vezes entre abril e julho do primeiro ano. Já Meletti (1996) e Souza & Meletti (1997) e Rizzi et al. (1998) detalham mais essa recomendação, com aplicação de 10 g de N aos 30 dias do plantio; 15 g de N aos 60 dias; 20 g de N e 20 g de K_2O aos 90 dias; 30 g de N e 30 g de K_2O aos 120 dias.

Para a adubação de produção os resultados de pesquisas e recomendações são divergentes. Meletti (1996); Souza & Meletti (1997) recomendam a adubação de acordo com a produtividade esperada e deve obedecer ao parcelamento. Já Rizzi et al. (1998) consideram as condições em que a cultura está sendo conduzida, e recomendam fazer análise de solo ou por produtividade esperada. Baumgartner (1987) recomenda aplicar por planta 295 g de N, 293 g de K_2O, 60 g de P_20_5 e 15 g a 30 g de boro sem considerar a capacidade do solo em fornecer os nutrientes na produção do primeiro ano do maracujazeiro.

O nitrogênio e o potássio são os macronutrientes exigido em maior proporção pelo maracujazeiro, seguidos por cálcio, enxofre, fósforo e magnésio (Haag et al., 1973). Para os autores, 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 250° dia.

O maracujazeiro amarelo possui ciclos alternados de vegetação e de produção, sendo mais intenso 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 (Menzel et al., 1993), requerendo um esquema de adubação que permita a manutenção da cultura em estado nutricional adequado.

Além do nível de fertilidade no solo, os fatores climáticos afetam a absorção e a acumulação de nutrientes pelo maracujazeiro. A máxima acumulação de nutrientes na parte aérea das plantas ocorre com temperaturas diurna e noturna 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 reduzem (Menzel et al., 1987).

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 prejudica pela falta de água.

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 o papel fundamental na translocação de assimilados das folhas para as diversas partes da planta, principalmente para os frutos. Entretanto, 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 (Manica, 1981; Kliemann et al., 1986; Baumgartner, 1987; 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 são pequenos, resultando em baixas produtividades, com frutos de casca mais espessa, reduzido número de sementes e baixa quantidade de suco (Quaggio & Piza Jr., 1998).

Müller (1977), avaliando os efeitos de doses de nitrogênio e de potássio no maracujazeiro em diferentes épocas, observou que, na ausência de adubação nitrogenada, a aplicação de potássio proporcionou maior peso médio de frutos, e induziu a antecipação na sua maturação. Já com doses elevadas de nitrogênio houve tendência de encerramento mais tardio da colheita.

Testando diferentes doses de N, P e K no maracujazeiro amarelo nas condições de Guaíba, RS, Colauto et al. (1986) não constataram influência da adubação sobre a produtividade, o peso médio e a qualidade de frutos e o estado nutricional das plantas, com exceção do conteúdo de Mn, que foi afetado pelo N. Os valores de produtividade, variando entre 6,1 t ha^{-1} e 9,9 t ha^{-1}, foram baixos e aquém daqueles que normalmente obtêm-se no primeiro ano de produção. Sob as mesmas condições ambientais, Faria et al. (1991) verificaram que a produtividade oscilou entre 13,7 t ha^{-1} e 16,7 t ha^{-1}, não havendo diferença significativa entre os tratamentos. Contudo, a maior produtividade (16,7 t ha^{-1}) foi obtida com a aplicação anual por planta de, 0,60 kg de N, 0,15 kg de P_2O_5 e 0,40 kg de K_2O. Para peso médio de frutos, variando entre 86,7 g e 95 g, foi constatado que este não foi influenciado pelas doses de potássio.

Em pesquisa realizada com doses de nitrogênio e de potássio no maracujazeiro, Martins (1998) verificou efeito linear de diferentes doses de potássio sobre sólidos solúveis e rendimento de suco, e a maior produtividade foi obtida com a aplicação de 0,429 kg de K_2O $planta^{-1}$ ano^{-1}.

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. São importantes altos rendimentos; contudo, é necessário produzir fruto com qualidades físicas e químicas capazes de atender ao consumidor. Vários trabalhos foram desenvolvidos para avaliar os efeitos de doses de fertilizantes nos parâmetros de qualidade do maracujazeiro amarelo, pois as características qualitativas desses frutos dependem, entre outros fatores, do nível de fertilidade (Marchal & Bourdeaut, 1972; Müller,1977; Müller et al., 1979; Colauto et al., 1986; Martins, 1998; Carvalho et. al., 2000).

Martins (1998), avaliando os efeitos de diferentes doses de nitrogênio e potássio e lâminas de irrigação, verificou, no peso médio de frutos do maracujazeiro amarelo, variação de 108 g e 151 g, porém foi influenciado significativamente apenas pelas lâminas de irrigação, concordando estatisticamente com os resultados deste trabalho apenas para o efeito das doses de potássio. Entretanto, esses resultados foram divergentes de Müller (1977) e Müller et al. (1979), cujos valores de peso médio de frutos foram influenciados pelas doses de potássio aplicadas.

Avaliando efeitos de lâminas de irrigação no maracujazeiro, Carvalho et al. (2000) obtiveram frutos com peso médio entre 147 g e 161 g, influenciados significativamente pelas diferentes lâminas de irrigação. Esses resultados, foram bem superiores àqueles obtidos por Colauto et al. (1986), Teixeira (1989); Teixeira et al. (1990) e Faria et al. (1991), que obtiveram peso médio de frutos do maracujazeiro variando entre 77,96 g e 97,60 g.

O rendimento de suco de frutos do maracujazeiro varia de 24% a 60,5% (Araújo et al., 1974; Aular & Rojas, 1994). Entretanto, de acordo com o padrão de suco para a indústria, o fruto deve apresentar de 30% a 33% do seu peso em suco (Akamine & Girolami, 1957; Haendler, 1965; Araújo et al., 1974). De forma generalizada, existem na literatura várias referências sobre o rendimento de suco de frutos do maracujazeiro (Akamine & Girolami, 1957; Haendler, 1965; Araújo et al., 1974; Sjostrom & Rosa, 1978; Müller et al. 1979; Figueiredo et al., 1988; Ritzinger et al., 1989; Nascimento, 1996); todavia, são poucas as referências que relacionam os efeitos da adubação potássica e níveis de irrigação ao rendimento de suco de frutos do maracujazeiro.

O potássio tem um papel importante no conteúdo de sólidos solúveis dos frutos. No caso maracujazeiro autores como Medina (1980), Manica (1981) e Kliemann et al. (1986) mencionam a importância desse elemento no ^{o}brix desta cultura. Contudo, Müller (1977), Teixeira (1989) e Colauto et al. (1986) não constataram efeitos significativos desse elemento no conteúdo de sólidos solúveis de frutos do maracujazeiro, o que diverge dos resultados obtidos por Martins (1998), cujos valores de STT entre 13,3% e 14,4% foram influenciados pela aplicação de doses de potássio.

2.4 Irrigação

O manejo da água em culturas irrigadas tem como ponto chave decidir como, quanto e quando irrigar. 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). Após determinar a necessidade de água da cultura, a quantidade de água a aplicar por irrigação requer o conhecimento da precipitação pluviométrica e da ascenção capilar (Reichardt, 1985; Reichardt, 1986).

A irrigação é indispensável para o maracujazeiro, 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 Neto et al. (1983) a irrigação, além de promover o aumento da produtividade, promove o aumento do período de produção em regiões com temperatura e fotoperíodo favoráveis, podendo se estender em períodos de 9 a 10 meses, aumentando assim a oferta de frutos durante quase o ano todo.

Embora a literatura evidencie que o maracujazeiro responde bem à irrigação é preciso desenvolver pesquisas para determinar o manejo adequado de irrigação para a cultura, envolvendo principalmente necessidades hídricas, tensão ótima de umidade no solo, lâminas e freqüências de irrigação adequadas. Estudando o consumo hídrico do maracujazeiro amarelo na fase de desenvolvimento vegetativo, Alencar (2000) verificou que a evapotranspiração da cultura até os 180 dias após o transplantio foi 432,9 mm, com máximo consumo de água (4,68 mm dia^{-1}) registrado no início da floração. Utilizando o modelo de Penman Monteith para estimar a evapotranspiração de referência

(ETo), o autor determinou valores de coeficientes de cultivos (Kc) que variaram entre 0,51 e 1,10 no período estudado.

O conhecimento do coeficiente de cultivo para a cultura é muito importante na estimativa do consumo de água pela planta. Todavia, como os valores de Kc dependem da ETo, é necessário que para sua estimativa seja adotado o método mais adequado para a região. No caso do maracujazeiro amarelo Sousa et al. (2000a) apresentaram valores de Kc determinados a partir da evapotranspiração da cultura obtida em lisímetro de drenagem, e vários métodos de estimativas de ETo. Os autores concluíram que os maiores valores de Kc (1,48) do maracujazeiro foram obtidos pelo método de Thornthwaite para estimativa da ETo, enquanto para os métodos do tanque classe A e Penman Monteith os valores de Kc foram próximos, 1,24 e 1,16 , respectivamente.

Em dois experimentos sobre os efeitos de lâminas de irrigação associadas a doses de nitrogênio e potássio no maracujazeiro amarelo, Martins (1998) verificou que a produtividade foi significativamente influenciada pelas lâminas de irrigação com os máximos rendimentos de 35.270 kg ha^{-1} e 35.280 kg ha^{-1} obtidos com as lâminas de 1.340 mm e 1.454 mm para os experimentos 1 e 2, respectivamente. A análise econômica revelou que a máxima produtividade econômica (35.265 kg ha^{-1} e 35.183 kg ha^{-1}) foi obtida com lâminas de 1.323 mm e 1.376 mm para os respectivos experimentos. Os efeitos combinados água e nitrogênio e água e potássio, promoveram aumento das produtividades máximas fisica e econômica.

O fornecimento de água de forma contínua permite a floração e a frutificação do maracujazeiro continuamente; todavia, quando as irrigações não são realizadas com freqüência e em quantidades de água adequadas, os efeitos dessa prática sobre a produtividade e a qualidade de frutos são insatisfatórios. Pesquisa realizada por Carvalho et al. (2000) com o maracujazeiro amarelo mostrou influência da irrigação sobre a produtividade e o peso médio de frutos, e que a aplicação de água em quantidades acima de 75% da evaporação do tanque classe A tendeu a reduzir esses parâmetros. Esses autores constataram que a máxima produtividade (41,3 t ha^{-1}) foi obtida com lâminas de irrigação, correspondente a 75% da evaporação do tanque classe A, resultando em 1.293 mm anual, considerando irrigação e precipitação pluviométrica.

Os efeitos da irrigação na produtividade do maracujazeiro foram também mostrados por Milne et al. (1977) na África do Sul, que observaram aumento no rendimento de fruto superior a 95%, o que atribuiu-se à manutenção do solo com teores ótimos de umidade, tal como menciona Vasconcellos (1994). Este autor destaca que o maracujazeiro responde bem à irrigação, pois o teor de umidade no solo é um dos fatores que mais afetam o florescimento da cultura.

Para cada situação de solo, teores de umidade adequados devem ser determinados. Para solo arenoso, os teores de água devem corresponder a valores de potencial matricial próximos de -0,006 MPa e superiores a -0,020 MPa para solos de textura média a argilosa, respectivamente. Staveley & Wolstenholme (1990) concluíram que o potencial de água no solo para a o maracujazeiro não deve ser inferior a -0,020 MPa durante os períodos críticos de diferenciação de flores e pegamento de frutos.

Pesquisas desenvolvidas por Menzel et al. (1986) sob condições protegidas mostraram que o estresse hídrico no maracujazeiro afetam sensivelmente os parâmetros de crescimento da planta. Para os autores, tensões de água no solo inferiores a -0,01 MPa 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 déficit hídrico. Nesse caso, o ideal para a cultura é promover as irrigações de maneira a manter o solo próximo da capacidade de campo, principalmente no período de floração e frutificação.

O destaque para teor ótimo de umidade no solo para o maracujazeiro, está relacionado em grande parte com a absorção de nutrientes. O estresse hídrico provoca redução na absorção e no acúmulo de nutrientes na parte aérea (Malavolta, 1994). Manzel et al. (1986) verificaram que o estresse hídrico no maracujazeiro reduziu a absorção de nutrientes com efeitos variáveis na concentração absoluta dos elementos, em que os níveis de P, Ca, Mn, Zn e B foram crescentes, Mg, Na e Cu decrescentes, enquanto para N, K e Cl não foram afetados pela redução da água no solo. Como efeito da redução do teor de água no solo, o maracujazeiro produz ramos menores com menor número de nós e comprimento de entrenós; a área foliar reduz, refletindo conseqüentemente o número de botões florais e flores abertas. Isso ocorre porque, de

acordo com De Witt (1978), durante o estresse hídrico, os carbohidratos são direcionados mais para as raízes do que para a parte vegetativa.

O método de irrigação mais adequado para o maracujazeiro tem sido o de irrigação localizada, principalmente 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 método ou sitema de irrigação utilizado, cuidados devem ser tomados para não permitir que as plantas sejam submetidas a estresse hídrico e nem a excesso de umidade. A umidade do solo deve ser mantida próxima à da capacidade máxima de água disponível (Ruggiero et al. 1996).

A agricultura irrigada tem com objetivos principais garantir a produção e o aumento da produtividade das culturas. Entretanto, além disso, é preciso buscar a máxima eficiência do uso da água, otimizando o fator água. De acordo com Bernardo (1995) e Martins (1998) o fator água deve ser otimizado, possibilitando, sem maiores riscos, a utilização dos demais insumos de produção para obter maiores produtividades com uma melhor combinação dos insumos utilizados. Para isso, é necessário conhecer as funções de produção ou superfícies de resposta, para auxiliar nas decisões, uma vez que essas funções permitem determinar as interações entre os diversos fatores que afetam a produtividade.

A função de produção ou de resposta das culturas é definida em Frizzone (1998) como uma relação fisica entre as quantidades de um conjunto de insumo, e as quantidades físicas que podem ser obtidas do produto para dada tecnologia conhecida.

Devido ao grande número de variáveis que interferem na produtividade das culturas e à complexidade das relações que afetam a quantidade e a qualidade do produto, a produtividade pode ser expressa exclusivamente em função da água utilizada pelo cultivo, contanto que os demais fatores de produção permaneçam fixos e em nível ótimo (Frizzone, 1998).

Para Cuenca (1989) a forma das funções de produção das culturas em resposta à água é influenciada por muitos fatores, entre eles quantidade de água, método e freqüência de irrigação, estádio de desenvolvimento das culturas, variabilidade espacial

do solo, qualidade da água de irrigação, densidade de plantio, condições climáticas, época de plantio, tratos fitossanitários e condições de drenagem do solo.

A eficiência do uso da água (EUA) relaciona a produção de biomassa ou produção comercial pela quantidade de água aplicada ou evapotranspirada. Em agricultura irrigada, a elevação e a determinação dos níveis da EUA são bastante complexos e requerem conhecimentos e considerações interdisciplinares. Todavia, Dinar (1993) menciona que existem meios para se elevar os valores de EUA, destacando-se, entre esses, o manejo adequado de irrigação.

Dentre os meios e as técnicas adotadas para aumentar a eficiência do uso da água em agricultura irrigada, a irrigação com alta freqüência e em baixo volume de água tem-se mostrado ideal para irrigação por gotejamento (Srinivas et al., 1989). Esses autores constataram que a máxima EUA pela cultura da melancia foi obtida com irrigação por gotejamento, quando as lâminas de água foram aplicadas com base em 25% da evaporação do tanque classe A, devido ao pequeno estresse imposto e ao baixo decréscimo na produtividade, quando comparado com a alta redução no uso da água. Resultados semelhantes foram obtidos por Lin et al. (1983), que verificaram alta EUA sob baixo regime de irrigação em tomateiro.

Quando a eficiência do uso da água é determinada a partir da quantidade de água aplicada, Dinar (1993) e Letey (1993) destacam sua redução, porém sem diminuição da produção, como forma de aumentar a EUA. Nesse aspecto, a escolha do sistema de irrigação (Dinar,1993) e redução do período de irrigação no ciclo da cultura (Richards et al., 1993; Howell et al., 1998) são pontos importantes. Ritshel et al (1994) elevaram a eficiência de uso de água pelo meloeiro irrigado por gotejamento, com a suspensão antecipada da irrigação, ou seja, aos 56 dias após o plantio.

A distribuição da água e a manutenção de níveis ótimos de umidade no solo durante todo o ciclo da cultura reduzem as perdas de água por drenagem e os períodos de estresse hídrico da cultura, o que aumenta a EUA. Isso pode ser atingido com aplicações de água com maior freqüência e em pequenas quantidades (Lin et al 1983; Srinivas et al., 1989; Mishra et al., 1995; Andrade Júnior et al., 1997; Saeed & El-Nadi, 1997; Sousa et al., 1999; Sousa et al., 2000b).

Em um sistema de produção, cujo lucro deve constituir o principal objetivo econômico de uma empresa rural, os recursos disponíveis devem ser utilizados racionalmente no processo de produção. Na atividade de agricultura irrigada, a água é um recurso natural sobre o qual se tem maior interesse sobre o seu controle, no sentido de alterar seu padrão de disponibilidade espacial e temporal, adequando-o à demanda agrícola (Frizzone, 1998).

Dentre outras análises, Noronha (1986) destaca que a teoria da produção determina as condições segundo as quais se verifica a utilização ótima dos recursos produtivos e indica os meios e métodos a serem utilizados para atingir esse objetivo. As relações físicas e econômicas estabelecidas pelas funções de resposta da produção de uma cultura, obtidas com bases experimentais, constituem ferramentas importantes, sendo utilizadas na tomada de decisões pelas empresas rurais que trabalham com irrigação.

Em regiões com problemas de recursos hídricos, é importante considerar no planejamento da irrigação a limitação de água. Nessas regiões, torna-se necessária a otimização dos recursos hídricos disponíveis para maximizar a renda líquida por unidade de volume de água utilizado; porém, a expressão matemática que relaciona a produção ao fator de produção, às funções de custo e de receita líquida para as condições de interesse devem ser conhecidas (Calheiros et al., 1996; Frizzone, 1998).

Nos casos em que a água é fator limitante, a utilização da irrigação com déficit permite maior retorno econômico quando comparado à irrigação sem déficit (Hargreaves & Samani, 1984). O conhecimento das funções de resposta e de receita líquida, preço do produto e da água, permite determinar as quantidades de água que maximize a produção, a receita líquida e a equivalente, parâmetros utilizados na definição do intervalo de manejo da irrigação, que favorece a utilização racional da irrigação com déficit (English, 1990).

Para o maracujazeiro amarelo, Martins (1998) obteve a produtividade máxima econômica (39.009 kg ha^{-1}) com uma lâmina total de água de 1.328 mm, resultando numa relação custo/beneficio de 3,58. Analisando a eficiência do uso da água foi constatada resposta linear decrescente, influenciada pelo fator água, variando de 35,87 kg ha^{-1} mm^{-1} a 19,64 kg ha^{-1} mm^{-1}, para as lâminas totais de 826 mm e 1.724 mm,

respectivamente. Para o autor, a irrigação no maracujazeiro amarelo deve ser feita de maneira a promover o potencial máximo produtivo da cultura.

2.5 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).

Pode-se utilizar qualquer método ou sistema de irrigação para aplicar fertilizantes, todavia, os pressurizados são os mais apropriados (Boaz & Halevy, 1974). Por suas características e forma de aplicação de água de modo pontual junto à zona de concentração das raízes das plantas, destaca-se a irrigação por gotejamento como a mais adequada para aplicar fertilizantes (Goldberg & Shmuelli, 1970; Bresler; 1977; Sousa et al., 1993). Essas características possibilitam a aplicação dos produtos quando necessário, onde é requerido e em quantidade correta, o que permite a economia de fertilizantes e mão-de-obra, e mantêm a planta com níveis ótimos de umidade e nutrição (Nir, 1982; Dasberg & Bresler, 1985; Frizzone et al.,1985; Cuenca, 1989). Isso ocorre devido à redução das perdas dos nutrientes por lixiviação, melhorando o controle da concentração de nutrientes no solo (Bresler, 1977), e conseqüentemente o aumento da eficiência do uso dos fertilizantes pelas plantas (Phene et al., 1979) .

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.

Uma das maiores virtudes da fertirrigação é a possibilidade da aplicação dos nutrientes recomendados de maneira parcelada, segundo a marcha de absorção da cultura nos seus diferentes estádios de desenvolvimento (Sousa & Sousa, 1998). Aplicações mais freqüentes e em menores quantidades permitem reduzir as perdas de nutrientes, aumentam a eficiência do uso de fertilizantes e promovem o aumento da produtividade (Pinto et al. 1993; Sousa, 1993; Sousa & Sousa, 1998). No caso do nitrogênio os efeitos da aplicação com maior freqüência são mais evidentes devido a sua facilidade de perda no solo, principalmente nos solos de textura arenosa.

Com relação aos tipos de cultura e características de solo e água, a fertirrigação pode ser empregada em várias situações. Em qualquer caso, trata-se de exportações intensivas de nutrientes em que a água, como recurso limitado, deve ser utilizada com a máxima eficiência possível. As características de solos e de cultura servem de base para a determinação tanto do método ou do sistema de irrigação como das doses de fertilizantes mais adequados (Sousa, 2000).

Pesquisas realizadas por Locascio & Myers (1974), Kafikafi & Bar-Yosef (1980), Locascio et al. (1977), Keng et al. (1979), Bhela & Wilcox (1986), Pinto et al. (1993) e Sousa & Sousa (1998) evidenciam as vantagens da fertirrigação por gotejamento, em termos de aumento de produtividade e qualidade do produto.

No caso da fertirrigação em fruteiras, principalmente para o maracujazeiro, são poucos os trabalhos já realizados. Avaliando diferentes formas de aplicação de fertilizantes (via solo e fertirrigação) em três diferentes parcelamentos de N e K_2O na cultura do maracujazeiro amarelo, Teixeira (1989) e 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 freqüência 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 são 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 (Sanchez, 1981).

Rice et al. (1986) discorrem que o fluxo de água por drenagem profunda deve variar muito devido ao tipo de solo, aplicação não-uniforme de água, alterações nas propriedades do solo durante o desenvolvimento da cultura e a qualidade da água aplicada.

Nos sistemas de irrigação localizada o estudo da distribuição de água no solo é de fundamental importância para avaliar as perdas por percolação, e o volume de solo a ser explorado pelas raízes (Howel et al., 1983), já que nesses sistemas de irrigação a parte mais importante do ciclo da irrigação é o período de infiltração (Rawlins,1973).

Analisando a redistribuição de água em solos arenosos, sob irrigação por gotejamento, Sousa et al. (1992) verificaram que o fluxo de água no solo na vertical cresceu sensivelmente com o aumento do volume d'água aplicado, acentuando as perdas por percolação profunda.

Na aplicação de nutrientes via água de irrigação, um dos pontos importantes que deve ser acompanhado é o movimento de nutrientes no solo, tanto do ponto de vista

técnico, quanto econômico e ambiental. O movimento de íons está relacionado com a intensidade de percolação e com o comportamento de cada um em relação às condições de fixação e adsorsão, que é função de cada íon e do tipo de solo em que se encontra. A lixiviação dos íons através do perfil do solo é uma das principais causas de perdas de nutrientes, e contribui sensivelmente com a acidificação do solo (Reichardt, 1986). Isso indica a necessidade de adotar manejo de água e nutrientes com bastante critério, principalmente nos solos arenosos (Sousa et al., 1992). Dessa forma, o uso da fertirrigação nesse tipo de solo e o controle da concentração de nutrientes na solução do solo são bem mais complexos, requerendo, assim, realização de pesquisa (Kafkafi& Bar-Yosef, 1980). O parcelamento da aplicação de nutrientes, principalmente o nitrogênio e potássio, que se perdem com mais facilidade por lixiviação, é uma das principais práticas que devem ser empregadas na fertirrigação (Sousa, 1993).

O nitrogênio na forma de nitrato (NO_3^-) é o nutriente de maior mobilidade no solo. O movimento de nitrato no solo, segundo Burt et al. (1998), é aproximadamente proporcional ao movimento da água que percola. Portanto, além de se quantificarem níveis adequados de água e nitrogênio, é necessário conhecer a magnitude e a velocidade das transformações desse nutriente no solo (Coelho, 1994).

No caso do potássio, trata-se de um nutriente absorvido da solução do solo pelas raízes, predominando o contato pelo processo de difusão. Contudo, a aplicação de doses relativamente alta desse nutriente pode causar movimentação no solo pelo fluxo de massa, principalmente em regiões tropicais e subtropicais (Malavolta, 1980).

A movimentação de potássio no solo quando é aplicado via água de irrigação é objeto de estudo. Na aplicação desse nutriente por gotejamento Klein (1983), citado por Zanini (1991), constatou que move-se a profundidade de 60 cm a 90 cm; contudo, seu movimento horizontal foi muito limitado, até em torno de 50 cm. Para o autor, o movimento horizontal de potássio depende da intercambialidade de cátions e da saturação desse elemento no solo. O rápido movimento vertical é bom para plantas frutíferas, quando cultivadas sob fertirrigação por gotejamento, pois permite imediata correção de sua deficiência em camadas inferiores, ressalta. Entretanto, esse

deslocamento precisa ser acompanhado e monitorado a fim de não permitir perdas abaixo da zona radicular da cultura.

De acordo com trabalho realizado por Zanini (1991), é possível ter o controle da localização do íon potássio no solo, em função da água de irrigação e rápida movimentação de fluxo de massa. Na fertirrigação por gotejamento, a distribuição de potássio no perfil do solo é mais uniforme, pois o movimento de íons se dá na região do bulbo úmido (Kafkafi & Bar-Yosef, 1980; Uriu et al., 1980). Kafkafi & Bar-Yosef (1980), aplicando KNO_3 e $KHPO_4$ por gotejamento em solos de deserto, verificaram que a distribuição de K no perfil do solo foi mais uniforme do que o P, embora com uma leve concentração na superficie em torno da frente de molhamento.

Pesquisas realizadas na Espanha mostraram que a dinâmica de potássio em solo, aplicado por fertirrigação por gotejamento, tem uma estreita relação com a dinâmica de água, havendo uma predominância de expansão lateral para os solos argilosos e vertical para solos arenoso ou de textura média, mas sempre dentro da zona de saturação do bulbo úmido. Os resultados mostraram que aos 21 dias após a aplicação ocorreram as maiores concentrações de potássio na solução do solo; contudo, maior valor foi observado para uma profundidade de 25 cm e a 24 cm de distancia do gotejador (PAR/CSCI, 1999).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi realizado no Campo Experimental da Fazenda Areão, pertencente ao Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ/USP, localizado no município de Piracicaba-São Paulo, à latitude de 22°42'30" S, longitude 47°38'00" e altitude 576 m.

O clima, de acordo com a classificação de Köeppen, é do tipo Cwa, ou seja, clima subtropical úmido com estiagem no inverno, com precipitação pluviométrica média de 1.247 mm, temperatura de 21,1°C, umidade relativa média de 74% e velocidade do vento de 2,2 m s^{-1}. O solo foi classificado como terra Roxa Estruturada (Alfisol) série Luiz de Queiroz, com uma declividade média de 2,3%.

Para a caracterização fisica e química do solo foram retiradas amostras de solo nas camadas de 0,0-0,20 m, 0,20-0,40 m e 0,40-0,60 m para análises química (Tabelas 1 e 2) e física (Tabela 3) e curva de retenção de água no solo (Figura 1).

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental: pH, matéria orgânica (M.O), macronutrientes, soma de base (SB), capacidade de troca de cátions (T), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) da área experimental.

Camada	pH	M.O	P	S-SO_4	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V
m	$CaCl_2$	g dm^{-3}	mg dm^{-3}								%
0,00-0,20	5,2	14	4	54	1,5	33	13	28	47,5	75,5	63
0,20-0,40	5,0	17	4	52	1,6	28	12	31	41,6	72,6	57
0,40-0,60	5,3	9	9	44	0,5	32	6	22	38,5	60,5	64

Tabela 2. Caracterização química do solo da área experimental, micronutrientes: Boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe) manganês (Mn) e zinco (Zn),

Camada	B	Cu	Fe	Mn	Zn
m	mg dm^{-3}				
0,00-0,20	0,09	2,70	13,60	27,40	0,70
0,20-0,40	0,22	3,40	17,60	44,00	0,80
0,40-0,60	0,10	0,90	5,20	4,60	0,20

Tabela 3. Valores de densidade global, teores de argila, silte e areia do solo da área experimental.

Camada	CC	PMP	Densidade	Argila	Silte	Areia
m	cm^3 cm^{-3}		kg dm^{-3}	g.kg^{-1}		
0,00-0,20	0,4148	0,3472	1,49	624,0	172,0	204,0
0,20-0,40	0,4193	0,3491	1,46	694,3	138,3	167,4
0,40-0,60	0,4500	0,3808	1,43	688,9	136,4	174,8

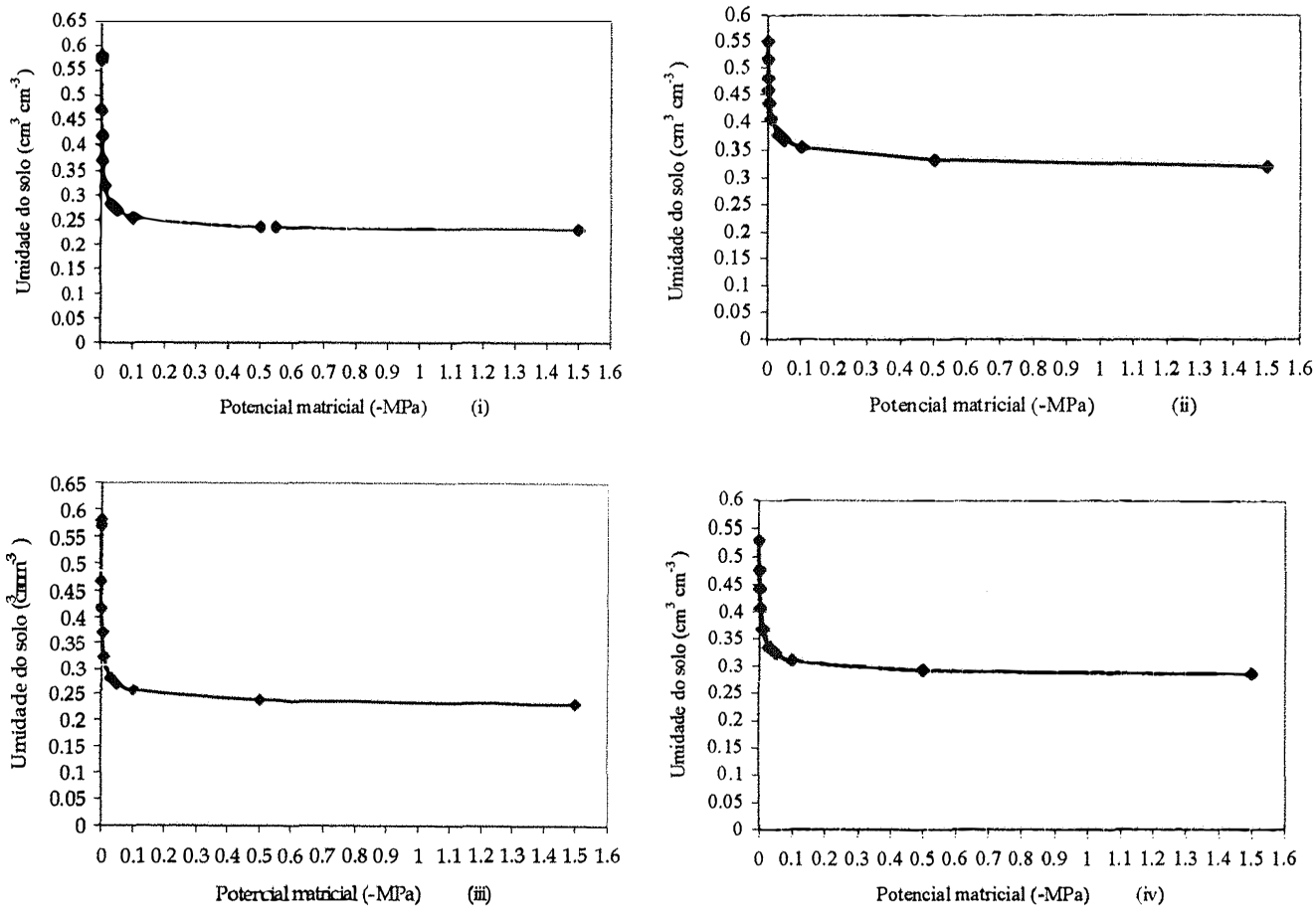


Figura 1 - Curvas de retenção de água no solo da área experimental para as camadas (i) 0,00 m - 0,10 m; (ii) 0,10 -0,30 m; (iii) 0,30 - 0,50 m e (iv) 0,50 - 0,70 m.

Os dados climáticos referentes ao período de maio de 1999 a maio de 2000 (Tabela 4) foram obtidos na estação meteorológica do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP.

Tabela 4. Valores médios mensais de radiação global (RG), temperatura (T), umidade relativa (UR), número de horas de insolação, precipitação pluviométrica (P) e velocidade do vento (U_2) registrados no período de maio/1999 - abril/2000.

Meses	RG	T	UR	Insolação	P	U_2
	cal cm^{-2} d^{-1}	° C	%	h dia^{-1}	mm	m s^{-1}
Maio	328	18,30	79	7,40	51,30	2,03
Junho	257	17,50	83	6,00	68,6	1,67
Julho	289	19,20	77	6,70	2,70	1,97
Agosto	375	19,10	64	8,40	0,00	2,22
Setembro	423	21,40	70	7,70	85,90	2,69
Outubro	454	21,90	73	7,00	28,50	3,05
Novembro	480	22,60	72	7,00	52,10	2,67
Dezembro	508	24,80	78	7,20	269,90	2,22
Janeiro	463	24,70	83	6,40	235,90	2,17
Fevereiro	450	24,60	87	5,50	195,00	2,11
Março	411	24,10	84	5,40	170,00	1,94
Abril	451	21,90	72	9,10	0,00	1,72

A água utilizada para irrigação, cujas características encontram-se descritas na Tabela 5, foi bombeada de uma barragem localizada nas proximidades da área experimental. As amostras de água foram coletadas após o sistema de filtragem da estação de controle do sistema de irrigação em dois períodos, fevereiro e maio.

Tabela 5. Resultados de análise química da água da barragem da Fazenda Areão utilizada para irrigação.

Parâmetros	Unidade	Resultados	
		fevereiro	maio
Alcalinidade ($CO_3^{2-} + HCO_3^-$)	mg L^{-1}	21,0	13,8
Cloreto (Cl^-)	mg L^{-1}	3,5	5,8
Nitrato ($N\text{-}NO_3$)	mg L^{-1}	1,4	1,2
Sulfato (SO_4^{2-})	mg L^{-1}	9,5	10,4
Fósforo (P)	mg L^{-1}	0,05	0,14
Amônio ($N - NH_3$)	mg L^{-1}	0,3	0,2
Sódio (Na^+)	mg L^{-1}	2,3	0,9
Potássio (K^+)	mg L^{-1}	3,0	2,3
Cálcio (Ca^{2+})	mg L^{-1}	4,6	4,0
Magnésio (Mg^{2+})	mg L^{-1}	1,9	1,8
Ferro (Fe)	mg L^{-1}	0,03	0,24
Cobre (Cu)	mg L^{-1}	0,01	0,04
Manganês (Mn)	mg L^{-1}	0,01	0,02
Zinco (Zn)	mg L^{-1}	0,07	0,02
Condutividade elétrica	mS cm^{-1}	0,10	0,10
pH		7,6	7,3
Acidez	mg L^{-1}	2,5	1,5
Gás Carbônico (CO_2)	mg L^{-1}	1,0	1,0

3.2 Delineamento experimental

O experimento foi realizado no período de maio/1999 a junho/2000, em blocos casualizados com parcelas subdivididas e 4 repetições (Tabela 6). Os tratamentos foram: quatro níveis de irrigação e cinco doses de potássio aplicados por fertirrigação. Cada parcela foi constituída por duas plantas úteis.

Tabela 6. Esquema da análise de variância.

Causas da variação	GL	Quadrados médios	F
Bloco	3		
Doses de K	4		
Resíduo (A)	12		
Parcelas	19		
Níveis de irrigação	3		
Doses K x Níveis de irrigação	12		
Resíduo (B)	45		

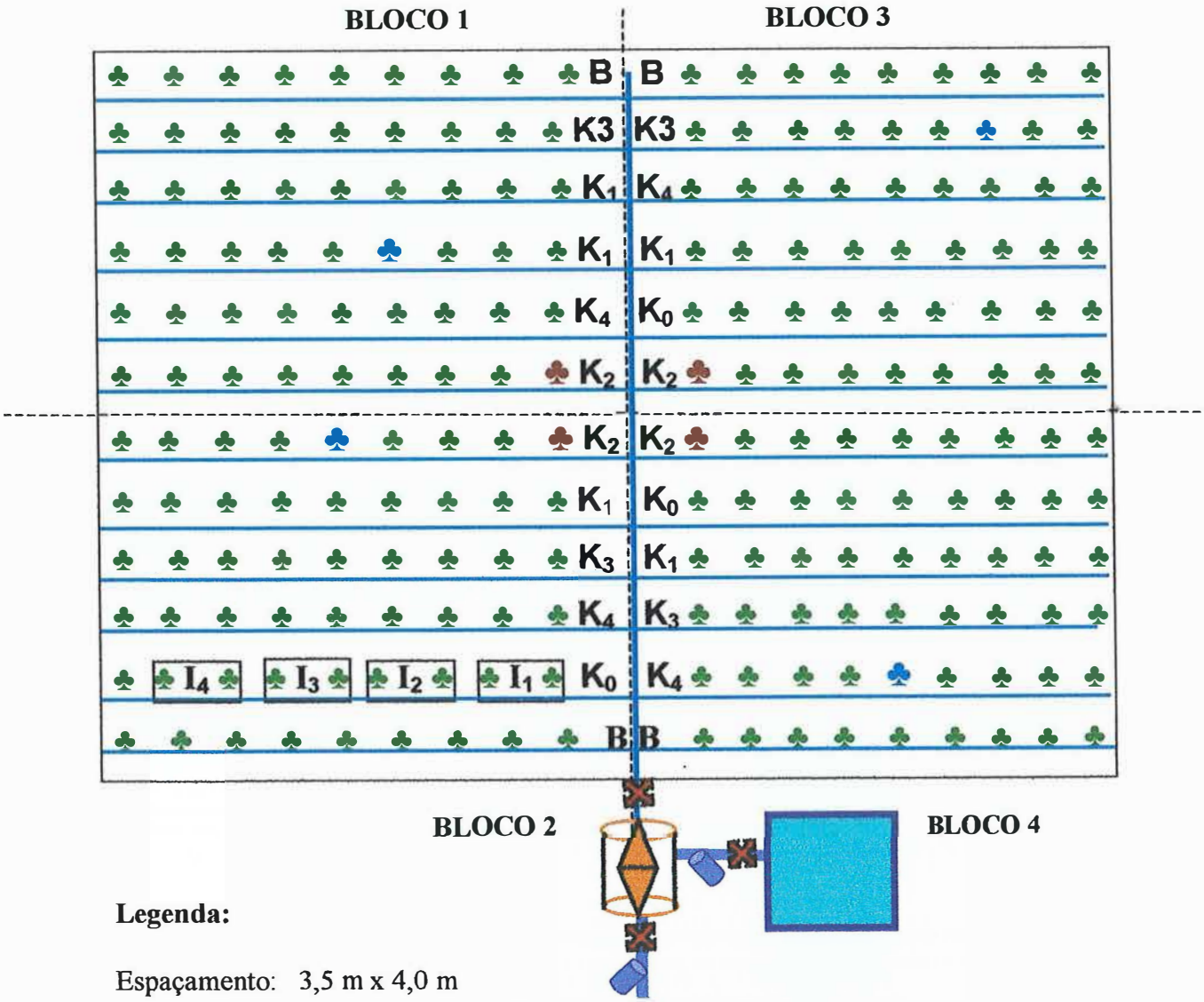
Os níveis de irrigação determinadas em função da lâmina média (L) medida em quatro lisímetros de drenagem com plantas de maracujazeiro foram: L_1 - nível de irrigação equivalente a 0,25 L; L_2 - nível de irrigação lâmina equivalente a 0,50 L; L_3 - nível de irrigação equivalente a 0,75 L; L_4 - nível de irrigação equivalente a 1,00 L.

As doses de potássio (Tabela 7) foram definidas a partir da recomendação média de adubação de plantio, de formação e de produção apresentada por Melletti & Maia (1999). A aplicação de potássio foi feita em duas fases: formação da cultura, do plantio aos 120 dias após o transplantio das mudas; e produção, a partir dos 120 dias.

Nas Figuras 2 e 3 apresentam-se o croqui do experimento com os devidos detalhes das parcelas experimentais e uma vista geral da área experimental.

Tabela 7. Doses de potássio (kg de K_2O por planta nas fases de formação e de produção).

Níveis de potássio	Formação	Produção	Total
K_0	0,000	0,000	0,000
K_1	0,025	0,200	0,225
K_2	0,050	0,400	0,450
K_3	0,075	0,600	0,675
K_4	0,100	0,800	0,900



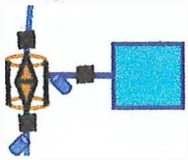
Legenda:

Espaçamento: 3,5 m x 4,0 m

♣ - Plantas de maracujazeiro; ♣ - Planta no lisímetro; **B** - Bordadura

♣ - Planta com tensiômetros e extratores de solução

K - Linha com dose de potássio (j); **I** - Lâmina de irrigação (i);



Estação de controle

Figura 2 - Croqui da área experimental com detalhes após a casualização das doses de potássio e das lâminas de irrigação e localização das baterias de tensiômetros e extratores de solução.

Figura 3 - Detalhe da área experimental com as plantas na fase de formação.

3.3 Preparo do solo, adubação e transplantio das mudas

O preparo do solo consistiu de duas gradagens com posterior aplicação e incorporação de 2,0 t ha^{-1} de calcário dolomítico 60 dias antes do transplantio das mudas, para elevação da saturação por base a 80% (Rizzi et al., 1998).

As covas foram abertas no espaçamento de 3,5 m x 4,0 m formato cilíndrico com 1,0 m de diâmetro e 0,5 m de profundidade.

A adubação de fundação foi feita por cova com 40 L de esterco de curral, 0,20 kg P_2O_5 (superfosfato simples), 0,004 kg de Zn (sulfato de zinco) e 0,001 kg de B (ácido bórico).

Utilizou-se o maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flagicarpa* Deg.). As mudas foram preparadas em bandejas de isopor e transplantadas 15 dias após o preparo das covas (04/05/99).

3.4 Irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi gotejamento, com gotejadores de vazão 2,4 L h^{-1} e 4 L h^{-1}. Gotejadores com vazões diferentes, associados a quantidades variadas por planta, permitiram a casualização das lâminas aplicadas por tratamento. Os gotejadores foram dispostos em círculo, com raio médio de 0,40 m do tronco da planta (Figura 4).

As lâminas de irrigação foram definidas de acordo com o balanço médio de entrada e saída de água [eq. (1)] nos quatros lisímetros de drenagem instalados na área experimental. O fornecimento de água para as plantas dos lisímetros foi feito por gotejamento, cuja quantidade de água foi igual a do maior nível de irrigação (L_4).

$$\Delta L = I + P - D \qquad (1)$$

em que:

(ΔL) - diferença entre a entrada e saída de água nos lisímetros (mm);

I - água de irrigação (mm); P - precipitação (mm); e

D - água drenada nos lisímetros (mm)

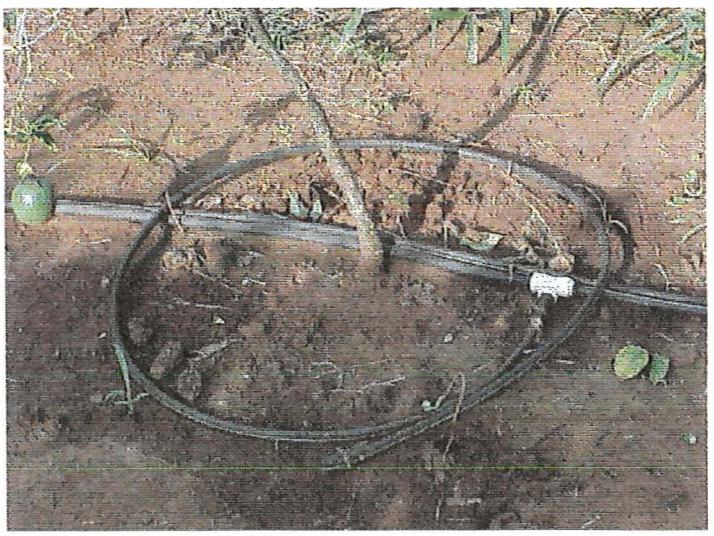


Figura 4 - Detalhe da disposição em círculo dos gotejadores em torno da planta.

O tempo de irrigação correspondente à lâmina máxima (L), 100% da lâmina média obtido pela eq. (1), foi determinado pela eq. (2).

$$Ti = \frac{Tia \quad 0{,}05 \quad Vd}{0{,}90} \tag{2}$$

em que:

Ti - tempo de irrigação (h); Tia - tempo de irrigação anterior (h); e

Vd - volume médio de água drenado nos lisímetros (L).

Como a fertirrigação era feita por meio de linhas laterais independentes, a água fornecida através dessas durante a aplicação dos fertilizantes foi considerada no cálculo da lâmina máxima aplicada. Nesse caso, o tempo de irrigação foi calculado pela eq. (3).

$$Ti = \frac{Tia \quad 0{,}05 \quad Vd}{0{,}90} \quad 0{,}24 \quad Tf \tag{3}$$

em que:

Tf - tempo de fertirrigação (h).

A lâmina máxima de irrigação foi calculada utilizando a eq. (4).

$$L = \frac{ng \quad q \quad Ti}{A} \tag{4}$$

em que:

L - lâmina máxima de irrigação (mm);

ng - número de gotejadores no do lisímetro (5 gotejadores);

q - vazão dos gotejadores (4 L h^{-1}); e

A - área do lisímetro (1,23 m^2).

As precipitações pluviométricas foram consideradas nos cálculos das lâminas de irrigação.

O monitoramento da umidade e a dinâmica de água no solo foi feito com tensiômetros instalados em torno da planta em disposição horizontal (0,10 m, 0,30 m e 0,50 m) e vertical.(0,10 m, 0,30 m, 0,50 m e 0,70 m). As leituras nos tensiômetros foram realizadas diariamente entre 9 e 10 horas, utilizando leitor digital de punção (Tensímetro) (Figura 5).

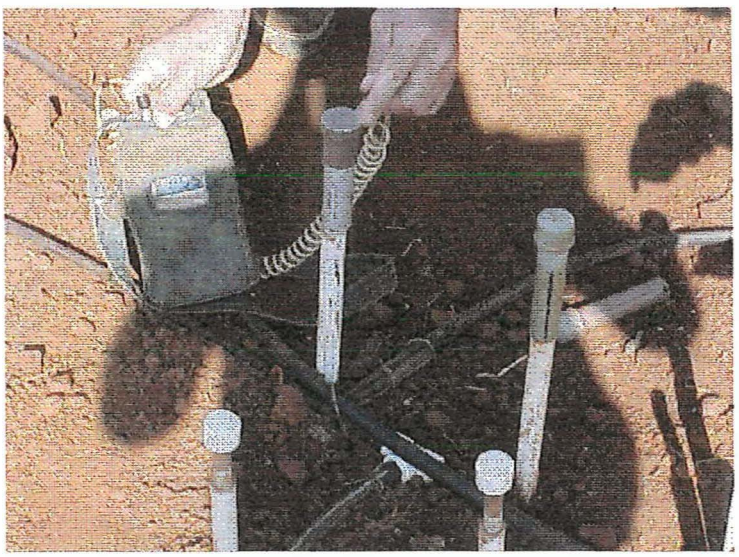


Figura 5 - Detalhe da utilização do Leitor digital (tensímetro) na medição de tensão de água no solo.

