

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

ELIOMAR NOGUEIRA

COEFICIENTE DE CULTIVO E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO DO MARACUJAZEIRO
AMARELO NAS CONDIÇÕES SEMIÁRIDAS

FORTALEZA - CEARÁ

2011

ELIOMAR NOGUEIRA

COEFICIENTE DE CULTIVO E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO DO MARACUJAZEIRO
AMARELO NAS CONDIÇÕES SEMIÁRIDAS

Dissertação submetida á Coordenação do Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola na área de concentração em Irrigação e Drenagem da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Dr. Valdemício Ferreira de Sousa - Embrapa Meio-Norte/Embrapa Cocais.

FORTALEZA-CEARÁ

2011

A-123564

R14041013

N711c Eliomar, Nogueira

Coefficiente de cultivo e lâminas de irrigação do maracujazeiro amarelo nas condições semiáridas / Eliomar Nogueira.

71 f. : il. color. enc.

Orientador: Prof. Dr. Valdemício Ferreira de Sousa

Co-orientador: Prof. Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana

Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Depto. de Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2011.

1. maracujazeiro amarelo 2. Demanda agrícola 3. Manejo de irrigação
I. Sousa, Valdemício Ferreira de (Orient.). II. Viana, Thales de Araújo (Co-orient.) III. Universidade Federal do Ceará – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título

CDD 631.587

ELIOMAR NOGUEIRA

COEFICIENTE DE CULTIVO E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO DO MARACUJAZEIRO
AMARELO NAS CONDIÇÕES SEMIÁRIDAS

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola na área de concentração em Irrigação e Drenagem da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agrícola.

Aprovada em 25/02/2011

BANCA EXAMINADORA

Dr. Valdemício Ferreira de Sousa (orientador)
Embrapa Meio – Norte/Embrapa Cocais

Prof. Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana (Conselheiro)
Universidade Federal do Ceará – UFC

Prof. Dr. Luís de França Camboim Neto (Conselheiro)
Universidade Federal do Ceará – UFC

AGRADECIMENTOS

À Santíssima Trindade, luz de bondade e misericórdia que me presenteou com a vida, inteligência e amigos me fazendo superar todas as dificuldades para a realização deste trabalho.

À Universidade Federal do Ceará/Departamento de Engenharia Agrícola - Coordenação do Curso de Irrigação e Drenagem, pela boa acolhida e a realização do mestrado com a concessão da Bolsa de estudo durante todo o período.

À Embrapa Meio-Norte pela infra-estrutura e logística disponibilizadas para a realização dos trabalhos experimentais de campo e de laboratório, além das instalações necessárias de acomodação e de pessoal de apoio.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro ao projeto geral de pesquisa para a execução do trabalho de “Geração de tecnologias para o manejo de irrigação em fruteiras tropicais e uso múltiplo dos recursos hídricos no Semiárido da região Meio-Norte” e pela concessão da Bolsa de Mestrado durante o curso.

À Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) pelo uso das instalações do Projeto Piloto de Fruticultura Irrigada do Vale do Parnaíba de Santa Rosa do Piauí.

Ao professor, pesquisador e amigo Dr. Valdemício Ferreira de Sousa pela amizade, orientação, profissionalismo durante a execução dos trabalhos e muito grato pela compreensão e paciência nas minhas dificuldades que foram elas pessoais e profissionais. Aos conselheiros Prof. Dr. Luís de França Camboim Neto e Prof. Dr. Thales Vinicius de Araujo Viana pelas valiosas sugestões, pelas novas amizades e incentivos. A todos os professores (as) do curso de pós-graduação em Engenharia Agrícola da UFC e aos funcionários do departamento que de uma forma direta ou indireta contribuíram para o meu progresso.

Aos pesquisadores da Embrapa Meio-Norte Dr. Eugenio Celso Emérito Araújo pelo fornecimento dos equipamentos utilizados nas avaliações de potencial hídrico bem como pelas orientações de uso; Dr. Valdenir Queiroz Ribeiro pelas análises estatísticas dos resultados do projeto.

Aos colegas de pós-graduação doutorandos Boanerges Siqueira D’Albuquerque Junior e Jefferson G. Américo Nobre e, ao graduando em Agronomia e estagiário Edilson

Gomes Ramos e ao Técnico da Embrapa Meio-Norte Raimundo de Freitas Lima Neto, pela convivência e valiosa colaboração durante a realização do trabalho.

A todos os trabalhadores de campo do Projeto Piloto, em nome da Josielma e sua família, Edir, Edimar, Ricardo, Dênis, e a todo o pessoal próximo ao local de estudo e pesquisa que tanto me apoiaram como a D. Assunção, Eliana e Elzinha em família, Pe. Jerlan (Santa Rosa, PI) e Monsenhor Oscar (Fortaleza, CE) pela ajuda, compreensão e apoio. Ao Gustavo pelo apoio quanto às instruções de uso dos aparelhos de medições e hospedagem.

Aos meus colegas e amigos do mestrado (ou não) em nome de todos destaco o Antônio Henrique, Hernandes, Vidal, Jorgiana, Kelly, Débora, Clemilson (doutorando), Kleiton Rocha, Luiz Alves, Elisabete (Betinha), Márcio, Elaine e Edgar.

Muito grato à esposa Valdênia e a nossa filhinha Maria Cecília, que juntas foram fonte de amor, compreensão, alegria e força nesta temporada árdua e ao meu querido pai Luis Nogueira, minha querida Mãe Maria Alzenir, meus irmãos Eurimar e Remédios e todos os parentes e amigos que de uma forma ou de outra obtive essencial apoio.

O eterno tudo criou sem exceção, só o Senhor será considerado justo. Ele é o rei invencível que permanece para sempre. Quem será capaz de relatar suas obras? Quem poderá compreender suas maravilhas? Quem poderá descrever todo o poder de sua grandeza? Quem empreenderá a explicação de sua misericórdia?

Nada há a subtrair nada a acrescentar às maravilhas de Deus; elas são incompreensíveis.

Quando o homem tiver acabado, então estará no começo; e quando cessar a pesquisa ficará perplexo.

Eclo 18, 1 – 6

RESUMO

O objetivo do trabalho foi determinar o coeficiente de cultivo do maracujazeiro amarelo e definir lâminas