Os valores das leituras foram convertidos em potencial matricial de água no solo (Ψ_m), utilizando a eq. (5) e posteriormente com os parâmetros do modelo descrito por van Genuchten (1980) (eq. (6)), obtidos através das curvas de retenção de água no solo (Figura 1), cujos parâmetros são descritos na Tabela 8, determinando-se os respectivos teores de umidade nas camadas.

$$\psi_m = Lt \quad hc \tag{5}$$

em que:

Ψ_m - potencial de água no solo (cm c a);

Lt - leitura no tensímetro (cm c a); e

hc - altura da coluna de água no tensiômetro (cm).

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s \quad \theta_r}{\left[1 + \left(\psi_m \quad \alpha\right)^n\right]^m} \tag{6}$$

em que:

θ - umidade a base de volume ($cm^3\ cm^{-3}$);

θ_r – umidade residual ($cm^3\ cm^{-3}$);

θ_s – umidade de saturação ($cm^3\ cm^{-3}$);

Ψ - potencial de água no solo (cm c.a); e

α (cm^{-1}), m e n – parâmetros empíricos do modelo matemático

Tabela 8. Valores dos parâmetros do modelo de van Genuchten nas respectivas camadas do perfil do solo da área experimental.

Camada (m)	θr ($cm^3\ cm^{-3}$)	θs ($cm^3\ cm^{-3}$)	α (cm^{-1})	m	n
0,00 - 0,10	0,220	0,580	0,1749	0,3057	1,440
0,10 - 0,30	0,255	0,550	0,1572	0,2549	1,3485
0,30 - 0,50	0,285	0,525	0,2531	0,2278	1,2963
0,50 - 0,70	0,275	0,530	0,2442	0,2658	1,3624

3.5 Fertirrigação

As adubações de formação e de produção, com nitrogênio e potássio, foram feitas através da água de irrigação, na freqüência de aplicação de 7 dias. A adubação nitrogenada foi feita a base de 0,10 kg de N (uréia) e 0,38 kg de N (nitrato de potássio e uréia) por planta para as fases de formação e de produção, respectivamente. As doses de potássio foram definidas para as duas fases, segundo os tratamentos estabelecidos (Tabela 7), sendo que na primeira fase utilizou-se cloreto de potássio, e na segunda,

nitrato de potássio. Quando foi utilizado o nitrato de potássio como fonte de K_2O, o restante do nitrogênio necessário foi aplicado na forma de uréia.

Na fase de formação, a distribuição dos nutrientes ao longo do ciclo da cultura foi feita de forma linear em 15 aplicações. Para a fase de produção, a distribuição dos nutrientes foi feita em 32 aplicações, segundo a curva de concentração de nutrientes para o maracujazeiro determinada por Haag et al. (1973), ajustada para a situação experimental.(Tabela 9).

Tabela 9. Valores percentuais de acúmulo de nitrogênio (N) e potássio (K_2O) pelo maracujazeiro na fase de produção.

Períodos	N	(K_2O)
	%	
130 - 160	5,0	4,5
160 - 190	5,7	4.8
190 - 220	6,0	5,7
220 - 250	7,3	6,3
250 - 280	10,0	10,2
280 - 310	17,0	17,5
310 - 340	22,0	23,0
340 -370	37,0	28,0

Adaptado de Haag et al. (1973).

A aplicação dos fertilizantes foi feita através de uma bomba injetora de produtos químicos de acionamento hidráulico instalada na estação de controle do sistema de irrigação do experimento (Figura 2). Devido às dificuldades de casualizar as lâminas de irrigação e doses de potássio, a fertirrigação foi feita por linhas laterais independentes, com dois gotejadores por plantas, espaçados de 0,60 m e dispostos em semicírculo em relação ao tronco da planta.

3.6 Dinâmica de água e nutrientes no solo

Para o estudo da dinâmica de água e de nutrientes no perfil do solo, foram instaladas baterias de tensiômetros e extratores de solução nas distâncias vertical de 0,10 m, 0,30 m, 0,50 m e 0,70 m e horizontal de 0,10 m, 0,30 m e 0,50 m em relação ao tronco da planta (Figura 6, 7 e 8).

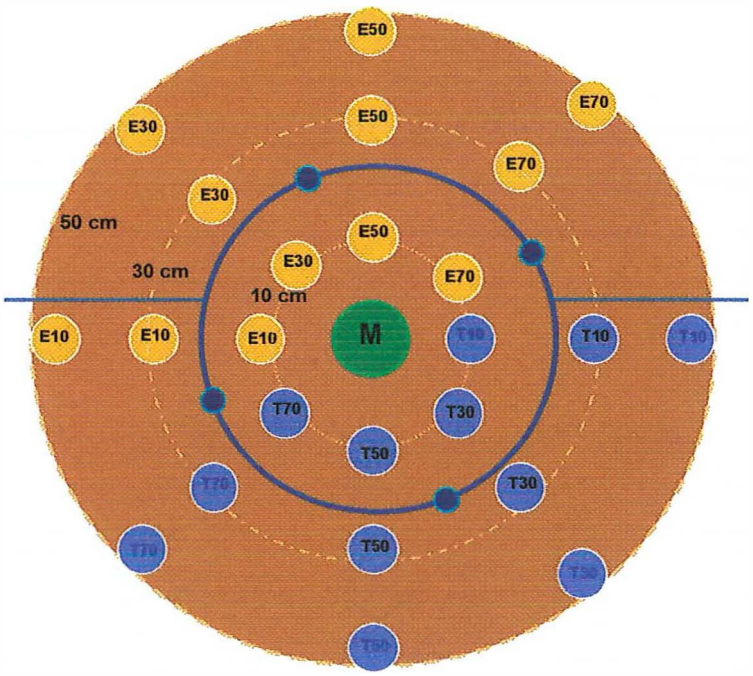


Figura 6 - Detalhe da distribuição dos tensiômetros (T) e extratores de solução (E) em torno da planta (M).

A coleta da solução nos extratores foi realizadas com auxílio de um seringa descartável de 60 ml, acoplada a um tubo flexível de 6 mm de diâmetro (Figura 8). As amostras foram coletadas seis dias após a aplicação de fertilizantes Para facilitar o movimento de solução do solo para os extratores, após cada coleta, com uso da seringa, aplicou-se vácuo com tensão em torno de 70 kPa (Figura 9). As amostras de solução coletadas nos extratores foram analisadas para determinação dos teores de potássio, pH e condutividade elétrica (CE).

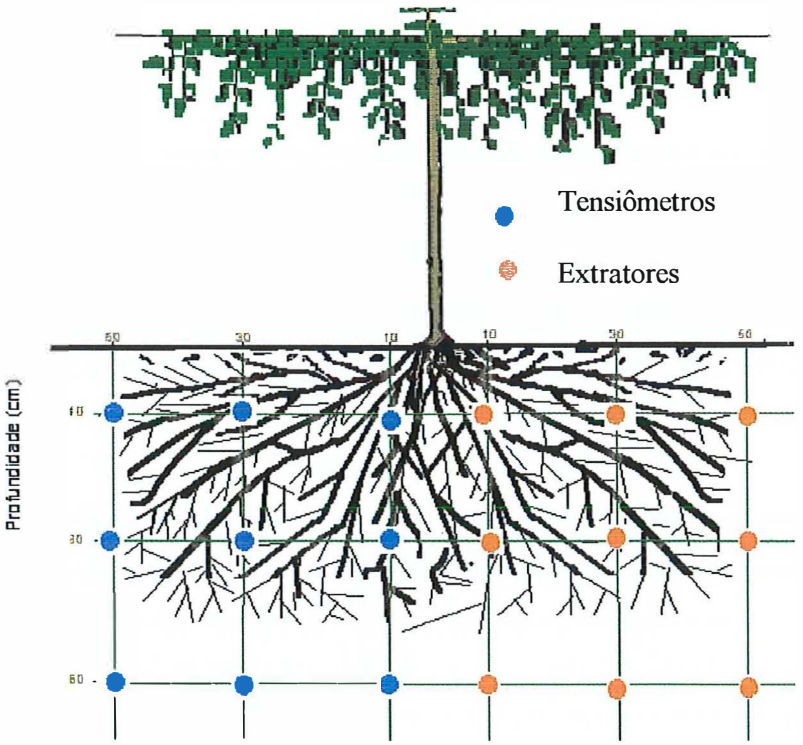


Figura 7 - Representação de uma planta de maracujazeiro com distribuição do sistema radicular e posição dos tensiômetros e extratores de solução no perfil do solo.

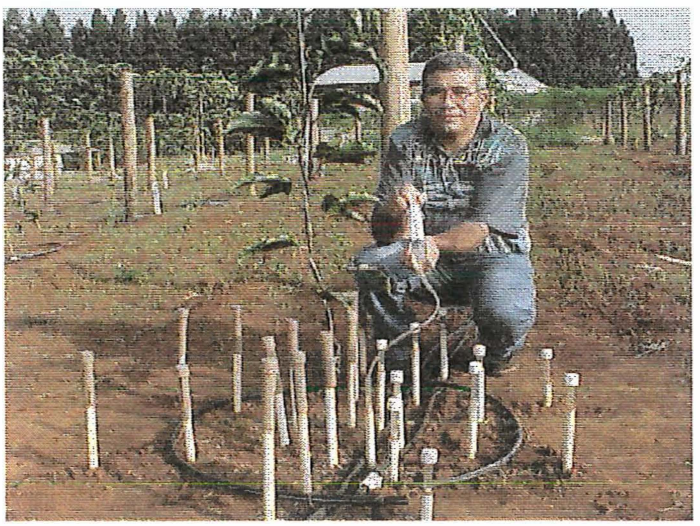


Figura 8 - Distribuição de tensiômetros e extratores de solução em torno da planta e detalhe da coleta de solução do solo utilizando a seringa descartável

Os dados de umidade do solo, teores de potássio (K) e condutividade elétrica (CE) foram analisados em gráficos com isolinhas em contorno, descrevendo as distribuições espacial e temporal desses parâmetros (Figura 9). A distribuição espacial foi realizada nas distâncias horizontal e vertical, tomando amostragens aos 68, 136 e 204 dias após o

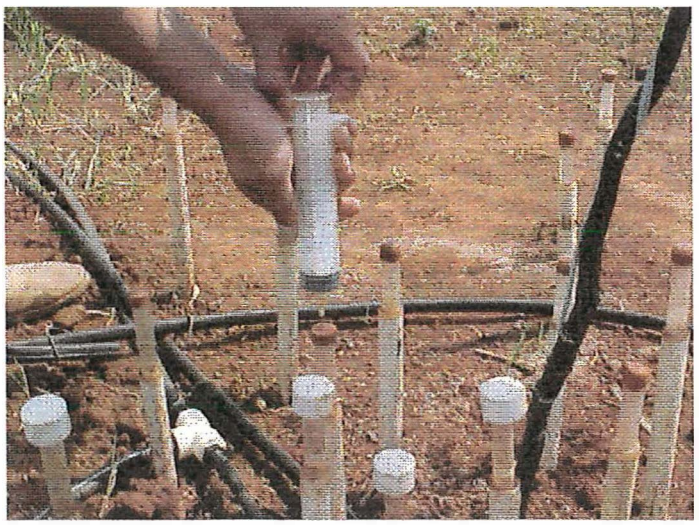


Figura 9 - Detalhe do uso da seringa descartável na realização do vácuo dos extratores de solução.

início da fertirrigação (DAF), correspondendo, respectivamente, a 105, 173 e 241 dias após o início da irrigação (DAÍ). Para a análise da distribuição temporal, utilizaram-se amostras da solução do solo retiradas aos 30 cm do tronco da planta, no período de 23/08 a 07/01.

Com os valores da condutividade elétrica da solução do solo (CE) estimaram-se através da eq. (7), os respectivos valores de condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), para fazer as devidas comparações com o nível de tolerância do maracujazeiro.

$$CEes = \frac{CE \quad \theta_a}{\theta_s} \tag{7}$$

em que:

CEes - condutividade elétrica dos extrato de saturação (mS cm^{-1});

CE - condutividade elétrica da solução do solo (mS cm^{-1});

θ_a - umidade média atual (cm^3 cm^{-3}); e

θ_s - umidade média de saturação (cm^3 cm^{-3}).

Equações de regressão linear eq.(8) foram estabelecida entre os valores de condutividade elétrica da solução do solo (CE) e do extrato de saturação (CEes) obtida para cada tratamento.

$$CEes = a + b \quad CE \tag{8}$$

em que:

a e b - coeficientes da equação de regressão linear

3.7 Manejo da cultura

Devido à possibilidade de ocorrência de baixas temperaturas durante o inverno, no período de 05/06 a 14/07 as plantas foram protegidas por uma cobertura de plástico sobre as linhas de plantio com altura de 1,8 m abertos na extremidades (Figura 10).

O controle de ervas daninhas foi feito à base de roçagem nas entrelinhas e capinas manuais na forma de coroamento nas linhas das plantas (Figura 11), mantendo as plantas sempre isentas de concorrências com plantas invasoras.

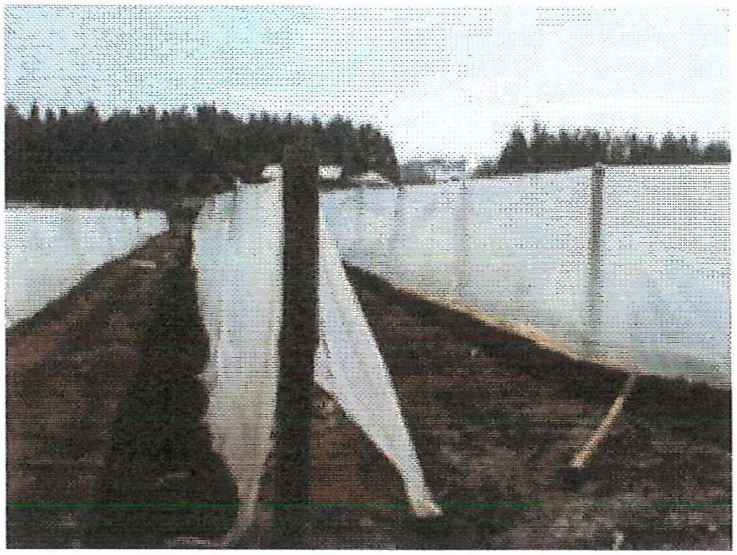


Figura 10 - Detalhe da plática cobertura nas linhas de plantio para proteger as plantas do frio e da geada.

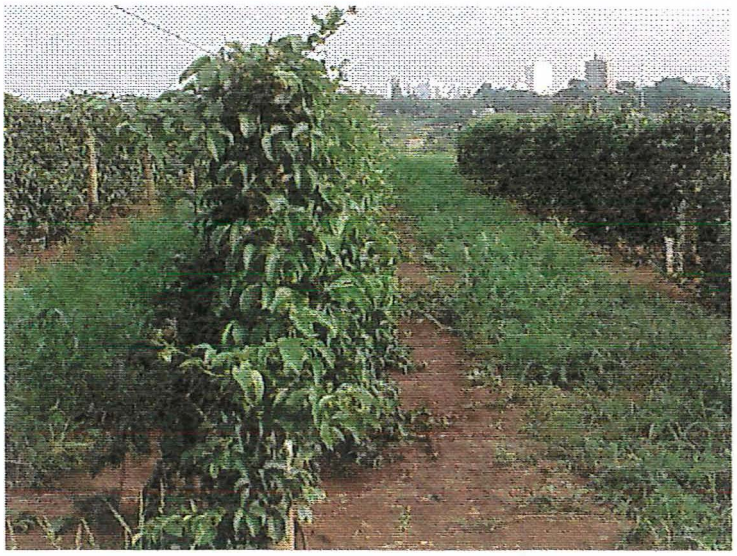


Figura 11 - Sistema de manutenção da linha de plantio isentas de ervas daninhas.

O controle de pragas e doenças foi feito com pulverizações realizadas sempre que apresentavam sintomas característicos de presença de pragas e/ou doenças. Durante o período do experimento foram realizadas quatro aplicações com inseticidas e três com fungicida (Tabela 10).

Tabela 10. Pulverizações realizadas durante a condução do experimento para o controle de pragas e doenças.

Data	Produtos	Dosagem	Observações
07/05/1999	Tiofanato metílico+clorotalonil	2 g L^{-1} de água	Fungicida
08/05/1999	Deltrametrina	1 ml L^{-1} de água	Inseticida
15/10/1999	Fention	1 ml L^{-1} de água	Inseticida
15/12/1999	Fention	1 ml L^{-1} de água	Inseticida
29/12/1999	Óxido cuproso	2,4 g L^{-1} de água	Fungicida
26/01/2000	Tiofanato metílico+clorotalonil	2,5 ml L^{-1} de água	Fungicida
23/02/2000	Deltrametrina	1 ml L^{-1} de água	Inseticida

Durante a fase de formação da cultura até o início da frutificação foram evitadas pulverizações com inseticidas, pois constatou-se a existência de uma grande população de joaninhas, que nesse período fez um bom controle biológico das pragas,. alimentando-se de seus ovos e larvas.

A condução da cultura foi feita com espaldeiras verticais com um fio de arame liso nº 12, preso e esticado por estacas espaçados de 4 m. As plantas jovens foram tutoradas com fios de barbante, de tal forma que permitiram que os ramos se fixassem no arame. Na fase de condução das plantas foram feitas desbrotas periódicas dos ramos laterais, de maneira que se assegurasse o crescimento apenas de uma única haste até a altura próxima do fio de arame (Figura 12); a partir desse ponto, as plantas foram conduzidas com dois ramos laterais (Figura 13) e cresceram de forma monitorados para facilitar a poda de renovação e as práticas de polinização.

3.8 Polinização

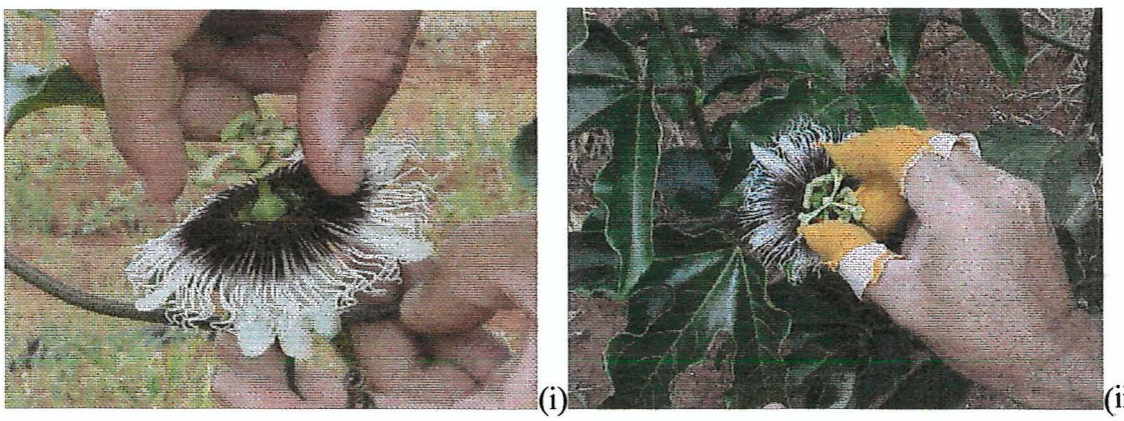
Devido à pouca presença de abelhas mamangavas, principal agente de polinização natural do maracujazeiro amarelo (Figura 14), utilizou-se a prática da polinização manual (Figura 15), realizada diariamente, sempre no período entre as 14 e 18 horas

(horário de verão), de acordo com recomendações descritas em Ruggiero et al. (1996). A abertura das flores e a polinização artificial teve início em 24/10, com pico entre 15/11 e 05/12, com média de 2300 flores polinizadas por dia.

Figura 12 - Linhas de plantio do maracujazeiro após a retirada da cobertura e do sistema de espaldeiramento e condução das planta.

Figura 13 - Sistema de condução das plantas com uma única haste e dois ramos laterais.

Figura 14 - Ação das abelhas mamangavas na polinização natural do maracujazeiro amarelo.



(i) (ii)

Figura 15 - Polinização manual do maracujazeiro: (i) utilizando os dedos limpos; (ii) utilizando luvas de flanela.

3.9 Colheita dos frutos

A colheita foi iniciada em 03/01/2000 e estendeu- se até 10/06/2000. Inicialmente, nas três primeira semanas, as colheitas foram realizadas com freqüência semanal. Posteriormente, até o final do mês de março, passou-se a colher a cada três dias, voltando em seguida à colheita semanal até o fim das avaliações. Os frutos foram colhidos quando atingiram o ponto de maturação fisiológica, com °Brix em torno de

14%, identificados pela mudança na coloração da casca para amarelo, onde eram colhidos fruto caídos no solo ou ainda nas plantas.

3.10 Parâmetros avaliados

Durante as fases de desenvolvimento de produção da cultura foram avaliados o estado nutricional, os parâmetros de desenvolvimento das plantas, de produtividades física e econômica, de qualidade física e química dos frutos do maracujazeiro.

3.10.1 Estado nutricional das plantas

O estado nutricional das plantas foi avaliado através de diagnose foliar, realizada na última semana do mês de março, período de colheita de frutos. As amostras de folhas foram coletadas em ramos medianos, a partir da quarta folha da ponta (Malavolta et al.,1989). Posteriormente, as amostras foram levadas para o laboratório para as determinações de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn).

3.10.2 Parâmetros de desenvolvimento das plantas

Os parâmetros morfológicos de desenvolvimento das plantas avaliados foram: diâmetro e comprimento de caule, comprimento e números de internós, número de folhas e área foliar. Essas medidas foram realizadas nas datas descritas na Tabela 11. As medidas de diâmetro de caule e comprimentos de caule e de internós, foram feitas com paquímetro e régua, respectivamente; a área foliar foi medida através de um medidor de superfície LI 3000A, que permite medir na própria planta sem destruir as folhas. O diâmetro do caule foi medido na altura de 1,0 m; já comprimento de intenos foi

determinado em três posições do caule da planta: internós localizados a 1,0 m, intermediário e o penúltimo.

Tabela 11. Parâmetros morfológicos de desenvolvimento com as respectivas datas de medições.

Parâmetros	Datas medições			
	22/07/99	24/08/99	02/10/99	12/11/99
Comprimento de caule	XXX	XXX		
Diâmetro de caule	XXX	XXX	XXX	XXX
Número de internós	XXX	XXX		
Comprimento de internós	XXX	XXX	XXX	XXX
Área foliar		XXX		
Número de folha	XXX	XXX		

3.10.3 Distribuição do sistema radicular

Para avaliar a distribuição das raízes, utilizou-se uma planta de cada tratamento formado pelas combinações: L_2K_0, L_2K_1, L_2K_2, L_2K_3 e L_2K_4 e trincheiras foram abertas nas dimensões de 1,0 m de profundidade, 0,90 m do tronco da planta na direção da linha de plantio, considerando os dois lados (Figura 16) e 1,5 m do tranco da planta no na direção da entre-linha, a partir de 0,30 m do tronco da planta.

Após a abertura das trincheiras, procedeu-se à limpeza e preparo das raízes para posterior realização das imagens, adotando a seqüência a seguir: (a) exposição das raízes através de lavagem com água sob pressão, com auxílio de um pulverizador costal; (b) pintura localizada das raízes com tinta spray de coloração branca, para aumentar o contraste em relação ao solo da parede da trincheira; (c) demarcação do perfil do solo com um reticulado de 0,20 m x 0,20 m (área de 0,04 m^2), feito com madeira e barbante nas dimensões de 1,80 m de comprimento e 1,0 m de altura (Figura 17); (d) elaboração das imagens de cada quadrícula (Figura 18); para a elaboração das imagens utilizou-se

uma máquina fotográfica digital (imagem já digitalizada); (e) processamento das imagens foi feito através do "software" SIARCS (Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo), desenvolvido pela EMBRAPA/CNPDIA (Crestana et al., 1994), que permite avaliar a distribuição do sistema radicular da cultura por meio das imagens digitalizadas. Os resultados de área e comprimento de raízes foram analisados em gráficos de box -plot, gráficos com colunas e de isolinhas de contorno.

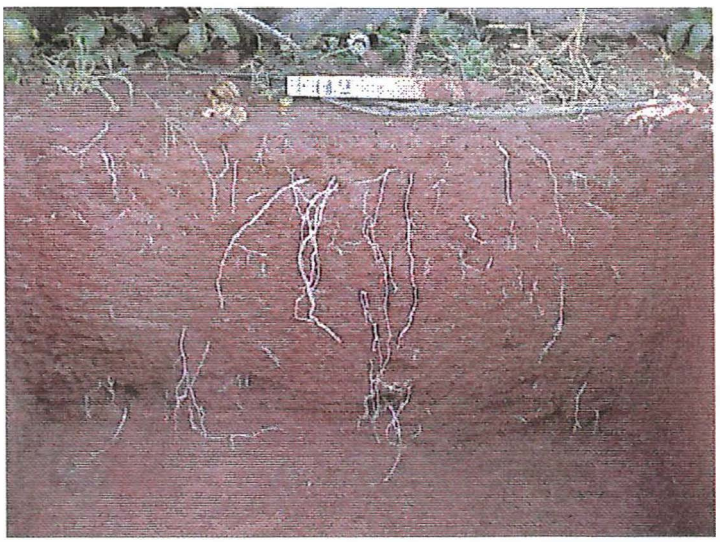


Figura 16 - Perfil do solo na trincheira com exposição das raízes.

Figura 17 - Perfil na trincheira com o reticulado para preparação das imagens.

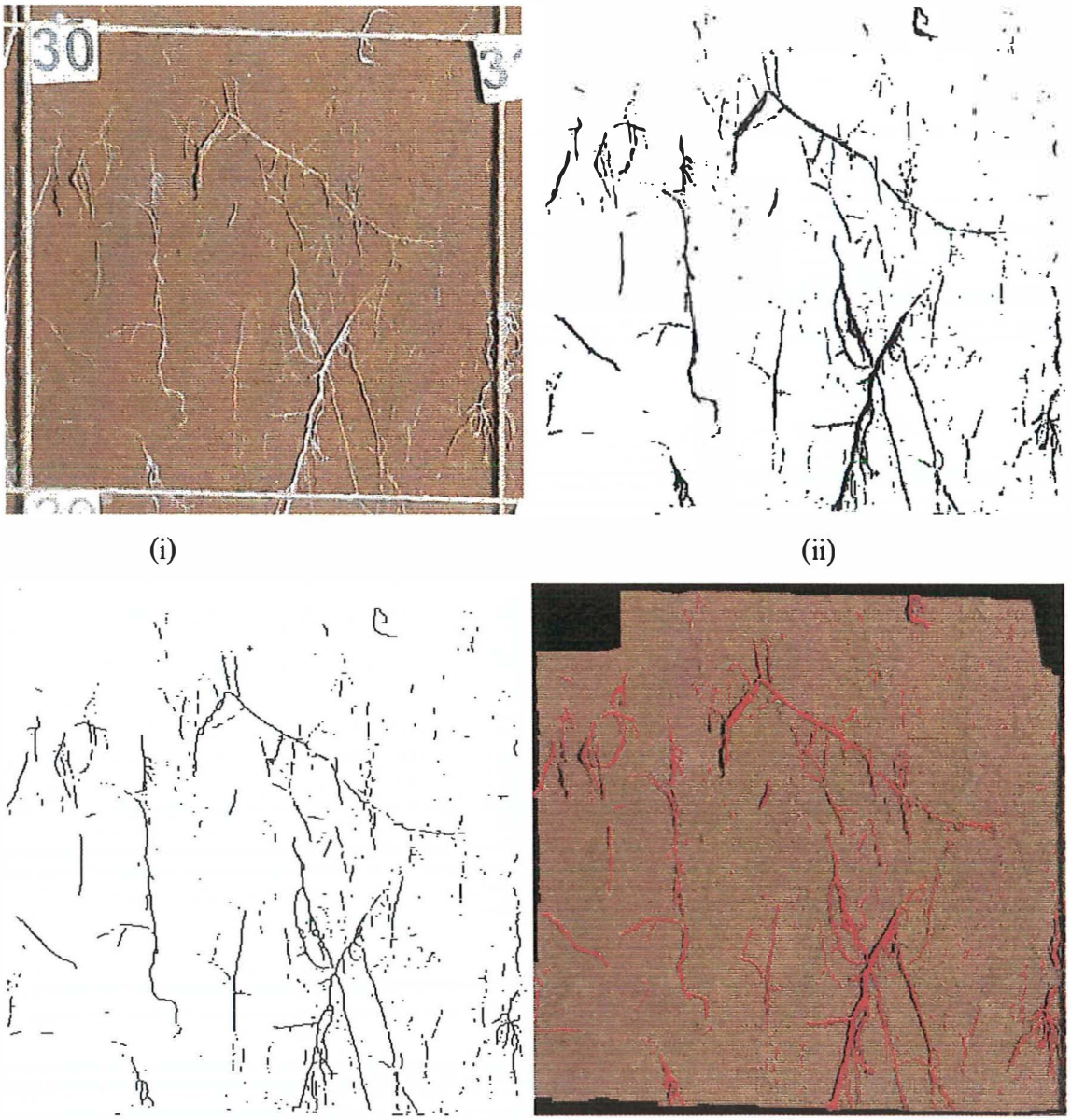


Figura 18 - Imagens das quadrículas: (i) original; (ii) recortada com raízes selecionadas; (iii) raízes binarizadas; e (iv) raízes esqueletizadas.

3.10.4 Produtividade e classificação de frutos

Após cada colheita, os frutos foram classificados e a produtividade dividida em física (frutos comercial e não-comercial) e econômica (fruto comercial). Foram considerados frutos de valor comercial aqueles com peso acima de 45 g e não deformados e/ou estragados.

Os frutos comerciais foram classificados por peso em 5 tipos: Extra AAA (>173 g), Extra AA (144 - 173 g), Extra A (108 -144 g), Extra (86 -108 g) e Especial (45 -86 g), segundo a classificação adotada pelo mercado atacadista da CEAGESP apresentada em Meletti & Maia (1999).

3.10.5 Parâmetros de qualidade de frutos

Os parâmetros físicos de qualidade de frutos avaliados foram: peso médio, diâmetro, comprimento de frutos, espessura de casca, peso de polpa, peso de sementes e rendimento de suco. Os parâmetros químicos foram: conteúdos de sólidos solúveis (^{o}Brix), acidez titulável, açúcar redutor e pH.

3.10.6 Eficiência do uso da água

A eficiência do uso da água foi determinada pela relação entre a produtividade comercial do maracujazeiro obtidas com as doses de potássio K_0, K_1, K_2, K_3 e K_4 e os diferentes níveis de água aplicados pela irrigação, como mostra a eq. (9).

$$EUA = \frac{PC}{L} \tag{9}$$

em que:

EUA - eficiência do uso da água (kg ha^{-1} L^{-1});

PC – produtividade comercial (kg ha^{-1}); e

L – nível de água aplicada pela irrigação (L $planta^{-1}$ ano^{-1}).

3.10.7 Níveis econômicos do fator água

Os níveis econômicos do fator água foram obtidos a partir das funções de produção água-cultura, do tipo da eq. (10), para o maracujazeiro. Adotaram-se as funções de produção obtidas pelas combinações de níveis de irrigação com as doses de potássio K_2 (0,450 kg $planta^{-1}$ ano^{-1}) e K_3 (0,675 kg $planta^{-1}$ ano^{-1}).

$$Y = R_0 + R_1 W + R_2 W^2 \qquad (10)$$

em que:

Y - produtividade da cultura (kg ha^{-1});

R_0, R_1 e R_2 - coeficientes da função; e

W - quantidade de água aplicada (L $planta^{-1}$).

A partir das funções de produção, e utilizando-se as "equações" eq.(11), (12), (13), (14), (15), (16) e (17), propostas por Frizzone (1998), procedeu-se aos cálculos dos níveis de irrigação para produtividades máxima, ótima e equivalente, e receita líquida, considerando-se a restrição de volume de água disponível como estratégia de irrigação.

O intervalo de manejo racional de água foi estabelecido, tomando as quantidades de água (We) e (Wm) aplicadas para obter as produtividades equivalente e máxima, como limites, inferior e superior, respectivamente. Nesse caso, a irrigação com déficit, deve ser mais rentável que a irrigação sem déficit, pois a quantidade de água (We) resulta numa receita líquida equivalente àquela produzida por uma quantidade de água Wm (Frizzone, 1998).

$$Wm = \frac{\partial dY}{\partial dW} \tag{11}$$

$$Wo = \sqrt{\frac{PiR_0 \cdot Co}{PiR_2}} \tag{12}$$

$$We = \frac{b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \tag{13}$$

$$a = PiR_2 \tag{14}$$

$$b = PiR_1 \cdot Cw \tag{15}$$

$$c = \frac{PiR_1}{4R_2} \cdot \frac{CwR_1}{2R_2} \tag{16}$$

$$RL = PiY(w) \cdot [Co + CwWi] \tag{17}$$

em que:

Wm - quantidade de água aplicada para obter a máxima produtividade (L planta^{-1});

Wo - quantidade de água aplicada para obter de máxima receita líquida (L planta^{-1});

We - quantidade de água aplicada para obter a produtividade de receita líquida equivalente à produtividade máxima (L planta^{-1});

Pi - preço do produto, maracujá, (US$ kg^{-1});

Co - custo de produção da cultura por unidade de área (US$ ha^{-1});

RL - receita líquida (US$ m^{-3});

Y(w) - produtividade em função da quantidade de água aplicada (kg ha^{-1});

Wi - quantidade de água aplicada (L planta^{-1});

Cw - preço da água (US$ m^{-3}); e

$\frac{\partial dY}{\partial dW}$ - produtividade física marginal da água.

Foram considerados um custo de produção (Co) médio para o maracujazeiro irrigado no primeiro ano (US$3802,00 ha^{-1}) e os custos atribuídos à irrigação de US$212,66 e, segundo planilha de custos apresentados em FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO (2000). Para o preço da água (Cw), consideraram-se valores médios de US$0,00801 m^{-3}; US$0,0182 m^{-3} e US$0,0231 m^{-3}, que são representativos dos preços pagos pelos irrigantes dos perímetros irrigados São Desidério - Barreiras-BA; Senador Nilo Coelho - Petrolina-PE e Curaçá - BA, respectivamente, da CODEVASF (BRASIL, 1996).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Manejo de água

O manejo de água foi realizado de tal forma a aplicar quantidade d'água uniforme para todos os tratamentos, no período de maio A julho de 1999, para garantir o pegamento das mudas no estabelecimento da cultura. A partir do mês de agosto as quantidades d'água foram diferenciadas de acordo com os tratamentos estabelecidos, resultando na aplicação dos volumes totais (L planta^{-1} ano^{-1}) 926,73, 1528,20, 2117,28 e 2706,36 para os respectivos níveis de irrigação L_1, L_2, L_3 e L_4, (Tabela 12).

A partir desses volumes, aplicados por nível de irrigação, e as médias de área coberta pela cultura durante o período de desenvolvimento vegetativo e de produção, estimaram-se as respectivas lâminas d'água, que junto com a água proveniente de precipitações pluviométricas, permitiram a quantificação da entrada total de água durante a realização do experimento (Figura 19 e Tabela 13). Nesse período foi registrado 1166,40 mm, quantidade de água bem próxima daquela aplicada para o máximo nível de irrigação (1178,69 mm). Entretanto, apesar de a precipitação pluviométrica total anual estar dentro da faixa ideal para a cultura (Medina et al., 1980; Ruggiero, et al., 1996; Meletti, 1996), sua distribuição temporal não permitiria um ótimo estabelecimento e desenvolvimento das plantas, visto que no período de abril a novembro as médias mensais ficaram sempre abaixo da necessidade hídrica da cultuara medida nos lisímetros, além de longos períodos com veranicos.

A entrada total de água no experimento pode ser melhor visualizada na Figura 20. As lâminas de água provenientes de precipitação pluviométrica, de irrigação para o

estabelecimento da cultura e para aplicar fertlizantes (fertirrigação), foram as mesmas para todos os níveis de irrigação, enquanto as lâminas aplicadas para cada nível de irrigação adotado foram diferentes, conforme as relações percentuais entre eles estabelecidas.

Tabela 12. Valores mensais e totais de volume de água aplicado através da irrigação por gotejamento nos respectivos tratamentos.

Meses	Tratamentos - níveis de irrigação (L planta^{-1})			
	L_1	L_2	L_3	L_4
maio	68,28	68,28	68,28	68,28
junho	57,19	57,19	57,19	57,19
julho	53,84	53,84	53,84	53,84
agosto	64,65	90,9	117,15	143,4
setembro	37,83	84,77	119,35	153,93
outubro	38,16	56,07	73,99	91,91
novembro	55,24	94,24	133,24	172,24
dezembro	47,88	82,97	118,05	153,13
janeiro	92,08	164,17	236,25	308,33
fevereiro	82,39	154,05	225,72	297,39
março	113,84	207,75	301,67	395,59
abril	128,13	247,47	366,80	486,13
maio	87,25	166,50	245,75	325,00
Total	926,76	1528,20	2117,28	2706,36

Tabela 13. Valores de lâminas de água mensais e totais provenientes da precipitação pluviométrica e aplicadas através da irrigação nos diferentes tratamentos de níveis de irrigação adotados.

Meses	Precipitação (mm)	Tratamentos - níveis de irrigação (mm planta^{-1})			
		L_1	L_2	L_3	L_4
maio	51,30	56,90	56,90	56,90	56,90
junho	68,6	47,66	47,66	47,66	47,66
julho	2,70	44,87	44,87	44,87	44,87
agosto	0,00	53,88	75,75	97,63	119,50
setembro	85,90	23,65	52,98	74,59	96,21
outubro	28,50	23,85	35,05	46,24	57,44
novembro	52,10	27,62	47,12	66,62	86,12
dezembro	269,90	23,94	41,48	59,03	76,57
janeiro	235,90	32,89	58,63	84,38	110,12
fevereiro	195,00	29,42	55,02	80,61	106,21
março	170,00	35,57	64,92	94,27	123,62
abril	0,00	40,04	77,33	114,63	151,92
maio	6,50	27,27	52,03	76,80	101,56
Total	1166,40	467,55	709,74	944,22	1178,69

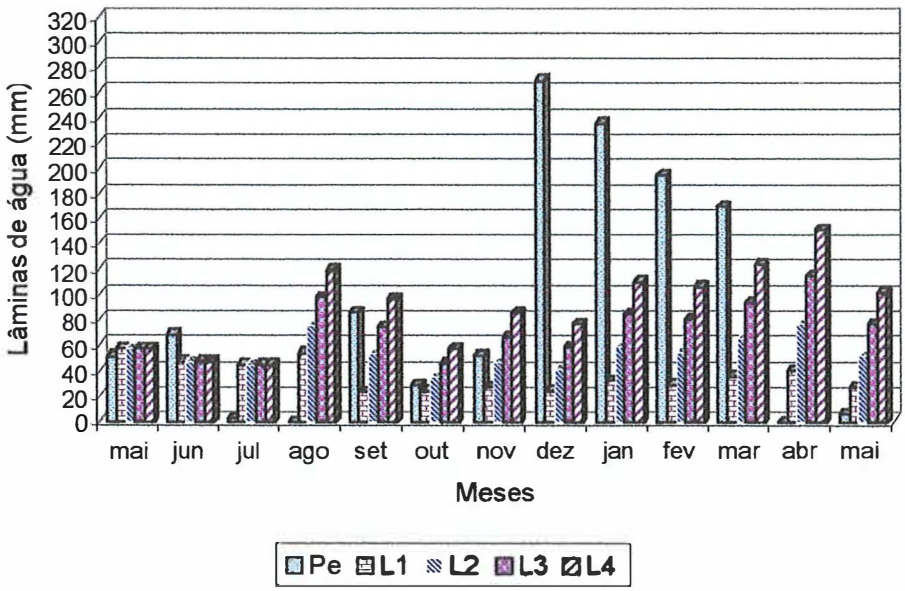


Figura 19 - Valores mensais de precipitação pluviométrica e lâminas de água aplicadas pela irrigação nos diferentes tratamentos de níveis de irrigação adotados.

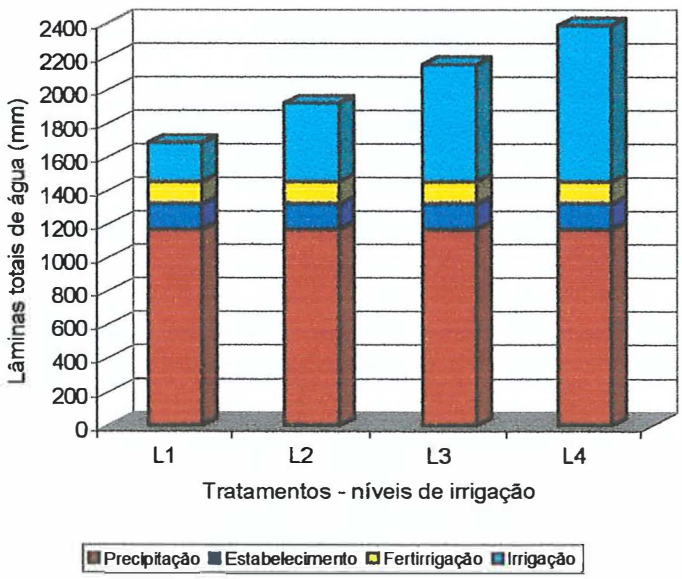


Figura 20 - Valores totais de precipitação pluviométrica ocorrida no período e lâminas de água aplicadas pela irrigação para o estabelecimento da cultura, para aplicar fertilizantes e para os diferentes níveis de irrigação.

O consumo médio de água pela cultura determinada através da evapotranspiração da cultura (ETc) em quatro lisímetros de drenagem, instalados no centro da área (Figura 21), mostra baixo consumo de água (ETc < 1,10 L planta^{-1} dia^{-1}) na fase inicial, até aos 90 dias após o transplantio das mudas. A partir deste ponto, a ETc cresceu até aos 300 DAT, atingindo a 23,37 L planta^{-1} dia^{-1}, reduzindo em seguida até aos 428 DAT com 14,52 L planta^{-1} dia^{-1}. A ascensão e as reduções na ETc do maracujazeiro observadas ao longo do tempo pode ser atribuído às condições climáticas e ao próprio desenvolvimento das plantas, visto que os máximos valores de ETc foram registrados na fase de intenso crescimento vegetativo, frutificação e colheita, fase caracterizada pela surgimento de ciclos alternados de vegetação e de produção (Menzel et al., 1993), demandando grande quantidade de água.

O comportamento da ETc (Figura 21) confirma a tendência verificada no consumo de água par cada tratamento de nível de irrigação (Tabela 12 e Figura 19), cujos consumos de água aumentaram até o mês de abril, apresentando tendência de queda a partir do mês de maio.

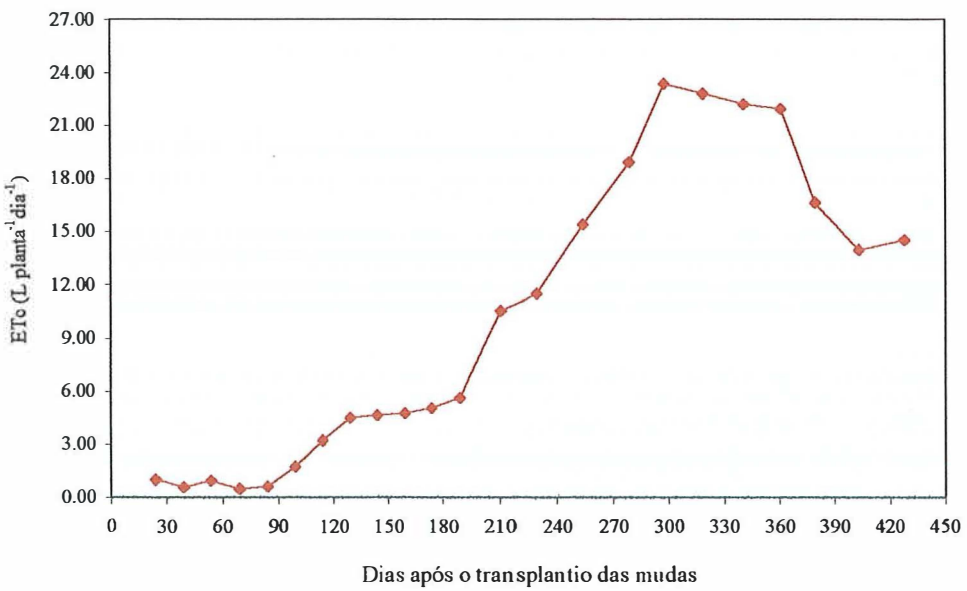


Figura 21 – Evapotranspiração média do maracujazeiro determinada no período de maio/1999 a julho/2000 em quatro lisímetros de drenagem.

Os perfis de distribuição temporal do potencial matricial e do conteúdo de umidade do solo, na profundidade de 0,30 m, descritos pelas Figuras 22, 23, 24 e 25, apresentaram comportamento diferenciado na oscilação e na manutenção dos valores.

Para o nível de irrigação L_1 (Figura 22) constatou-se que o potencial matricial e a umidade do solo oscilaram entre -0,05101 MPa e -0,00062 MPa e 0,3976 cm^3 cm^{-3} e 0,5477 cm^3 cm^{-3}, com média de 0,4833 cm^3 cm^{-3} e -0,01445 MPa, respectivamente. Inicialmente, entre 14/7 e 13/8, os valores de potencial e umidade do solo mantiveram-se acima da média, com conteúdo de umidade do solo em torno da capacidade de campo; comportamento semelhante, também observado nos períodos de12/9 a 27/9 e 26/12 a 02/02, porém os valores de potenciais e umidade concentraram-se mais abaixo da capacidade de campo; já nos períodos de 19/8 a 05/9 e 04/10 e 11/12 os valores de potencial e de umidade do solo foram muito variados, apresentando valores extremos.

Para o nível de irrigação L_2, os valores mínimos, médios e máximos de potencial mátrico e de umidade do solo foram respectivamente: -0,00112 MPa e 0,5447 cm^3 cm^{-3}, -0,00681 MPa e 0,5078 cm^3 cm^{-3}, -0,02331 MPa e 0,44273 cm^3 cm^{-3}. O perfil descrito pela Figura 23 mostrou que o nível de irrigação L_2 teve comportamento semelhante ao perfil de L_1 para alguns períodos, porém com valores de potencial mátrico e de umidade do solo maiores, mantendo-se de forma mais constante em relação a L_1 e, na maioria do período, acima da capacidade de campo.

O nível de irrigação L_3 (Figura 24) apresentou perfil de distribuição em níveis mais constantes do que L_1 e L_2, com apenas uma oscilação acentuada ocorrida entre 25/8 e 8/9. Nesse caso, os valores de potencial mátrico e de umidade do solo variaram-se de -0,00362 MPa a -0,05312 MPa e de 0,5284 cm^3 cm^{-3} a 0,3955 cm^3 cm^{-3}, com valores médios de -0,00983 MPa e 0,50129 cm^3 cm^{-3}, respectivamente. O pico representando a queda na umidade, registrada nesse perfil, foi devido aos problemas com o sistema de irrigação prejudicando o fornecimento água, fato notado nos quatro casos, porém mais acentuado em L_3, provavelmente devido à própria uniformidade temporal no perfil de umidade e do processo de redistribuição de água, influenciada de forma diferenciada pela variabilidade espacial do solo.

Para o nível de irrigação L_4 (Figura 25) constataram-se os maiores valores médios de potencial mátrico (-0,00357 MPa) e de umidade do (0,5322 cm^3 cm^{-3}), com pequenas oscilações, porém bem próximos dos valores médios e abaixo da capacidade de campo. Os valores de potencial mátrico e de umidade do solo apresentaram freqüência, respectivamente, entre -0,00772 MPa e -0,00122 MPa e 0,5023 cm^3 cm^{-3} e 0,5386 cm^3 cm^{-3}.

Os valores médio de potencial mátrico -0,01445 MPa, -0,00681 MPa, -0,00983 MPa e -0,00357 MPa para L_1, L_2, L_3 e L_4, respectivamente, indicam que as plantas de maracujazeiro dos níveis de irrigação L_1 e L_4 se desenvolveram, respectivamente, sob menores e maiores teores de umidade do solo. Menzel et al. (1986) constataram que em plantas do maracujazeiro desenvolvidos sob stress moderado de umidade, o potencial mátrico (ψ_m = -0,01 MPa) pode limitar sensivelmente o crescimento vegetativo e o potencial produtivo; o ideal segundo os autores é manter o perfil de umidade do solo próximo da capacidade de campo, principalmente no período da floração. Staveley & Wolstenholme (1990) concluíram que o potencial de água no solo para a cultura do maracujazeiro deve ser superior a -0,020 MPa, e durante aos períodos críticos de diferenciação de flores e pegamento de frutos é recomendado potencial matricial em torno de -0,015 MPa. De acordo com Menzel et al. (1986) e Staveley & Wolstenholme (1990), somente os tratamentos L_1 e L_3 foram conduzidos sob níveis adequados de umidade, pois, L_2 e L_4 tiveram valores médios acima da capacidade de campo, sendo que L_4 manteve este perfil com muita freqüência durante o período avaliado.

Como os tratamentos que receberam os níveis de irrigação L_1 e L_2, correspondendo a 25% e 50%, respectivamente, da máxima lâmina (L_4) determinada nos lisímetros, era esperado que no período de novembro a janeiro os conteúdos de umidade nestes tratamentos fossem baixos. Entretanto, devido às precipitações pluviométricas ocorridas (Tabela 13 e Figura 19), os efeitos dos possíveis déficit hídricos não foram visíveis.

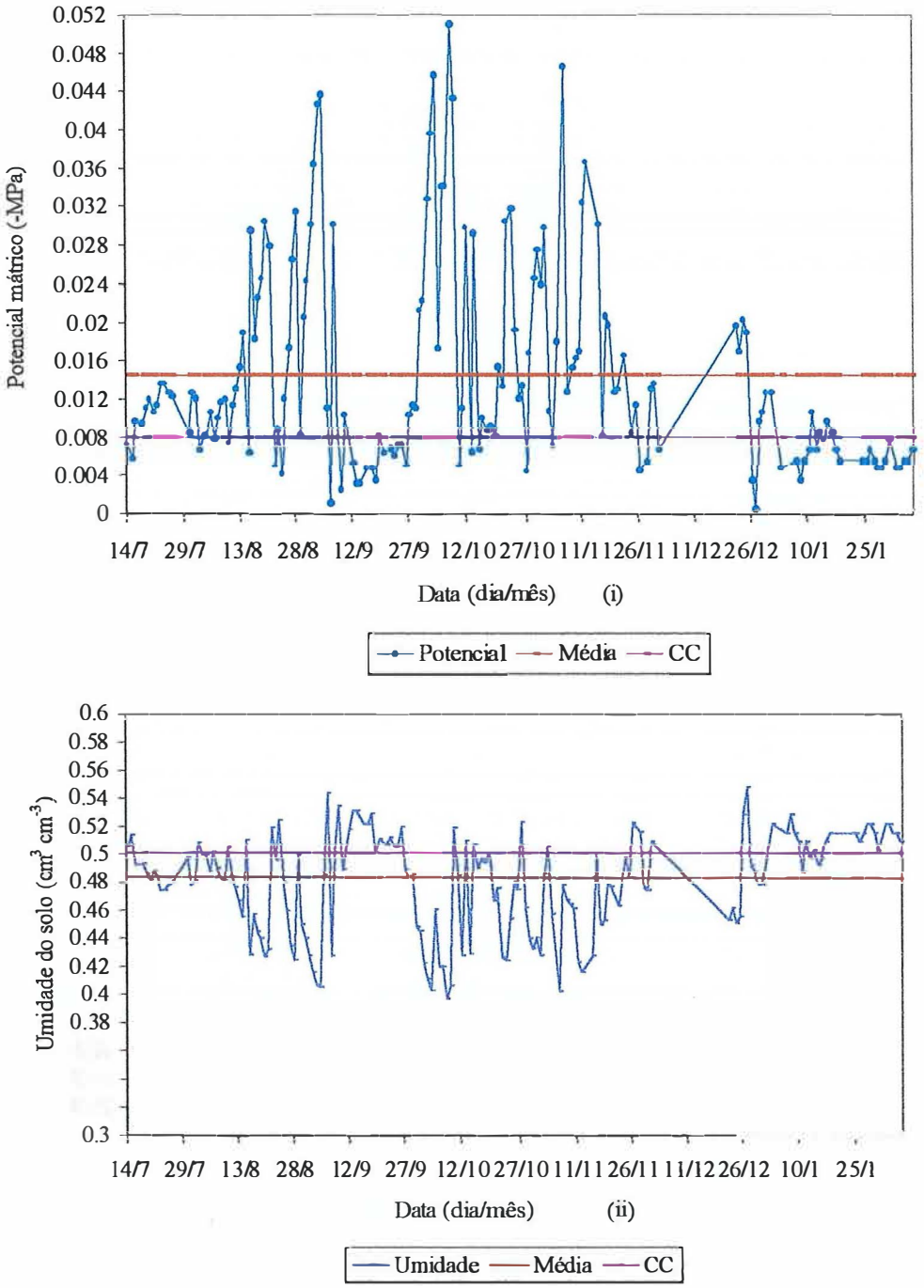
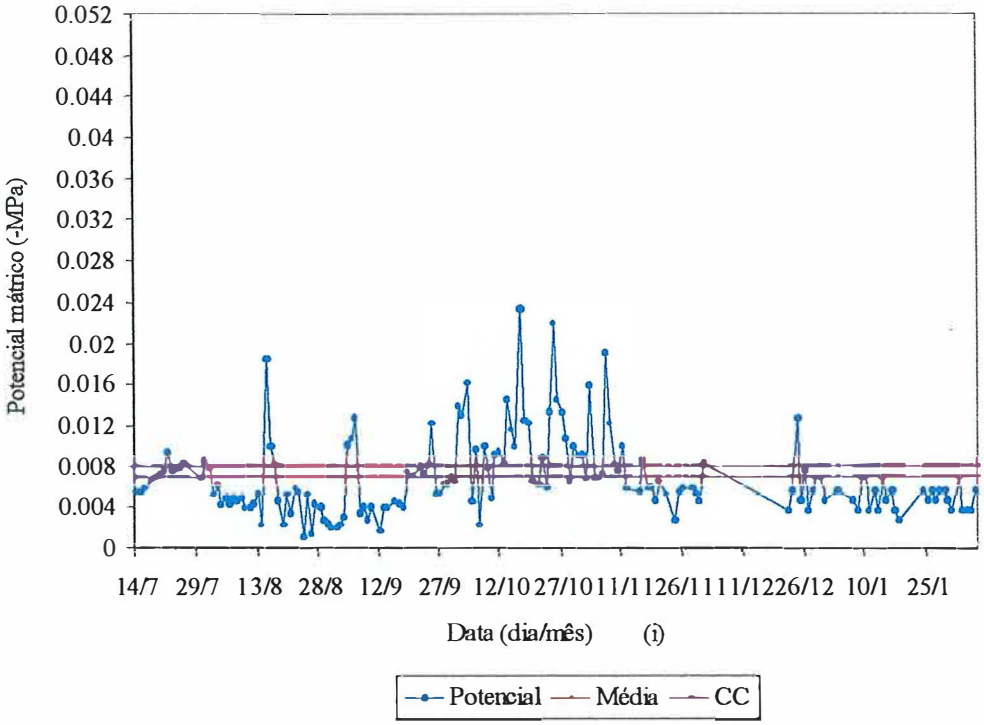


Figura 22 – Variação do potencial mátricol (-MPa) (i) e da umidade do solo (cm^3 cm^{-3}) (ii) no tratamento de nível de irrigação L_1 durante a condução do experimento.



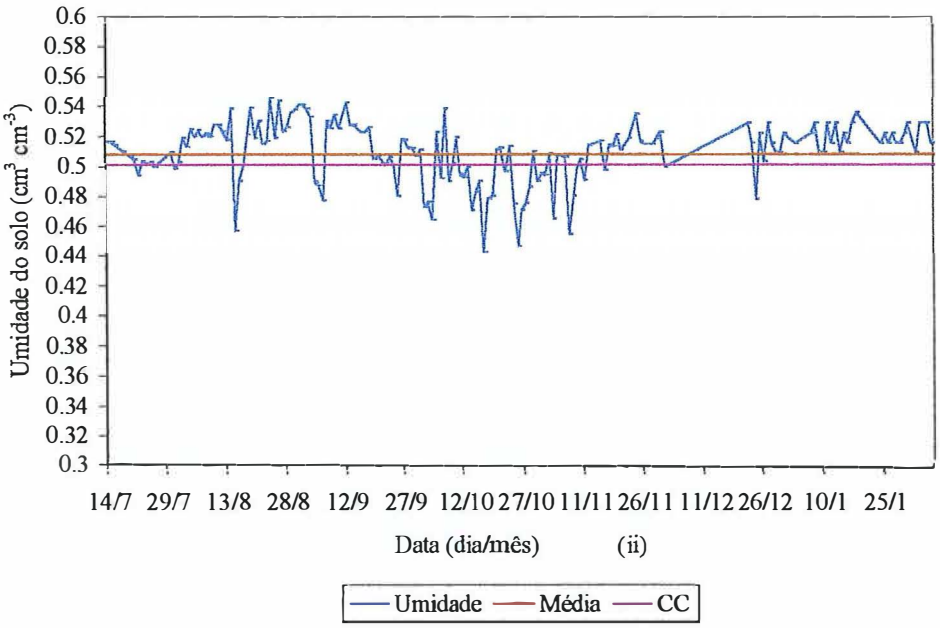


Figura 23 - Variação do potencial mátrico (-MPa) (i) e da umidade do solo (cm^3 cm^{-3}) (ii) no tratamento de nível de irrigação L_2 durante a condução do experimento.

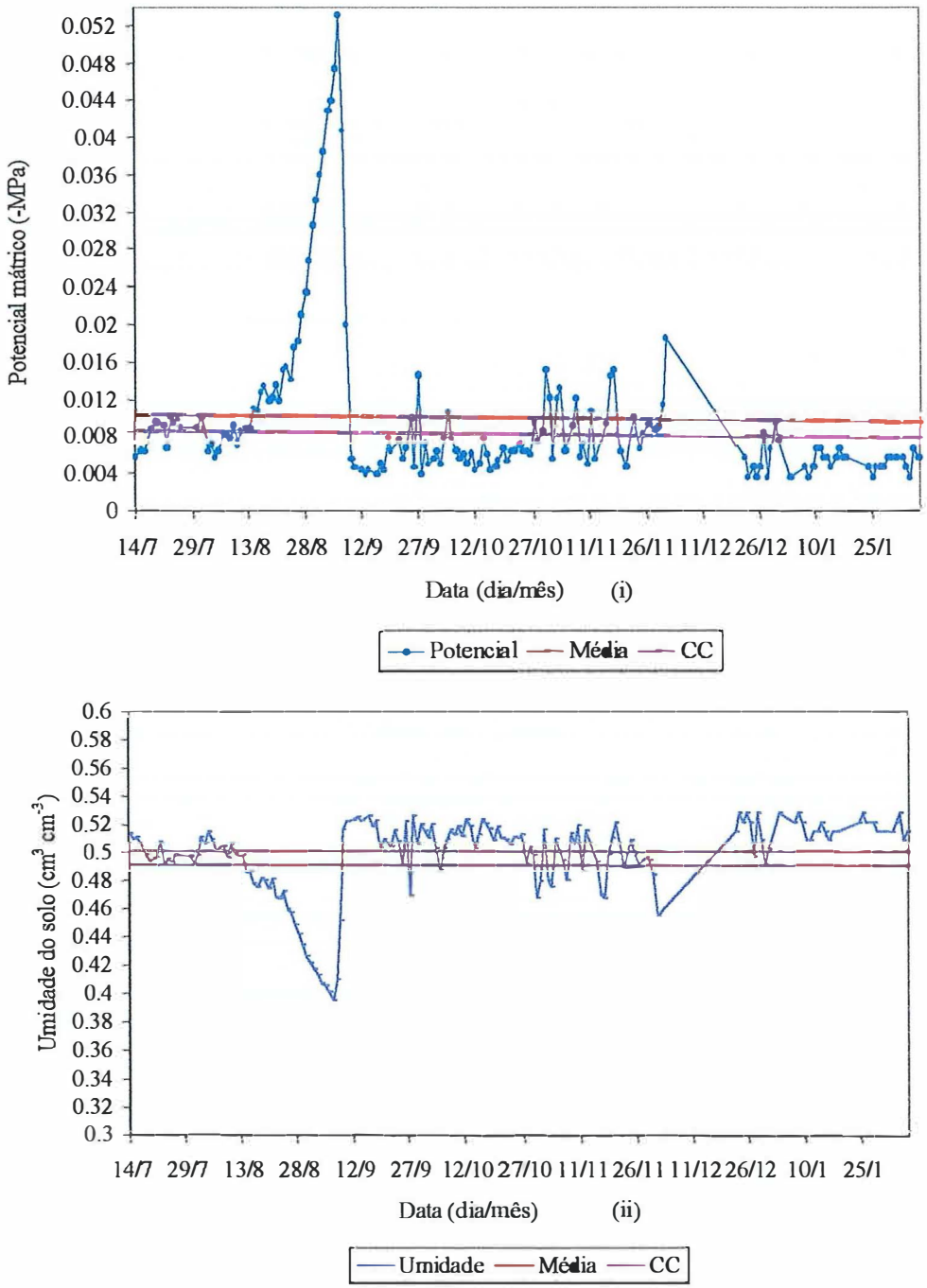
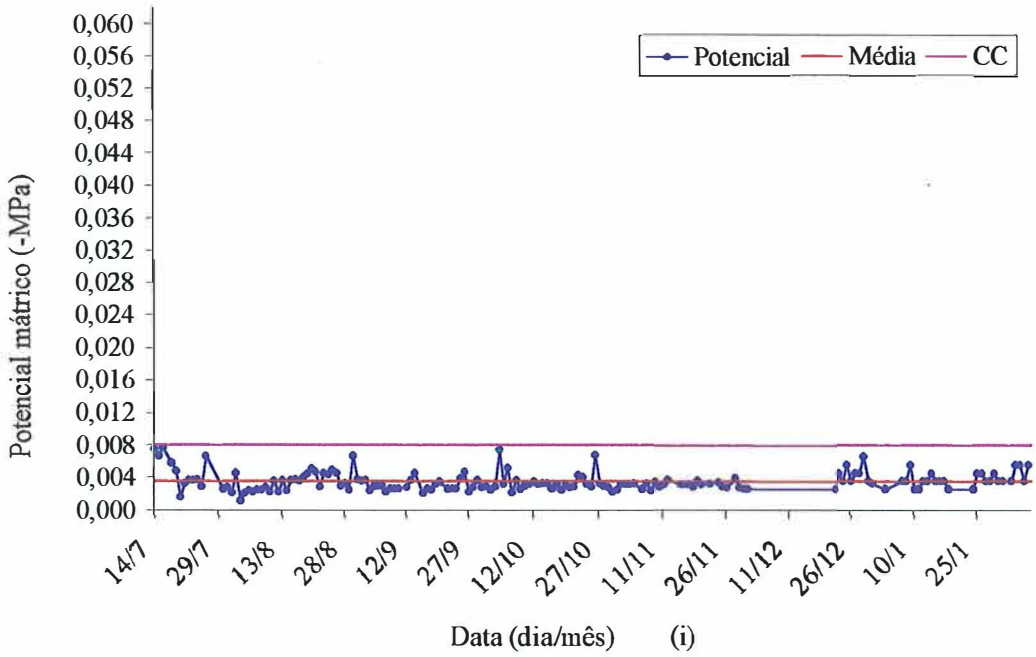


Figura 24 - Variação do potencial mátrico (-MPa) (i) e da umidade do solo (cm^3 cm^{-3}) (ii) no tratamento de nível de irrigação L_3 durante a condução do experimento.



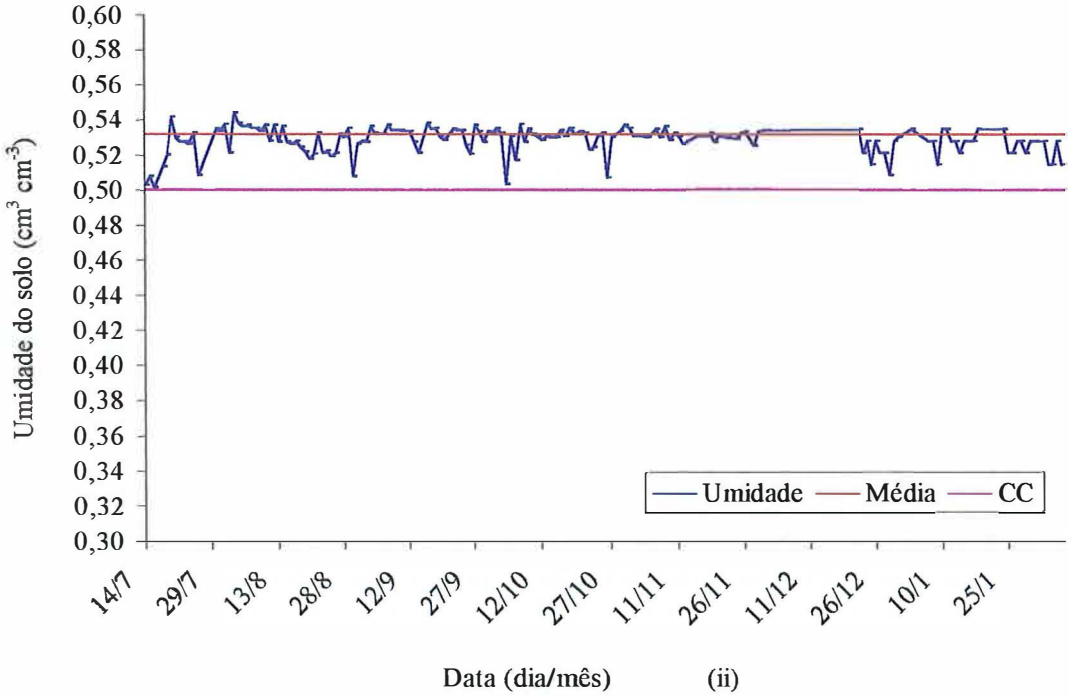


Figura 25 – Variação do potencial mátrico (-MPa) (i) e da umidade do solo (cm^3 cm^{-3}) (ii) no tratamento de nível de irrigação L_4 durante a condução do experimento.

4.2 Dinâmica de água e nutrientes no perfil do solo

O estudo da dinâmica de água e nutrientes no perfil do solo foi feito de forma espacial e temporal. A distribuição espacial foi realizada na horizontal e na vertical, tomando amostragens aos 68, 136 e 204 dias após o início da fertirrigação (DAF), correspondendo, respectivamente, a 105, 173 e 241 dias após o início da irrigação (DAÍ). Para a análise da distribuição temporal, utilizaram-se amostras da solução do solo retiradas aos 30 cm do tronco da planta, no período de 23/08 a 07/01. No caso de nutrientes, analisou-se a distribuição de potássio e de condutividade elétrica (CE).

4.2.1 Dinâmica de água no solo

A análise da dinâmica de água no solo foi feita utilizando-se os valores de potencial mátrico (-MPa) medidos nos tratamentos de níveis de irrigação L_1, L_2, L_3 e L_4, 24 horas após a irrigação.

Os perfis de distribuição espacial do potencial de água no solo, aos 105, 173 e 241 dias após o início da irrigação (DAI) (Figura 26), evidenciam que os níveis de irrigação influenciaram os teores de umidade e o processo de infiltração e redistribuição de água no perfil do solo. Com a aplicação do menor nível de irrigação (L_1), os valores de potencial mátrico no perfil do solo foram em geral inferiores aos registrados em L_2, L_3 e L_4. Já com a aplicação da quantidade de água equivalente ao maior nível de irrigação (L_4), a umidade do solo na região do bulbo úmido indicou valores de potencial mátrico superiores aos demais níveis de irrigação.

Para as análises realizadas aos 105 dias após o início da irrigação [Figura 26 (i)], os valores de potencial de água no solo registrados próximos aos 0,10 m de profundidade variaram em torno de –0,056 MPa a –0,016 MPa em todos níveis de irrigação. A partir dessa profundidade, os valores de potencial mátrico aumentaram e variaram dentro do bulbo úmido, com as quantidades de água aplicadas por tratamento. Para L_1, com valores de potencial mátrico variando em trono de –0,032 MPa a –0,016 MPa, nas camadas abaixo de 0,10 m, valores inferiores a -0,032 MPa foram registrados

nas proximidades do eixo central da planta, a partir de 0,25 m de profundidade [Figura 26 (i)L_{11}]. No caso de L_2, constataram-se valores de potencial mátrico inferiores a –0,016 MPa numa faixa do perfil de 0,15 m a 0,30 m, até a distância horizontal de 0,10 m, avançando a partir deste ponto para periferia do bulbo e, em profundidade, até em torno do 0,50 m; daí a frente de molhamento começou a perder intensidade, atingindo valores de potencial mátrico em torno de –0,032 MPa [Figura 26 (i)L_{21}].

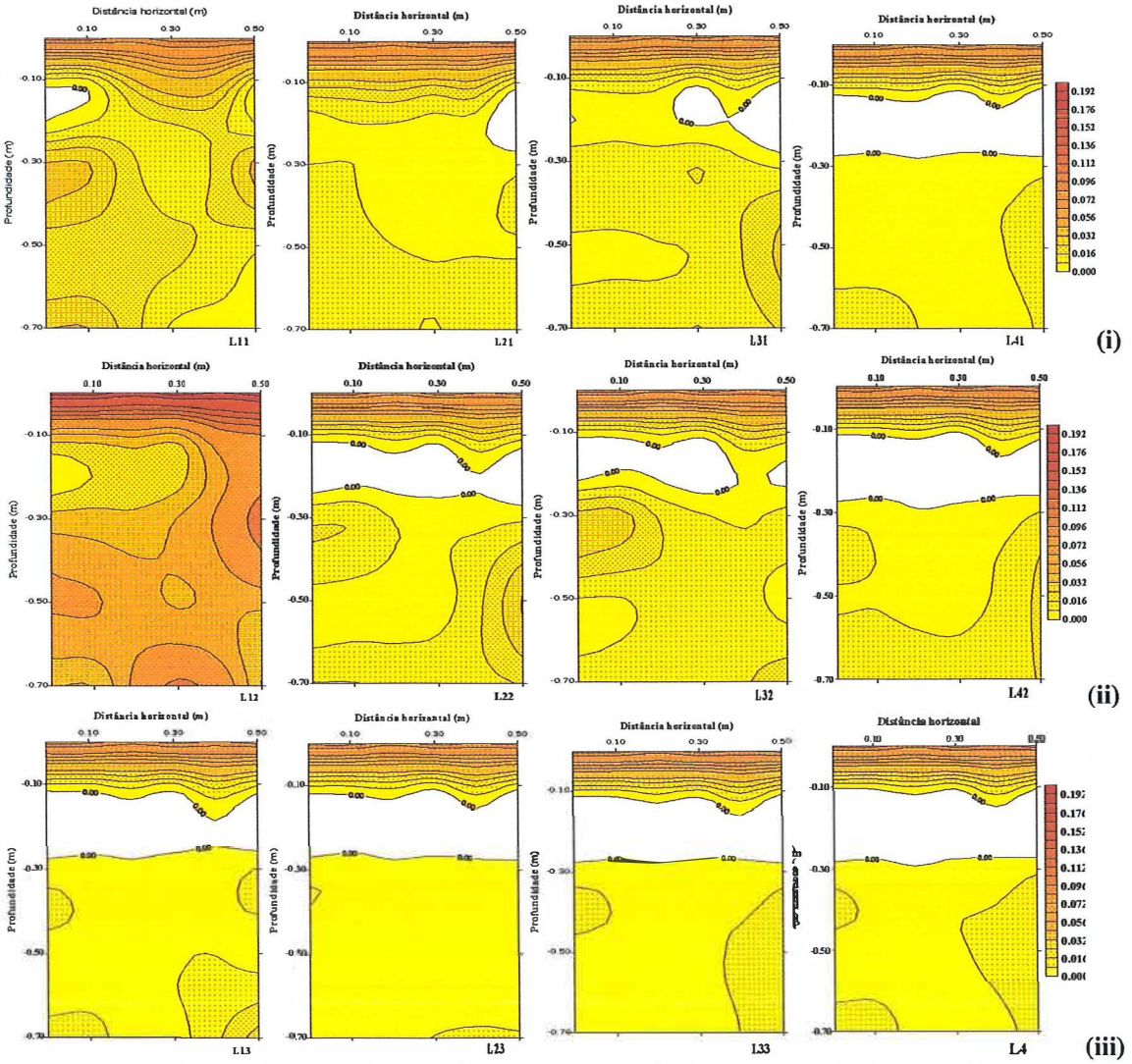


Figura 26 - Distribuição espacial de água no solo sob níveis de irrigação L_1, L_2, L_3 e L_4 aplicados por gotejamento no maracujazeiro aos 105 (i), 173 (ii) e 241 (iii) dias após o início da irrigação (DAÍ).

Pelo perfil de distribuição em L_3, a faixa entre 0,12 m e 0,25 m de profundidade em toda extensão lateral do bulbo úmido apresentou-se com umidade mais elevada, cujos valores de potencial mátrico foram inferiores a –0,016 MPa. Nas camadas abaixo, os valores de potencial mátrico em quase toda extensão do bulbo úmido foram em torno de –0,032 MPa [Figura 26 (i)L_{31}], indicando redução na umidade do solo com a profundidade do perfil. Já para L_4, a umidade do solo abaixo de 0,10 m manteve-se alta, com valores de potencial mátrico maiores que –0,016 MPa, sendo que na faixa entre 0,10 m e até em torno de 0,28 m no perfil, os dados indicam que houve saturação (Figura 26 (i)L_{41}). Esse comportamento foi devido à elevada quantidade de água aplicada neste tratamento, que além de ter favorecido maiores valores de potencial matricial dentro do bulbo úmido, provocou o avanço da frente de molhamento na vertical, indicando movimentação de água para camadas abaixo de 0,70 m.

Os perfis de distribuição espacial de água no solo aos 173 DAI [Figura 26 (ii)] mostram que as condições de umidade para o nível de irrigação L_1 favoreceram valores de potencial mátrico entre -0,072 MPa e -0,016 MPa, os quais foram diferentes daquelas observadas para L_2, L_3 e L_4, cujos valores foram superiores a –0,032 MPa. Pode-se verificar pela Figura 26 (ii)L_{12} a faixa do bulbo úmido entre 0,10 m e 0,30 m de profundidade; até a distância horizontal de 0,30 m os valores de potenciais indicaram maiores teores de umidade, cuja frente de molhamento foi reduzindo a intensidade na profundidade e na horizontal. Isso está relacionado tanto com a quantidade de água aplicada neste tratamento, quanto com o aumento do consumo de água pela planta nesse período, uma vez que as plantas estavam no início da floração, fase em que a demanda hídrica do maracujazeiro inicia o seu está em pleno crescimento (Alencar, 2000; Sousa et al., 2000a). O comportamento de umidade do processo de infiltração e redistribuição da água no solo entre L_2, L_3 e L_4 foi semelhante, ambos apresentando tendência no avanço da frente de molhamento nas direções horizontal e vertical, com maior intensidade para o nível de irrigação L_4.

Pela Figura 26 (iii), pode-se verificar que as variações nos valores de potencial mátrico registradas aos 241 DAI entre os níveis de irrigação foram pequenas, e os perfis de avanço da frente de molhamento nas camadas foram bem semelhantes. Os valores de

potencial mátrico abaixo de 0,10 m de profundidade foram maiores que –0,016 MPa, apresentado uma faixa entre 0,12 m e 0,28 m com indicação de saturação para todos os níveis de irrigação. Os valores de potencial de água no solo verificados nesta avaliação (241 DAI), em geral, foram maiores do que os registrados nas análises realizadas aos 105 e 173 dais após o início da irrigação. As precipitações pluviométricas ocorridas nesse período contribuíram diretamente para os elevados valores de potencial mátrico e uniformidade entre os perfis de distribuição de água nos níveis de irrigação estudados.

Para as situações analisadas, os menores valores de potencial matricial verificados nas camadas superficiais do solo, em torno de 0,10 m, deveram-se principalmente aos processos de infiltração e redistribuição de água no perfil do solo, evaporação direta (Bresler et al., 1969) e absorção pelas raízes das plantas (Coelho & Or, 1996; Or & Coelho, 1996). Já as diferenças verificadas no comportamento dos perfis de distribuição de água no solo, entre os níveis de irrigação e entre as épocas de amostragem, podem ser atribuídas à variabilidade espacial do solo, à vazão e ao volume de água aplicado e a distribuição dos emissores em torno da planta, pois em irrigação por gotejamento a infiltração e a redistribuição de água no solo dependem principalmente do tipo de solo e de sua variabilidade espacial, vazão e quantidade de água aplicada (Bresler et al., 1971; Philip & Knight, 1991; Sousa et al., 1992; Sousa & Coelho, 1997).

A distribuição temporal dos valores de potencial de água no solo apresentou comportamento diferente entre os níveis de irrigação e ao longo do tempo (Figura 27). Inicialmente, entre 105 e 142 dias após o início da irrigação, os valores de potencial mátrico mantiveram-se próximos da capacidade de campo (-0,008 MPa) para os níveis de irrigação L_1 e L_3, em todas as camadas do perfil do solo. A partir deste período, L_3 apresentou reduções nos valores de potencial na profundidade de 0,30 m, atingindo em torno de –0,044 MPa, entre 142 DAI e 156 DAI, mantendo a partir daí níveis de umidade próximos da capacidade de campo em todas as camadas durante todo período. Já para L_1, a distribuição de potencial mátrico registrado a partir de 149 DAI indicou redução na umidade do solo, atingindo valores bem abaixo da capacidade de campo e freqüentes oscilações nas camadas ao longo do tempo, principalmente nas profundidades de 0,30 m e 0,50 m.

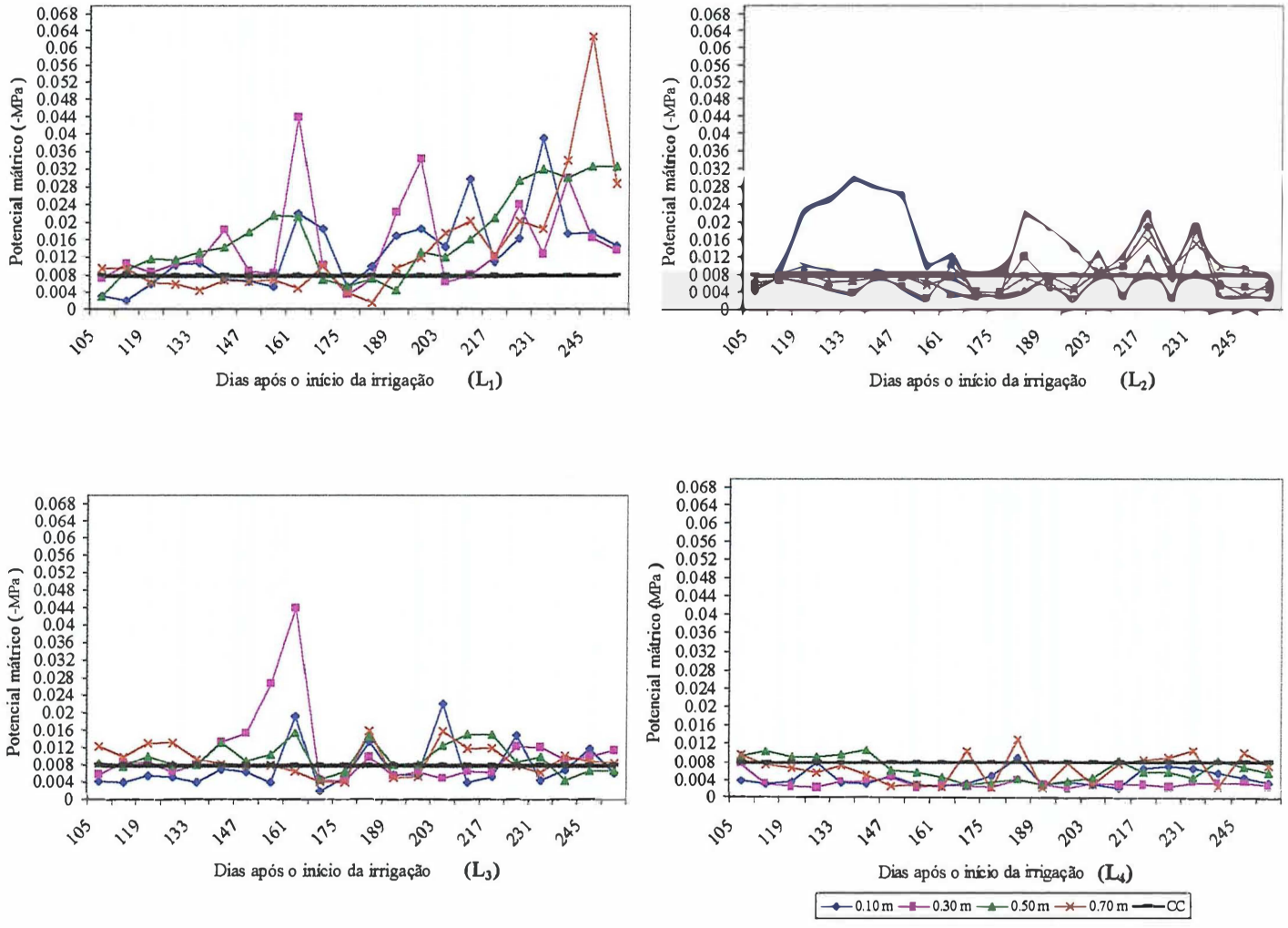


Figura 27- Distribuição temporal do potencial mátrico sob níveis de irrigação L_1, L_2, L_3 e L_4, aplicados por gotejamento em plantas de maracujazeiro no período de 105 a 241 dias após o início da irrigação (DAI).

Para o nível de irrigação L_2 os valores de potencial mátrico registrados na camada de 0,10 m de profundidade, no período de 114 a 149 DAI e de 177 a 191 DAI, foram menores do que os observados nas demais camadas; para o resto do período os valores de potencial registrados foram sempre próximo da capacidade de campo. Para as demais camadas, a umidade do solo foi mais constante em torno da capacidade de campo.

As variações nos valores de potencial registradas na camada de 0,10 m em L_1 e L_2 estão relacionadas com as quantidades de água aplicadas, a vazão dos gotejadores, evaporação direta e o processo de redistribuição de água (Bresler et al., 1969), devido à infiltração e absorção de água pelas raízes das plantas (Coelho & Or, 1996).

A aplicação do maior nível de irrigação (L_4) proporcionou ao solo valores de potencial matricial quase sempre acima da capacidade de campo em todas as camadas, sendo que nas profundidades de 0,10 m e 0,30 m a umidade manteve-se em todo período com valores de potencial acima da capacidade de campo, fato que atribui-se à elevada quantidade de água aplicada neste tratamento em relação aos demais.

O perfil de potencial de água no solo e sua distribuição ao longo tempo e em profundidade, verificado para o nível de irrigação L_4, além de ter mantido a zona de concentração radicular com excesso de umidade, pode ter contribuído para a movimentação de íons para regiões fora do alcance das raízes, afetando provavelmente o desenvolvimento e a produtividade das plantas. Para o L_3, embora tenha sido registrada uma redução acentuada no potencial mátrico entre 142 DAI e 156 DAI na camada de 0,30 m, o perfil de distribuição de potencial mostrou-se mais adequado para a cultura durante todo período.

4.2.2 Dinâmica de potássio no solo

As concentrações de potássio na solução do solo obtidas através de análises de laboratório aos 68 dias após o início da fertirrigação (DAF) (Figura 28) foram mais elevadas no perfil do solo para aos tratamentos L_1K_1 e L_3K_3. Todavia, L_1K_1 apresentou as maiores concentrações nas camada superficial, com grande deslocamento lateral na

faixa de 5 cm a 50 cm na horizontal, até uma profundidade em torno de 30 cm; a partir dessa profundidade o fluxo de íons foi mais para próximo do eixo central da planta, evidenciando perdas de K abaixo de 50 cm. Para L_3K_3, embora os teores de K em torno do ponto de aplicação tenham variado de 60 mg kg^{-1} a 120 mg kg^{-1}, concentrações elevadas próximas de 70 cm de profundidade indicam ocorrência de lixiviação, influenciadas pelo volume de água aplicado pela irrigação (Figura 28).

No caso dos tratamentos L_2K_2 e L_4K_4, as concentrações e perfis de distribuição foram semelhantes; no entanto, pela a dose de potássio utilizada em cada uma, esperava-se que os teores de K na região do bulbo úmido fossem, respectivamente, maiores do que os registrados em L_1K_1 e L_3K_3; contudo, como o potássio é um elemento que se movimenta no solo, tanto por difusão como por fluxo de massa (Malavolta, 1980; Raij, 1991), os diferentes volumes de água aplicados em cada tratamento podem explicar esse comportamento, uma vez que a distribuição de água e nutrientes no solo é um processo muito dinâmico e influenciado por características de solo, vazão do emissor, volume de água aplicado, condições de clima e presença de cultura (Goldberg et al., 1976, Bresler, 1977; Vivancos, 1993). Como pode ser observado, os tratamentos que receberam maiores quantidades de água tiveram movimentação em profundidade no solo, enquanto em L_1K_1, cujo volume de água aplicado foi menor, o fluxo vertical de íons foi mais lento, em função do próprio teor de umidade e do movimento de água no solo

As avaliações realizadas ao 136 DAF (Figura 28 (ii)) mostraram que os teores de K na solução do solo elevaram-se em todos os tratamentos, o que pode estar relacionado com a aplicação freqüente de potássio e a mudança das quantidades aplicadas, visto que 21 dias antes (115 DAF) tinha iniciado a aplicação das doses da fase de produção. As maiores concentrações de K em L_3K_3 (550 mg kg^{-1}a 700 mg kg^{-1}) foram registradas próximas do tronco da planta, devido provavelmente ao escorrimento da solução nas paredes externas dos tubos, alterando a posição do ponto emissão, que deveria ser abaixo do gotejador.

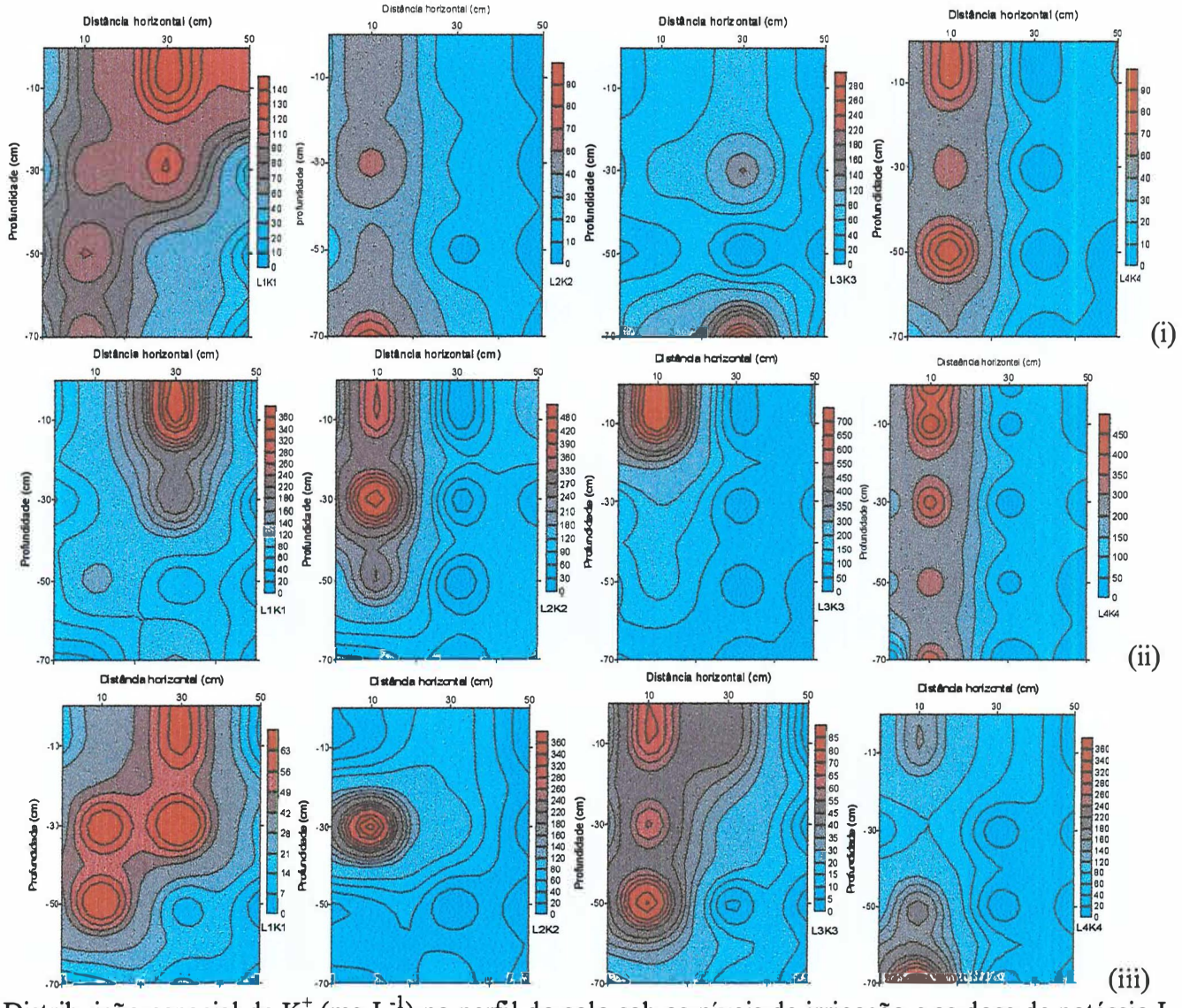


Figura 28 - Distribuição espacial de K^+ (mg L^{-1}) no perfil do solo sob os níveis de irrigação e as dose de potássio L_1K_1, L_2K_2, L_3K_3 e L_4K_4 aplicados por gotejamento no maracujazeiro aos 105 (i), 173 (ii) e 204 (iii) DAF.

A elevação dos teores de K em toda região do bulbo [Figura (ii)] mostra que ocorreu movimentação de íons tanto na vertical como na horizontal; contudo, o avanço na horizontal não foi muito intenso, ao contrário do que acorreu com o deslocamento vertical. Esse comportamento está de acordo com Klein (1983), citado por Zanini (1991), que observou que na aplicação de potássio por gotejamento o deslocamento deste íon foi entre 60 cm e 90 cm na vertical, e até 50 cm na horizontal. O autor acrescenta ainda que o movimento lateral de K depende da intercambialidade de cátions e da saturação desse elemento no solo.

Com a intensificação da floração, frutificação e crescimento dos frutos do maracujazeiro, a partir do mês de dezembro, a absorção de potássio pelas plantas tende a aumentar (Haag et al. 1973), o que concorreu para a redução dos teores de K na zona de radicular, resultando em menores perdas por lixiviação. Portanto, de acordo com a Figura 28 (iii), as avaliações realizadas aos 204 DAF (07/02/2000) mostraram reduções nos teores de K, principalmente para L_1K_1 e L_3K_3, cujos valores variaram, respectivamente, até 63 mg kg^{-1} e 85 mg kg^{-1}. Para L_2K_2 e L_4K_4, apesar de os teores de K terem variado de 180 mg kg^{-1} a 360 mg kg^{-1}, essas concentrações foram localizadas, sendo que a maior parte da área manteve-se com teores menores que 80 mg kg^{-1}.

Apesar de as plantas nesse período estarem em plena fase de frutificação, crescimento e maturação dos frutos, a redução observada nos teores de K na solução do solo não deveu-se apenas à intensa absorção pelas raízes, e sim pelas perdas por lixiviação devido à ocorrência de chuvas no mês de dezembro (Tabela 4). As precipitações além de nivelarem as condições de umidade nos tratamentos, provocaram lixiviação dos nutrientes, tal como foi observado por Espinoza & Reis. (1982), que verificaram elevadas concentrações de K aos 105 cm de profundidade após forte chuvas.

Na aplicação de potássio através da água de irrigação por gotejamento, o movimento de K no perfil do solo é mais uniforme dentro da região do bulbo úmido (Kafkafi & Bar-Yosef, 1980; Uriu et al. 1981); contudo, com a ocorrência de chuva, os perfis de distribuição de água no solo, preconizados sob irrigação por gotejamento, foram descaracterizados, alterando assim o modelo de distribuição de nutrientes.

A distribuição temporal de potássio (Figura 29) mostrou que ao longo do tempo, os teores desse íon nas camadas de 0,10 m e 0,30 m foram maiores em L_1K_1 e L_2K_2, evidenciando que a sua distribuição desse em profundidade e no tempo teve maior influência da quantidade de água do que da quantidade de fertilizante aplicada por fertirrigação. No caso do tratamento L_1K_1 os maiores teores de K (120 mg kg^{-1} a 260 mg kg^{-1}) foram registrados na camada em torno de 0,30 m durante todo o período. Já L_2K_2; os maiores teores de K (90 mg kg^{-1} a 180 mg kg^{-1}) foram observados na mesma faixa do perfil, porém, inferiores ao observado em L_1K_1.

Para o perfil de distribuição de L_3K_3, teores mais elevados de K, entre 160 mg kg^{-1} e 320 mg kg^{-1}, foram observados nas camadas 0,10 m e 0,30 m, sendo maior acúmulo na camada 0,30 m no período de 60 a 158 DAF, reduzindo a partir deste. Isto evidencia os efeitos das chuvas a partir desse período na lixiviação do potássio. O restante do perfil manteve-se com níveis de concentração de K variando de baixo a médio. Já no caso de L_4K_4, a vazão (20 L h^{-1}) e o volume de água aplicado pela irrigação favoreceram a manutenção de teores de K abaixo de 40 mg kg^{-1} ao longo de todo período. Notam-se também os efeitos das chuvas na intensificação da lixiviação a partir de 158 DAF, cujos teores nesse período mantiveram-se nas camadas 0,30 m, 0,50 m e 0,70 m, valores abaixo de 20 mg kg^{-1}. Os teores de K registrados para L_4K_4 durante todo período, são considerados baixos, o que pode ter afetado a produtividade da cultura, principalmente porque no período de formação de frutos, quando se requer maior disponibilidade desse elemento, os teores registrados na zona radicular foram os menores.

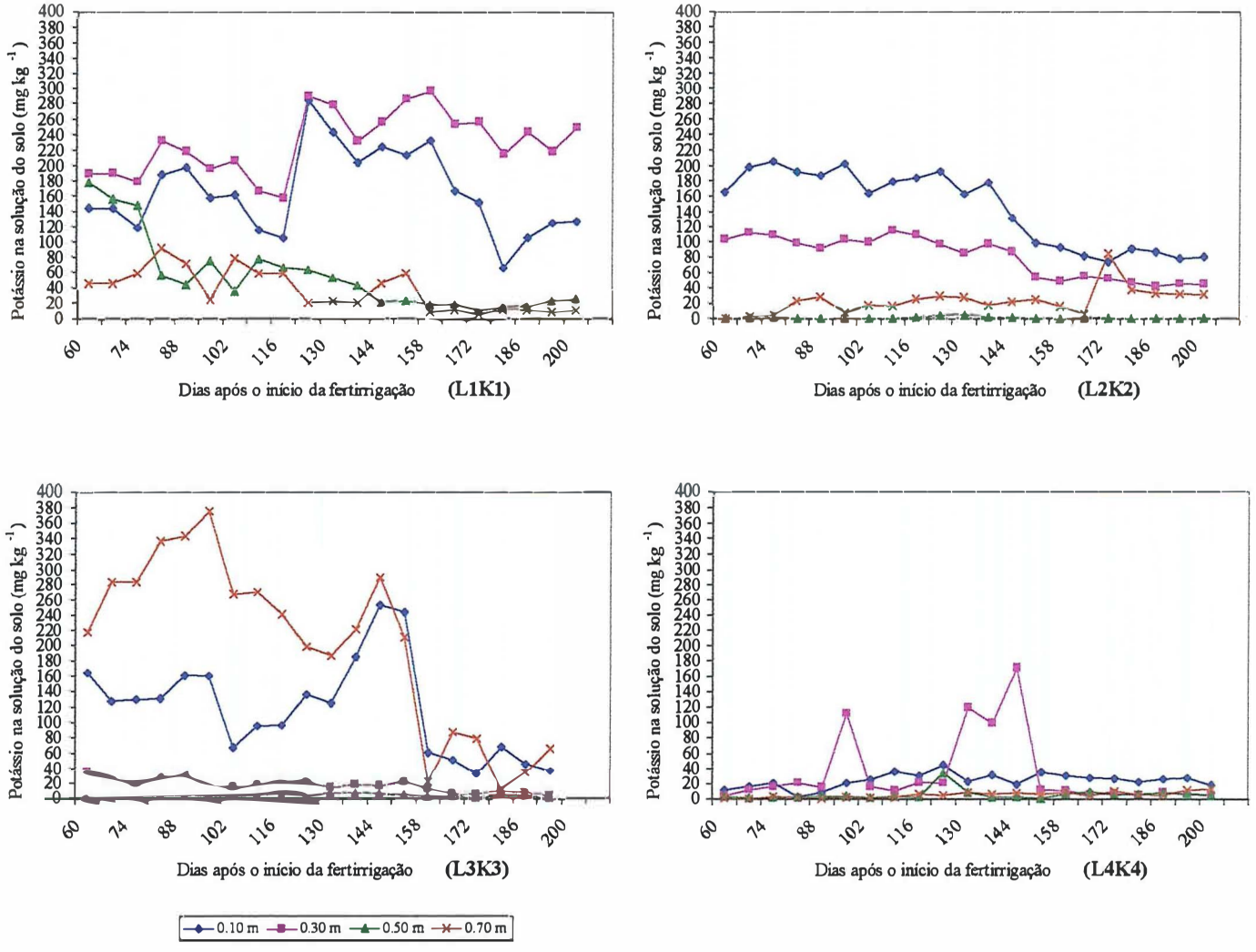


Figura 29 - Distribuição temporal de Potássio (mg kg^{-1}) no perfil do solo sob os níveis de irrigação e as dose de potássio L_1K_1, L_2K_2, L_3K_3 e L_4K_4 aplicados por gotejamento em plantas de maracujazeiro.

4.2.3 Condutividade Elétrica da solução do solo

A distribuição espacial da condutividade elétrica da solução do solo (CE) aos 68 DAF nos tratamentos L_1K_1, L_2K_2, L_3K_3 e L_4K_4 mostrou que os maiores e os menores valores foram registrados para L_1K_1 (entre 0,5 dS m^{-1} e 5,9 dS m^{-1}) e L_2K_2 (entre 0,2 dS m^{-1} e 0,9 dS m^{-1}), respectivamente. Já as concentrações de sais verificadas em L_3K_3 e L_4K_4 foram próximas [Figura 30 (i)].

Tal como foi observado na distribuição de potássio, os elevados valores de CE verificados em L_1K_1, podem ser atribuídos à quantidade de água aplicada nesse tratamento, que provavelmente não foi suficiente para promover a lixiviação dos íons, principalmente K^+, NH^+ e NO_3^-, uma vez que, além do potássio (KCl e KNO_3), foi aplicado também nitrogênio na forma de uréia. Já os baixos valores de CE verificados em L_2K_2, cuja dose de potássio foi duas vezes a de L_1K_1, podem estar relacionados com a vazão e a distribuição dos gotejadores destinados à aplicação da água de irrigação em relação aos pontos de aplicação de fertilizantes. No tratamento L_2K_2, utilizaram-se três gotejadores, dois dos quais, com vazão de 4 L h^{-1}, localizados próximos aos gotejadores utilizados para aplicar fertilizantes, o que pode ter contribuído para a rápida distribuição dos íons no perfil do solo, reduzindo a CE na zona de concentração das raízes.

Nas avaliações realizadas aos 136 DAF (29/10/99) constatou-se que os valores de CE na solução do solo reduziram para L_1K_1 e aumentaram nos tratamentos L_2K_2 e L_4K_4, enquanto para L_3K_3 os níveis de salinidade não tiveram quase alterações em relação aos registrados aos 68 DAF [Figura 30 (i)].

No caso de L_4K_4, embora as concentrações mais elevadas de CE tenham sido de formas pontuais, na região até 0,20 m na horizontal e até 0,40 m de profundidade, os valores de CE mantiveram-se entre 4,5 dS m^{-1} e 9,5 dS m^{-1}, considerados altos para o maracujazeiro (Ayers & Westcot, 1991). Esse comportamento pode estar relacionado com o aumento das doses de nitrogênio e de potássio aplicadas por fertirrigação, já que na época dessa avaliação já tinham sido feitas três aplicações com as doses destinadas à fase de produção. Como a dose de potássio desse tratamento foi maior, a cultura nessa

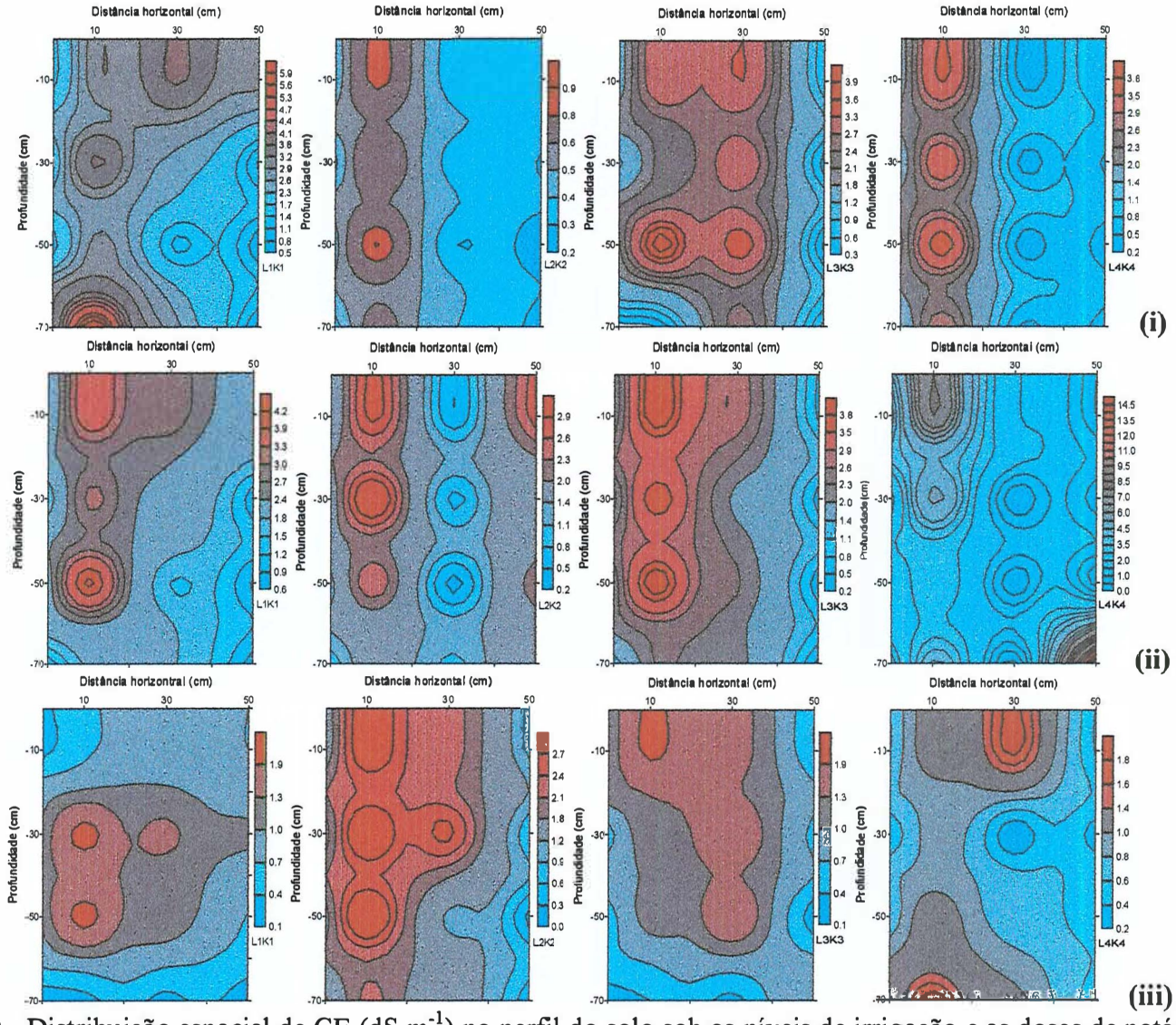


Figura 30 - Distribuição espacial de CE (dS m^{-1}) no perfil do solo sob os níveis de irrigação e as doses de potássio L_1K_1, L_2K_2, L_3K_3 e L_4K_4 aplicados por gotejamento no maracujazeiro aos 105 (i), 173 (ii) e 204 (iii) DAF.

fase, provavelmente, não absorvera todo o nutriente aplicado, elevando assim a condutividade elétrica da solução do solo na zona do bulbo úmido.

Por outro lado, fatores como impedimento físico em camadas subsuperficiais, a própria distribuição dos gotejadores e o escorrimento da solução de fertilizantes nas paredes externas dos tubos, podem também ter afetado o perfil de distribuição e a lixiviação dos sais, alterando a zona de concentração salina, pois, na irrigação por gotejamento o bulbo úmido formado sob o gotejador é caracterizado por apresentar as zonas de saturação e umidade elevada, interface entre a zona úmida e seca e a zona de concentração de sais situada na periferia do bulbo (Goldberg et al., 1976; Vivancos, 1993). Dessa forma, a disposição de vários gotejadores em círculo ao redor da planta permite a formação de vários bulbos sobrepostos, alterando assim o perfil de distribuição de água e nutriente, bem como as distintas zonas mencionadas.

Com a ocorrência de chuvas no mês de dezembro houve lavagem dos sais no perfil do solo reduzindo a CE, observado na avaliação realizada aos 204 DAF (07/01/2000) para todos os tratamentos, como verificado na distribuição de potássio (Figura 30 (iii)).

Os valores de CE observados nas Figura 30 (i) (ii) e (iii) refletem uma situação pontual no tempo, uma vez que os dados referem-se à amostragem da solução em um único dia. Entretanto, a avaliação da concentração salina e da distribuição da CE ao longo do tempo à distância horizontal de 0,30 m da planta permitem verificar o comportamento da salinidade da solução do solo. Pela Figura 31, pode-se observar que a CE no período foi maior para os tratamentos que receberam menores níveis de irrigação, confirmando o efeito da quantidade de água aplicada na distribuição de íons e na concentração de sais na solução do solo.

De acordo com Ayers & Westcot (1991), o maracujazeiro é uma cultura sensível à salinidade e a adequada condutividade elétrica do extrato de saturação; na salinidade limiar não deve exceder a 1,3 dS m^{-1}. Esse critério permite avaliar quais os tratamentos e em que fase a cultura apresentou níveis elevados de sais. No entanto, como a condutividade elétrica foi determinada na solução do solo, que depende do nível de umidade instantânea do solo, estimou-se condutividade elétrica dos extrato de saturação (CEes) a partir da CE, dos teores de umidade de saturação (θ_s) e instantânea (θ).

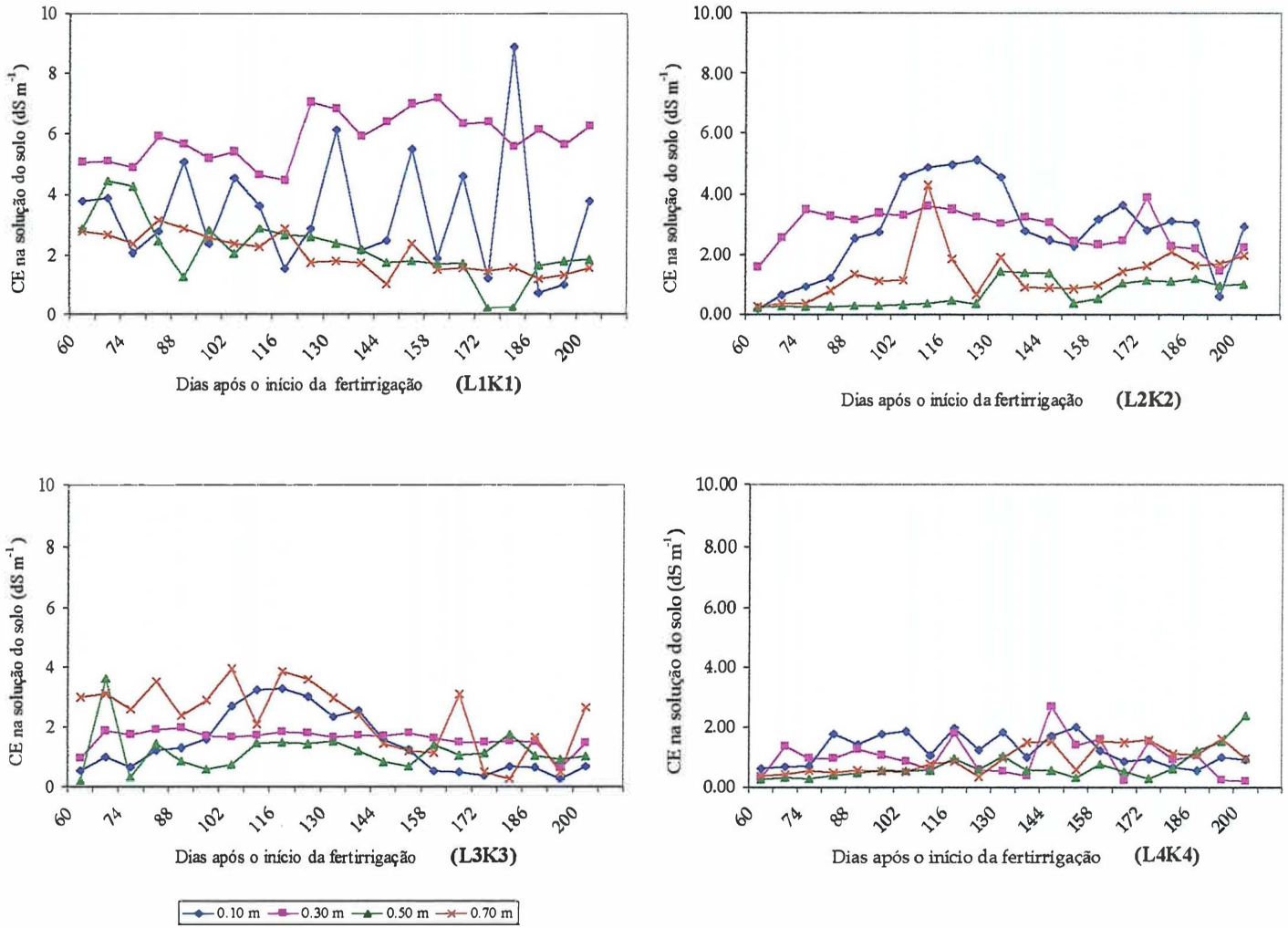


Figura 31 - Distribuição temporal de CE (dS m^{-1}) no perfil do solo sob os níveis de irrigação e as dose de potássio L_1K_1, L_2K_2, L_3K_3 e L_4K_4 aplicados por gotejamento em plantas de maracujazeiro

A partir das equações de regressão linear estabelecidas entre os valores de condutividade elétrica da solução do solo (CE) e do extrato de saturação (CEes) obtida para cada tratamento (Figura 32), podem-se estimar os valores de CEes para cada situação, e verificar quais os tratamentos e épocas em que a condutividade elétrica foi inadequada ao desenvolvimento das plantas. Assim, pela Figura 31 pode-se observar que

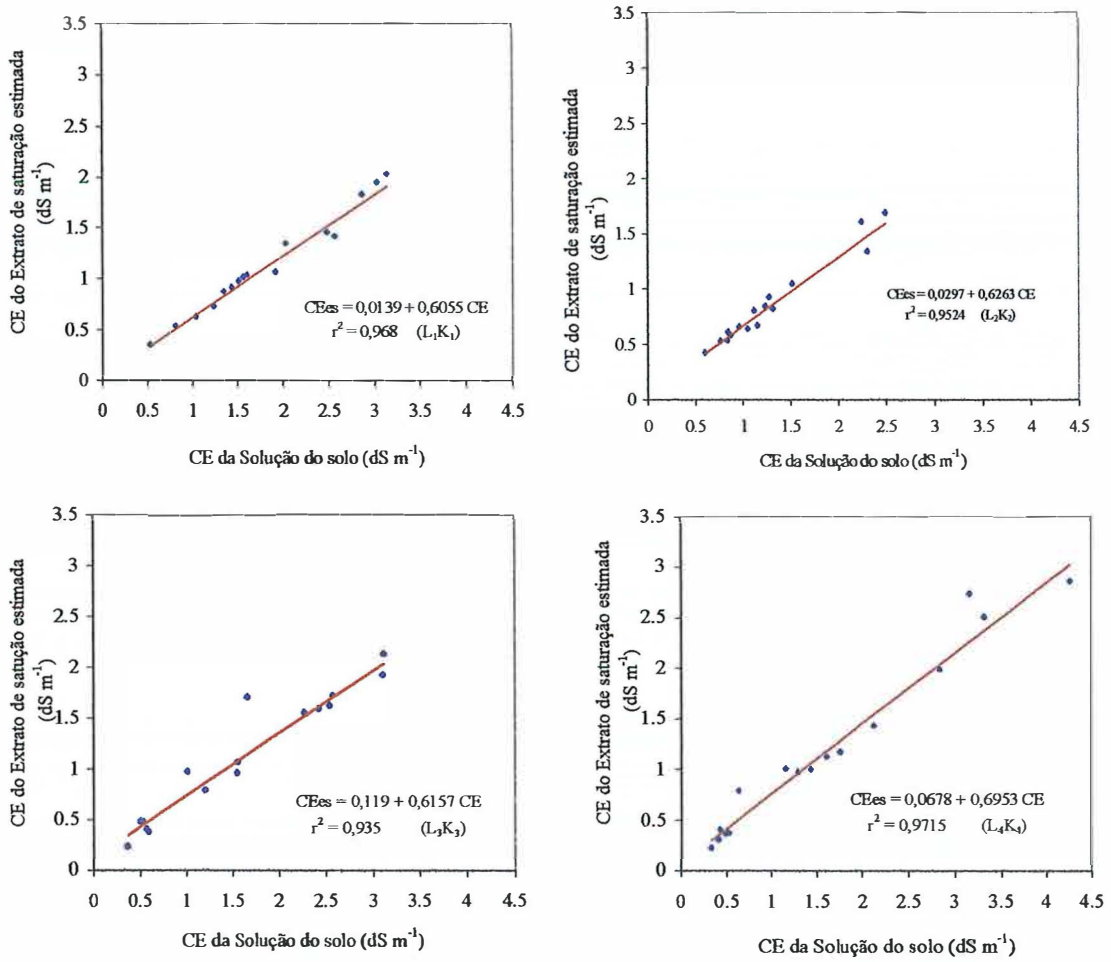


Figura 32 - Gráficos de regressões lineares entre os valores de condutividade elétrica da solução do solo (CEss) e do extrato de saturação (CEes) estimada a partir da CEss, da umidade de saturação (θ_s) e da umidade do solo (θ) no ato da amostragem da solução.

os valores de CE registrados em L_1K_1 resultaram em CEes superiores ao estabelecido por Ayers & Westcot (1991) durante quase todo o período, fato este que contribuiu para a redução da absorção de nutrientes, afetando o rendimento das plantas. No caso de L_2K_2, no período entre 88 e 204 DAF os valores de CE resultaram em CEes maior do que 1,3 dS m^{-1}; para L_3K_3 esse comportamento foi verificado entre 88 e 144 DAF, enquanto para L_4K_4 os valores estimados de CEes foram menores que 1,4 dS m^{-1}, mas a distribuição dos máximos valores foi pontual. Portanto, considerando o nível de tolerância do maracujazeiro à salinidade, a aplicação de maior nível de irrigação proporcionou melhores condições de potencial osmótico no sistema radicular da planta durante todo o período avaliado, mas, por outro lado, pode ter reduzido os teores de nutrientes, principalmente de potássio, na zona de concentração das raízes, afetando a produção de frutos.

4.3 Distribuição do sistema radicular

A análise do sistema radicular do maracujazeiro foi feito através da distribuição espacial da área (cm^2 de raiz/400 cm^2 de solo) e do comprimento (cm de raiz/400 cm^2 de solo) de raízes; e da distribuição percentual do comprimento e da densidade de raízes nas camadas e na lateral. Os resultados obtidos nas imagens digitais foram apresentados em gráficos de contorno, em que o tronco da planta está localizado sempre na coordenada (0,0), como apresentado na Figura 33.

Para a distribuição da área de raízes (Figura 34), verificaram-se variações nos valores desta de até 33 cm^2 de raiz/400 cm^2 de solo, sendo que os maiores valores de densidade radicular foram registrados com a dose de potássio de potássio K_3, com distribuição variando de 3 a 33 cm^2 de raiz/400 cm^2 de solo em todo perfil analisado. As menores concentrações foram verificadas com as doses K_4 e K_2, cujos valores foram menores que 12 cm^2 de raiz/400 cm^2 de solo, distribuídos até em torno de 0,40 m de profundidade, em apenas parte da extensão lateral. Com as doses de potássio K_0 e K_1, constatou-se distribuição de raízes em todo perfil; no entanto os valores de área radicular

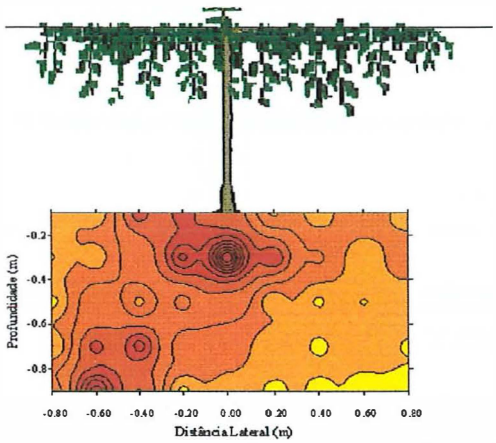


Figura 33 – Posição da planta em relação ao perfil de distribuição espacial de raízes o maracujazeiro.

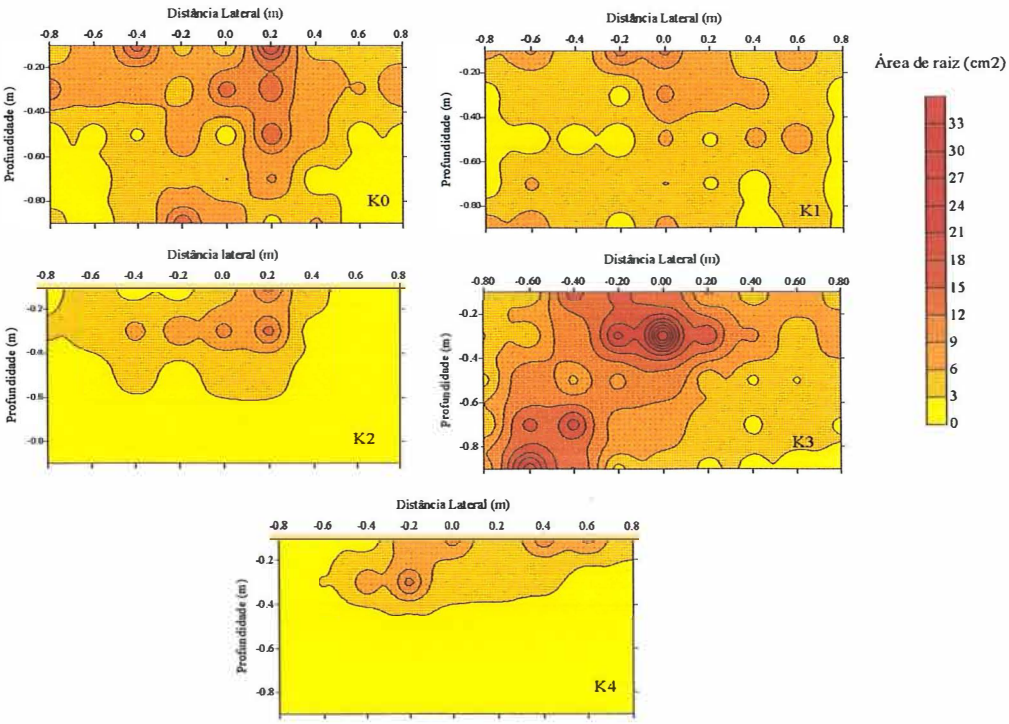


Figura 34 - Distribuição espacial da área de raízes (cm^2 de raiz/400 cm^2 de solo) do maracujazeiro amarelo sob os as doses de potássio K_0, K_1, K_2, K_3 e K_4, aplicadas por gotejamento.

registrados para K_0 variaram até em torno de 21 cm^2 de raiz/400 cm^2 de solo, enquanto para K_1 os valores chegaram até cerca de 12 cm^2 de raiz/400 cm^2 de solo.

A distribuição do comprimento de raízes (cm de raiz/400 cm^2 de solo) mostrou comportamento semelhante ao verificado na área, porém com valores maiores (Figura 35). Da mesma forma que na área, o comprimento de raízes verificado na planta que recebeu a dose de potássio K_3 distribuiu em todo perfil, com maiores concentrações (60 a 280 cm de raiz/400 cm^2 de solo), entre próximo da superfície até próximo de 1,0 m de profundidade, tendendo mais para o lado esquerdo da planta, fato que pode estar relacionado com a posição dos gotejadores em volta da planta, e/ou com a variabilidade espacial das características química e física do solo.

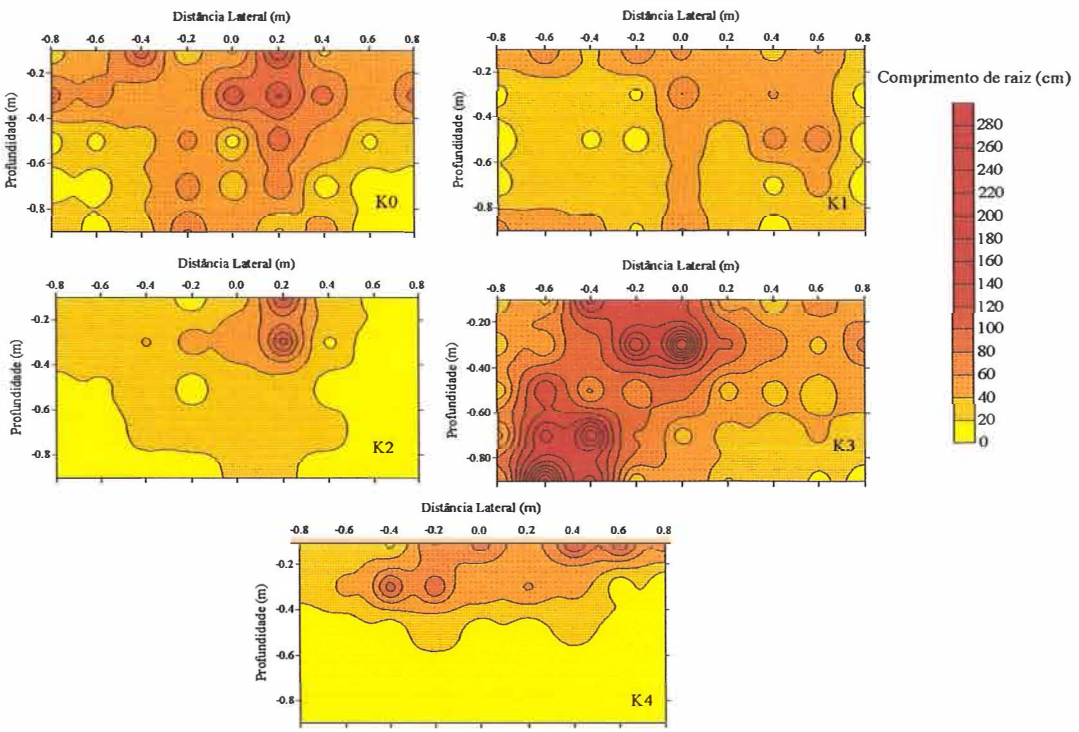


Figura 35 - Distribuição espacial do comprimento de raízes (cm de raiz/400 cm^2 de solo) do maracujazeiro amarelo sob os as doses de potássio K_0, K_1, K_2, K_3 e K_4, aplicadas por gotejamento.

A caracterização da distribuição de raízes apresentadas nlas Figuras 34 e 35 pode ser também constatada na Figura 36. Como pode ser observado com a aplicação das

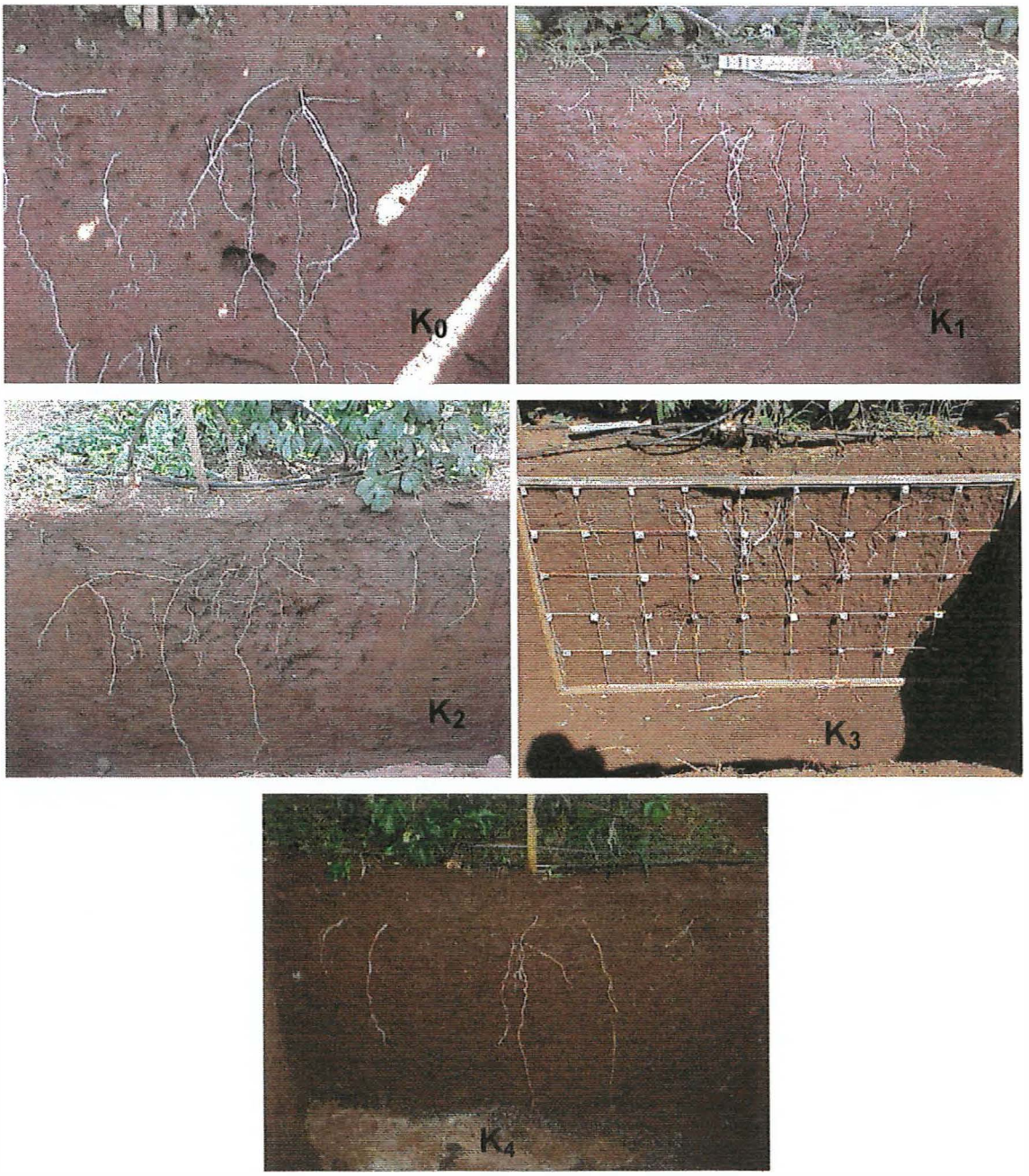


Figura 36 – Trincheiras, mostrando a distribuição de raízes do maracujazeiro amarelo sob as doses de potássio K_0, K_1, K_2, K_3 e K_4, aplicadas por gotejamento.

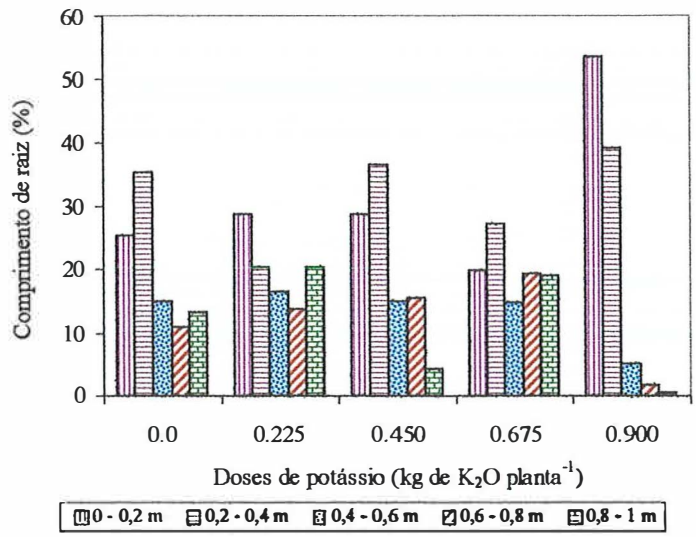
doses de potássio K_0, K_2 e K_3 proporcionaram distribuição de raízes em todo perfil, enquanto em K_2 e K_4 o comportamento foi bastante diferente, principalmente para a

dose K_4, que além de pequena quantidade de raízes, foram constatadas poucas raízes finas. Isso pode está relacionado com a quantidade de potássio
aplicada (0,900 kg de K^2O planta^{-1}), elevando a condutividade elétrica no perfil solo, afetando o desenvolvimento das raízes, tal como foi verificado em Sousa (1993) no meloeiro, que, com aplicação de elevada quantidade potássio via fertirrigação, proporcionou a formação de raízes mais grossas e distribuição não uniforme no perfil do solo. Esse problema pode ter ocorrido em razão de o maracujazeiro ser uma fruteira sensível à salinidade, CE maiores que 1,3 dS m^{-1} (Aeyrs & Westcot, 1991), o que pode ter afetado a produção de frutos.

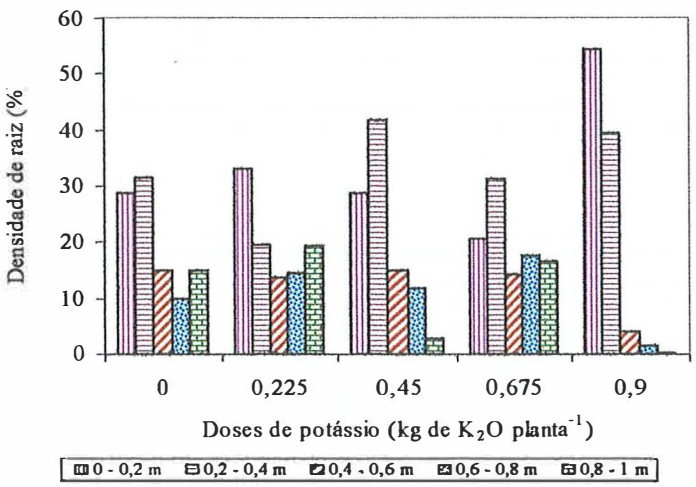
Em termos percentuais, os resultados obtidos para profundidade mostraram que a distribuição percentual de comprimento e de densidade (área) de raízes tiveram comportamento semelhante para todas as doses de potássio testadas (Figuras 37). Todavia, as maiores concentrações de raízes localizaram-se numa faixa entre 0 e 0,40 m de profundidade, concordando com os resultados obtidos por Carvalho (1988), e com as assertivas de Medina (1980), Manica (1981), Urashima (1985) e Kliemann et al., (1986), que discorreram sobre distribuição de raízes do maracujazeiro, mencionando que a maior concentração de raízes do maracujazeiro encontraram-se entre 0,30 m e 0,45 m de profundidade na distribuição radicular percentual. Contudo, foram verificados diferenças expressivas entre a máxima dose (0,90 kg de K_2O planta^{-1}) e as demais doses de potássio. Como pode ser observado na Figuras 37, com a aplicação da dose de potássio K_4, 92,69% e 93,80%, o comprimento e a densidade das raízes, concentraram-se na camada de 0-0,40 m, sendo 53,63% e 54,30%, respectivamente, confinados na camada superficial de 0 a 0,20 m do perfil do solo.

No tratamento que não recebeu potássio (K_0), ao redor de 60,62% do comprimento e da densidade total das raízes foram distribuídas até 0,40 m de profundidade, sendo que nas camadas seguintes verificou-se uma maior homogeneidade na distribuição radicular. No entanto, pode ser verificado que a aplicação das doses K_1 (0,225 kg de K_2O planta^{-1}) e K_3 (0,675 kg de K_2O planta^{-1}) proporcionaram distribuição radicular mais uniforme no perfil do solo, notando apenas uma diferença mais elevada entre as concentrações registradas nas camadas de 0 a 020 m e de 0,20 a 0,40 m desses dois tratamentos. Para

K_3 ainda ficou evidenciado, pelas isolinhas de contorno, a existência de duas zonas com concentrações elevadas de raízes, que foram responsáveis pela maior quantidade de raiz neste tratamento.



(i)

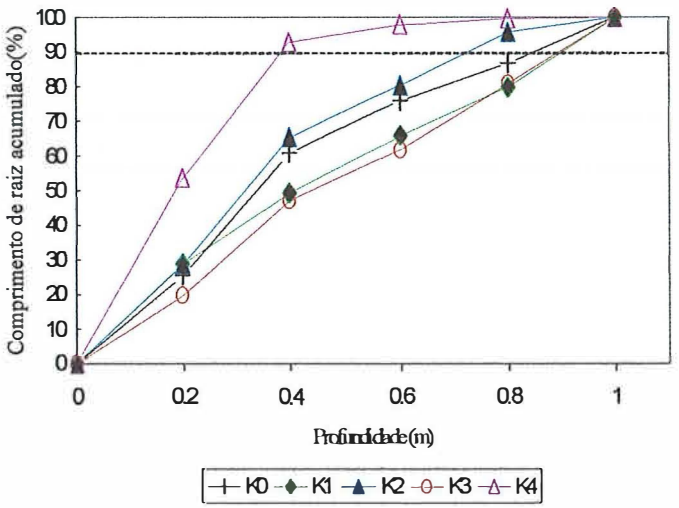


(ii)

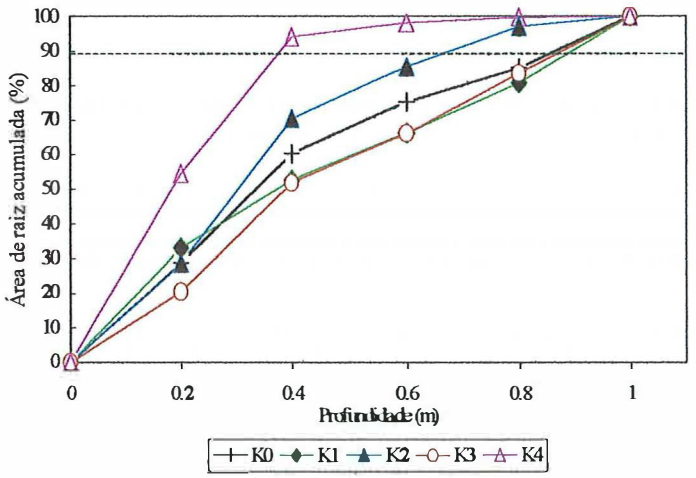
Figura 37 – Efeitos de doses de potássio na distribuição percentual comprimento (i) e da densidade de raízes (cm^2 de raíes/400 cm^2 de solo) (ii) do maracujazeiro amarelo, em função da profundidade.

A distribuição acumulada do comprimento e da densidade de raízes (Figura 38) confirma a abordagem sobre os gráficos da Figura 35, pois, tanto para o comprimento

como para a densidade de raízes, foi observado que a aplicação da dose de potássio K_4 (0,90 de K_2O kg planta^{-1}), cerca de 90% das raízes do maracujazeiro se concentraram até aos 0,40 m do perfil do solo. Já para a aplicação de K_2 (0,450 kg de K_2O planta^{-1}), essa mesma concentração acumulada foi verificada por volta de 0,70m , enquanto para as demais doses de potássio, 90% de concentração das raízes foram registradas entre 0 e 0,90 m.



(i)



(ii)

Figura 38 - Efeitos de doses de potássio na distribuição acumulada do comprimento (i) e da densidade de raízes (cm^2 de raíes/400 cm^2 de solo) (ii) do maracujazeiro amarelo, em função da profundidade.

Os resultados referentes à distribuição percentual do comprimento e da densidade de raízes em função distribuição lateral (Figuras 39) mostraram que, com a aplicação das doses de potássio K_1, K_3 e K_4, a distribuição percentual radicular na lateral tendeu a concentrações mais uniformes em relação ao tronco da planta. A distribuição lateral de raízes em plantas sem a aplicação de potássio (K_0) e com a aplicação de 0,450 kg de K_2O planta^{-1} (K_2) favoreceu as maiores concentrações de comprimento e de densidade

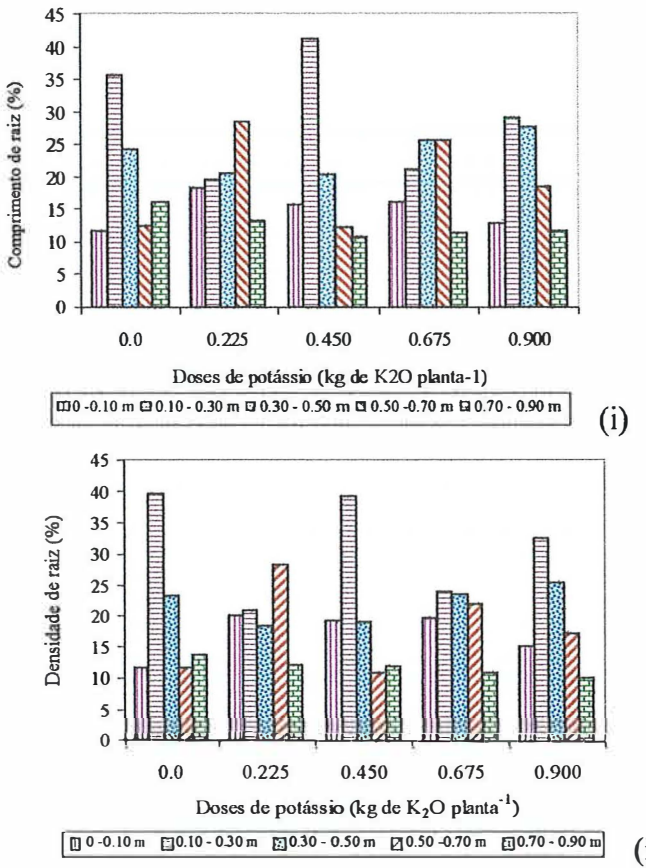
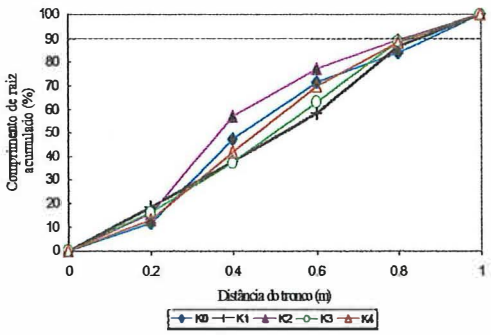


Figura 39 – Efeitos de doses de potássio na distribuição percentual comprimento (i) e da densidade de raízes (cm^2 de raíes/400 cm^2 de solo) (ii) do maracujazeiro amarelo, em função da distância lateral.

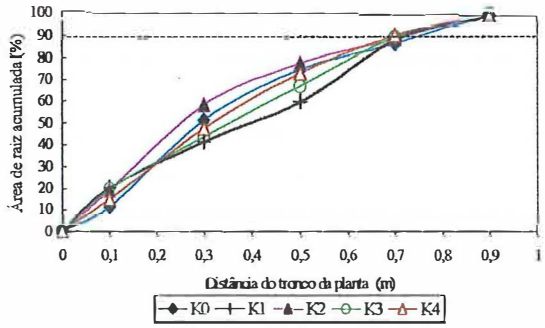
de raízes, entre 35,63% e 41,12%, e 39,65% e 39,05%, respectivamente, entre 0,10 e 0,30 m do tronco da planta, divergindo da distribuição radicular observada para as demais doses de potássio, cujas distribuições de raízes em relação ao tronco foram mais

constantes, com concentrações abaixo das verificadas para K_0 e K_2 nas duas primeiras camadas. Esse comportamento diverge de Carvalho (1988), que observou 70,17% das raízes concentradas na faixa de 0,20 m do tronco da planta; todavia, concorda com Medina (1980), Manica (1981), Urashima (1985) e Kliemann et al. (1986), que discorrem sobre distribuição de raízes do maracujazeiro, informando que o maior volume de raízes, 60% a 80%, concentra-se num raio de 0,60 m a partir do tronco. Isso pode estar relacionado com as condições físicas e químicas do solo e ao manejo da cultura, principalmente de irrigação, uma vez que esses fatores interferem no desenvolvimento e na distribuição do sistema radicular.

A distribuição acumulada de comprimento e densidade de raízes com relação à profundidade (Figuras 40) mostraram comportamentos semelhantes tanto entre as doses de potássio como para distância em relação ao tronco da planta. Para as duas situações, 90% da concentrações das raízes concentraram em torno de 0,80 m do tronco da planta



(i)



(ii)

Figura 40 - Efeitos de doses de potássio no comprimento (i) e na densidade de raízes (cm^2 de raíes/400 cm^2 de solo) acumulada (ii) do maracujazeiro amarelo, em função da distância lateral.

4.4 Parâmetros de desenvolvimento das plantas

A análise estatística dos parâmetros de desenvolvimento de plantas revelou efeitos significativos apenas para níveis de irrigação sobre a área foliar e o diâmetro de caule.

4.4.1 Área foliar

As medidas de área foliar do maracujazeiro foram realizadas em uma única vez em 24/08/1999, 120 dias após o transplantio das mudas (DAT). O resumo da análise de variância (Tabela 14) mostra que a área foliar foi significativamente influenciada ($P<0,05$) somente pelos níveis de irrigação. Os valores médios de área foliar, máximo (6.224,34 cm^2) e mínimo (3.789,12 cm^2), foram obtidos pelos tratamentos que receberam a menor e a maior lâminas d'água, respectivamente (Tabela 15). Essa tendência foi mais bem definida pela Figura 41, em que constatou-se efeito linear decrescente dos níveis de irrigação sobre a área foliar do maracujazeiro, apresentando um ajuste significativo ($P<0,05$) e um coeficiente de determinação $r^2 = 0,4910$. O comportamento apresentado em L_3, com valores de área foliar superiores a L_1 e L_2, provavelmente esteja mais relacionado com a variabilidade genética das plantas, característica do gênero Passiflora e própria da variedade utilizada (Ruggiero et al., 1976; Meletti & Maia, 1999), principalmente quando as mudas são provenientes de semente, como no caso deste trabalho.

Resultados obtidos por Menzel et al. (1986) e Staveley & Wolstenholme (1990) mostraram que a área foliar do maracujazeiro cresceu com o aumento da umidade no solo, sendo os maiores valores, 2250 cm^2 e 4858 cm^2, registrados nos tratamentos com -0,0025 MPa e -0,003 MPa nos trabalhos mencionados, respectivamente. Considerando que a média do potencial matricial registrado neste trabalho, no período de julho/agosto, foi de -0,006 MPa (L_1), -0,005 MPa (L_2), -0,004 MPa (L_3) e -0,0025 MPa (L_4), os resultados observados por esses autores divergem dos obtidos neste trabalho, o que pode estar relacionado com os diferentes valores de umidade mantidos nesses trabalhos e a

época de medições, pois neste trabalho a área foliar foi determinada em uma única vez, no início da fase de desenvolvimento vegetativo.

Tabela 14. Resumo da análise de variância para área foliar e número de folha nos dois períodos de avaliação.

Causas da variação	GL	Quadrado médio (significância - Prob. >F)		
		Área foliar	Número de folha 1	Número de folha 2
Bloco	3	29.813.759 (0,00158*)	1,289 (0,0118*)	25,543 (0,00006*)
Doses de K	4	2.096.409 (0,59638)	0,131 (0,6852)	1,493 (0,24048)
Resíduo (A)	12	2.911.895	0,227	0,941
Parcelas	19			
Irrigação	3	6.002.098 (0,04545*)	0,283 (0,1456)	0,483 (0,6044)
K x Irrigação	12	1.001.522 (0,91577)	0,135 (0,5573)	0,525 (0,7594)
Resíduo (B)	45	2.085.029	0,151	0,769
Média (cm^2)		4.951,41	4,139	6,24
CV (A) (%)		17,23	5,75	7,77
CV (B) (%)		29,16	9,39	14,06

* significativo a 5%, pelo teste de Tukey.

Tabela 15. Valores médios de área foliar (cm^2) do maracujazeiro aos 120 dias após o transplantio das mudas.

Doses de K_2O (kg $planta^{-1}$)	Níveis de irrigação			
	L_1	L_2	L_3	L_4
0,00	4634,35	4526,85	4464,54	3789,12
0,225	5130,74	5147,40	5919,64	3988,28
0,45	5941,95	4581,44	4818,95	4259,18
0,675	5189,34	4642,43	6003,53	5203,51
0,90	6224,34	5045,88	5518,88	3997,74

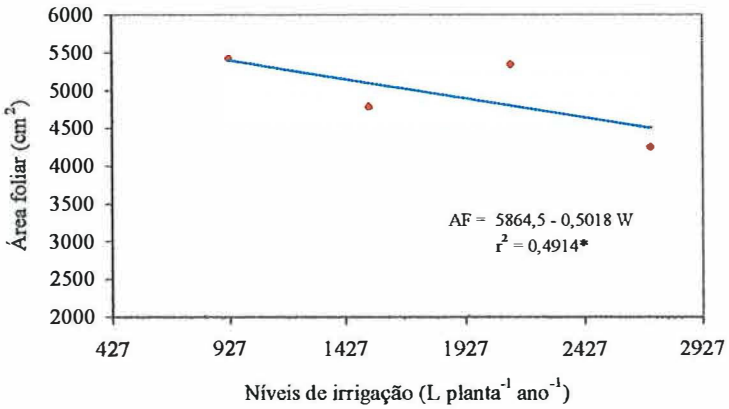


Figura 41 - Efeitos de níveis de irrigação (W) na área foliar do maracujazeiro amarelo.

A redução da área foliar com a máxima quantidade de água aplicada pode ser atribuída as perdas por lixiviação dos nutrientes, principalmente o nitrogênio, que se movimenta muito rápidamente no perfil do solo e é o nutriente que mais influencia o crescimento vegetativo do maracujazeiro (Haag et al., 1973; Menzel et al., 1991). Portanto, maiores quantidades de água aplicadas com maior intensidade, como é o caso de L_4, cujo valores de umidade estiveram sempre próximos ou superiores a capacidade de campo, podem ter favorecido as perdas e disponibilizado menores quantidades de nitrogênio, nesse período, para o crescimento da área foliar.

4.4.2 Número de folhas

A emissão de novas folhas indica crescimento das plantas, sendo a sua quantidade um indicador do desenvolvimento vegetativo. A contagem das folhas das plantas do maracujazeiro foi realizada aos 88 e 120 dias após o transplantio das mudas. Não houve efeitos significativos (P>0,05) dos níveis de irrigação, das doses de potássio, e das interações sobre este parâmetro.

Na primeira avaliação, com coeficientes de variação (CV) de 5,75% (doses de potássio) e 9,38% (níveis de irrigação), constataram-se poucas variações do número de folhas entre os tratamentos, enquanto na avaliação realizada aos 120 DAT, as oscilações

foram mais acentuadas, com maiores valores de CV (Tabela 14). Os maiores valores (46, 48 e 50 folhas) foram registradas nos respectivos tratamentos L_2K_1, L_3K_1 e L_3K_3, e os menores valores (33 e 31), nos tratamentos L_2K_4, L_3K_2 e L_4K_4, respectivamente, pois nessas duas últimas combinações foi registrado o mesmo número, 31 folhas (Figura 42). Os valores de números de folhas obtidos aos 120 DAT estão coerentes com Menzel & Simpsom (1988), em que sob diferentes temperaturas registraram variações do número de folhas entre 38 e 52 unidades por planta.

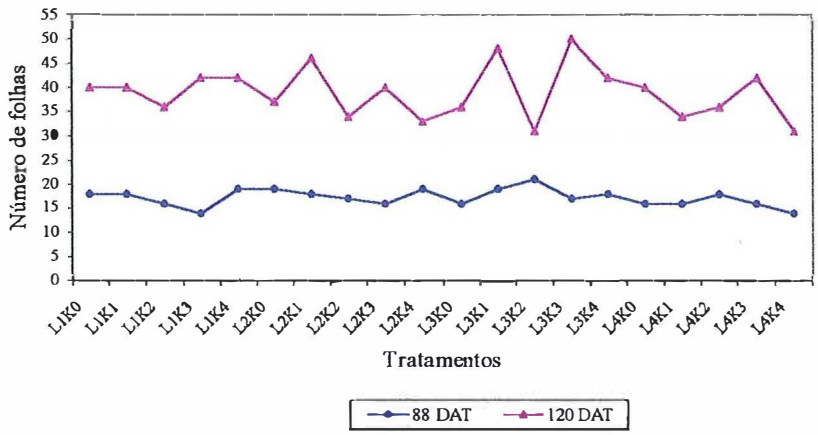


Figura 42 - Efeitos de níveis de irrigação e doses de potássio aplicadas por gotejamento no número de folhas do maracujazeiro amarelo.

4.4.3 Diâmetro de caule

As medidas de diâmetro de caule foram realizadas em 22/07/99 (88 DAT), 24/08/99 (120 DAT),02/10/99 (158 DAT) e 12/11/99 (198 DAT). A análise de variância revelou efeitos significativos apenas nas medidas realizadas aos 120 dias após o transplantio das mudas (DAT), tal como foi verificado para a área foliar. O resumo da análise de variância (Tabela 16) mostra que o diâmetro de caule foi influenciado ($P<0,05$) apenas pelos níveis de irrigação. Os menores valores foram verificados com o maior nível de irrigação (L_4), enquanto os maiores valores, 7,37 mm e 7,39 mm, foram registrados para os respectivos níveis de irrigação L_1 e L_3 (Tabela 17).

Tabela 16. Resumo da análise de variância para diâmetro de caule nos quatro períodos de avaliação.

Causas da variação	GL	Quadrado médio (significância - Prob. >F)			
		DC (88 DAT)	DC (120 DAT)	DC (158 DAT)	DC (198 DAT)
Bloco	3	0,711 (0,1752)	0,059 (0,9022)	0,404 (0,8051)	2,319 (0,7545)
Doses de K	4	0,438 (0,3603)	0,348 (0,3936)	0,822 (0,6255)	7,214 (0,3382)
Resíduo (A)	12	0,365	0,311	1,223	5,723
Parcelas	19				
Irrigação	3	0,392 (0,5765)	1,584 (0,0282*)	1,694 (0,1930)	3,093 (0,5422)
K x Irrigação	12	0,247 (0,8285)	0,338 (0,746)	0,876 (0,6058)	1,313 (0,9652)
Resíduo (B)	45	0,410	0,480	1,035	3,489
Média (cm^2)		5,153	6,720	8,582	12,863
CV (A) (%)		5,86	4,15	6,44	9,3
CV (B) (%)		12,43	10,31	11,86	14,52

* significativo a 5%, pelo teste de Tukey.

Constatou-se efeito linear decrescente dos níveis de irrigação sobre o diâmetro de caule do maracujazeiro (Figura 43), ocorrendo um ajuste significativo ($P<0,05$) com coeficiente de determinação $r^2 = 0,555$. Embora o modelo tenha sido significativo, o coeficiente de determinação mostrou um ajuste com dispersão de pontos, menor que o verificado na área foliar, o que também deve ser atribuído à variação dos dados em torno da média, uma vez que o coeficiente de variação para o efeito de níveis de irrigação foi de 10,31% (Tabela 17), menor do que o observado para a área foliar.

Pesquisa realizada por Vasconcellos et al. (1996) sobre avaliação dos parâmetros de crescimento de plantas do maracujazeiro doce, em medições realizadas entre 86 e 135 dias após o plantio, constataram que o diâmetro do caule foi em torno de 8,56 mm. Esses resultados, embora de espécie diferente, estão próximos dos maiores valores encontrados neste trabalho.

Tabela 17. Valores médio de diâmetro de caule (mm) do maracujazeiro avaliados aos 120 dias após do transplantio das mudas.

Doses de K_2O (kg planta^{-1})	Níveis de irrigação			
	L_1	L_2	L_3	L_4
0,00	6,96	6,40	6,47	6,12
0,225	6,70	6,94	7,00	6,04
0,45	7,37	6,67	6,67	6,61
0,675	7,00	6,55	6,99	6,47
0,900	6,61	7,05	7,39	6,36

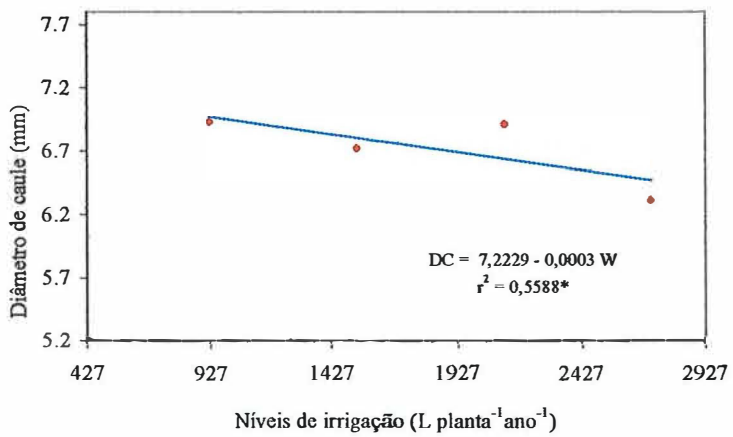


Figura 43 - Efeitos de níveis de irrigação (W) no diâmetro do caule do maracujazeiro amarelo.

Uma análise do comportamento da variação do diâmetro do caule ao longo do tempo, em função das doses de potássio e níveis de água (Figura 44), verificou crescimento gradual entre os períodos de amostragens realizados, sendo que, entre 158 e 198 DAT, o crescimento do diâmetro de caule foi bem mais acentuado. Isso deveu-se ao fato de que o maracujazeiro nessa faixa de idade inicia a máxima intensificação do seu crescimento (Haag et al. 1973; Malavolta, 1994; Haag, 1986).

fato de que o maracujazeiro nessa faixa de idade inicia a máxima intensificação do seu crescimento (Haag et al. 1973; Malavolta, 1994; Haag, 1986).

Como pode ser observado na Figura 44, houve uma mesma tendência no comportamento do aumento do diâmetro do caule em todas as datas de amostragem. Exemplo disso é que os maiores e menores valores foram observados sempre nos mesmos tratamentos em todas as amostragens realizadas, L_1K_2 e L_3K_4 e, L_3K_0 e L_4K_1, respectivamente. Entretanto, não houve uma tendência generalizada quanto ao efeito das interações doses de potássio e níveis de irrigação no diâmetro do caule do maracujazeiro amarelo.

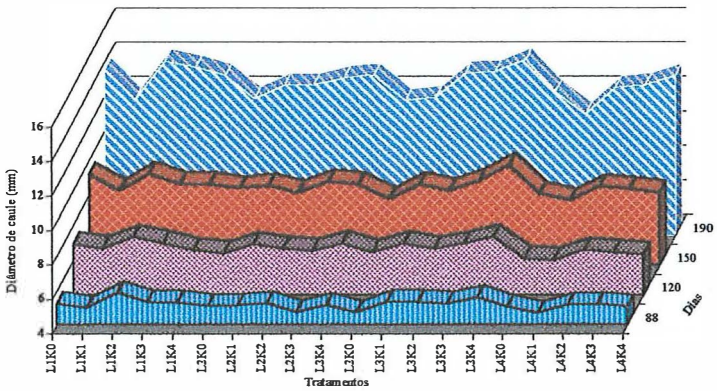


Figura 44 - Efeitos de níveis de irrigação e doses de potássio aplicadas por gotejamento no diâmetro de caule do maracujazeiro amarelo

4..4.4 Número e comprimento de entrenós

O número de entrenós foi determinado através da contagem em duas datas, aos 88 e 120 DAT. Já as medidas de comprimento de entrenós foram realizadas aos 88, 120, 150 e 190 DAT. Não houve influências significativas (P>0,05) dos níveis de irrigação, das doses de potássio, e das interações sobre esses parâmetros (Tabelas 18 e 19).

variações entre os tratamentos foram pequenas, comportamento semelhante ao registrado na amostragem realizada aos 120 DAT, com coeficientes de variação de 4,10% e 5,33% para dose de potássio e níveis de irrigação, respectivamente, não evidenciando qualquer tendência dos tratamento nesse parâmetro morfológico.

Tabela 18. Resumo da análise de variância para número de entrenós (NI) nos dois períodos de avaliação.

Causas da variação	GL	Quadrado médio (significância - Prob. >F)	
		NI (88 DAT)	NI (120 DAT)
Bloco	3	1,354 (0,00203**)	0,178 (0,42437)
Doses de K	4	0,114 (0,54908)	0,103 (0,68208)
Resíduo (A)	12	0,142	0,177
Parcelas	19		
Irrigação	3	0,220 (0,14206)	0,0023 (0,99229)
K x Irrigação	12	0,032 (0,99178)	0,084 (0,36264)
Resíduo (B)	45	0,121	0,074
Média (cm^2)		4,385	5,124
CV (A) (%)		4,30	4,10
CV (B) (%)		7,93	5,34

** significativo a 1%, pelo teste de Tukey.

Esses resultados estão de acordo com Menzel et al. (1986) quando se trata do número médio de entrenós; todavia divergem quanto aos efeitos de níveis de umidade no solo nesse parâmetro, uma vez que esses autores constataram redução do número de entrenós com a diminuição do potencial de água no solo. Por outro lado, Menzel e Simpson (1988), sob diferentes níveis de radiação, obtiveram valores bem superiores, entre 46 e 52 entrenós, resultados esses bem próximos dos máximos valores (43 e 48 entrenós) registrados por Staveley & Wolstenholme (1990) sob elevados potenciais de água no solo, em que constataram que o número de entrenós no maracujazeiro aumentou significativamente ($P<0,05$) à medida que os potenciais de água no solo aumentaram.

Tabela 19. Resumo da análise de variância para comprimento de entrenós (CI) nos quatro períodos de avaliação.

Causas da variação	GL	Quadrado médio (significância - Prob. >F)			
		CI (88 DAT)	CI (120 DAT)	CI (158 DAT)	CI (198 DAT)
Bloco	3	3,113 (0,38913)	3,486 (0,36221)	3,350 (0,3733)	130,7 (0,2875)
Doses de K	4	2.848 (0.44466)	3,399 (0,38394)	3,832 (0,3494)	78,65 (0,5224)
Resíduo (A)	12	2,839	2,979	3,116	92,67
Parcelas	19				
Irrigação	3	1,189 (0,68558)	0,562 (0,81926)	0,489 (0,8391)	117,2 (0,3243)
K x Irrigação	12	0,848 (0,97086)	1,384 (0,68119)	1,356 (0,6659)	108,3 (0,3844)
Resíduo (B)	45	2,360	1,806		
Média (cm^2)		9,551	10,084	10,205	11,471
CV (A) (%)		8,82	8,56	8,65	41,96
CV (B) (%)		16,08	13,33	12,90	86,53

No caso do comprimento de entrenós, as variações observadas entre as datas em que foram feitas as medidas não foram tão nítidas (Figura 46) como para o número de entrenós. Tal comportamento evidencia que o desenvolvimento do caule do maracujazeiro amarelo se dá muito mais pelo emissão de novos entrenós do que pelo aumento no seu comprimento.

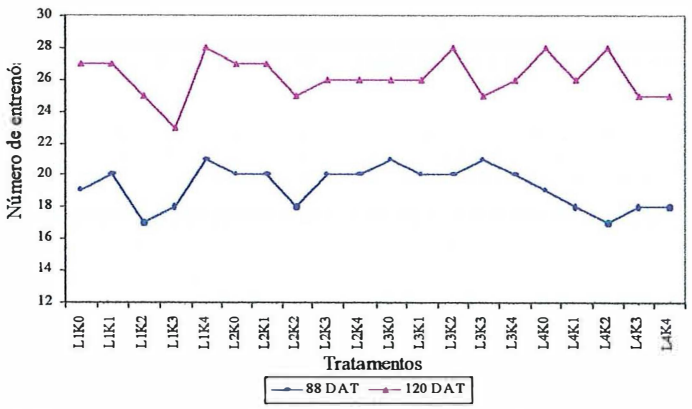


Figura 45 - Efeitos de níveis de irrigação e doses de potássio aplicados por gotejamento no número de entrenós do maracujazeiro amarelo.

Ainda pela Figura 46, todos os tratamentos mantiveram o mesmo comportamento entre as diferentes datas de amostragem, com oscilações mais acentuadas do que para o número de entrenós (Tabela 19). Independentemente do estádio de desenvolvimento e dos tratamentos, os valores de comprimento de entrenós obtidos neste trabalho foram superiores a 7,24 cm, observado por Vasconcellos et al. (1996).

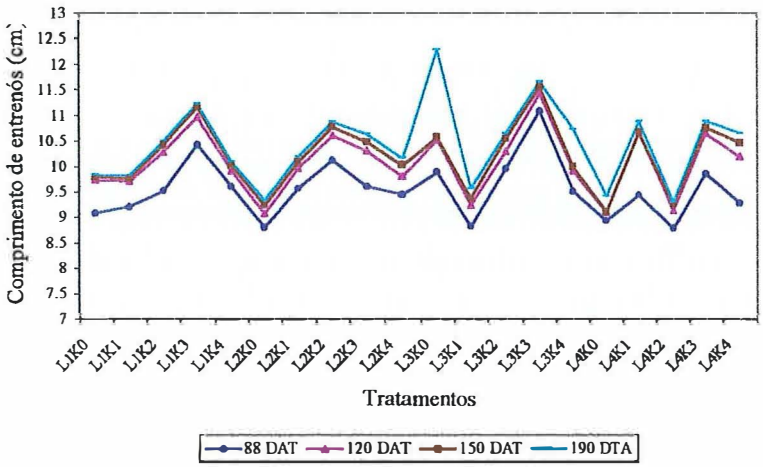


Figura 46 - Efeitos de níveis de irrigação e doses de potássio aplicados por gotejamento no comprimento de entrenós do maracujazeiro amarelo.

4.4.5 Altura de plantas

As medidas de altura das plantas foram realizadas aos 88 DAT e 120 DAT. Não houve influências significativas (P>0,05) dos níveis de irrigação, das doses de potássio, e das interações sobre o crescimento da haste principal do maracujazeiro amarelo (Tabela 20). Pela Figura 47, pode-se verificar que o comportamento da altura das plantas nas duas amostragens foi semelhante, com pequenas oscilações entre os tratamentos.

Tabela 20. Resumo da análise de variância para altura de planta (AP) nos dois períodos de avaliação.

Causas da variação	GL	Quadrado médio (significância - Prob. >F)	
		AP (88 DAT)	AP (120 DAT)
Bloco	3	3642,02 (0,02149*)	414,80 (0,00403**)
Doses de K	4	341,87 (0,77874)	97,68 (0,18527)
Resíduo (A)	12	776,28	53,02
Parcelas	19		
Irrigação	3	1296,48 (0,17649)	158,23 (0,21171)
K x Irrigação	12	208,67 (0,98994)	78,20 (0,67822)
Resíduo (B)	45	756,64	101,60
Média (cm^2)		116,85	167,63
CV (A) (%)		11,92	2,17
CV (B) (%)		23,54	6,01

* significativo a 5%; ** significativo a 1%, pelo teste de Tukey.

As variações verificadas na altura das plantas determinaram a época da poda ou o desponte do broto terminal, que teve início logo após as medidas realizadas aos 120 DAT. Nesse caso, as plantas foram podadas em idades diferente, tal como foi observado por Vasconcellos et al. (1996), em que as plantas atingiram altura apropriadas para o desponte em tempo diferentes, entre 86 e 135 dias após o plantio das mudas.

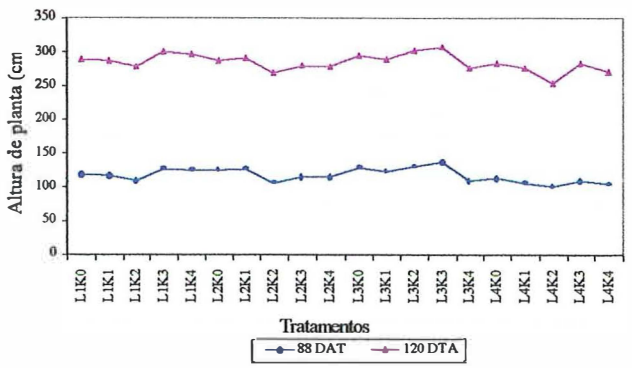


Figura 47 - Efeitos de níveis de irrigação e doses de potássio aplicadas por gotejamento na altura de plantas do maracujazeiro amarelo.

4.5 Estado nutricional das plantas

As concentrações de nutrientes são variáveis em diferentes partes da planta, todavia, como a maioria dos processos fisiológicos são realizados nas folhas, de maneira geral, são elas que refletem o estado nutricional das plantas, que geralmente são analisadas, tomando seu conteúdo em nutrientes para avaliar o referido estado (Malavolta et al., 1989; Raij, 1991; Malavolta, 1994). Foram avaliadas as concentrações de (i) macronutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S); (ii) micronutrientes: boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), e zinco (Zn).

4.5.1 Macronutrientes

A análise dos resultados referentes às concentrações de macronutrientes nas folhas revelou influências das doses de potássio sobre os teores de K, Ca, Mg. Pelo resumo da análise de variância (Tabelas 21 e 22), constatou-se efeito significativo ($P<0,01$) para potássio e ($P<0,05$) para cálcio de magnésio.

As menores e maiores concentrações de nitrogênio nas folhas do maracujazeiro, 45,01 g kg^{-1} e 52,67 g kg^{-1}, foram obtidas com aplicação dos níveis de irrigação e doses de potássio L_2K_0 e L_1K_4, respectivamente, todavia, não foram constatados efeitos significativos dos tratamentos nos teores desse elemento nas folhas (Tabela 21).

Pela Figura 48 (i) e os baixos coeficientes de variação, 6,17% (doses de potássio) e 8,58% (níveis de irrigação), as variações nas concentrações de N nas folhas foram pequenas.

Como todos os tratamentos receberam a mesma dose de nitrogênio em cobertura, não eram esperadas grandes variações desse nutriente nas folhas, salvo pelas variações da relação N/K, uma vez que o potássio tem participação no metabolismo nitrogenado, afetando diversas fases da utilização do nitrogênio pelas plantas (Ruggiero et al., 1996).

Apesar de os níveis de irrigação e doses de potássio não terem influenciado significativamente os teores de fósforo nas folhas do maracujazeiro (Tabela 21), verificaram-se variações mais acentuadas do que para o nitrogênio, sendo maiores nos níveis de irrigação. Constatou-se uma ligeira tendência na redução dos teores de P com o aumento dos níveis de água aplicados (Figura 48 (ii)), o que diverge de Menzel et al. (1986) quanto aos efeitos dos níveis de umidade no solo, visto que esses autores constataram redução significativa nos teores de P com a redução do potencial matricial.

Tabela 21. Resumo da análise de variância para teores de N, P e K nas folhas.

Causas da variação	GL	Quadrado médio (significância - Prob. >F) N	P	K
Bloco	3	20,30 (0,64197)	0,035 (0,9205)	45,88 (0,1695)
Doses de K	4	59,80 (0,21178)	0,032 (0,9597)	136,22 (0,0076**)
Resíduo (A)	12	34,97	0,219	23,11
Parcelas	19			
Irrigação	3	2,44 (0,93222)	0,044 (0,7319)	11,95 (0,3501)
K x Irrigação	12	11,99 (0,7355)	0,075 (0,7049)	15,22 (0,1877)
Resíduo (B)	45	16,92	0,101	10,64
Média (cm^2)		47,95	1,98	17,90
CV (A) (%)		6,17	11,78	13,43
CV (B) (%)		8,58	16,03	18,22

** significativo a 1%, pelo teste de Tukey.

Resultados obtidos por Haag et al. (1973), Aguirre (1977), Baumgartner et al. (1978), Primavesi & Malavolta (1980a), Menzel et al. (1986) e Colauto et al. (1986) mostraram que as concentrações de nitrogênio e fósforo nas folhas do maracujazeiro amarelo variaram entre 25 g kg^{-1} e 55 g kg^{-1} para N e 1,8 g kg^{-1} e 5,09 g kg^{-1} para P, indicando que os teores desses elementos obtidos neste trabalho estão dentro da faixa considerada adequada para a cultura.

As doses de potássio influenciaram significativamente (P<0,05) os teores desse elemento nas folhas do maracujazeiro (Tabela 21). Nos tratamento com ausência de potássio (K), foram constatados menores teores de K nas folhas, entre 12,24 g kg^{-1} e14,15 g kg^{-1} (Figura 48 (iii)), cujas concentrações cresceram linearmente a medida que as doses de potássio aumentaram.

Tabela 22. Resumo da análise de variância para teores de Ca, Mg e S nas folhas.

Causas da variação	GL	Quadrado médio (significância - Prob. >F)		
		Ca	Mg	S
Bloco	3	3,56 (0,9316)	4,93 (0,0644)	0,92 (0,0956)
Doses de K	4	93,94 (0,0326*)	6,42 (0,0254*)	0,54 (0,2458)
Resíduo (A)	12	24,91	1,57	0,35
Parcelas	19			
Irrigação	3	1,50 (0,9438)	0,06 (0,9154)	0,20 (0,7248)
K x Irrigação	12	7,97 (0,7737)	0,16 (0,9279)	0,36 (0,6409)
Resíduo (B)	45	11,95	0,36	0,45
Média (cm^2)		23,40	4,48	4,56
CV (A) (%)		10,66	13,97	6,45
CV (B) (%)		14,77	13,36	14,66

* significativo a 5%, pelo teste de Tukey.

O efeito linear crescente das doses de potássio sobre os seus teores nas folhas permitiu um ajuste significativo (P<0,05) de uma equação de regressão com coeficiente de determinação, r^2 = 0,8366 (Figura 49). Isso mostra que, devido à aplicação de doses diferenciadas e crescentes, a concentração de K nas folhas varia de 12,24 a 22,30 g kg^{-1} para L_3K_0 3 L_2K_3, respectivamente.

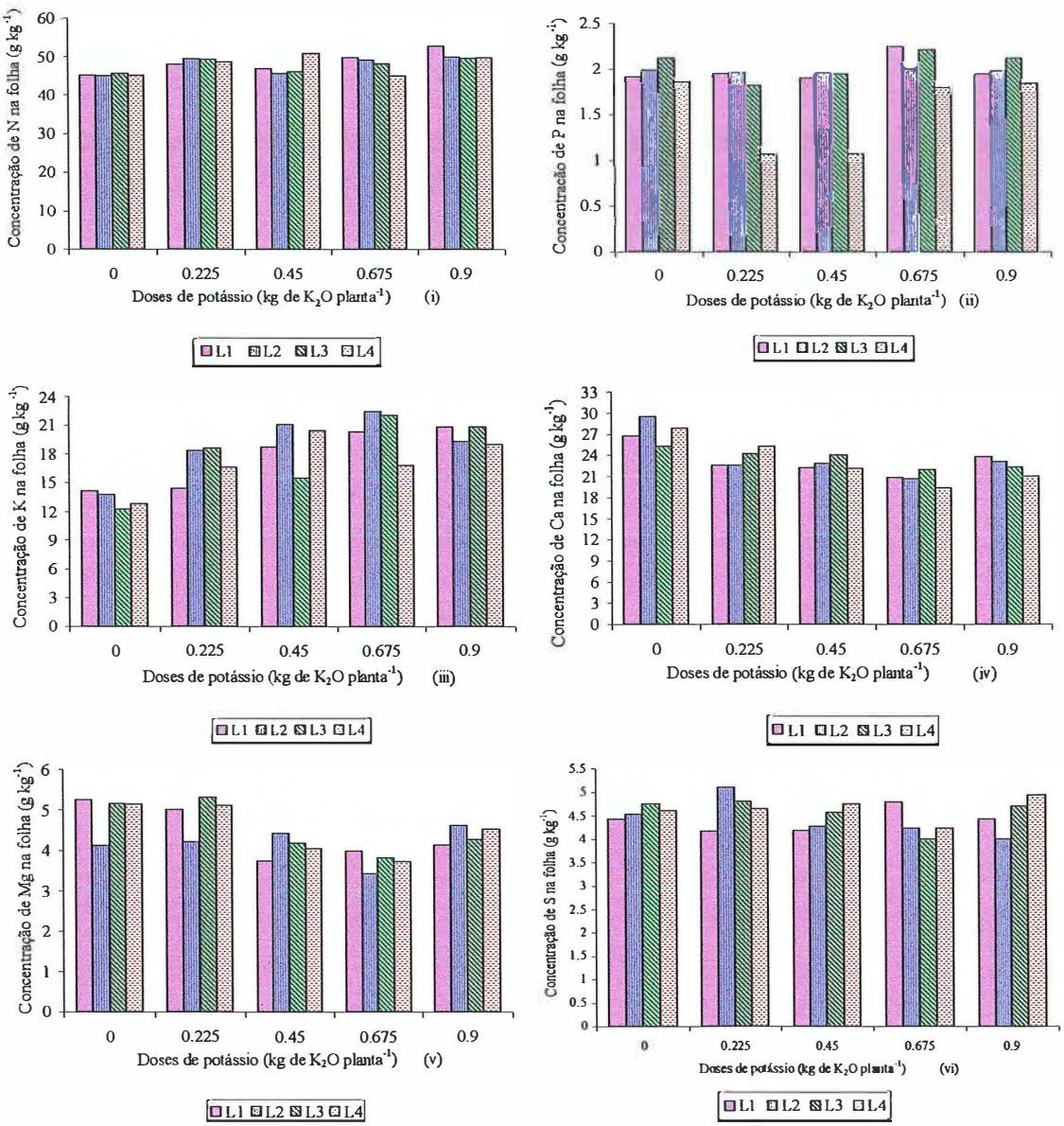


Figura 48 - Efeitos de níveis de irrigação e doses de potássio na concentração de nitrogênio (i), fósforo (ii), potássio (iii), cálcio (iv), magnésio (v) e enxofre (vi) nas folhas do maracujazeiro amarelo.

As doses de potássio influenciaram significativamente ($P<0,05$) os teores desse elemento nas folhas do maracujazeiro (Tabela 21). Nos tratamento com ausência de potássio (K), foram constatados menores teores de K nas folhas, entre 12,24 g kg^{-1}

e14,15 g kg^{-1} (Figura 48 (iii)), cujas concentrações cresceram linearmente a medida que as doses de potássio aumentaram.

O efeito linear crescente das doses de potássio sobre os seus teores nas folhas permitiu um ajuste significativo ($P<0,05$) de uma equação de regressão com coeficiente de determinação, $r^2 = 0,8366$ (Figura 49). Isso mostra que, devido à aplicação de doses diferenciadas e crescentes, a concentração de K nas folhas varia de 12,24 a 22,30 g kg^{-1} para L_3K_0 3 L_2K_3, respectivamente.

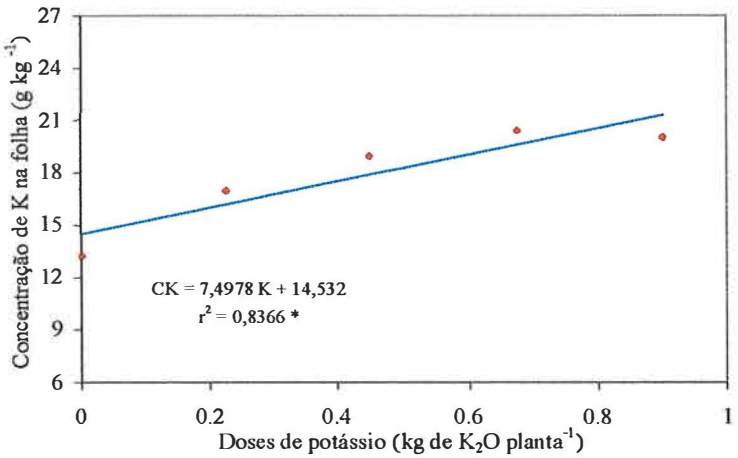


Figura 49 - Efeitos de doses de potássio aplicadas via água de irrigação na concentração de potássio nas folhas do maracujazeiro amarelo.

Haag (1986) mencionou que ainda não se conhece os níveis adequados de nutrientes encontrados pelas análises das folhas, que devem ser estabelecidos levando-se em conta a época de amostragem e desenvolvimento dos frutos. Entretanto, esses resultados estão próximos daqueles obtidos por Haag et al. (1973), e inferiores aos registrados em Baumgartner et al. (1978), Primavesi & Malavolta (1980a), Menzel et al (1986) e Colauto et al. (1996). Essas diferenças podem ser atribuídas à idade das plantas e das folhas amostradas, produção colhida e época de coleta das amostras, pois esses são fatores que alteram as variações nos teores de K e no estado nutricional da cultura (Malavolta, 1994; Haag, 1986). As amostras neste trabalho foram coletadas no início de abril, após se ter colhido em torno de 75% da safra, de uma carga relativamente grande

a forma de aplicação de nutrientes em pequenas quantidades por fertirrigação, que não condiciona o acúmulo de nutrientes no solo quando a prática é bem planejada, e com a própria extração pela cultura, já que pela época de amostragem havia um grande número de frutos em formação e em maturação.

Com relação ao cálcio, constataram-se efeitos significativos ($P<0,05$) das doses de potássio sobre os teores desse elemento nas folhas do maracujazeiro amarelo (Tabela 22). Os maiores teores de cálcio nas folhas (29,47 g kg^{-1}) foram encontrados nos tratamentos que não receberam a dose de potássio. Com o aumento das doses de potássio, até 0,675 kg de K_2O $planta^{-1}$ ano^{-1}, houve uma tendência de queda, aumentando a partir deste, até a dose de 0,90 kg de K_2O $planta^{-1}$ ano^{-1} (Figura 48 (iv)), cujo ajuste significativo ($P<0,05$) foi feito através de um polinômio de segundo grau com coeficiente de determinação (Figura 50).

A concentração de Mg nas folhas do maracujazeiro teve comportamento semelhante à concentração de Ca; contudo, os maiores teores de Mg foram registrados nos tratamentos com doses de 0,00 kg de K_2O $planta^{-1}$ e 0,225 kg de K_2O $planta^{-1}$, com posteriores reduções até a aplicação de 0,675 kg de K_2O $planta^{-1}$, aumento em seguida com a dose de 0,90 kg de K_2O $planta^{-1}$ (Figura 48 (v)) , tal como foi verificado para o cálcio, revelando efeito quadrático significativo ($P<0,05$).

Dentro de cada dose de potássio utilizada, as oscilações devidas aos efeitos dos níveis de irrigação foram pequenas, sendo mais notadas naqueles tratamentos em que foram registradas maiores concentrações de Ca e Mg nas folhas do maracujazeiro.

Tabela 23. Teores macronutrientes no solo amostras retiradas a 0,30 m do tronco das plantas com o nível de irrigação L_2.

Doses de potássio	Camadas (m)	pH	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
		$CaCl_2$	mg dcm^{-1}	mmol$_c$ dcm^{-3}		
K_0	0,00 - 0,10	3,50	23	2,7	24	10
	0,10 - 0,30	4,20	4	1,5	19	9
	0,30 - 0,50	3,50	2	1,0	10	4
	0,50 - 0,70	4,90	3	0,5	30	5
K_1	0,00 - 0,10	4,30	28	2,2	26	11
	0,10 - 0,30	4,10	2	1,3	22	13
	0,30 - 0,50	4,90	2	0,3	29	14
	0,50 - 0,70	5,20	3	0,4	30	9
K_2	0,00 - 0,10	4,10	111	9,6	33	5
	0,10 - 0,30	3,70	6	7,7	10	2
	0,30 - 0,50	4,00	3	4,8	22	3
	0,50 - 0,70	5,00	2	1,0	37	11
K_3	0,00 - 0,10	4,20	13	3,5	24	10
	0,10 - 0,30	3,80	4	3,9	14	7
	0,30 - 0,50	4,70	3	1,5	25	10
	0,50 - 0,70	4,40	3	0,4	27	8
K_4	0,00 - 0,10	4,10	19	4,6	23	12
	0,10 - 0,30	3,70	3	4,7	14	7
	0,30 - 0,50	4,70	2	0,8	27	11
	0,50 - 0,70	4,50	2	0,4	26	10

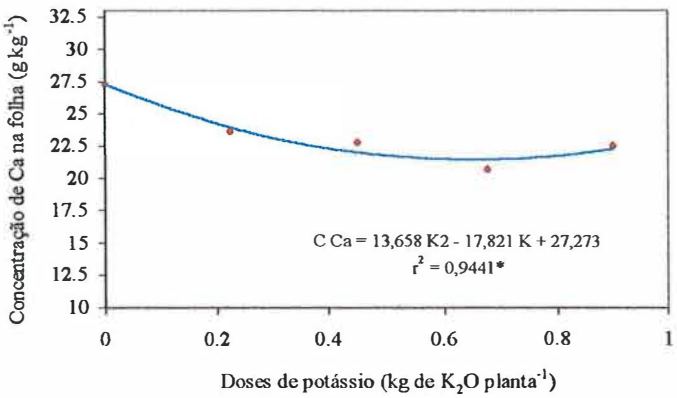


Figura 50 - Efeitos de doses de potássio na concentração de cálcio nas folhas do maracujazeiro amarelo.

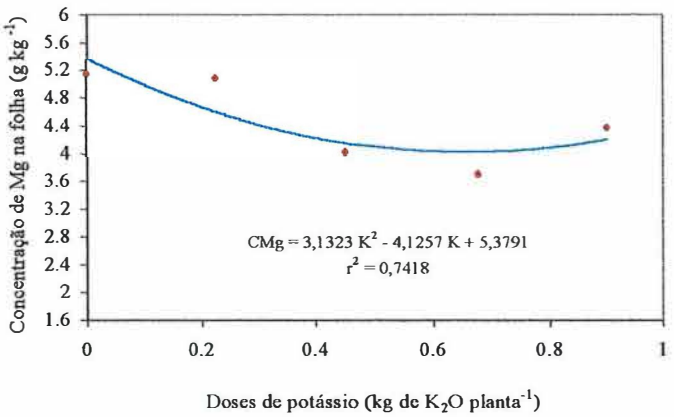


Figura 51 - Efeitos de doses de potássio na concentração de magnésio nas folhas do maracujazeiro amarelo.

O comportamento verificado nos teores de cálcio e magnésio nas folhas do maracujazeiro indica que maiores absorções desses elementos por esta cultura ocorrem na ausência ou com pequenas doses de potássio aplicadas ao solo, contudo podendo aumentar com doses elevadas, divergindo, em parte, da literatura, que relata ser essa tendência sempre decrescente (Malavolta, 1976; Primavesi & Malavolta, 1980a).

Hoagland (1944), citado em Primavesi & Malavolta (1980a), discorre que um aumento na absorção de cálcio ou de magnésio tende a reduzir a absorção de potássio,

cujo efeito antagônico também existe , embora com menor intensidade. O antagonismo entre cálcio, magnésio e potássio é apresentado na literatura, conforme foi relatado por Epstein (1975). Primavesi & Malavolta (1980a) verificaram que a omissão de potássio resultou em aumento nos teores de magnésio nas folhas do maracujazeiro. Para os autores, a constatação de plantas com deficiências de potássio ou magnésio pode ser uma evidência desse antagonismo. Para Malavolta (1976), altas concentrações de potássio e magnésio reduzem a absorção de cálcio.

A concentração de enxofre nas folhas variou de 3,99 g kg^{-1} a 5,08 g kg^{-1} para as combinações de L_3K_3 e L_2K_1, respectivamente (Figura 48 (vi)); contudo, não foi influenciado ($P>0,05$) por níveis de irrigação e doses de potássio (Tabela 22). Esses valores estão coerentes com os encontrados por Haag et al. (1973) e Primavesi & Malavolta (1980a), cujos teores de enxofre nas folhas variaram entre 3,7 g kg^{-1} e 4,57 g kg^{-1}, evidenciando que as plantas neste trabalho não estavam com deficiência desse elemento.

4.5.2 Micronutrientes

Os teores médios de micronutrientes nas folhas do maracujazeiro amarelo encontram-se descritos na Figura 52. A concentração de boro nas folhas (Figura 52 (i)) foi maior nos tratamentos que não receberam potássio (0,00 kg de K_2O $planta^{-1}$), destacando-se os valores de 24,45 mg kg^{-1} e 25,33 mg kg^{-1}, registrados com os menores níveis de irrigação, L_1 e L_2, respectivamente. Todavia, somente as doses de potássio influenciaram significativamente ($P<0,01$) os teores de boro nas folhas (Tabela 24), divergindo de Menzel et al. (1986), que constataram efeitos significativos de níveis de umidade no solo na concentração de boro em folhas do maracujazeiro.

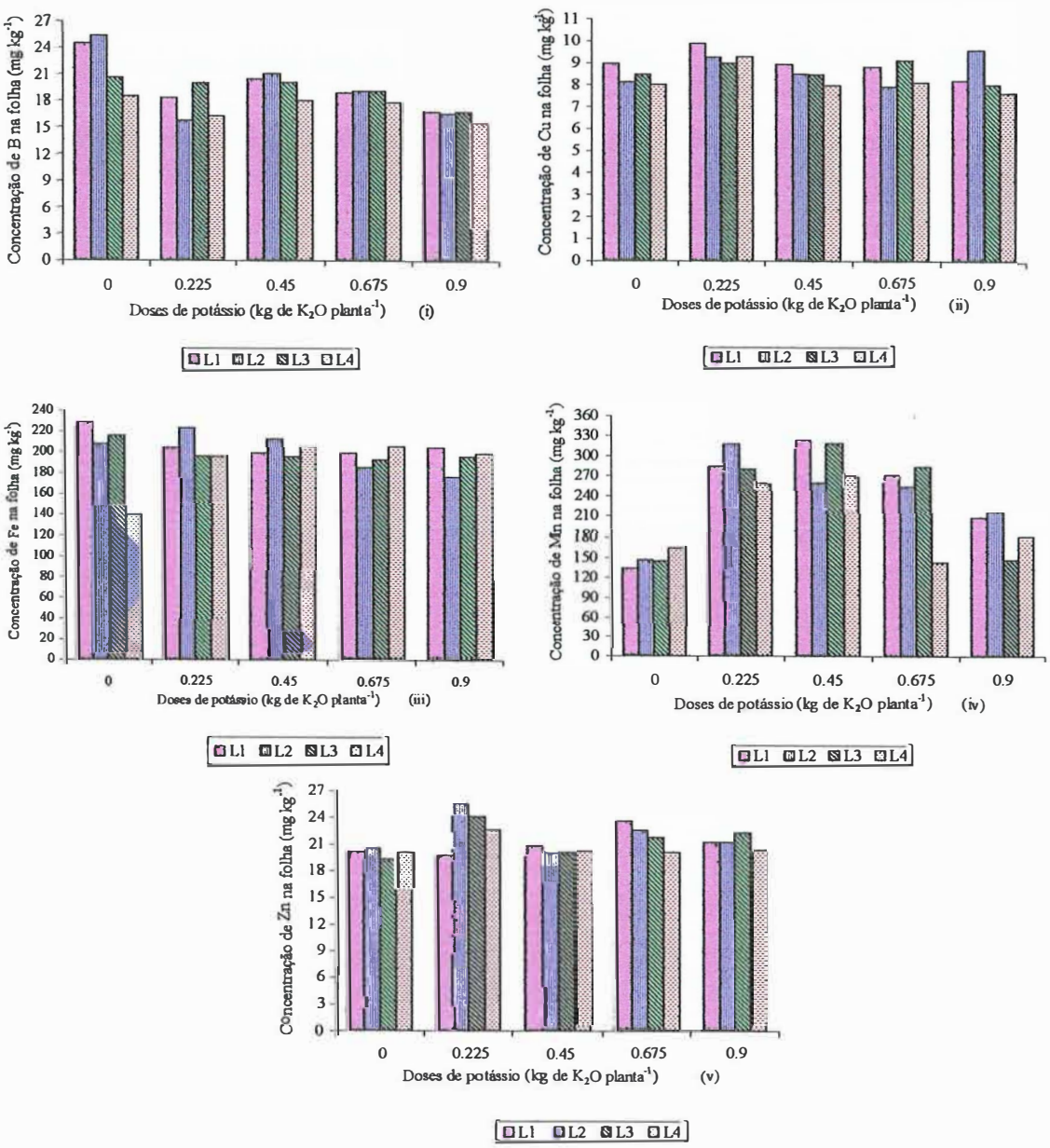


Figura 52 - Efeitos de níveis de irrigação e doses de potássio na concentração de boro (i), cobre (ii), ferro (iii), manganês (iv) e zinco (v) nas folhas do maracujazeiro amarelo.

Houve uma redução nos teores de boro nas folhas com o aumento das doses de potássio aplicadas ao solo por fertirrigação, caracterizando um efeito linear decrescente com coeficiente de determinação $r^2 = 0,569$ (Figura 53), comportamento este que está de

acordo com Reeve & Shive (1944), citado por Primavesi & Malavolta (1980b), que verificaram deficiência de boro em meio com alta concentração de potássio, divergindo de Primavesi & Malavolta (1980b) que não constataram efeitos da omissão de potássio na absorção de boro pelo maracujazeiro amarelo.

Tabela 24. Resumo da análise de variância para teores de boro, cobre e ferro nas folhas.

Causas da variação	GL	Quadrado médio (significância - Prob. >F)		
		B	Cu	Fe
Bloco	3	97,77 (0,00132**)	8,39 (0,0366*)	7219,97 (0,009**)
Doses de K	4	79,97 (0,00181**)	2,77 (0,3279)	408,33 (0,8416)
Resíduo (A)	12	9,07	2,15	1177,32
Parcelas	19			
Irrigação	3	27,74 (0,58379)	1,97 (0,35151)	1095,21 (0,5691)
K x Irrigação	12	9,79 (0,97582)	1,06 (0,82914)	1744,97 (0,3900)
Resíduo (B)	45	28,56	1,76	1598,77
Média (cm^2)		18,97	8,61	198,63
CV (A) (%)		7,94	8,51	8,64
CV (B) (%)		28,18	15,40	20,13

** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade

Haag et al. (1973) encontraram teores de boro na folha do maracujazeiro amarelo entre 25,6 mg kg^{-1} e 67,8 mg kg^{-1} e sugerem como adequados para a cultura, valores médios entre 39 mg kg^{-1}e 47 mg kg^{-1}, concordando com os teores encontrados por Primavesi e Malavolta (1980b) em cultivo sob solução nutritiva, e as concentrações (40 mg kg^{-1}a 50 mg kg^{-1}) consideradas por Malavolta et al. (1989) adequadas para o maracujazeiro.

Esses valores são superiores aos resultados obtidos neste trabalho, o que pode estar relacionados com as diferentes épocas de amostragem e exportação desse elemento para os frutos, uma vez que na zona de concentração das raízes, de acordo com Raij (1991),

os teores de boro variaram de médio a alto e as amostras de folhas foram colhidas em plena fase de colheita.

A concentração de cobre nas folhas do maracujazeiro amarelo não foi influenciada pelas doses de potássio e pelos níveis de irrigação (Tabela 24). Pela Figura 52 (ii), os teores de cobre não mostraram nenhuma tendência, cujas variações, tanto entre doses de potássio, quanto entre níveis de irrigação, foram pequenas, conforme os coeficientes de variação de 8,51% e 15,40%, respectivamente.

Os valores médios de teores de cobre (8,61 mg kg^{-1}) encontrados neste trabalho foram inferiores aos apresentados em Malavolta et al. (1989) como adequados para a cultura, e aos obtidos por Haag et al. (1973), Primavesi & Malavolta (1980b), Menzel et al. (1986) e Menzel & Simpson (1988), porém superiores àqueles obtidos por Menzel et al. (1991), cujos valores médios encontrados estão em torno de 8,3 mg kg^{-1}.

Da mesma forma que o cobre, a concentração de ferro nas folhas do maracujazeiro não foi influenciada pelas doses de potássio e pelos níveis de irrigação (Tabela 24). A média dos teores de ferro foi de 198,63 mg kg^{-1}, com coeficientes de variação de 8,64% e 20% para doses de potássio e níveis de irrigação respectivamente. A elevação verificada no valor do CV para níveis de irrigação, deve-se provavelmente ao menor valor (139,77 mg kg^{-1}) obtido com a dose de 0,00 kg de K_2O $planta^{-1}$ combinada com o nível de irrigação L_4. De acordo com Malavolta et al. (1989), a faixa adequada de concentração de ferro em folhas de maracujazeiro está entre 120 mg kg^{-1} e 200 mg kg^{-1}. Isso mostra que as plantas estavam com teores de ferro ideais, cujos resultados estão coerentes com os encontrados por Haag et al. (1973) e Menzel & Simpson (1988), contudo superiores aos encontrados por Menzel et al. (1986), que constataram efeitos de diferentes potenciais de água no solo na concentração de ferro em folhas de maracujazeiro amarelo.

Os níveis de irrigação não influenciaram significativamente os teores de manganês nas folhas do maracujazeiro (Tabela 25). As variações nas concentrações de Mn devido aos níveis de irrigação não foram tão expressivas; porém a concentração de ferro obtida com a combinação L_4K_3 (140,75 mg kg^{-1}) foi bem inferior aos valores obtidos com os

níveis de irrigação L_1K_3, L_2K_3 e L_3K_3 (Figura 52 (iv)), comportamento este não verificado nas demais combinações de níveis de irrigação e doses de potássio.

Tabela 25. Resumo da análise de variância para teores de manganês e zinco nas folhas.

Causas da variação	GL	Quadrado médio (significância - Prob. >F)	
		Mn	Zn
Bloco	3	46741,58 (0,02186*)	23,04 (0,3373)
Doses de K	4	64699,10 (0,00551**)	24,11 (0,32401)
Resíduo (A)	12	10020,45	18,53
Parcelas	19		
Irrigação	3	7154,78 (0,17089)	6,76 (0,51279)
K x Irrigação	12	5535,23 (0,22672)	8,13 (0,51629)
Resíduo (B)	45	4109,47	8,64
Média (cm^2)		230,46	21,25
CV (A) (%)		21,72	10,13
CV (B) (%)		27,82	13,83

** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade

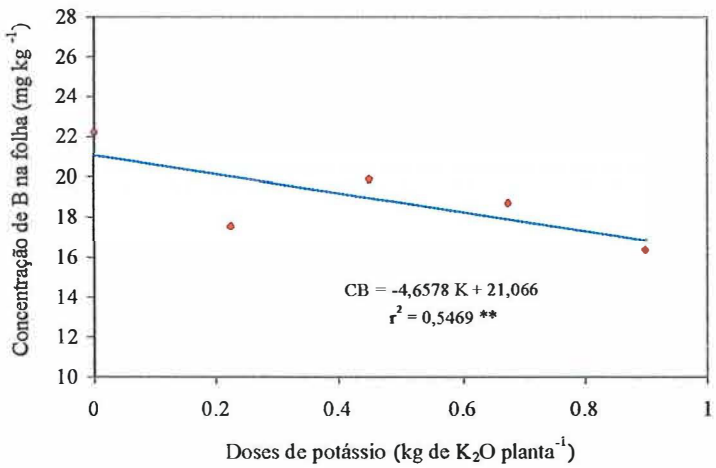


Figura 53 - Efeitos de doses de potássio na concentração de boro nas folhas do maracujazeiro amarelo.

A análise de variância revelou efeitos significativos (P<0,01) das doses de potássio sobre os teores de manganês nas folhas do maracujazeiro amarelo (Tabela 25). Os resultados foram significativamente ajustados (P<0,01) por um modelo polinomial quadrático (Figura 54) com $r^2 = 0,8857$, constatando-se que a concentração de manganês cresce com o aumento da dose de potássio aplicada por fertirrigação, até 0,46 kg de K_2O planta^{-1}, reduzindo posteriormente à medida que esta aumenta , mostrando forte efeito de altas concentrações de potássio no decréscimo da absorção de manganês, tal como relatado em Malavolta (1976) e constatado por Primavesi & Malavolta (1980b).

Os valores mínimo (133,15 mg kg^{-1}), médio (230,46 mg kg^{-1}) e máximo (239,63 mg kg^{-1}) de concentração de manganês nas folhas obtidas neste trabalho foram superiores aos valores médios, entre 45,1 mg kg^{-1} e 174 mg kg^{-1}, registrados por Aguirre (1977), Menzel et al. (1986), Primavesi & Malavolta (1980b) e Menzel et al. (1991), e inferiores aos obtidos por Haag et al. (1973) e Menzel & Simpson (1988), cujos teores variaram de 433 a 604 mg kg^{-1} e 447 a 737 mg kg^{-1}, respectivamente.

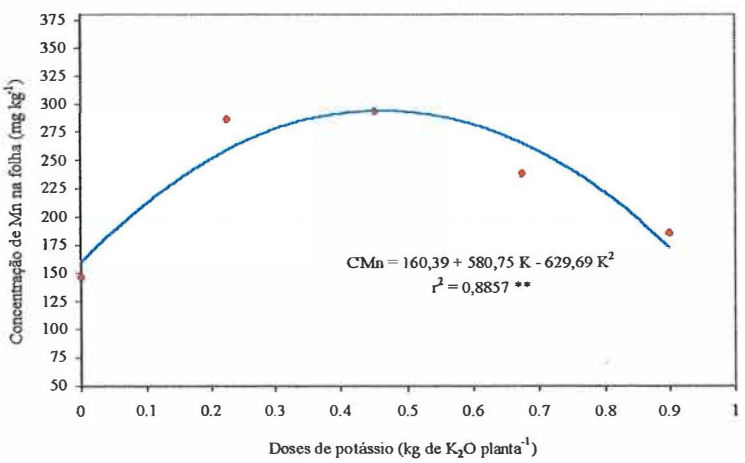


Figura 54 - Efeitos de doses de potássio na concentração de manganês nas folhas do maracujazeiro amarelo.

Existem acentuadas diferenças nas concentrações de manganês em folhas de maracujazeiro amarelo entre autores, as quais podem ser atribuídas às condições onde os experimentos foram realizados. De acordo com Haag (1986), essas discrepâncias são

também verificadas para outros elementos, e que aqueles obtidos em condições de campo parecem mais plausíveis de utilização prática.

Por outro lado, as relações entre as concentrações de outros elementos podem também influenciar a absorção de manganês pelo maracujazeiro. Colauto et al. (1986) verificaram tendência de aumento da concentração de manganês nas folhas do maracujazeiro com a aplicação de doses maiores de nitrogênio e potássio, sendo o menor valor (122 ppm) registrado com a aplicação de dose de 0,0 g de planta^{-1} de N e K_2O, enquanto o maior valor (525 ppm) foi obtido com a aplicação por planta de 600 g de N e 400 g de K_2O. Para os autores, os efeitos do nitrogênio sobre a concentração de manganês foram mais acentuados.

Os teores de zinco nas folhas não foram influenciados por níveis de irrigação, doses de potássio e interação (Tabela 25). As concentrações mínimas (19,27 mg kg^{-1}) e máxima (24,10 mg kg^{-1}) obtidas com as combinações L_3K_0 e L_3K_1, respectivamente, são inferiores às registradas em Haag et al. (1973), Aguirre (1977), Primavesi & Malavolta (1980b), Menzel & Simpson (1988) e Menzel et al. (1991) e àquelas consideradas por Malavolta et al. (1989) adequadas para a cultura.

Esses resultados de teores de zinco abaixo daqueles encontrados na literatura para o maracujazeiro amarelo podem estar relacionados com as relações de concentrações entre outros elementos, principalmente o fósforo, tal com o relatado em Paulsen & Rotimi (1968). Segundo esses autores, altas concentrações de fósforo causaram decréscimo na concentração de zinco, principalmente nas folhas. Neste trabalho, os teores de P foram superiores à faixa de concentração considerada adequada para o maracujazeiro (Malavolta et al., 1989).

Embora os teores de zinco tenham se apresentado pouco inferiores aos considerados adequados para a cultura, não foi verificado nenhum efeito de sintoma visual de deficiência desse elemento nas folhas, como descrito em Morales Abanto & Müller (1977) e Baungartner (1987).

4.6 Produtividade

Uma avaliação da distribuição da produtividade comercial ao longo do período de colheita (Figura 55) mostrou que o pico de colheita do maracujazeiro ocorreu nos meses de março e maio, fato atribuído à variação na emissão de flores ao longo tempo influenciado pelas condições climáticas, principalmente pela precipitação pluviométrica.

Observa-se na Figura 56, que a produtividade não-comercial foi pequena em todos os tratamentos, o que pode ser atribuído à prática da polinização artificial de forma contínua e igual para todos os tratamentos. As menores produtividades total e comercial foram obtidas com as combinações K_3L_3, K_2L_2 e K_2L_3. Nos tratamentos sem potássio, foram registados as menores produtividades.

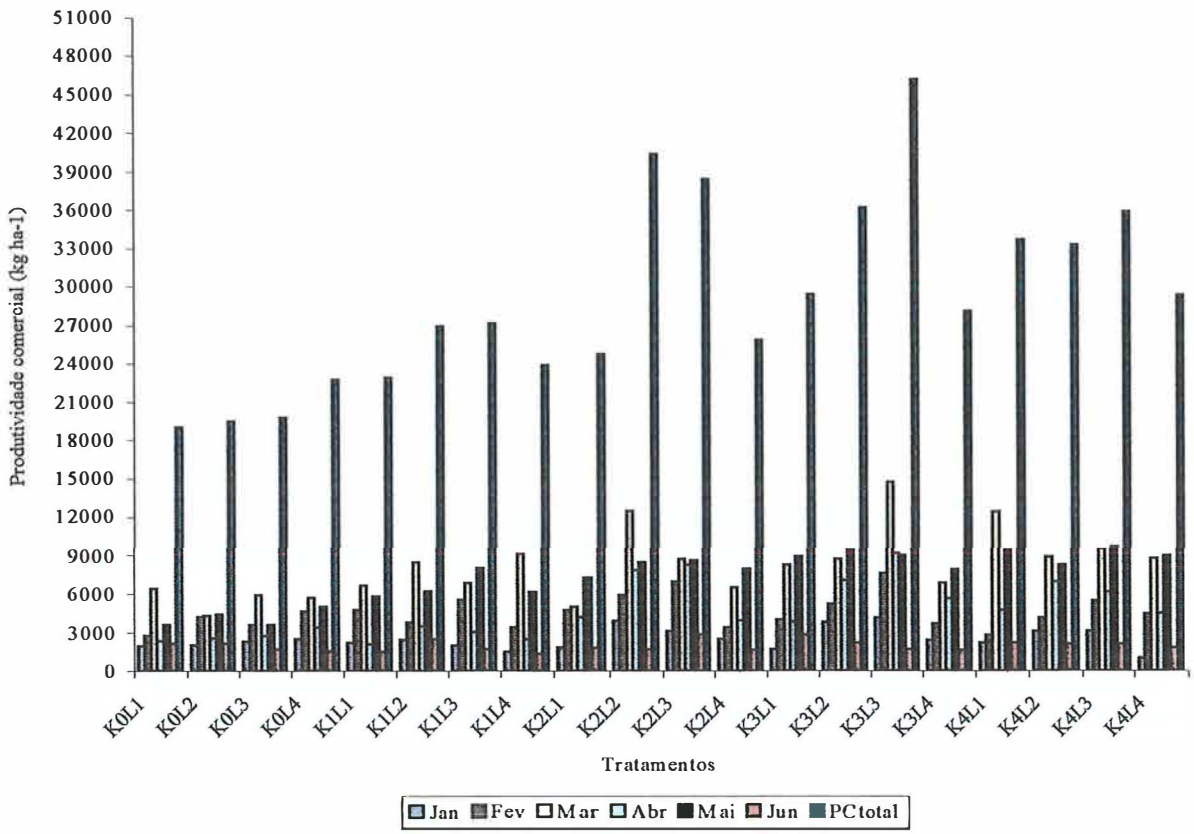


Figura 55 - Distribuição mensal da produtividade comercial do maracujazeiro no período de colheita.

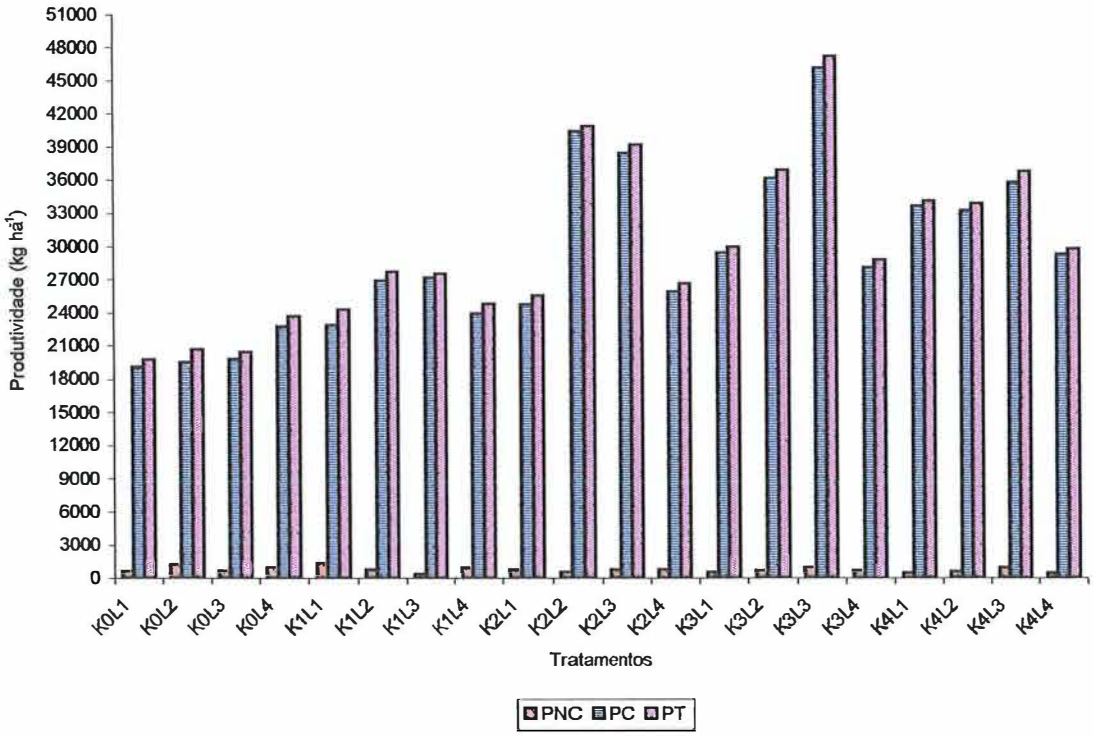


Figura 56 - Produtividades comercial (PC), não-comercial (PNC) e total (PT) do maracujazeiro.

4.6.1 Produtividade Comercial

A produtividade comercial do maracujazeiro foi influenciada significativamente ($P<0,01$) pelas doses de potássio, pelos níveis de irrigação e pela interação doses de potássio e níveis de irrigação (Tabela 26).

A análise de regressão mostrou que a aplicação de diferentes níveis de irrigação na ausência de adubação com potássio, dose K_0, favoreceu efeito linear crescente com ajuste significativo ($P<0,05$) e coeficientes de determinação $r^2 = 0,8162$ (Figura 57). Isso evidencia que nesse tipo de solo, sem adubação potássica, existe uma tendência de crescimento da produtividade comercial do maracujazeiro amarelo, com o aumento da lâmina d'água aplicada por gotejamento, até 2706,30 L planta^{-1}, com produtividade de 21250,91 kg há$^{-1}$ (Tabela 27).

Tabela 26. Resumo da análise de variância para produtividade comercial.

Causas da variação	GL	Quadrado médio	(significância - Prob. >F)
Bloco	3	17284972,15	0,0668
Doses de K	4	595891677,78	0,00004**
Resíduo (A)	12	20930149,47	
Parcelas	19		
Irrigação	3	271281271,00	0,00001**
K x Irrigação	12	81163523,19	0,00001**
Resíduo (B)	45	9143798,59	
Média (kg ha^{-1})		27247,18	
CV (A) (%)		8,39	
CV (B) (%)		11,26	

** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade

Tabela 27. Produtividade comercial do maracujazeiro sob diferentes níveis de irrigação e doses de potássio aplicadas por fertirrigação.

Doses de K_2O	Níveis de irrigação (L $planta^{-1}$ ano^{-1})				
(kg $planta^{-1}$)	926,76	1528,20	2117,28	2706,30	Média
0,00	16914,7	17364,94	18084,39	21250,91	18403,73
0,225	21465,7	24415,73	25437,38	22585,07	23475,97
0,45	22973,9	38717,14	35613,01	24247,66	30387,93
0,675	26697,03	34033,45	44540,06	26511,94	32945,62
0,90	31554,67	31234,84	33780,97	27570,34	31035,20
Média	23921,20	29153,22	31491,16	24433,18	27249,69

Considerando que o potássio é extremamente importante na produção do maracujazeiro (Baungartner, 1987; Müller, 1977; Primavesi & Malavolta, 1980a, Martins, 1998), esse comportamento pode ser explicado pelo movimento e transporte de K^+ das regiões próximas do sistema radicular para a zona de absorção das raízes,

favorecida pela diferença de concentração deste íon (Malavolta,1981), provocada pela intensa absorção das raízes e teores mais elevados de umidade, favorecendo a redistribuição de água no perfil do solo, uma vez que, o solo da área experimental tinha antes do plantio, entre 1,5 $mmol_c\ dm^{-3}$ e 1,6 $mmol_c\ dm^{-3}$ de K, teores estes considerados médios (Raij, 1991); além disso, o potássio é absorvido pelas plantas da solução do solo, na forma de iônica (K^+), a qual depende da difusão do elemento através da solução do solo e em menor proporção do fluxo de massa (Raij, 1991). Entretanto, a velocidade da difusão é influenciada pelo teor de umidade e pelo conteúdo de K^+ no solo que aumenta a concentração externa, seja naturalmente ou através da aplicação de fertilizantes, cuja velocidade de difusão de K^+ aumenta com a elevação da umidade no solo (Malavolta, 1981).

As interações dos níveis de irrigação com as doses de potássio (K_1 = 0,225 kg $planta^{-1}$, K_2 = 0,450 kg $planta^{-1}$, K_3 = 0,675 kg $planta^{-1}$ e K_4 = 0,900 kg $planta^{-1}$) revelaram efeitos quadráticos com respectivos coeficientes de determinação, r^2= 0,9782*, r^2= 0,9727**, r^2= 0,7627** e r^2= 0,6556* (Figura 57). Pela Tabela 27, os maiores valores de produtividade comercial nas respectivas doses de potássio foram obtidas com L_3K_1, L_2K_2, L_3K_3 e L_3K_4, evidenciando que maiores rendimentos de frutos comerciais do maracujazeiro amarelo são obtidos com níveis de intermediários de irrigação, como foi observado por Martins (1998) e Carvalho et al. (2000), que constataram efeitos quadráticos de lâminas de irrigação sobre a produtividade do maracujazeiro amarelo.

Considerando as quantidades totais de água aplicada em cada tratamento, e as equações de regressão ajustadas por polinômios do segundo grau, verificou-se que as máximas produtividades do maracujazeiro foram obtidas com a aplicação de 1932,84 L $planta^{-1}$ ano^{-1}, 1825 L $planta^{-1}$ ano^{-1} , 1868,55 L $planta^{-1}$ ano^{-1} e 1613,21 L $planta^{-1}$ ano^{-1}, para as doses de potássio K_1, K_2, K_3 e K_4, respectivamente (Figura 57). O comportamento desses modelos quadráticos mostram que parece existir uma tendência na obtenção de pontos de máximos com maior e menor quantidades de água, quando combinados com menores e maiores doses de potássio, respectivamente, uma vez que,

para K_1 e K_4 as máximas produtividades foram obtidas com a aplicação de 1932,84 L planta^{-1} ano^{-1} e 1616,21 L planta^{-1} ano^{-1}, respectivamente.

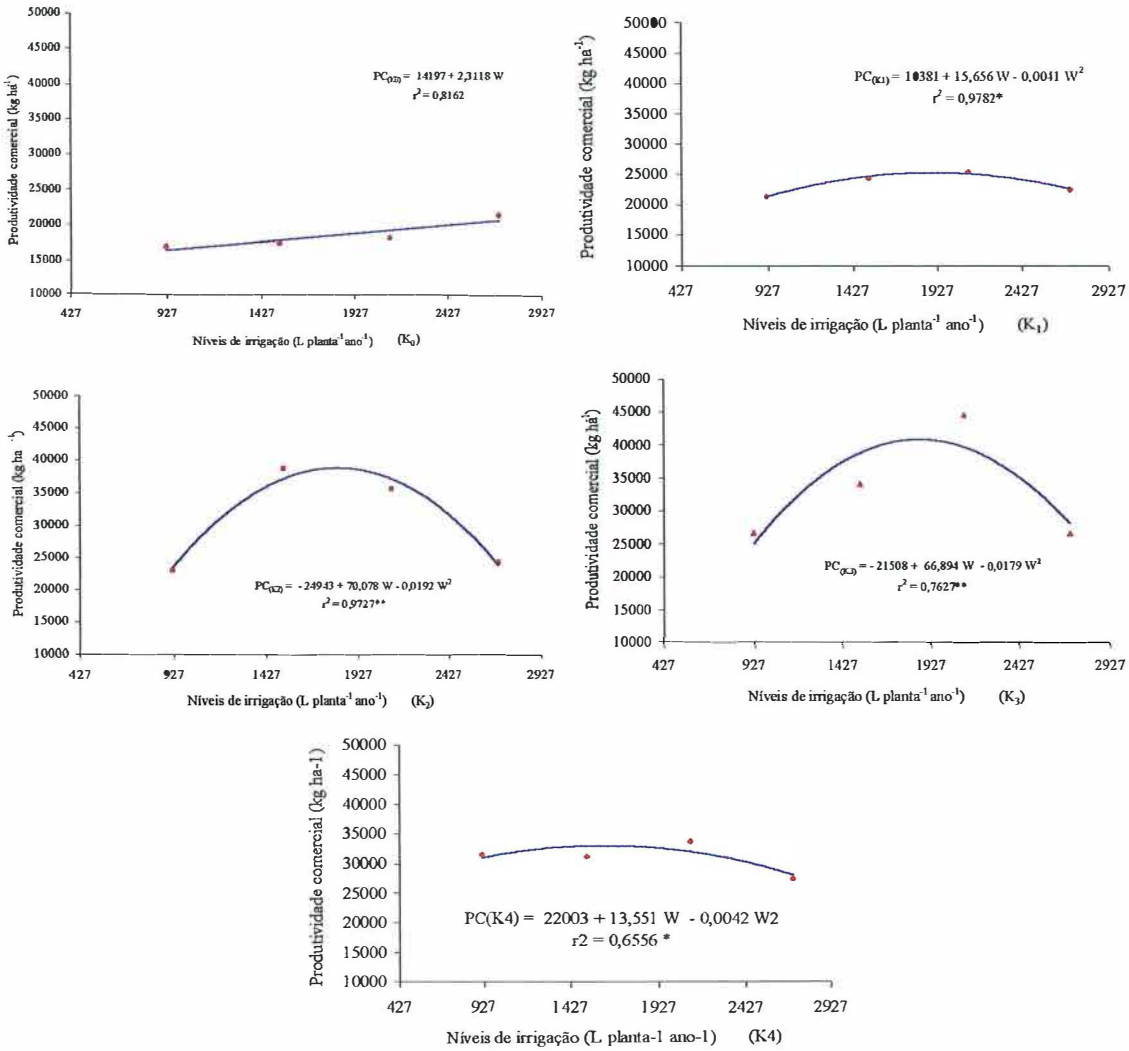


Figura 57 - Efeitos da interação de níveis de irrigação com as doses de potássio K_0, K_1, K_2, K_3 e K_4 aplicadas por fertirrigação, na produtividade comercial do maracujazeiro amarelo.

Essa tendência pode ser atribuída aos efeitos da dinâmica de potássio no solo, influenciada tanto pela difusão como pelo fluxo de massa (Malavolta, 1981; Raij, 1991). Assim, o aumento nos teores de umidade no solo associado à maior dose de potássio

pode ter provocado maiores transportes de K^+ para fora da zona radicular, afetando a produção de frutos, ao passo que, com menores doses de potássio, associadas a teores mais elevados de umidade no solo, podem ter promovido melhor a distribuição de K^+ na zona de concentração radicular.

Trabalhando com lâminas de irrigação e doses de N e K no maracujazeiro amarelo, Martins (1998) obteve a máxima produtividade (35280 kg ha^{-1}) com a lâmina de água (precipitação e irrigação) de 1454 mm, o que diverge deste trabalho, uma vez que a máxima produtividade equivalente ao ponto de máximo do modelo, 40989,47 kg ha^{-1}, foi obtida com a aplicação de 1.868,55 L $planta^{-1}$, (944,22 mm) através da irrigação por gotejamento. As diferenças entre os máximos valores de produtividade podem estar relacionados com as condições edafo-climáticas e sistemas de manejo dos experimentos. Embora tendo realizado experimento na mesma localidade, Carvalho et al. (2000) encontraram resultados divergentes de Martins (1998), em termos de máxima produtividade e lâmina de água utilizada. Contudo, considerando o máximo rendimento, foi bem próximo daquele obtido neste trabalho.

A análise de regressão para a interação de doses de potássio com os níveis de irrigação na produtividade comercial do maracujazeiro revelou efeito linear para os níveis de irrigação L_1 e L_4, e quadrático para L_2 e L_3 (Figura 58). Com os níveis de irrigação L_1 e L_4, e os respectivos coeficientes de determinação, r^2 = 0,9757** e r^2 = 0,9893*, houve crescimento linear da produtividade comercial com o aumento das doses de potássio; já com os níveis de irrigação L_2 e L_3, as doses de potássio favoreceram crescimento da produtividade comercial com o aumento das doses de até 0,602 kg de K_2O $planta^{-1}$e 0,662 kg de K_2O $planta^{-1}$, respectivamente. A partir daí, as produtividades tenderam a decrescer. Como se pode observar, nesses dois casos as doses de potássio que determinaram os pontos de máximo foram muito próximos.

Os níveis de irrigação L_2 (1528,20 $planta^{-1}$ ano^{-1}) e L_3 (2117,28 L $planta^{-1}$ ano^{-1}) foram os que mais favoreceram o aumento da produtividade comercial. Essas quantidades de água aplicada, além de manterem níveis ótimos de umidade para a cultura, podem ter favorecido melhor disponibilidade de nutrientes. Essas condições podem ter contribuído para elevar a disponibilidade de potássio no solo, à medida que

aumentaram as doses de K_2O, inibindo a absorção de outros elementos essenciais na produção do maracujazeiro amarelo, principalmente cálcio e magnésio, que em altas concentrações no solo interferem, reduzindo a absorção de K^+ (Malavolta, 1981), cujo efeito antagônico também ocorre especialmente em fruteiras como relatado em Epstein (1975) e observado por Primavesi & Malavolta (1980a) no maracujazeiro amarelo.

O comportamento verificado em L_2 e L_3 está de acordo com Martins (1998), que constatou efeitos quadráticos, com redução da produtividade e aumento da dose de potássio a partir de 0,448 kg de K_2O planta^{-1} ano^{-1}. Por outro lado, as produtividades comerciais obtidas neste trabalho foram superiores à média nacional (9,21 t ha^{-1}) e à média obtida no Estado de São Paulo (16,90 t ha^{-1}) (FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO, 2000) e àqueles obtidos por Faria et al. (1991). Entretanto, foram próximas às obtidas por Martins (1998) e Carvalho et al. (2000).

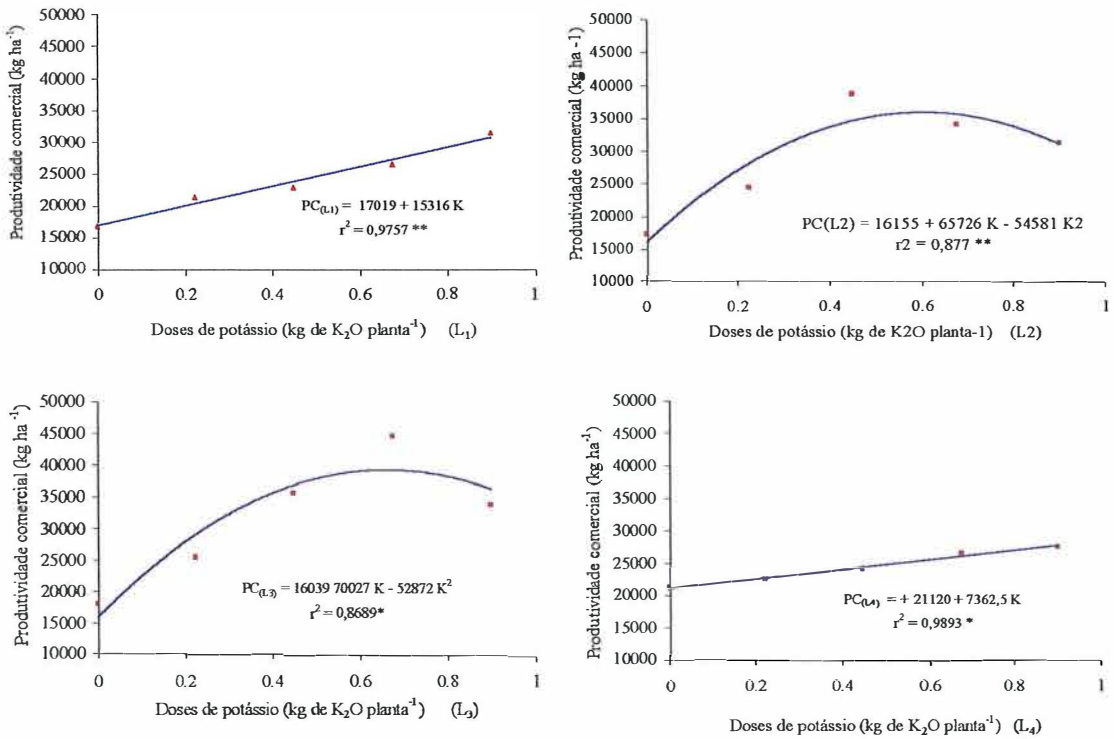


Figura 58 - Efeitos da interação de doses de potássio aplicadas por fertirrigação com os níveis de irrigação L_1, L_2, L_3 e L_4 na produtividade comercial do maracujazeiro amarelo.

4.6.1.1 Classificação de frutos

Os frutos do maracujazeiro destinados ao mercado paulista de frutas frescas devem ser classificados e embalados em caixas tipo K, com capacidade para 13 kg de frutos. A classificação é feita para destinguir a qualidade dos frutos, o tamanho, a uniformidade de cor e a ausência de manchas causadas por doenças e pragas, o que possibilita a obtenção de melhores preços pelos produtores (Rizzi et al. 1998; Meletti & Maia, 1999). Assim, utilizou-se a classificação adotada pelo mercado atacadista da CEAGESP apresentada em Meletti & Maia (1999), e a produtividade comercial do maracujazeiro foi classificada em cinco tipos os frutos: Especial, Extra, Extra A, Extra AA e Extra AAA, cujos valores encontram-se apresentados na Tabela 28.

Pelos valores médios de produtividade (Tabela 28) e percentuais (Tabela 29), os frutos tipo Extra AAA foram os que mais contribuíram para o total da produtividade comercial do maracujazeiro, em média 31,82%, seguidos pelos tipos Extra AA Extra A Extra e especial, com participação média na produtividade comercial de 24,98%, 20,28%, 13,50% e 9,42%, respectivamente.

Pode-se observar que os maiores valores de produtividade de frutos tipo Extra AAA (13335,32 kg ha^{-1} e 13375,46 kg ha^{-1}) foram obtidos com as respectivas combinações doses de potássio e nível de irrigação K_2L_2 e K_3L_3, que favoreceram também os maiores valores de produtividade comercial (40401,43 kg ha^{-1}e 46213,18 kg ha^{-1}), contudo, em termos percentuais, as combinações K_0L_3 e K_1L_1 foram as que mais contribuíram para a produtividade comercial nesse tipo de fruto, com 37,17% e 35,52%, respectivamente, (Tabela 29). Já para os demais tipos de frutos, destaca-se a combinação K_3 L_3 como a que favoreceu os maiores valores de produtividade, exceto para frutos tipo Extra, em que K_2L_2 foi a mais produtiva, o que evidencia uma superioridade dessas combinações tanto no total da produtividade comercial quanto na produtividade por tipo de fruto.

Tabela 28. Valores de produtividade por tipo de fruto do maracujazeiro amarelo sob diferentes níveis de irrigação e doses de potássio aplicadas por fertirrigação.

	Produtividade comercial (kg ka^{-1}) por tipo de fruto					
Tratamentos	Extra AAA	Extra AA	Extra A	Extra	Especial	Total
K_0L_1	6153,20	4493,94	4095,65	2531,91	1771,19	19045,88
K_0L_2	6160,21	5059,19	4032,46	2288,62	1943,10	19483,58
K_0L_3	7353,18	4146,91	3755,03	2509,92	2019,32	19784,36
K_0L_4	7621,40	5211,67	4932,99	2801,99	2210,90	22778,96
K_1L_1	8131,83	5105,14	4206,57	3107,75	2343,50	22894,79
K_1L_2	8674,16	5876,72	5586,43	4376,46	2394,83	26908,60
K_1L_3	8740,91	7030,25	5709,62	3541,91	2132,37	27155,06
K_1L_4	5873,67	6688,04	5348,05	3445,89	2538,98	23894,63
K_2L_1	8144,27	5911,99	4900,93	3746,26	2044,84	24748,29
K_2L_2	13335,32	9886,49	7894,19	6165,76	3119,67	40401,43
K_2L_3	11228,21	10875,14	8742,36	4184,50	3393,14	38423,34
K_2L_4	7439,78	5903,19	5306,55	4248,30	2970,62	25868,44
K_3L_1	9758,43	8033,45	4795,36	4228,19	2617,57	29433,01
K_3L_2	12492,56	8608,91	6434,88	4538,06	4134,02	36208,43
K_3L_3	13375,46	12589,46	10178,19	5886,61	4183,45	46213,18
K_3L_4	7872,88	7679,08	6128,20	3620,86	2813,06	28114,07
K_4L_1	10530,51	8462,17	7263,14	4466,93	2985,86	33708,61
K_4L_2	11206,84	7385,71	7043,89	4639,56	3034,52	33310,53
K_4L_3	11800,48	9591,63	6240,49	5162,56	3059,40	35854,55
K_4L_4	9106,56	8550,22	5737,93	3200,94	2748,53	29344,19

Uma análise dos efeitos isolados de cada fator, nutriente e água, pode-se observar que, com o aumento da quantidade de potássio aplicada, a produtividade para todos os tipo de frutos tenderam também a aumentar de forma linear até a dose de 0,675 kg planta^{-1}, mantendo-se, a partir desta, valores de produtividade quase constantes até a aplicação da dose de 0,90 kg planta^{-1} (Figura 59). Já para o fator água, a produtividade

por tipo de fruto mostrou tendência de aumento até a aplicação por planta de 1528,2 litros, mantendo-se constante até a aplicação de 2117,28 litros, reduzindo-se em seguida com o aumento do volume de água aplicado (Figura 60).

Tabela 29. Valores percentuais da produtividade por tipo de fruto do maracujazeiro amarelo sob diferentes níveis de irrigação e doses de potássio aplicadas por fertirrigação.

	Tipo de frutos (%) da produtividade comercial				
Tratamentos	Extra AAA	Extra AA	Extra A	Extra	Especial
K_0L_1	32,31	23,60	21,50	13,29	9,30
K_0L_2	31,62	25,97	20,70	11,75	9,97
K_0L_3	37,17	20,96	18,98	12,69	10,21
K_0L_4	33,46	22,88	21,66	12,30	9,71
K_1L_1	35,52	22,30	18,37	13,57	10,24
K_1L_2	32,24	21,84	20,76	16,26	8,90
K_1L_3	32,19	25,89	21,03	13,04	7,85
K_1L_4	24,58	27,99	22,38	14,42	10,63
K_2L_1	32,91	23,89	19,80	15,14	8,26
K_2L_2	33,01	24,47	19,54	15,26	7,72
K_2L_3	29,22	28,30	22,75	10,89	8,83
K_2L_4	28,76	22,82	20,51	16,42	11,48
K_3L_1	33,15	27,29	16,29	14,37	8,89
K_3L_2	34,50	23,78	17,77	12,53	11,42
K_3L_3	28,94	27,24	22,02	12,74	9,05
K_3L_4	28,00	27,31	21,80	12,88	10,01
K_4L_1	31,24	25,10	21,55	13,25	8,86
K_4L_2	33,64	22,17	21,15	13,93	9,11
K_4L_3	32,91	26,75	17,41	14,40	8,53
K_4L_4	31,03	29,14	19,55	10,91	9,37

Considerando a produtividade do maracujazeiro por tipo de frutos, torna-se evidente que, com a aplicação de doses de potássio (kg de K_2O planta^{-1}) entre 0,45 e 0,90 e volumes de água aplicados pela irrigação (L planta^{-1}) entre 1528,20 e 2117,28, favoreceram a obtenção de maiores produtividades considerando todos os tipos.

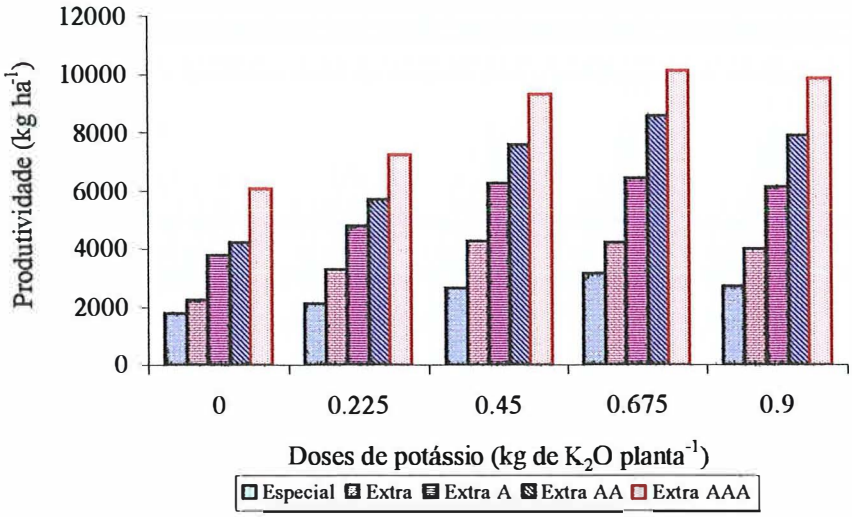


Figura 59 - Efeitos de diferentes doses de potássio aplicadas por fertirrigação na produtividade por tipo de fruto do maracujazeiro.

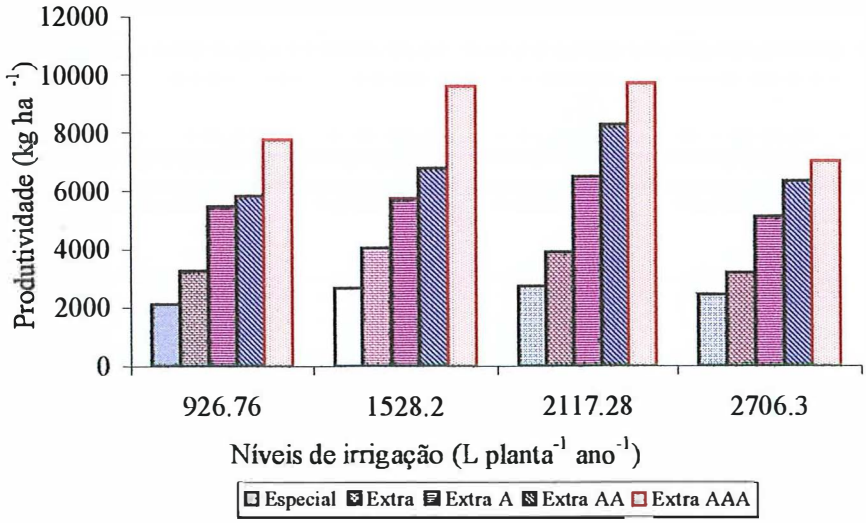


Figura 60 - Efeitos de diferentes níveis de irrigação por gotejamento na produtividade por tipo de fruto do maracujazeiro amarelo.

4.6.2 Produtividade não-comercial

Embora a produtividade não-comercial, não tenha valor econômico, é importante sua avaliação para evitar que os fatores que afetam a produção venham a influenciar o aumento de frutos não comerciais. Por outro lado, as práticas ou técnicas que proporcionam o aumento da produção desse tipo de frutos. será descartada sua utilização quando se tem conhecimento prévio dos seus efeitos.

Neste trabalho, apesar dos baixos valores, a interação de doses de potássio e níveis de irrigação influenciou significativamente ($P<0,05$) a produtividade não-comercial do maracujazeiro amarelo (Tabela 30). De acordo com as médias (Tabela 31), houve pequenos acréscimos na produtividade não-comercial com o aumento dos níveis de irrigação; já para as doses de potássio, registrou ligeira tendência na redução nesse tipo de produtividade com o aumento da aplicação de potássio.

Aplicando a análise de regressão para os níveis de irrigação em cada dose de potássio, constatou efeito quadrático nas quatro doses de potássio testadas (Figura 61). Entretanto, para a dose de potássio K_0, o ajuste do modelo não mostrou uma tendência consistente desse comportamento, uma vez que os pontos ficaram muito dispersos, resultando em um baixo coeficiente de determinação $r^2 = 0,169$. Para as doses K_1 e K_2, o aumento da quantidade de água aplicada pela irrigação promoveu redução da produtividade com a aplicação de até 2680 L planta^{-1} ano^{-1} e 1866,67 L planta^{-1} ano^{-1}, respectivamente, voltando a crescer a partir desses pontos. Isso evidencia que, sob doses de potássio não muito altas e em condições de teores de umidade mais baixo e mais elevado, favoreceu a produção de frutos não-comerciais do maracujazeiro amarelo. Já com as doses de potássio K_3 e K_4, a produtividade não-comercial cresceu com o aumento da quantidade de água aplicada até 1945 L planta^{-1} ano^{-}1 e 1906,25 L planta^{-1} ano^{-1}, respectivamente, reduzindo posteriormente com o aumento da aplicação de água.

A análise de regressão das doses de potássio dentro de cada nível de irrigação constatou efeitos quadráticos em L_1, L_2 e L_3 e linear em L_4. As interações das doses de potássio com o níveis de irrigação L_1 e L_3, mostraram pontos dispersos, resultando coeficientes de determinação relativamente baixos (Figura 62 (L_1) e (L_3)).

Tabela 30. Resumo da análise de variância para produtividades não-comercial e total.

Causas da variação	GL	Quadrado médio (significância - Prob. >F)	
		Produtividade não-comercial [1]	Produtividade total
Bloco	3	73,70 (0,39435)	14946187,19 (0,58768)
Doses de K	4	47,97 (0,60553)	579365132,33 (0,00005**)
Resíduo (A)	12	68,05	22215172,65
Parcelas	19		
Irrigação	3	6,04 (0,93223)	273018814,69 (0,00001**)
K x Irrigação	12	104,66 (0,01316*)	83266384,02 (0,00001**)
Resíduo (B)	45	41,87	9849467,02
Média (kg ha^{-1})		24,24	27889,68
CV (A) (%)		17,02	8,45
CV (B) (%)		26,69	11,25

** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; [1] dados transformados por $x^{1/2}$

Tabela 31. Produtividade não-comercial do maracujazeiro amarelo sob diferentes níveis de irrigação e doses de potássio aplicadas por fertirrigação.

Doses de K_2O (kg $planta^{-1}$)	Níveis de irrigação (L $planta^{-1}$ ano^{-1})				
	926,76	1528,20	2117,28	2706,30	Média
0,00	533,22	850,87	560,10	760,39	676,14
0,225	1105,20	695,53	263,92	826,73	722,84
0,45	541,88	376,39	564,39	613,64	524,06
0,675	336,69	619,44	907,76	515,26	594,78
0,90	371,33	504,04	783,84	388,87	512,01
Média	577,66	609,15	616,00	620,98	605,95

Com o nível de irrigação L_2 a produtividade não-comercial reduziu com o aumento das doses de potássio até 0,63 kg de K_2O $planta^{-1}$ ano^{-1}, com ligeira tendência de crescimento a partir deste ponto. Já com o nível L_4, constatou-se redução acentuada da produtividade não-comercial com o aumento das doses de potássio.

É importante realizar o manejo de água e de nutrientes de tal maneira a permitir a obtenção de menores produtividades não-comerciais.

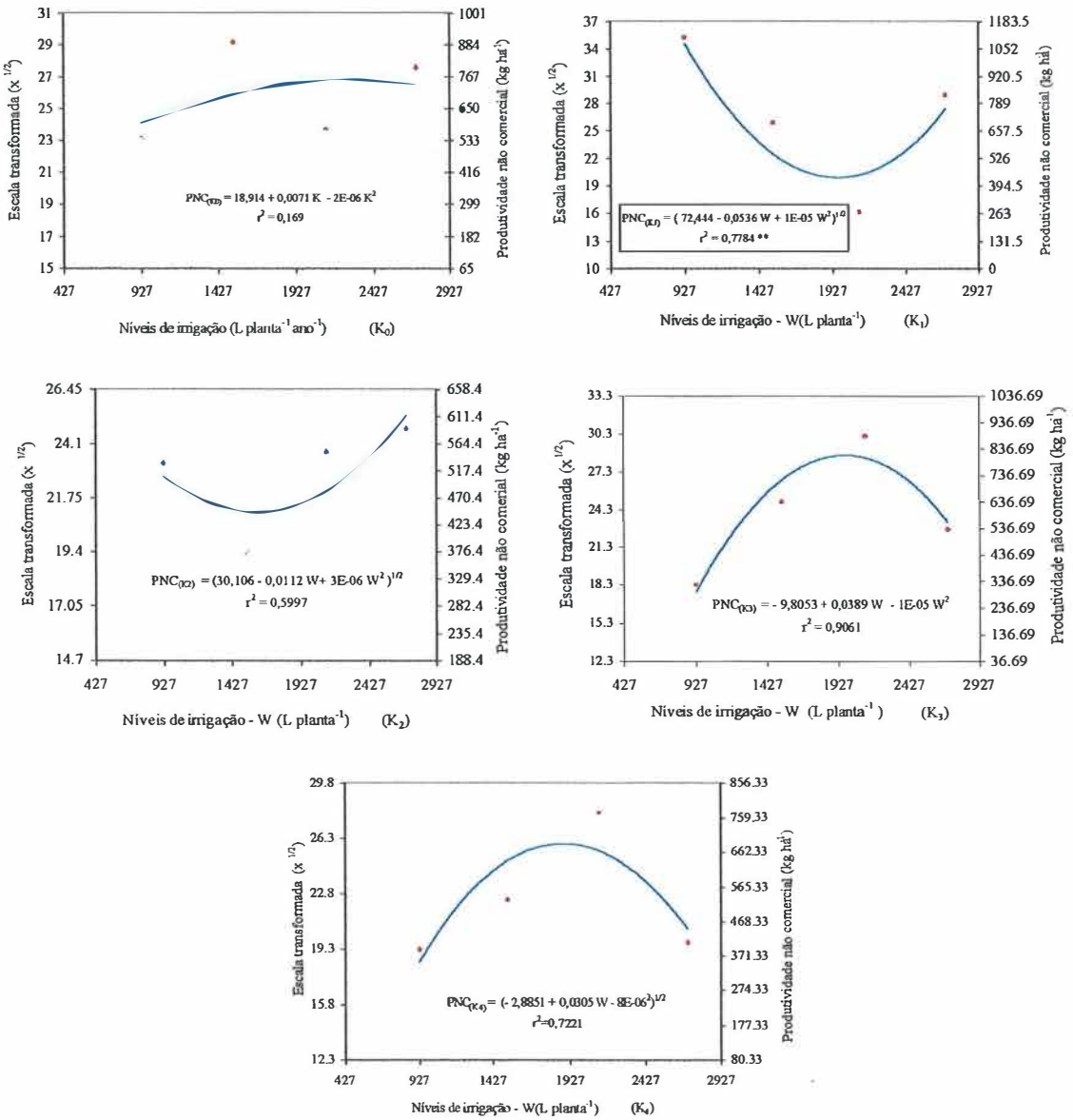


Figura 61 - Efeitos da interação de níveis de irrigação com as doses de potássio K_0, K_1, K_2, K_3 e K_4 aplicadas por fertirrigação na produtividade não-comercial do maracujazeiro amarelo.

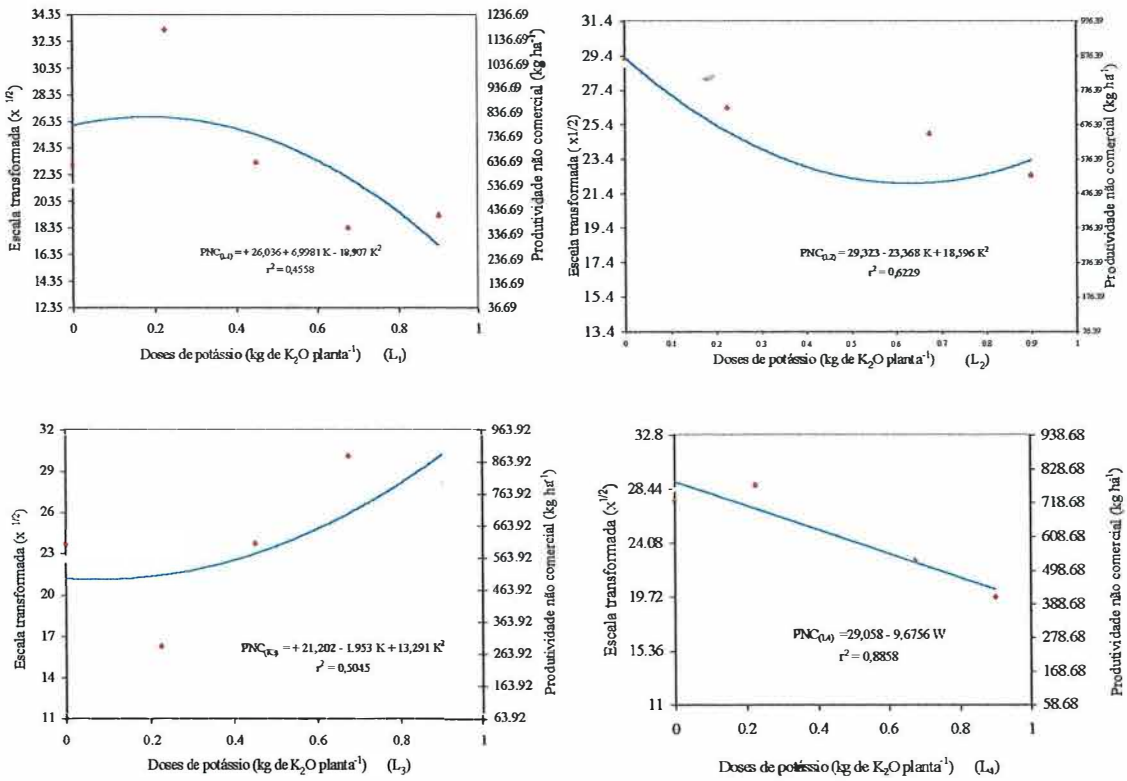


Figura 62 - Efeitos da interação de doses de potássio aplicadas por fertirrigação com os níveis de irrigação L_1, L_2, L_3 e L_4 na produtividade não-comercial do maracujazeiro amarelo.

4.6.3 Produtividade total

A produtividade total foi uma resultante da soma das produtividades comercial e não-comercial. Como a produtividade não-comercial foi muito pequena em relação a produtividade comercial, as diferenças entre as produtividades total e comercial não foram tão visíveis, resultando em comportamento estatístico semelhante.

A Tabela 32 apresenta os valores médios da produtividade total, cujos valores mínimo (17470,74 kg ha^{-1}) e máximo (45453,82 kg ha^{-1}) foram registrados com a aplicação das combinações L_1K_0 e L_3K_3, respectivamente. A análise de variância

(Tabela 30) revelou efeitos significativos ($P<0,01$) das doses de potássio e dos níveis de irrigação e da interação desses fatores.

Tabela 32. Produtividade total do maracujazeiro amarelo (kg há$^{-1}$) sob diferentes níveis de irrigação e doses de potássio aplicadas por fertirrigação.

Doses de K_2O	Níveis de irrigação (L planta^{-1} ano^{-1})				
(kg planta^{-1})	926,76	1528,20	2117,28	2706,30	Média
0,00	17470,74	18350,34	18705,80	22052,39	19144,82
0,225	22607,70	25133,16	25708,45	23473,23	24230,63
0,45	23562,53	39132,44	36210,82	24888,65	30948,61
0,675	27008,85	34690,75	45453,82	27053,84	33551,81
0,90	31946,30	31761,25	34608,70	27973,79	31572,51
Média	24517,22	29813,59	32137,52	25088,38	27889,68

Tal como ocorreu para produtividade comercial, a análise de regressão revelou comportamento linear crescente em K_0 e quadrático em K_1, K_2, K_3 e K_4 (Figura 63). Já com relação ao efeito das doses dentro dos níveis de irrigação, o comportamento foi linear para L_1 e L_4 e quadrático para L_2 e L_3 (Figura 64).

O efeito da adubação na produtividade do maracujazeiro é relatado por vários autores. Todavia, a literatura quase não traz referências sobre os efeitos da combinação de fertilizantes e água de irrigação, principalmente em regime de fertirrigação. No Brasil foram desenvolvidas várias pesquisas sobre as exigências nutricionais do maracujazeiro (Haag et al., 1973; Müller, 1977; Baumgartner et al., 1978; Müller et al., 1979; Souza et al., 1979; Colauto et al., 1986; Faria et al., 1991), as quais contribuíram muito para a cultura; contudo, na maioria delas, verificou-se produtividades abaixo de 10 t ha^{-1}, o que conseqüentemente reduz as exigências nutricionais das plantas.

Em trabalhos mais recentes, combinando adubação convencional e lâminas de irrigação no maracujazeiro amarelo, Martins (1998) e Carvalho et al. (2000) obtiveram produtividades maiores do que aquelas registradas nessas pesquisas, e semelhantes às

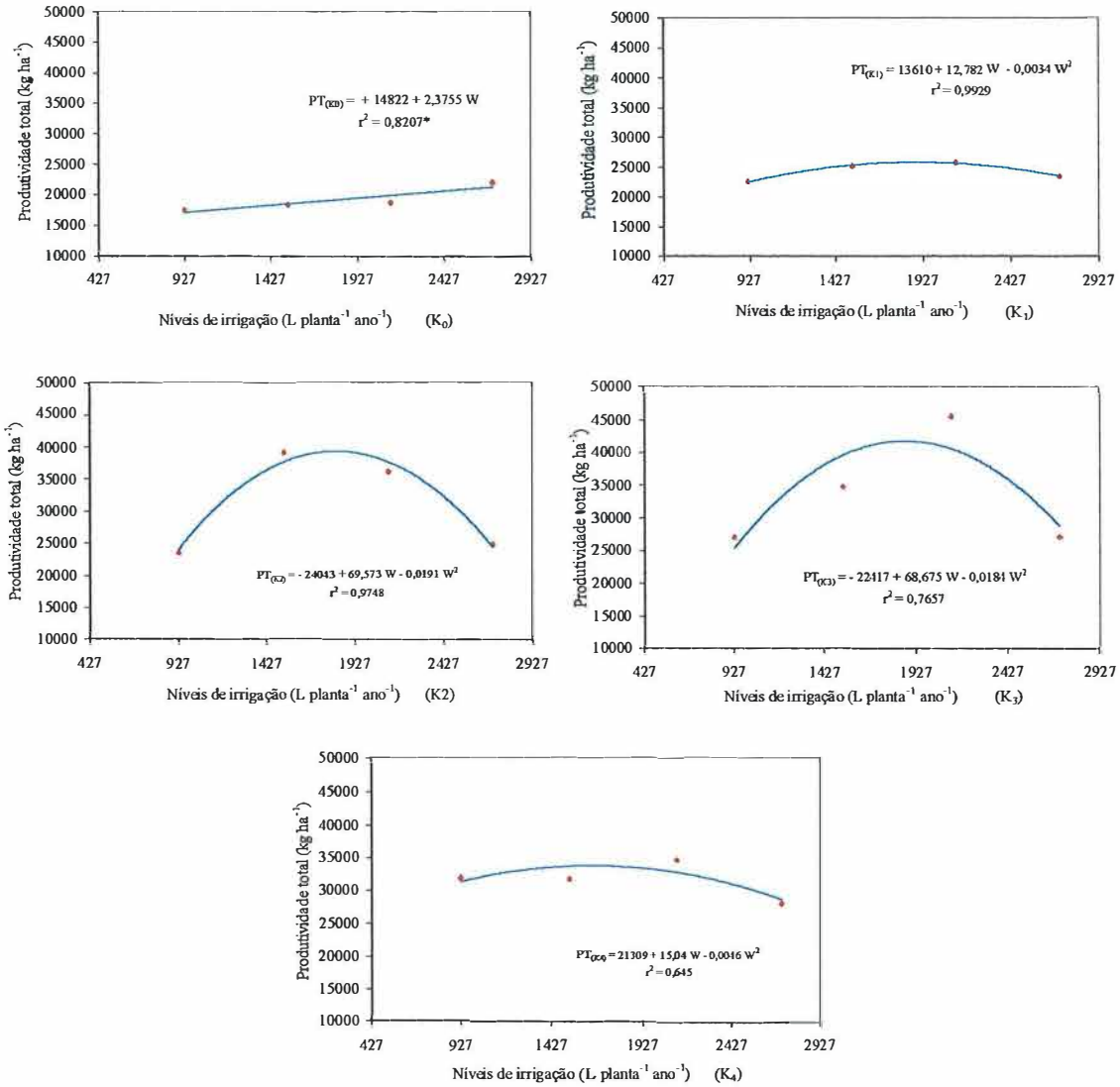


Figura 63 - Efeitos da interação de níveis de irrigação com as doses de potássio K_0, K_1, K_2, K_3 e K_4 aplicadas por fertirrigação na produtividade total do maracujazeiro amarelo.

Em relação à fertirrigação no maracujazeiro, Teixeira (1989) e Teixeira et al. (1990), testando diferentes doses de nitrogênio e potássio e diferentes freqüências de aplicação, constataram que o aumento de doses de potássio aplicadas por fertirrigação não influenciou o aumento da produtividade do maracujazeiro amarelo; contudo, a sus aplicação por fertirrigação favoreceu ganho de produtividade quando comparada com a

adubação convencional. Esses resultados, que embora inferiores às produtividades médias comercial e total obtidas neste trabalho, foram superiores à faixa de produtividade mencionada em Medina (1980), Manica (1981), e àquelas obtidas por Müller (1977), Müller et al. (1979) e Colauto et al. (1986) sem utilização da fertirrigação.

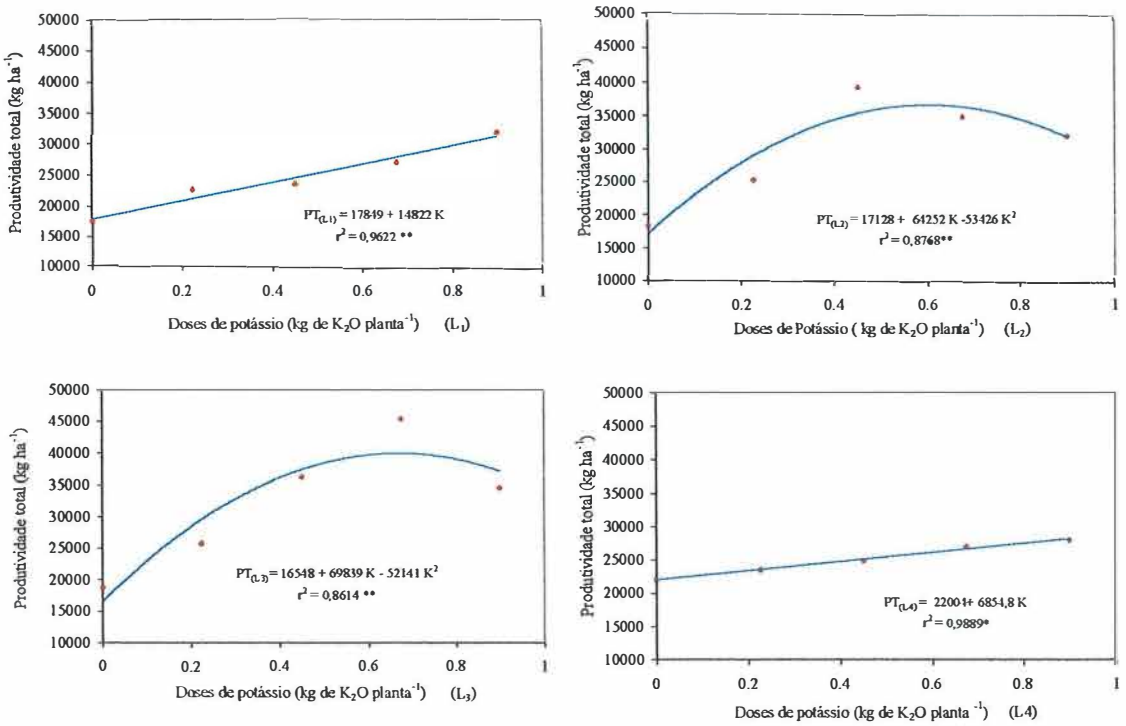


Figura 64 - Efeitos da interação de doses de potássio aplicadas por fertirrigação com os níveis de irrigação L_1, L_2, L_3 e L_4 na produtividade total do maracujazeiro amarelo.

Os resultados referentes à produtividade, obtidos neste trabalho, estão coerentes com as prospecções da literatura para cultivo do maracujazeiro amarelo com tecnologias apropriadas. A adoção de algumas práticas, como adubação parcelada, irrigação e polinização manual, utilizadas em conjunto, favorece a elevação da produtividade, podendo atingir até 45 t ha^{-1} ano^{-1} em alguns pólos do Estados de São Paulo (Meletti & Maia, 1999), concordando com Ruggiero et al. (1996), que mencionam que na maiores das plantações dessa cultura a produtividade anual tem sido de 15 t ha^{-1}

produtividade, podendo atingir até 45 t ha^{-1} ano^{-1} em alguns pólos do Estados de São Paulo (Meletti & Maia, 1999), concordando com Ruggiero et al. (1996), que mencionam que na maiores das plantações dessa cultura a produtividade anual tem sido de 15 t ha^{-1} a 20 t ha^{-1}, devido à utilização parcial das recomendações técnicas adequadas; contudo existe potencial para a obtenção de produtividade anual entre 35 t ha^{-1}e 40 t ha^{-1}.

Considerando as produtividades total, comercial e comercial por tipo de fruto, constatou-se que os maiores valores foram registrados com a aplicação do nível de irrigação L_3 (1927 L $planta^{-1}$ ano^{-1}) combinado com a dose de potássio K_3 (0,675 kg de K_2O $planta^{-1}$ ano^{-1}), enquanto os menores valores foram registrados sempre com a dose de potássio K_0, porém combinada com níveis de irrigação diferentes, não havendo portanto uma tendência geral da aplicação de água sobre os menores valores de cada tipo de produtividade, embora o menor nível de irrigação (926,67 L $planta^{-1}$ ano^{-1}) tenha favorecido menores valores em maior número desses parâmetros, como produtividades comercial e total, frutos tipo Especial e frutos tipo Extra AAA.

De acordo com os modelos ajustados, verificou-se que as faixas de volumes de água capazes de promover as máximas produtividades físicas, comercial e total do maracujazeiro amarelo sob fertirrigação por gotejamento foram de 1613,20 L $planta^{-1}$ ano^{-1} a 1932 L $planta^{-1}$ ano^{-1} e 0,602 kg de K_2O $planta^{-1}$ ano^{-1} a 0,67 kg de K_2O $planta^{-1}$ ano^{-1}. Níveis de irrigação e doses de potássio fora dessas faixas resultariam em produtividades menores; contudo, a decisão sobre quanto se deve usar desses dois fatores requer a realização da análise econômica para determinar quais as quantidades capazes de promover a máxima produtividade econômica.

4.7 Parâmetros de qualidade de frutos

A análise de frutos do maracujazeiro consistiu nas determinações dos parâmetros físicos (peso médio de fruto, diâmetro e altura de fruto, espessura da casca, rendimento e densidade de suco) e químicos (sólidos solúveis totais, pH e acidez total) de qualidade e concentração de macronutrientes e micronutrientes.

4.7.1 Parâmetros físicos

Pela análise de variância, os níveis de irrigação e as doses de potássio não influenciaram significativamente os parâmetros físicos de qualidade de frutos do maracujazeiro amarelo analisados.

4.7.1.1 Peso médio de frutos

Para o peso médio de frutos do maracujazeiro amarelo, constataram-se baixas variações entre os valores obtidos, como mostraram os coeficientes de variação (CV) de 5,84% e 7,70%, considerando doses de potássio e níveis de irrigação, respectivamente, caracterizando portanto a pouca influência dos tratamentos nesse parâmetro.

Embora não havendo efeito estatístico, constatou-se uma ligeira tendência na elevação do peso médio de frutos com aplicação de maiores doses de potássio, com valores médio registrados entre 131,45 g e 144,31 g para as doses K_0 e K_4, respectivamente (Tabela 33). Considerando os níveis de irrigação, a mesma tendência não foi verificada, pois os valores médios oscilaram entre 136,98 g e 138,44 g para o nível L_4 e L_2, respectivamente, mostrando um acréscimo no peso médio de fruto até a aplicação de L_2, reduzindo suavemente em seguida.

Avaliando os efeitos de diferentes doses de nitrogênio e potássio e lâminas de irrigação no peso médio de frutos do maracujazeiro amarelo, Martins (1998) verificou variação de 108 g a 151 g, porém foi influenciado significativamente apenas pelas lâminas de irrigação, concordando estatisticamente com os resultados deste trabalho, apenas para o efeito das doses de potássio; contudo, foram divergentes de Müller (1977) e Müller et al. (1979), cujos valores de peso médio de frutos foram influenciados pelas doses de potássio.

Ainda com relação aos efeitos de lâminas de irrigação no peso médio de frutos do maracujazeiro amarelo, este trabalho também diverge de Carvalho et al. (2000), que obtiveram frutos com peso médio entre 147 g e 161 g, influenciados significativamente pelas diferentes lâminas de irrigação. Como pode ser observado, os valores de peso

médio de frutos registrados neste trabalho foram menores do que os registrados por esses autores; todavia, de forma geral são bem superiores àqueles obtidos por Colauto et al. (1986), Teixeira (1989); Teixeira et al. (1990) e Faria et al. (1991), que obtiveram peso médio de frutos do maracujazeiro variando entre 77,96 g e 97,60 g.

Tabela 33. Peso médio de frutos do maracujazeiro amarelo sob diferentes níveis de irrigação e doses de potássio aplicadas por fertirrigação.

Doses de K_2O	Níveis de irrigação (L planta^{-1} ano^{-1})				
(kg planta^{-1})	926,76	1528,20	2117,28	2706,30	Média
0,00	134,86	129,96	124,94	136,04	131,45
0,225	126,85	139,56	142,95	143,88	138,31
0,45	142,82	143,55	133,45	130,00	137,46
0,675	143,39	136,06	137,19	133,18	137,45
0,90	140,36	143,08	151,99	141,78	144,30
Média	137,66	138,44	138,10	136,98	137,79

As diferenças verificadas por esses autores, referentes ao efeito de lâminas de irrigação no peso médio de frutos, podem ser atribuídas às condições climáticas do período de formação dos frutos, principalmente as precipitações pluviométricas, pois a presença de chuvas com freqüência tende a manter o solo com teores de umidade uniforme em toda a área. Neste trabalho, o período de formação e maturação da maior quantidade dos frutos registrou as maiores precipitações (Tabela 13), cujos conteúdos de umidade no solo tiveram poucas variações entre os tratamentos no período de formação e maturação dos frutos (Figuras22, 23, 24 e 25).

Além disso, as lâminas utilizadas por esses autores foram diferentes, e no caso de Carvalho et al. (2000) utilizaram tratamento com lâmina de irrigação zero, o que favoreceu o menor peso médio de frutos, influenciado pelos níveis de estresse a que foi submetido, visto que no período de desenvolvimento dos frutos a falta d'água afeta sensivelmente o tamanho e o peso dos frutos do maracujazeiro (Teixeira, 1989). Dessa

forma, as diferenças significativas observadas para as produtividades comercial e total deveram-se ao números de frutos produzidos, e não ao peso médio de frutos.

4.7.1.2 Diâmetro e comprimento de frutos

Da mesma forma que no peso médio, os valores obtidos para diâmetro e comprimento de frutos tiveram pequenas variações. Entretanto, considerando o efeito das doses de potássio, as médias de tratamento indicaram um suave crescimento entre K_0 e K_1, permanecendo quase constate até K_3, aumentando posteriormente até K_4 (Tabelas 34 e 35).

As dimensões de frutos do maracujazeiro, diâmetro e comprimento, são indicadores importantes na sua seleção para o mercado de frutas frescas, visto que frutos maiores são mais valorizados. De acordo com Akamine & Girolami (1959), as dimensões dos frutos do maracujazeiro amarelo variam de 60 mm a 120 mm de comprimento, e de 40 mm a 70 mm de diâmetro. Dessa forma, os valores

Tabela 34. Diâmetro de frutos do maracujazeiro amarelo sob diferentes níveis de irrigação e doses de potássio aplicadas por fertirrigação.

Doses de K_2O	Níveis de irrigação (L planta^{-1} ano^{-1})				
(kg planta^{-1})	926,76	1528,20	2117,28	2706,30	Média
0,00	70,28	67,72	65,10	70,89	68,50
0,225	66,10	72,72	74,49	74,98	72,07
0,45	74,42	74,80	69,54	67,74	71,63
0,675	74,72	70,90	71,49	69,40	71,63
0,90	73,14	74,56	79,20	73,88	75,20
Média	71,73	72,14	71,97	71,38	71,80

médios para diâmetro e comprimento de frutos de 71,81 mm e 79,45 mm respectivamente, registrados neste trabalho estão de acordo com essas faixas consideradas ideais para a cultura, contudo foram superiores aos obtidos por Müller

(1977), Müller et al. (1979), Figueiredo et al. (1988), Teixeira (1989), Teixeira et al. (1990) e Carvalho et al. (2000).

Tabela 35. Comprimento de frutos do maracujazeiro amarelo sob diferentes níveis de irrigação e doses de potássio aplicadas por fertirrigação.

Doses de K_2O	Níveis de irrigação (L planta^{-1} ano^{-1})				
(kg planta^{-1})	926,76	1528,20	2117,28	2706,30	Média
0,00	77,79	74,93	72,04	78,44	75,79
0,225	73,14	80,47	82,43	82,96	79,75
0,45	82,35	82,77	76,95	74,96	79,26
0,675	82,68	78,45	79,10	76,79	79,26
0,90	80,93	82,50	87,64	81,75	83,21
Média	79,37	79,82	79,63	78,98	79,45

4.7.1.3 Espessura de casca

A espessura da casca não foi influenciada por doses de potássio, níveis de irrigação e interação desses. Os valores médio de espessura da casca variaram de 6,19 mm (K_0) a 6,99 mm (K_3) (Tabela 36). Em termos médios, o aumento das doses até a aplicação de 0,675 kg de K_2O planta^{-1} mostrou tendência na obtenção de frutos com casca mais espessa, reduzindo essa espessura com aplicação de doses mais elevadas. Esse comportamento não verificado para os níveis de irrigação, cujos valores médios oscilaram sem tendência definida.

Apesar de os tratamentos não terem influenciado significativamente a espessura da casca do maracujazeiro, os valores encontrados estão dentro da faixa considerada ideal para a cultura, que está entre 3 mm e 10 mm e, de acordo com os obtidos por Müller (1977), Müller et al. (1979) e Teixeira et al. (1990), contudo, superiores às médias registradas por Oliveira et al. (1988), Meletti et al. (1994) e Nascimento (1996).

Tabela 36. Espessura de casca de frutos do maracujazeiro amarelo sob diferentes níveis de irrigação e doses de potássio aplicadas por fertirrigação.

Doses de K_2O	Níveis de irrigação (L planta^{-1} ano^{-1})				
(kg planta^{-1})	926,76	1528,20	2117,28	2706,30	Média
0,00	5,52	7,13	5,83	6,27	6,19
0,225	6,74	6,57	6,85	6,77	6,73
0,45	7,08	4,85	7,60	6,54	6,52
0,675	5,70	8,01	6,44	7,80	6,99
0,90	5,72	6,42	7,77	5,93	6,46
Média	6,15	6,60	6,90	6,66	6,58

4.7.1.4 Rendimento de suco

Não foi constatado efeito significativo (P>0,05) das doses de potássio, de níveis de irrigação e da interação sobre o rendimento de suco de frutos do maracujazeiro amarelo. Os baixos coeficientes de variação 4,76% e 15,49%, considerando que os efeitos dos fatores doses de potássio e níveis de irrigação, respectivamente, demonstram uma certa homogeneidade entre os índices de rendimento de suco obtidos, sendo que o efeito das doses de potássio causou menores variações do que o efeito dos níveis de irrigação. O máximo valor médio de rendimento de suco, 44,73%, foi obtido com a aplicação do nível de irrigação L_2 (1528,20 L planta^{-1} ano^{-1}) e K_2 (0,45 kg de K_2O planta^{-1}),enquanto o menor valor médio, 29,86%, foi registrado com L_4 (2706,30 L planta^{-1} ano^{-1}) e com a dose K_0 (Tabela 37). Pelos dados, pode-se observar que tanto as doses de potássio quanto os níveis de irrigação mostraram tendência quadrática sobre o rendimento de suco, cujos menores índices foram registrados na ausência de adubação potássica e com a aplicação de maior nível de irrigação. Esses resultados indicam que a utilização de doses de potássio e níveis de irrigação acima de 0,45 kg de K_2O planta^{-1} e 1528,2 L planta^{-1} ano^{-1} favorecem a redução no rendimento de suco em torno de (28% e 19%) para níveis de irrigação, e (24% e 19%) para doses de K_2O, considerando os valores

extremos e os valores médios, respectivamente, que, embora não tenha havido diferença estatística, pode ter uma considerável diferença econômica, principalmente quando o destino da produção é a indústria de suco.

Tabela 37. Rendimento de suco de frutos do maracujazeiro amarelo (%) sob diferentes níveis de irrigação e doses de potássio aplicadas por fertirrigação.

Doses de K_2O	Níveis de irrigação (L planta^{-1} ano^{-1})				
(kg planta^{-1})	926,76	1528,20	2117,28	2706,30	Média
0,00	36,49	31,47	33,87	29,86	32,92
0,225	32,92	34,26	32,84	37,73	34,44
0,45	33,95	44,73	33,88	32,13	36,17
0,675	36,17	33,88	33,94	35,77	34,94
0,90	36,10	36,64	30,97	37,32	35,26
Média	35,13	36,20	33,10	34,56	34,75

O rendimento de suco de frutos do maracujazeiro varia de 24% a 60,5% (Araújo et al., 1974; Aular & Rojas, 1994). Entretanto, de acordo com o padrão de suco para a indústria, o fruto deve apresentar de 30% a 33% do seu peso em suco (Akamine & Girolami, 1957; Haendler, 1965; Araújo et al., 1974). Nesse caso, o rendimento de suco médio (34,75%) obtido no presente trabalho foi superior ao extremo superior do padrão de suco para a indústria, caracterizando de maneira geral a produção de frutos com um bom padrão de rendimento de suco. Isso torna evidente que, além do mercado de frutas frescas, os frutos produzidos sob os tratamentos testados atendem às exigências da indústria de suco.

4.7.1.5 Densidade de suco

A densidade de suco de frutos do maracujazeiro não foi significativamente influenciada ($P>0,05$) por doses de potássio, níveis de irrigação e interação desses fatores. Os coeficientes de variação de 4,81% para doses de potássio e de 9,70% para

níveis de irrigação foram baixos, mostrando boa homogeneidade dos valores obtidos, cujas médias oscilaram entre 1,07 g cm^{-3} (L_2K_0) e 1,26 g cm^{-3} (L_2K_2) (Tabela 38), comportamento semelhante ao observado para rendimento de suco, em que frutos com suco mais denso são produzido com doses de potássio e níveis de irrigação intermediários. Do ponto de irrigação, esse comportamento indica que frutos do maracujazeiro amarelo produzidos sob maiores conteúdos de umidade no solo tendem a produzir suco com menor densidade e que, dentre outros fatores, isso pode estar relacionado com a concentração de açúcares no suco, uma vez que essa característica de qualidade de frutos é sensivelmente afetada pelo excesso de umidade no solo (Sutcliffe, 1980; Chitarra & Chitarra, 1990).

Tabela 38. Densidade de suco de frutos do maracujazeiro amarelo (g cm^{-3}) sob diferentes níveis de irrigação e doses de potássio aplicadas por fertirrigação.

Doses de K_2O	Níveis de irrigação (L $planta^{-1}$ ano^{-1})				
(kg $planta^{-1}$)	926,76	1528,20	2117,28	2706,30	Média
0,00	1,09	1,07	1,13	1,10	1,10
0,225	1,13	1,19	1,12	1,10	1,14
0,45	1,15	1,26	1,13	1,12	1,17
0,675	1,09	1,18	1,16	1,13	1,14
0,90	1,12	1,09	1,18	1,12	1,13
Média	1,12	1,16	1,15	1,11	1,13

De acordo com Haendler (1965), os valores mínimo, médio e máximo para e densidade de suco de frutos do maracujazeiro são 1,06 g cm^{-3}, 1,07 g cm^{-3}e 1,09 g cm^{-3}, respectivamente. Isso mostra que os valores médios de densidade de suco encontrado neste trabalho foram superiores na ordem de 9%, 18% e 16%, considerando respectivamente, os valores mínimo, médio e máximo, e também superiores àqueles registrados em Figueiredo et al. (1988), que verificaram valor médio de 0,98 g cm^{-3}.

4.7.2 Parâmetros químicos

A análise de variância revelou que as doses de potássio, os níveis de irrigação e a interação desses fatores não influenciaram significativamente os parâmetros químicos de qualidade de frutos do maracujazeiro amarelo analisados.

4.7.2.1 Sólidos solúveis totais

Os valores médios de sólidos solúveis totais (STT) (% de °Brix) variaram de 14,75% a 16,37%, para as combinações L_3K_1 e L_3K_4, respectivamente, (Tabela 39). Pelos dados, nota-se que as doses de potássio não apresentaram uma tendência muito definida, principalmente devido à redução do STT registrada em K_1. Já para os níveis de irrigação, o aumento da quantidade de água aplicada promoveu elevação do °brix até a aplicação de 2117,28 L planta^{-1} ano^{-1}, apresentando uma tendência quadrática, embora não tenha havido diferença estatística.

Tabela 39. Valores médios de sólidos solúveis totais (% de °Brix) de frutos do maracujazeiro amarelo sob diferentes níveis de irrigação e doses de potássio aplicadas por fertirrigação.

Doses de K_2O	Níveis de irrigação (L planta^{-1} ano^{-1})				
(kg planta^{-1})	926,76	1528,20	2117,28	2706,30	Média
0,00	15,50	15,37	16,06	15,94	15,72
0,225	16,12	15,44	14,75	15,47	15,44
0,45	16,06	15,94	15,87	15,87	15,94
0,675	15,75	15,50	15,94	16,06	15,81
0,90	13,92	16,25	16,37	14,94	15,37
Média	15,47	15,70	15,80	15,65	15,65

O potássio tem um papel importante no conteúdo de sólidos solúveis dos frutos. No caso do maracujazeiro, autores como Medina (1980), Manica (1981) e Kliemann et

al. (1986) mencionam a importância desse elemento no brix dos frutos dessa cultura. Contudo, Müller (1977), Teixeira (1989) e Colauto et al. (1986) não constataram efeitos significativos desse elemento no conteúdo de sólidos solúveis de frutos do maracujazeiro, o que está de acordo com este trabalho; todavia, diverge dos resultados obtidos por Martins (1998), cujos valores de STT, entre 13,3% e 14,4% foram influenciados pela aplicação de doses de potássio.

Apesar do efeito estatístico não significativo das doses de potássio sobre os sólidos solúveis totais, tanto os valores quanto as variações observados neste trabalho foram superiores àqueles verificados em Martins (1998), fato este que pode estar relacionado com as diferenças entre as doses testadas e os teores de potássio no solo antes da aplicação dos tratamentos.

Haendler (1965) e Müller (1977) observaram efeitos significativos no conteúdo de sólidos solúveis de suco de frutos do maracujazeiro quando compararam colheitas de diferentes épocas do ano, cujas disponibilidades hídricas e temperaturas variaram entre baixa e moderada. Segundo os autores, nos frutos colhidos em épocas com baixa disponibilidade de água no solo o °brix foi mais elevado. Neste experimento, a aplicação de menor lâmina d'água não favoreceu a elevação do °brix, diferindo do comportamento observado por esses autores, o que pode ser atribuído às precipitações pluviométricas ocorridas no período de formação e maturação dos frutos (Tabela 13), provocando nivelamentos temporários da umidade do solo (Figuras 22, 23, 24 e 25).

Para a indústria de suco é importante que os frutos apresentem teores elevados de sólidos solúveis e ácidos naturais, características estas que resultam em menores custos de produção no processamento de suco (Teixeira, 1989). Dessa forma, os resultados obtidos neste trabalho atendem às exigências da indústria, visto que os valores de STT obtidos estão dentro da faixa ideal de sólidos solúveis para suco de frutos do maracujazeiro, que deve variar de 13,8% a 18,5% (Haendler, 1965; Araújo et al., 1974; Aular & Rojas, 1994), e estão coerentes com a maioria dos resultados encontrados na literatura (Araújo et al., 1974; Colauto et al., 1986; Ritzinger et al., 1989; Arjona & Mata, 1991; Rojas & Medina, 1996; Veras et al., 2000).

4.7.2.2 pH

Os valores de pH obtidos no suco de frutos do maracujazeiro variaram de 3,12 (L_2K_1) a 3,30 (L_4K_4) (Tabela 40). Isso caracteriza uma boa homogeneidade dos dados obtidos, cujas variações foram menores que os demais parâmetros avaliados mostrando que a aplicação de diferentes doses de potássio e diferentes níveis de irrigação não influenciaram o pH do suco de frutos do maracujazeiro amarelo cultivado em regime de fertirrigação por gotejamento.

Tabela 40. Valores médios de pH de frutos do maracujazeiro amarelo sob diferentes níveis de irrigação e doses de potássio aplicadas por fertirrigação.

Doses de K_2O	Níveis de irrigação (L planta^{-1} ano^{-1})				
(kg planta^{-1})	926,76	1528,20	2117,28	2706,30	Média
0,00	3,30	3,28	3,25	3,27	3,27
0,225	3,22	3,12	3,29	3,16	3,20
0,45	3,25	3,25	3,28	3,18	3,24
0,675	3,25	3,25	3,29	3,28	3,27
0,90	3,22	3,26	3,23	3,30	3,25
Média	3,25	3,23	3,27	3,24	3,25

De acordo com a Tabela 40, os valores de pH registrados não apresentaram qualquer tendência, tanto para doses de potássio quanto para níveis de irrigação, porém foram ligeiramente superiores aos valores considerados adequados para o maracujazeiro, que devem ser entre 2,7 e 3,10 (Haendler, 1965; Araújo et al., 1974; Aular & Rojas, 1994), e daqueles obtidos por Colauto et al. (1986), Ritzinger et al. (1989), Nascimento et al. (1998), Nascimento et al. (1998), Nascimento (1996), contudo, próximos da média verificada em Arjona et al. (1991). Isso evidencia que os frutos produzidos com esses tratamentos são ligeiramente menos ácidos do que a maioria dos relacionados na literatura.

4.7.2.3 Acidez total titulável

Os valores médios de acidez total titulável do suco de maracujazeiro amarelo variou de 2,79% a 3,90% para as combinações L_1K_0 e L_3K_3 (Tabela 41); contudo, não foram significativamente influenciados (P>0,05) por doses de potássio, níveis de irrigação e interação desses fatores.

As doses de potássio de 0,225 kg de K_2O planta^{-1} e 0,45 kg de K_2O planta^{-1} favoreceram os maiores percentuais médios de acidez total, enquanto na ausência de adubação potássica os frutos produzidos foram menos ácidos. No caso do efeito dos níveis de irrigação, as plantas submetidas à aplicação de 926,67 L planta^{-1} e 2117,28 L planta^{-1} produziram frutos com menor acidez; já na aplicação de 1528,20 L planta^{-1} e 2706,30 L planta^{-1} os valores de acidez foram maiores.

Tabela 41. Valores médios de acidez total de frutos do maracujazeiro amarelo sob diferentes níveis de irrigação e doses de potássio aplicadas por fertirrigação.

Doses de K_2O	Níveis de irrigação (L planta^{-1} ano^{-1})				
(kg planta^{-1})	926,76	1528,20	2117,28	2706,30	Média
0,00	2,79	3,32	3,21	2,85	3,05
0,225	2,86	3,62	3,10	3,66	3,31
0,45	3,54	3,03	3,03	3,55	3,29
0,675	2,91	3,35	3,90	3,37	3,13
0,90	3,44	3,39	2,90	3,03	3,24
Média	3,11	3,34	3,07	3,29	3,20

De maneira geral, os valores médios de acidez obtidos foram inferiores a 4,91%, considerado ideal para frutos do maracujazeiro amarelo, e àqueles valores registrados em Sjostrom & Rosa (1978), Colauto et al. (1986), Ritzinger et al. (1989), Nascimento (1996), Nascimento et al. (1998), Veras et al. (2000), contudo estão próximos da média considerada adequada por Haendler (1965). Esses resultados indicam que a aplicação

desses níveis de irrigação por gotejamento e as doses de potássio por fertirrigação no maracujazeiro favorecem a produção de frutos com suco de menor acidez total titulável, o que está coerente com os valores observados para pH.

Para o consumo in natura são preferíveis frutos menos ácidos. Já as indústrias de suco preferem frutos com suco de elevados teores de acidez, por se tratar de uma característica importante no que diz respeito ao processamento, uma vez que o uso de acidificante artificiais ao suco é reduzido (Teixeira, 1989; Nascimento, 1996).

4.8 Eficiência do uso da água

A eficiência do uso da água (EUA) relaciona a produção de biomassa ou produção comercial pela quantidade de água aplicada ou evapotranspirada (Sousa et al, 2000b). Em agricultura irrigada, a elevação e a determinação dos níveis da EUA são bastante complexos e requerem conhecimentos e considerações interdisciplinares. Todavia, Dinar (1993) menciona que existem meios para se elevar os valores de EUA, destacando-se eles esses, o manejo adequado de irrigação.

Neste trabalho determinou-se a eficiência do uso da água considerando os diferentes níveis de água aplicada pela irrigação por gotejamento (L planta^{-1} ano^{-1}), e a produtividade comercial do maracujazeiro amarelo (kg ha^{-1}) obtidas com as doses de potássio K_0, K_1, K_2, K_3 e K_4.

A eficiência do uso da água em função dos diferentes níveis de irrigação foi descrita por modelos polinomiais quadráticos, cujos coeficientes de determinação, r^2 = 0,9977, r^2 = 0,9968, r^2 = 0,9738, r^2 = 0,9378 e r^2 = 0,9835, nas doses de potássio K_0, K_1, K_2, K_3 e K_4, respetivamente, mostram bons ajustes entre níveis de irrigação e EUA (Figura 65). Este comportamento diverge de Martins (1998), que constatou efeito linear de lâminas de água sobre a eficiência do uso da água pelo maracujazeiro amarelo.

Numa análise geral do comportamento da eficiência do uso da água em função dos níveis de irrigação, constata-se decréscimo acentuado da EUA com o aumento da quantidade de água aplicada pela irrigação, exceto em K_2, em que foi observado um

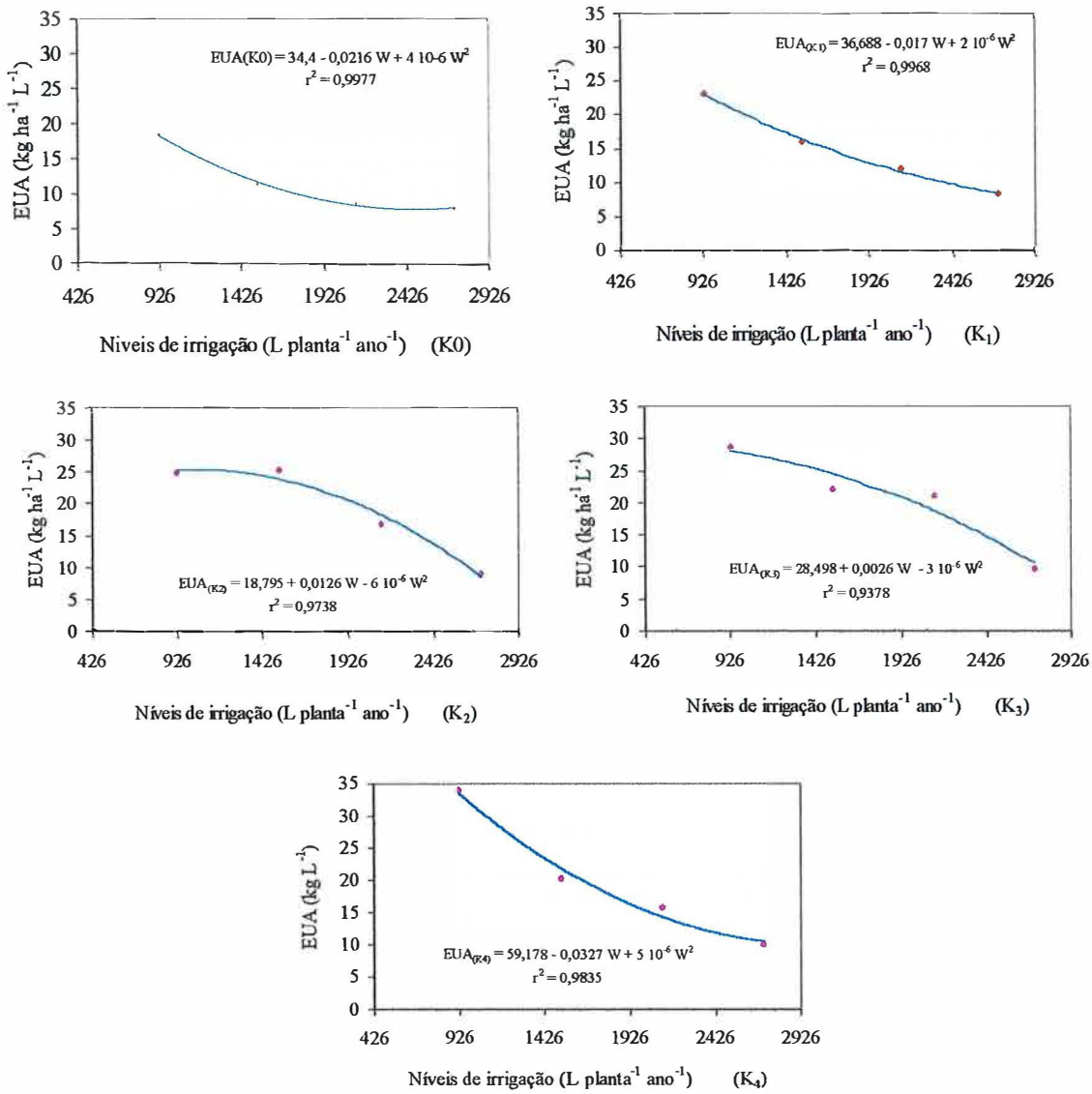


Figura 65 - Efeitos de níveis de irrigação e doses de potássio K_0, K_1, K_2, K_3 e K_4 aplicadas por fertirrigação na eficiência do uso da água (EUA) pelo maracujazeiro amarelo.

pequeno acréscimo na EUA do primeiro para o segundo nível de água aplicado, o que se atribui ao incremento da produtividade no segundo nível de irrigação (L_2), que não se deu na mesma proporção da água aplicada, como ocorreu no demais casos. Isso mostra que os maiores e o menores valores de eficiência do uso da água pelo maracujazeiro foram obtidas com os respectivos menores e maiores volumes de água aplicados,

tornando-se evidente que o aumento da água aplicada no maracujazeiro reduz a eficiência do uso da água, e que o simples aumento da produtividade em função da quantidade de água aplicada não otimiza o recurso água, concordando com Letey, (1993), Ritshel et al., (1994), Sousa et al. (1998) e Sousa et al. (2000b), que mencionam que na maioria das vezes o aumento da EUA pode ser obtido devido ao decréscimo da quantidade de água aplicada.

Os menores e os maiores valores de eficiência do uso da água pelo maracujazeiro, dentro de cada tratamento com potássio, (18,25 kg ha^{-1} L^{-1} e 7,85 kg ha^{-1} L^{-1}) e (34,05 kg ha^{-1} L^{-1} e 10,19 kg ha^{-1} L^{-1}), foram obtidos nas combinações dos níveis de irrigação com K_0 e K_4, respectivamente, o que se deve ao incremento de produtividade do maracujazeiro devido aos efeitos da adubação com potássio, pois houve uma tendência no aumento da EUA com aplicação de doses de potássio. Esses pontos extremos observados para EUA foram diferentes daqueles encontrados por Martins (1998), cuja variação foi de 35,87 kg ha^{-1} mm^{-1} a 19,64 kg ha^{-1} mm^{-1}, e também no maracujazeiro amarelo, o que pode ser atribuído às diferenças entre produtividades e às quantidades de água, uma vez que esse autor considerou as precipitações pluviométricas e a própria unidade utilizada para expressar a água aplicada.

4.9 Níveis econômicos do fator água

Pela análise de regressão determinaram-se as funções de produção para o maracujazeiro, tendo-se a água como variável independente. As funções de produção água-cultura, obtidas com as doses de potássio (K_2) 0,450 kg $planta^{-1}$ para (K_3) 0,675 kg $planta^{-1}$, estão apresentadas nas Figura 66.

Utilizando-se as funções de respostas, os máximos volumes de água aplicados e as máximas doses de potássio com as respectivas produtividades foram: (i) função água-cultura com K_2: 1825 L $planta^{-1}$ e 39005 kg ha^{-1}; (ii) função água-cultura com K_3: 1868,55 L $planta^{-1}$ e 40989,47 kg ha^{-1}.

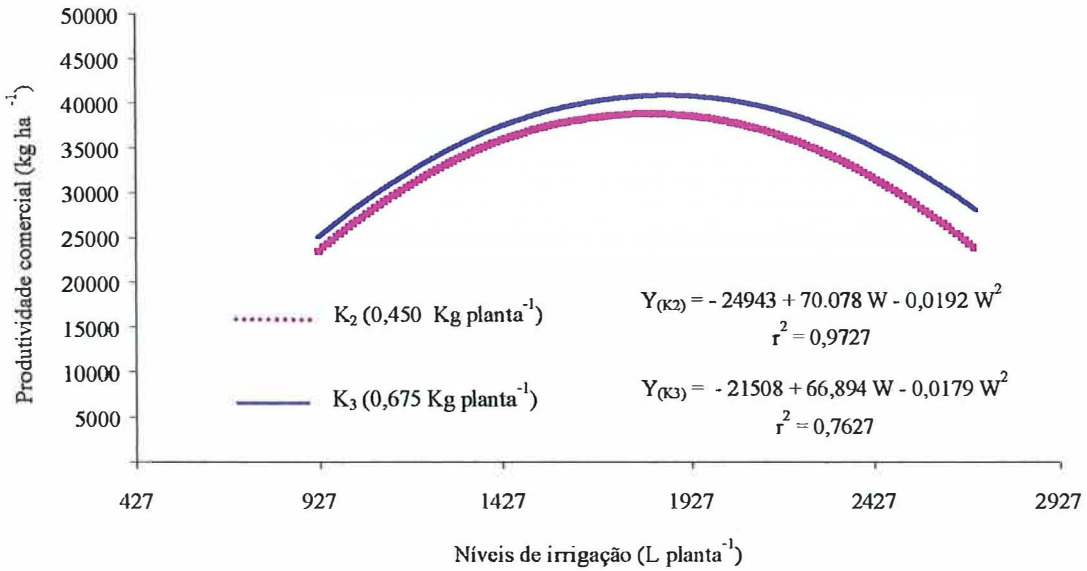


Figura 66 - Funções de produção água-cultura para o maracujazeiro com as doses de potássio K_2 (0,450 kg planta^{-1}) e K_3 (0,675 kg planta^{-1}).

Como pode ser observado, com o aumento da dose de potássio de (K_2) 0,450 kg planta^{-1} para (K_3) 0,675 kg planta^{-1}, o volume de água necessário para a obtenção da produtividade máxima aumentou de 1825 L planta^{-1} ano^{-1} para 1869 L planta^{-1} ano^{-1}. Tal como discorreram Shalhevet et al., citados por Hargreaves & Samani (1984), referindo-se à água e ao nitrogênio, relatam que, aumentando a disponibilidade de nutriente, a quantidade de água para atingir a máxima produtividade tende a aumentar; contudo, isso ocorre enquanto a quantidade do fertilizante não for excessiva para as plantas, como observado por Frizzone (1986) com água e nitrogênio no feijoeiro.

A partir das funções de produção e dos preços do maracujá, foram determinadas as quantidades de água (Wm), (Wo) e (We) para obter as produtividades máximas (Ym), ótimas (Yo) e equivalentes (Ye), respectivamente.

4.9.1 Análise das funções de produção água-cultura

Nas Tabela 42 e 43 são apresentados os volumes de água necessário para obter as produtividades máxima (Ym), ótima (Yo) e equivalente (Ye) em função dos preços do maracujá (Pi) para as funções de resposta obtidas com as doses de potássio K_2 e K_3, respectivamente. Pode-se verificar que os volumes de água necessários para obtenção da receita líquida ótima (Wo) reduziram com o aumento do preço do maracujá, mostrando que, sob condições de restrição de água, a variação de preço do produto influencia a definição da estratégia ótima de irrigação conforme relatado por Calheiros et al. (1996). Nesse caso, em que a água foi considerada fator limitante à produção, a economia desse fator devido à irrigação com déficit pode ser utilizada para aumentar a área irrigada, possibilitando o aumento da receita líquida, o que corresponde ao custo de oportunidade da água (English, 1990; Frizzone, 1998).

A variação de preço do maracujá (US$ kg^{-1}) no CEAGESP de São Paulo, para uma série de cinco anos, foi de 0,39 (junho) a 1,14 (setembro) (FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO, 2000), significando maiores variações nos intervalos de manejo racional da irrigação.

Considerando os preços da água para irrigação (Pw) e do maracujá (Pi) adotados neste trabalho, foram estabelecidas as equações (Tabela 44), que permitem determinar a receita líquida para o maracujazeiro em função da água aplicada e das correspondentes produtividades obtidas pelas respectivas funções de produção água-cultura.

Tabela 42. Quantidades de água para obter as produtividades máxima, ótima e equivalente em função do preço do produto (Pi) e produtividade (Y) do maracujazeiro em função da dose K_2 (0,450 kg planta^{-1}).

Pi	Co	Wm	Wo	We
U$ kg^{-1}	U$ ha^{-1}	(L planta^{-1} ano^{-1})		
0,104	3589,39	1825,00	1759,74	1696,81
0,154	3589,39	1825,00	1585,26	1377,02
0,204	3589,39	1825,00	1488,46	1213,99
0,254	3589,39	1825,00	1426,58	1115,14
0,304	3589,39	1825,00	1383,50	1048,81
0,354	3589,39	1825,00	1351,75	1001,21
0,404	3589,39	1825,00	1327,35	965,40
0,454	3589,39	1825,00	1308,01	937,48
0,504	3589,39	1825,00	1292,30	915,09
0,554	3589,39	1825,00	1279,28	896,75
0,604	3589,39	1825,00	1268,32	881,44
0,654	3589,39	1825,00	1258,95	868,47
0,704	3589,39	1825,00	1250,87	857,35
0,754	3589,39	1825,00	1243,81	847,70
0,804	3589,39	1825,00	1237,59	839,25
0,854	3589,39	1825,00	1232,08	831,79
0,904	3589,39	1825,00	1227,16	825,16
0,954	3589,39	1825,00	1222,73	819,22
1,004	3589,39	1825,00	1218,74	813,87
1,054	3589,39	1825,00	1215,11	809,03
1,104	3589,39	1825,00	1211,80	804,63
1,154	3589,39	1825,00	1208,77	800,61
1,204	3589,39	1825,00	1205,98	796,92
1,254	3589,39	1825,00	1203,41	793,53
1,304	3589,39	1825,00	1201,03	790,40
1,354	3589,39	1825,00	1198,83	787,50
1,404	3589,39	1825,00	1196,77	784,80
1,454	3589,39	1825,00	1194,86	782,30
1,504	3589,39	1825,00	1193,07	779,95

Tabela 43 - Quantidades de água para obter as produtividades máxima, ótima e equivalente em função do preço do produto (Pi) e produtividade (Y) do maracujazeiro em função da dose K_3 (0,675 kg planta^{-1}).

Pi	Co	Wm	Wo	We
U$ kg^{-1}	U$ ha^{-1}	(L planta^{-1} ano^{-1})		
0,052	3589,39	1868,44	2248,96	1868,44
0,104	3589,39	1868,44	1769,09	1675,03
0,154	3589,39	1868,44	1582,30	1339,98
0,204	3589,39	1868,44	1478,01	1169,17
0,254	3589,39	1868,44	1411,04	1065,61
0,304	3589,39	1868,44	1364,25	996,12
0,354	3589,39	1868,44	1329,67	946,26
0,404	3589,39	1868,44	1303,04	908,73
0,454	3589,39	1868,44	1281,89	879,48
0,504	3589,39	1868,44	1264,69	856,03
0,554	3589,39	1868,44	1250,41	836,81
0,604	3589,39	1868,44	1238,37	820,77
0,654	3589,39	1868,44	1228,08	807,19
0,704	3589,39	1868,44	1219,18	795,53
0,754	3589,39	1868,44	1211,41	785,42
0,804	3589,39	1868,44	1204,56	776,57
0,854	3589,39	1868,44	1198,49	768,76
0,904	3589,39	1868,44	1193,06	761,80
0,954	3589,39	1868,44	1188,17	755,58
1,004	3589,39	1868,44	1183,76	749,98
1,054	3589,39	1868,44	1179,75	744,91
1,104	3589,39	1868,44	1176,09	740,30
1,154	3589,39	1868,44	1172,74	736,09
1,204	3589,39	1868,44	1169,66	732,22
1,254	3589,39	1868,44	1166,82	728,67
1,304	3589,39	1868,44	1164,19	725,39
1,354	3589,39	1868,44	1161,75	722,35
1,404	3589,39	1868,44	1159,48	719,53
1,454	3589,39	1868,44	1157,36	716,90
1,504	3589,39	1868,44	1155,38	714,44

As variações na receita líquida (US$ m^{-3}) para diferentes valores de Pw e Pi são apresentados nas Figuras 67 e 68 e Tabelas 45 e 46. Pode-se verificar que os intervalos de manejo racional de água variaram muito mais com a variação de preço do produto (Pi) do que com a variação do preço da água (Pw). Para as funções de produção obtidas

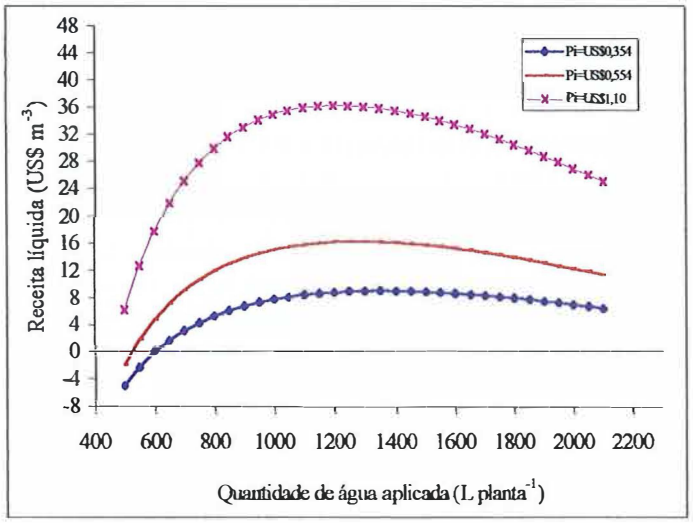
com as doses de potássio K_2 (0,450 kg planta^{-1}) e K_3 (0,675 kg planta^{-1}) e considerando o preço da água (Pw = US$0,0182 m^{-3}), os valores de receita líquida (US$ m^{-3}) variaram de 8,99 a 36,24 para K_2 (Tabela 45) e de 9,54 a 38,16 para K_3 (Tabela 46), com preços do maracujá (US$ kg^{-1}) de 0,354 e 1,10, respectivamente. Entretanto, fixando Pi e variando Pw, como por exemplo para Pi =US$0,554 kg^{-1} e valores de Pw de US$0,00801 m^{-3} e US$0,0231 m^{-3}, a variação da receita líquida (US$ kg^{-1}) foi apenas de 0,02 e 0,01 para as respectivas funções de resposta com K_2 e K_3.

Tabela 44. Equações de receita líquida para o maracujazeiro em função dos preços de água (Pw) e do produto maracujá (Pi).

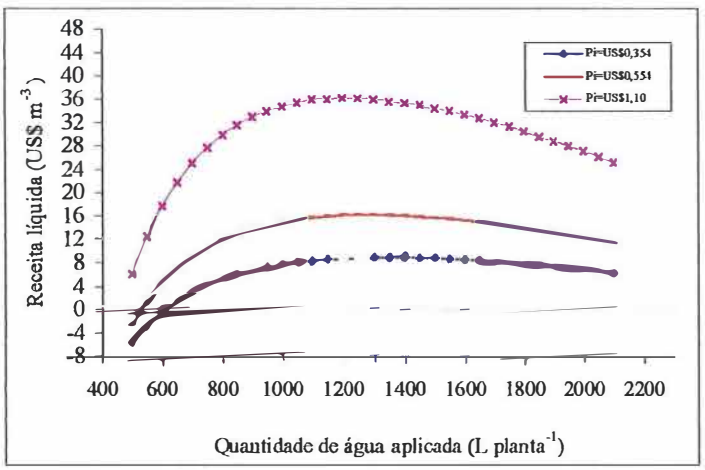
Pw (US$ m^{-3})	Pi (US$ kg^{-1})	Receita líquida (RL) (US$ m^{-3})
	0,354	RL = 0,354 $Y_{(w)}$ - 3589,39 - 0,00801 W
0,0081	0,554	RL = 0,554 $Y_{(w)}$ - 3589,39 - 0,00801 W
	1,100	RL = 1,100 $Y_{(w)}$ - 3589,39 - 0,00801 W
	0,354	RL = 0,354 $Y_{(w)}$ - 3589,39 - 0,0182 W
0,0182	0,554	RL = 0,554 $Y_{(w)}$ - 3589,39 - 0,0182 W
	1,100	RL = 1,100 $Y_{(w)}$ - 3589,39 - 0,0182 W
	0,354	RL = 0,354 $Y_{(w)}$ - 3589,39 - 0,0231 W
0,0231	0,554	RL = 0,554 $Y_{(w)}$ - 3589,39 - 0,0231 W
	1,100	RL = 1,100 $Y_{(w)}$ - 3589,39 - 0,0231 W

Como pode ser observado, as variações da RL devidas às oscilação de Pi foram muito maiores do que aquelas decorrentes das oscilações de Pw. Isso porque o preço do produto influencia a determinação da quantidade ótima de água (Wo) e a receita bruta, enquanto Pw interfere apenas no custo da água aplicada.

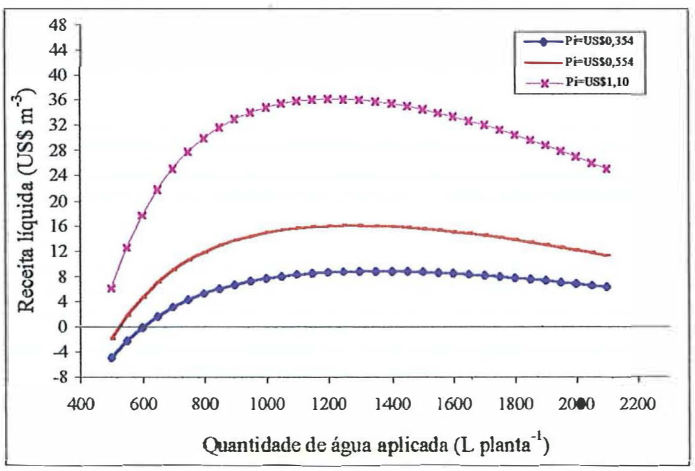
Embora o comportamento entre as duas funções tenha sido semelhante, os valores de RL obtidos pela função de produção com K_3 foram em torno de 6% superiores aos obtidos com K_2, evidenciando que um incremento de 50% na quantidade de potássio aplicado no maracujazeiro promoveu um ganho líquido de 6% na receita.



(i)

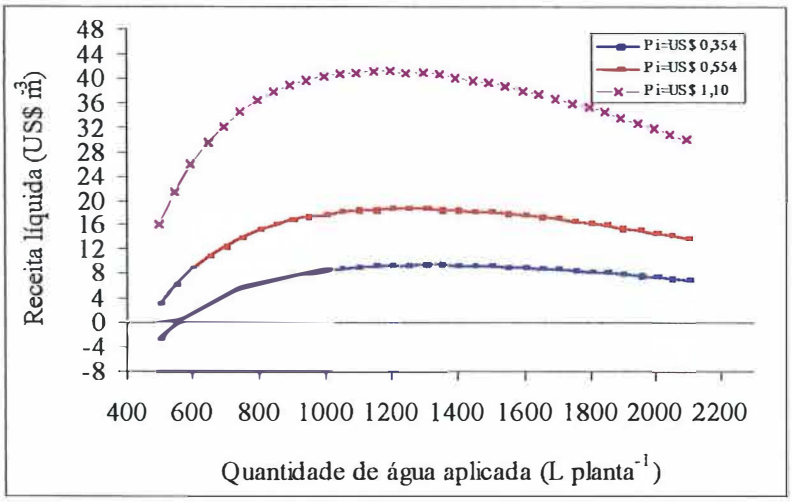


(ii)

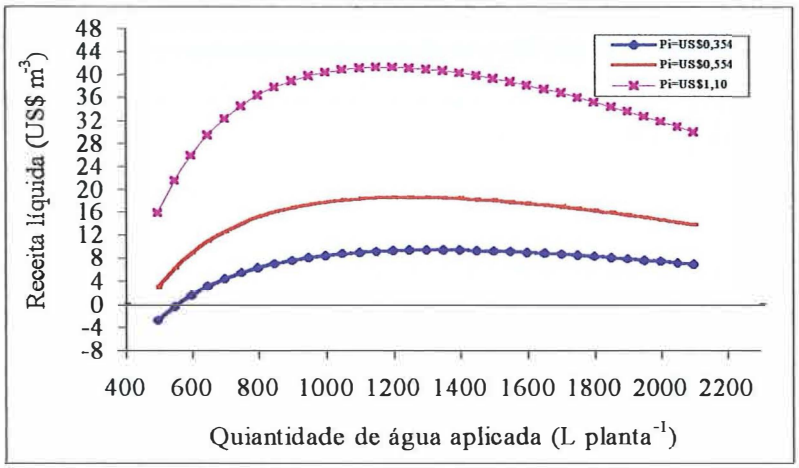


(iii)

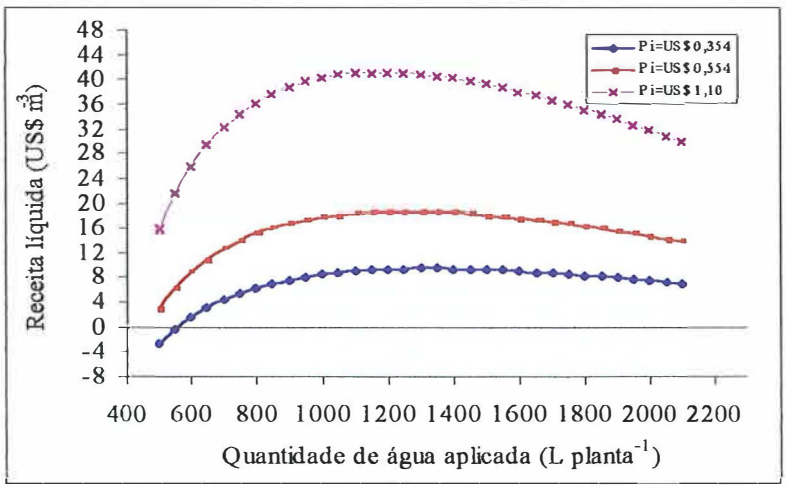
Figura 67 - Receita líquida do maracujazeiro em função do volume de água aplicado junto com a dose de potássio K_2 e preços de água (Pw) (i) US$0,00801 m^{-3}, (ii) US$0,0182 m^{-3} e (iii) US$0,0231 m^{-3} e três preços do maracujá (Pi).



(i)



(ii)



(iii)

Figura 68 - Receita líquida do maracujazeiro em função do volume de água aplicado com a dose de potássio K_3 e os preços de água (Pw) (i) US$0,00801 m^{-3}, (ii) US$0,0182 m^{-3} e (iii) US$0,0231 m^{-3} e três preços do maracujá (Pi).

Tabela 45. Produtividade (Yw) e receita líquida (RL_w) do maracujazeiro em função dos volumes de água aplicados ótimo (Wo) e equivalente (We) com a dose K_2 e diferentes preços de água (Pw) e do maracujá (Pi).

Pw	Pi	Wo	Y(wo)	RL(wo)	We	Y(we)	RL(we)
US$ m^{-3}	US$ kg^{-1}	L $planta^{-1}$	kg $há^{-1}$	US$ m^{-3}	L $planta^{-1}$	kg $há^{-1}$	US$ m^{-3}
	0,354	1351,75	34702,07	9,00	1001,21	25973,41	7,83
0,00801	0,554	1279,28	33284,54	16,25	896,75	22459,49	13,82
	1,10	1211,80	31783,02	36,25	804,63	19013,24	30,15
	0,354	1351,75	34702,07	8,99	1001,21	25973,41	7,82
0,0182	0,554	1279,28	33284,54	16,24	896,75	22459,49	13,81
	1,10	1211,80	31783,02	36,24	804,63	19013,24	30,14
	0,354	1351,75	34702,07	8,99	1001,21	25973,41	7,82
0,0231	0,554	1279,28	33284,54	16,23	896,75	22459,49	13,80
	1,10	1211,80	31783,02	36,24	804,63	19013,24	30,13

Tabela 46. Produtividade (Yw) e receita líquida (RL_w) do maracujazeiro em função dos volumes de água aplicados ótimo (Wo) e equivalente (We) com a dose K_3 e diferentes preços de água (Pw) e do maracujá (Pi).

Pw	Pi	Wo	Y(wo)	RL(wo)	We	Y(we)	RL(we)
US$ m^{-3}	US$ kg^{-1}	L $planta^{-1}$	kg ha^{-1}	US$ m^{-3}	L $planta^{-1}$	kg ha^{-1}	US$ m^{-3}
	0,354	1364,25	36437,10	9,55	996,12	27365,06	8,57
0,00801	0,554	1250,41	34149,80	17,16	836,81	21935,00	14,32
	1,1	1176,09	32406,42	38,17	740,30	18203,55	31,08
	0,354	1364,25	36437,10	9,54	996,12	27365,06	8,56
0,0182	0,554	1250,41	34149,80	17,15	836,81	21935,00	14,31
	1,1	1176,09	32406,42	38,16	740,30	18203,55	31,07
	0,354	1364,25	36437,10	9,53	996,12	27365,06	8,55
0,0231	0,554	1250,41	34149,80	17,15	836,81	21935,00	14,31
	1,1	1176,09	32406,42	38,15	740,30	18203,55	31,07

Ainda pelas Figuras 67 e 68, verificou-se que para valores de Pi muito baixos (Pi<0,554), a receita líquida pode se tornar muito pequena e, dependendo do volume de água aplicado, esta pode ser negativa. No caso da função de produção obtida com K_2 e Pi de US$0,354 kg^{-1} e US$0,554 kg^{-1}, os valores de RL tenderam a negativos quando volumes de água aplicados foram inferiores a 595 L $planta^{-1}$ e 520 L $planta^{-1}$, respectivamente, enquanto para a função de produção obtida com K_3 e com Pi = US$ 0,354 a aplicação de volumes de água inferiores a 595 L $planta^{-1}$ proporcionou valores de RL negativos.

De maneira geral, verificou-se que para diferentes valores de Pi, um mesmo incremento no volume de água proporcionou efeitos distintos na receita líquida, pois até a aplicação do volume ótimo (Wo) foram obtidos incrementos de RL; portanto ocorreram diminuições com a aplicação de volumes superiores a Wo.

5 CONCLUSÕES

Os níveis de irrigação e as doses de potássio influenciaram a concentração e a distribuição espacial e temporal de K^+ e da condutividade elétrica, sendo mais afetadas pela quantidade de água do que pela quantidade de fertilizante aplicada por fertirrigação.

As maiores concentrações de raízes localizaram-se até 0,40 m de profundidade, independentemente da variação da quantidade de potássio; contudo, com a aplicação de 0,675 kg de K_2O kg planta^{-1}, proporcionaram maiores valores de comprimento e de área de raízes, enquanto com 0,90 kg de K_2O kg planta^{-1} esses parâmetros se reduziram.

Os teores de potássio, cálcio, magnésio, boro e manganês foram influenciados pelas doses de potássio. A concentração de K^+ nas folhas cresceu linearmente com o aumento das doses de potássio, enquanto o boro reduziu.

A aplicação do nível de irrigação L_3 combinado com a dose de potássio K_3 favoreceu a obtenção de maiores produtividades total (45454 kg ha^{-1}) e comercial (44540 kg ha^{-1}).

Os parâmetros de qualidades dos frutos do maracujazeiro analisados, encontram-se dentro das faixas adequadas para esse tipo de fruto.

Os maiores e os menores valores de eficiência do uso da água pelo maracujazeiro, foram obtidos com os respectivos menores e maiores volumes de água aplicados. O aumento da água aplicada no maracujazeiro reduziu a eficiência do uso da água, e o simples aumento da produtividade em função da quantidade de água aplicada não otimizou o recurso água.

Os volumes de água (Wo) para obtenção da máxima receita líquida em função dos preços do maracujá variaram de 1212 a 1352 L planta^{-1} ano^{-1} e de 1176 a 1364 L planta^{-1} ano^{-1}, quando combinados com as doses de potássio K_2 e K_3, respectivamente.

REFERÊCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRRE, A. C. P. **Nutrição mineral do maracujá amarelo** *(Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa)*. Piracicaba, 1977. 116p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

AKAMINE, E. K.; GIROLAMI, G. **Pollination and fruit set in the yellow passion fruit.** Honolulu: Agricultural Experiment Station. 1959. 44p. (Technical. Bulletin, 39).

AKAMINE, E. K.; GIROLAMI, G. Problems in fruit set in yellow passion fruit. **Hawaii Farm Science**, v.5, n.4, p. 3-5, 1957.

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

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RODRIGUES, B. H. N.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; et al. Produtividade e qualidade de frutos de melancia em função de diferentes níveis de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v.15, n.1, p.43-46, 1997.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro: IBGE, 1997. v.55.

ARAÚJO, C. M.; GAVA, A. J.; ROBBS, P. G.; et al. Características industriais do maracujá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) e maturação do fruto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.9, n.9, p.65-69, 1974.

ARJONA, H. E.; MATA, F. B. Post harvest quality of passion fruit as influenced by harvest time and ethylene treatment. **Hort Science**, v.26, n.10, p.1297-1298, 1991.

ARJONA, H. E.; MATA, F. B.; GARNER JUNIOR, J. O. Growth and composition of passion fruit (Passiflora edulis). **HortScience**, v.26, n.7, p.921-923, 1991.

AULAR, J.; ROJAS, E. Influencia del nitrógeno sobre el crecimiento vegetativo y producción de la parchita (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener). **Agronomía Tropical**, v.44, n.1, p.121-134, 1994.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p.

BAUMGARTNER, J. G. Nutrição e adubação. *In*: RUGGIERO, C. (Ed.) **Maracujá**. Ribeirão Preto: Legis Summa, 1987. p.86-96.

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.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 5.ed.Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1985.657p.

BHELLA, H. S.; WILCOX, G. E. Yield and composition of muskmelon as influenced by replant and trickle applied nitrogen. **HortScience**, v.21, n.1, p.86-88, 1986.

BOAZ, M.; HALEVY, I. **Trickle irrigation**.. Jerusalem: Ministry of Agriculture, 1974. p.39-57. (New Letter Israel Agriculture).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco. **Projetos de Irrigação do Vale do São Francisco**. Brasília: CODEVASF, 1996. 27p.

BRESLER, E. Trickle-drip irrigation: principles and application to soil water management. **Advance Agronomy**, v.29, p.344-393, 1977.

BRESLER, E.; HELLER, N.; DINER, I.; BEM-ASHER, A. et al. Infiltration from a trickle source: II. Experimental data and theoretical predictions. **Soil Science Society of American Proceeding**, v.35, p.683-689, 1971.

BRESLER, E.; KEMPER, W. D.; HANKS, R. J. Infiltration, redistribution, and subsequent evapotranspiration of water from soil as affected by wetting rate and hysteresis. **Soil Science Society American Journal**, v.33, 832-840, 1969.

BURT, C.; O. CONNOR, K.; RUEHR, T. **Fertigation**. San Luis Obispo: California Polytechnic State University, 1998. p. 15-42.

CALHEIROS, C. B. M.; QUEIROZ, J. E.; FRIZZONE, J. A; PESSOA, P. C. S. Estratégias ótimas de irrigação do feijoeiro: Água como fator limitante da produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.7, p.509-515, 1996.

CARVALHO, A. J. C. de; MARTINS, D. P.; MONNERAT, P. H.; et al. Adubação nitrogenada e irrigação no maracujazeiro-amarelo. I. Produtividade e qualidade dos frutos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.6, p.1101-1108, 2000.

CARVLHO, L. C. Estudo da distribuição do sistema radicular do maracujazeiro amarelo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 9., Campinas, 1987. **Anais**... Campinas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1988, v.2, p.609-612.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças:** fisiologia e manuseio. Lavras: Escola Superior de Agricultura de Lavras, Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, 1990. p.235-289.

COELHO, A. M. Fertigação. In: COSTA, E. F. da; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. (Eds.) **Quimigação**: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. Cap.8, p.201-227.

COELHO, E. F; OR, D. A parametric model for two-dimensional water uptake by corn roots under drip irrigation. **Soil Science Society American Journal**, v.60, n.4, p.1039-1049, 1996.

COLAUTO, N. M.; MANICA, I.; RIBOLDI, J.; et al. Efeito do nitrogênio, fósforo e potássio, sobre a produção, qualidade e estado nutricional do maracujazeiro amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.21, n.7, p.691-695, 1986.

CRESTANA, S.; GUIMARÀES, M. F.; JORGE, L. A. C. et al. Avaliação da distribuição de raízes no solo auxiliada por processamento de imagens digitais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, n.3, p.365-371, 1994.

CUENCA, R. H. **Irrigation system design, an engineering approach**. New Jersey : Department of Agricultural Engineering; Oregon State University, 1989. p 346-350.

DASBERG, S.; BRESLER, E. **Drip irrigation manual**. Logan: International Irrigation Information Center, 1985. 95p.

DE WITT, C. T. Simulation of assimilation, respiration and transpiration of crops. Simulation monographs. **Plant Physiology**, n.23, p.169-187, 1978.

DINAR, A. Economic factors and opportunities as determinates of water use efficiency in agriculture. **Irrigation Science**, v.14, p.47-52, 1993.

ENGLISH, M. J. Deficit irrigation. I. Analytical framework. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.116, n.3, p.339-412, 1990.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas**; princípios e perspectivas. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos; São Paulo: EDUSP, 1975. 341p.

ESPINOZA, W.; REIS, A. E. G. Lixiviação de Ca, K e Mg em um Latossolo Vermelho – Escuro (LE) de Cerrados. I. Magnitude e variabilidade do fenômeno de época chuvosa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, n.2, p.299-317, 1982.

FARIA, J. L. C.; COLAUTO, N. M.; MANICA, I.; et al. Efecto de tres dosis de N, P y K en la producción de maracuya amarillo (*Passiflora edulis* Sins *f flavicarpa* Deg.) durante tres años de evaluación en Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, n.3, p.311-314, 1991.

FIGUEIREDO, R. W.; SESSA, M. C. M.; HOLANDA, L. F. F.; MAIA, G. A.; OLIVEIRA, G. S. F. Estudo das características físicas e do rendimento do maracujá amarelo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 9, Campinas, 1987. **Anais**... Campinas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1988. v.2, p.613-617.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. AGRIANUAL 2000: **Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira**. São Paulo, 2000. p.398-406: (Maracujá).

FOUQUÉ, A. Espécies fruéres d'Amérique tropicale. Les passifloracéas. **Fruits**, v.27, n.5, p.368-382, 1972.

FRIZZONE, J. A. Função de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. **Manejo de Irrigação.** Poços de Caldas: UFLA, 1998. p.86-116.

FRIZZONE, J. A. **Funções de resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao uso de nitrogênio e lâmina de irrigação**. Piracicaba, 1986. 136p.Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

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

GOLDBERG, D.; GORNAT, B.; RIMON, D. **Drip irrigation**. Jerusalem: Scientific Publications, 1976, 296p.

GOLDBERG, D.; SHMUELI, M. Drip irrigation: a method used under arid desert conditions of right water and soil salinity. **Transactions of the ASAE**, v.13, p.38-41, 1970.

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

HAAG, P. H. **Nutrição mineral e adubação e adubação do maracujazeiro**. In: Nutrição mineral e adubação de fruteiras tropicais no Brasil. Campinas: Fundação, 1986. p.247-284.

HAENDLER, L. La possiflora: as composition chimique et ses possibilités de transformation. **Fruits**. v.20, n.5, p.235-45, 1965.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Economics considerations of deficit irrigation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering,** v.106, n.4, 343-358, 1984.

HOWELL, T. A.; STEVENSON, D. S.; ALJIBURY, F. K. et al. Design and operation of trickle (drip) systems. In: Jensen, M. E. Design and operating of form irrigation systems. St. Joseph: **American Society of Agricultural Engineering**, 1983. p.663-720 (monograph, 3).

HOWELL, T. A.; TOLK, J. A.; SCHNEIDER, A. D.; et al. Evapotranspiration, yield, and water use efficiency of corn hybrids differing in maturity. **Agronomy Journal**, v.90, p.3-9, 1998.

KAFIKAFI, U.; BAR-YOSEF, B. Trickle irrigation and fertilization of tomatoes in highly calcareous soils. **Agronomy Journal**, v.72, p.893-897, 1980.

KENG, J. C. W; SCOTT, T. W.; LUGO-LOPES, M. A. Fertilizer management with drip irrigation in oxisol. **Agronomy Journal**, v.71, p.971-980, 1979.

KLIEMANN, H. J; CAMPELO JÚNIOR, J. H; et al. Nutrição mineral e adubação do maracujazeiro. *In*: HAAG, H. P. **Nutrição mineral e adubação de fruteiras tropicais**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.247-284.

LETEY, J. Relationship between salinity and efficient water use. **Irrigation Science**, v.14, p.75-84, 1993.

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

LIN, S. S. M.; HUBBEL, J. N.; SAMSON ISOU, S. C. S.; et al. Drip irrigation and tomato yield under tropical conditions. **HortScience**, v.18, p.460-461, 1983.

LOCASCIO, S. J.; MYES, J. M; MARTIN, F. G. Frequency and rat of fertilization witch trickle irrigation for strawberries. **Journal American Society Horticulture Science**, v.102, n.4, p.456-458, 1977.

LOCASCIO, S. J; MYES, J. M. Tomato response to plug mix, mulch and irrigation method. **Proceedings. Horticulture Society**, v.87, p. 126-130, 1974.

LOPEZ, T. M. Cabezal de riego. In: LOPEZ, C. C. **Fertirrigation: cultivos hortícolas y ornamentales**. Madri: Ediciones Mundi Prensa, 1998. p. 247-263.

MALAVOTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola.** Nutrição de plantas e fertilidade do solo. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 538p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola**: adubos e adubações. São Paulo: Agronômicas Ceres, 1981, 596p.

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

MALAVOLTA, E; VITTI, G. C; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa do Potássio e do Fosfato, 1989. 201p.

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

MARCHAL, J.; BOURDEAUP, J. Echantillonages foliaires de la granadille (*Passiflora edulis* Sims. var. *flavicarpa*). **Fruits**, v. 27, n.4, p.307-311, 1972.

MARTINS, D. P. **Resposta do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sins var. *favicarpa* Deg.) a lâminas de irrigação e doses de nitrogênio e potássio**. Campos dos Goytacazes, 1998. 84p. Tese (Doutorado) - Centro de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual do Norte Fluminense.

MEDINA, J. C.; GARCIA, J. L. M.; LARA, L. C. C.; et al. **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. **Boletim Técnico**. Instituto Agronômico de Campinas, n.158, 1996, 26p.

MELETTI, L. M. M; MAIA, M, L. Maracujá: produção e comercialização. **Boletim Técnico. Instituto Agronômico de Campinas**, n.181, p.2-26, 1999.

MELETTI, L. M. M.; SOARES- SCOTT, M. D.; BERNACCI, L.C.; et al. Caracterização agronômica e seleção de germoplasmas de maracujá (*Plassiflora spp).* In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 13, Salvador,1994. **Anais**... Salvador: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1994. v.3, p.591-595.

MENZEL, C. M.; HAYDON, G. E.; DOOGAN, V. J.; et al. New standard leaf nutrient concentrations for passion fruit based on seasonal phenology and leaf composition. **Journal of Horticultural Science**, v.68, n.2, p.215-230, 1993.

MENZEL, C. M; HAYDON, G. F.; SIMPSON, D. R. Effect of nitrogen on growth and flowering of passion fruit *(Passiflora edulis* Sims f. *edulis x P. edulis* f. *flavicarpa)* in sand culture. **Journal of Horticultural Science**, v. 66, n.6, p.689-702, 1991.

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.

MILNE, D. L.; DE VILLIERS, E. A.; LOGIE, J. M.; et al. Growing granadillas. **Citrus Sub Tropical Fruit Journal**, v.524, p.16-18, 1977.

MIRANDA, M. C.; BEMELMANS, P. F. Sistema de cultivo e custo de produção de maracujá. **Agricultura em São Paulo**, v.42, n.1, p.113-32, 1995.

MISHRA, H. S.; RATHORE, T. R.; TOMAR, V. S. Water use efficiency of irrigated wheat in the Tarai Region of India. **Irrigation Science**, v.16, p.75-80, 1995.

MORALES ABANTO, A.; MULLER, L. E. Alteraciones producidas en el maracuya (*Passiflora edulis* Sims) por deficiencias de magnesio, hierro, boro y zin. **Turriabla**, v.27, n.2, p. 163-168, 1977.

MÜLLER, C. H. **Efeitos de doses de sulfato de amônio e de cloreto de potássio sobre a produtividade e sobre a qualidade de maracujás colhidos em épocas diferentes**. Viçosa, 1977. 90p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

MÜLLER, C. H.; PINHEIRO, R. V. R.; CASALI, V. W. D.; et al. Efeitos de doses de sulfato de amônio e de cloreto de potássio sobre a produtividade e sobre a qualidade

de maracujás colhidos em épocas diferentes. **Revista Ceres**, v.26, n.143, p.48-64, 1979.

NASCIMENTO, T. B. do. **Qualidade do maracujá amarelo produzido em diferentes épocas no sul de Minas Gerais**. Lavras, 1996. 56p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras.

NASCIMENTO, T. B. do; RAMOS, J. D.; MENESES, J. B. Características físico-químicas do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims f.. *flavicarpa* Degener) produzido em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.20, n.1, p.33-38, 1998.

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

NIR, D. Drip irrigation. In: FINKEL, H. J. **Handbook of irrigation technology**. Boca Raton: CRC Press, 1982. v.1, p. 247 -298.

NORONHA, J. F. Teoria da produção aplicada à análise econômica de experimentos. In: CONTINE, E.; ARAÚJO, J. D.; OLIVEIRA, A. J. de; et al. **Planejamento da propriedade agrícola: modelos de decisão**. 2.ed. Brasília: EMBRAPA- DDT, 1986. p.23-65. (Documento, 7).

OLIVEIRA, J. C. de; FERREIRA, F. R.; RUGGIERO, C.; et al. Caracterização e avaliação de germoplasma de *Passiflora edulis*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 9, Campinas, 1987. **Anais**... Campinas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1988. v.2, p.585-590.

OR, D.; COELHO, E. F. Soil water dynamics under drip irrigation: transient flow and uptake models. **Transactions of the ASAE**, v.39, n.6, p.2017-2025, 1996.

PAR/CSIC **Plan de modernización de los regadíos tradicionales de mula**. http://par.cebas.csic.es/par.htm, 2000.

PAULSEN, G. M.; ROTIMI, A. O. Phosphorus-zinc interaction in two soybean varieties differing in sensitive to phosphorous nutrition. **Proceedings Soil Science of Society American**. v.32, p.73-76, 1968.

PHENE, C. J.; FOUSS, J. L.; SANDERS, D. C. Water-nutrient-herbicide management of potatoes with trickle irrigation. **American Potato Journal**, v.56, p.51-59, 1979.

PHILIP, J. R.; KNIGGHT, J. H. Redistribution of soil water from plane, line, and point source. **Irrigation Science**, v.12, p.169-180, 1991.

PINTO, J. M.; SOARES, J. M.; CHOUDHURY, E. N.; et al. Adubação via água de irrigação na cultura do melão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.11, p.1263-1268, 1993.

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

PIZA JÚNIOR, C. de T. **A cultura do maracujá**. Campinas: Secretaria de Agricultura e do Estado de São Paulo. 1966. 102p. (Boletim Técnico, 5)

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, 1980a.

PRIMAVESI, A. C. P. A; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do maracujá amarelo. VII - Efeito dos micronutrientes no desenvolvimento e

composição mineral das plantas. **Anais da Escola Superior da Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v.37, n.1, p.537-553, 1980b.

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

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

RAWLINS, S. L. Principles of managing high frequency irrigation. **Soil Science Society American Proceedings**, v.37, p.626-629, 1973.

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

REICHARDT, K. **Processo de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. 4.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 466p.

RICE, R. C., BOWNAM, R. S., JAYNES, D. B. Percolation of waster below on irrigation field. **Soil Science Society. American Journal**, v.50, p.855-859, 1986.

RICHARDS, R. A.; LÓPEZ-CASTAÑEDA, C.; GOMEZ-MACPHERSON, H.; et al. Improving the efficiency of water use by plant breeding and molecular biology. **Irrigation Science**, v.14, p.93-104, 1993.

RITSCHEL, P. S.; SOUSA, V. F. de; CONCEIÇÃO, M. A. F.; et al. Efeito da época de suspensão da irrigação na produtividade do meloeiro (*Cucumis melo* L.). In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 10, Salvador, 1994. **Anais** ... Salvador: ABID, 1994. p.135-142.

RITZINGER, R.; MANICA, I.; RIBOLDI, J. Efeito do espaçamento e da época de colheita sobre a qualidade do maracujá amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, n.2, p.241-245, 1989.

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

ROJAS, G. G.; MEDINA, V. M. Vingamento de frutos do maracujazeiro amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.18, p.283-288, 1996.

RUGGIERO, C.; LAM-SANCHEZ, A.; BANZATTO, D. A. Estudo da polinização natural e controlada em maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicapa* Deg.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 3., Rio de Janeiro, 1976. **Anais**... Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1976. v.2, p.497-513.

RUGGIERO, C.; SÃO JOSÉ, A. R.; VOLPE, C. A.; et al. **Maracujá para exportação: aspectos técnicos da produção**. EMBRAPA-SPI, 1996. 64p. (Publicações Técnicas FRUPEX, 19).

SAEED, I. A. M.; EL-NADI, A. H. Irrigation effects on the growth, yield, and water use efficiency of alfalfa. **Irrigation Science**, v.17, p.63-68, 1997.

SANCHEZ, P. A. **Suelos del trópico: características y manejo**. San José: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1981. 36p.

SCHULTZ, A. **Botânica sistemática**. 3.ed. Porto Alegre: Globo, 1968, 215p.

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., Salvador, 1978. **Anais**...Cruz das Almas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1978. p.265-273.

SOUSA, V. F. de **Freqüência 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, 1993. 131p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de mesquita Filho".

SOUSA, V. F. de. Fertirrigação: aplicação e manejo de água e nutrientes em cultivos intensivos. In: SIMPÓSIO DE FERTIRRIGAÇÃO, 1., Vitória. SEEA, 2000. 48p.(no prelo).

SOUSA, V. F. de; SOUSA, A. P. Efeito da freqüência de aplicação de N e K por gotejamento no estado nutricional e qualidade dos frutos do meloeiro (*Cucumis melo* L.). **Engenharia Agrícola**, v.17, n.3, p.36-45, 1998.

SOUSA, V. F. de; SOUSA, A. P. Fertirrigação: princípio e métodos de aplicação, vantagens e limitações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., Ilhéus, 1993. **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.

SOUSA, V. F. de; AGUIAR NETTO, A. O.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; et al. **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.; et al. Coeficientes de cultivo para o maracujazeiro amarelo no período de desenvolvimento vegetativo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., Fortaleza, 2000. XXIX CONBEA: **CD ROM**: Fortaleza: SBEA/UFC, 2000a.

SOUSA, V. F. de; ANDRADE, C. L. T.; SOUSA, A. P.; et al. Redistribuição de água em solo de textura arenosa sob irrigação por gotejamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21., Santa Maria, 1992. **Anais**... Santa Maria: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1992, p.963-973.

SOUSA, V. F. de; COELHO, E. F. Dinâmica da água num solo arenoso sob irrigação por gotejamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., Campina Grande, 1997. XXVI CONBEA – Semi-Árido: **CD ROM**: Campina Grande: SBEA/UFPB, 1997.

SOUSA, V. F. de; COELHO, E. F; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; et al. Eficiência do uso da água pelo meloeiro sob diferentes freqüências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.2, p.183-188, 2000b.

SOUSA, V. F. de; COÊLHO, E. F.; FIZZONE, J. A.; et al. Freqüência de irrigação por gotejamento na eficiência do uso da água no meloeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., Poços de Caldas, 1998. **Anais**... Poços de Caldas: SBEA, 1998. p.214-216.

SOUSA, V. F. de; COELHO, E. F.; SOUZA, V. A. B. Freqüência de irrigação em meloeiro cultivado em solo arenoso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.4, p.659-664, 1999.

SOUSA, V. F. de; MELL JÚNIOR, A. V.; DANTAS NETO, J. Considerações sobre o uso da aplicação de fertilizantes através de sistemas de irrigação localizada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., Ilhéus, 1993. **Anais**...Ilhéus: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1993. v.4, p.2539-2546.

SOUZA, E. A.; NOCITI, P. R. H.; FERREIRA, M. E. et al. Adubação N, P e K em maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *favicarpa* Deg.). **Científica**, v.7, p.727-730, 1979.

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

SRINIVAS, K.; HEGDE, D. M.; HAVANAGI, G. V. Plant water relations, canopy temperature, yield and water-use efficiency of watermelon (*Citrullus lanatus* (Thamb.) Matsum et Nakai) under drip and furrow. **Journal of Horticultural Science,** v.64, n.1, p.115-124, 1989.

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.

SUTCLIFFE, J. As plantas e a água. São Paulo: EPU, 1980, 126p.

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 (*Passifolha edulis var. flavicarpa*). **Engenharia Rural**, v.1, n.1, p.1-22, 1990.

TEIXEIRA, D. M. M. **Efeito de vários níveis de fertilização na cultura do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*)**. Piracicaba, 1989, 100p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

URIU, K.; CARLSON, R. M.; HENDERSON, D. W. et al. Potassium fertilization of prune trees under drip irrigation. **Journal American Society for Horticultural Science**, v.105, n.4, p.508-510, 1980.

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

UTSUNOMIYA, N. Effect of temperature on shoot growth, flowering and fruit growth of purple passionfruit (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*). **Scientia Horticulturae**, v.52, n.1/2, p.63-68, 1992.

van GENUCHTEN, M. T. A closed-from equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soil. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p.892-898, 1980.

VASCONCELLOS, M. A. S.; PEREIRA, S. B.; PACE, C. A. M.; et al. Avaliação do crescimento do maracujazeiro doce (*Passiflora alata* Drynd.) nas condições do litoral sul do estado do Rio de Janeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 14., Curitiba, 1996. **Resumos**. Londrina: SBF/IAPAR, 1996. p.325-325.

VASCONCELLOS, M. A. S. O cultivo do maracujá doce. In: São José, A. R. (Ed.). **Maracujá**: produção e mercado. Vitória da Consquista: DFZ/UESB, 1994. p.71-83.

VERAS, M. C. M.; PINTO, A. C. de Q.; MENESES, J. B. de. Influência da época de produção e dos estágios de maturação nos maracujás doce e ácido nas condições de cerrado, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.5, p.959-966, 2000.

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

ZANINI, J. R. Distribuição de água e íon K^+ no solo aplicados por fertirrigação em gotejamento II. Teores de K^+ no bulbo molhado. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, v.46, p.24-38, 1991.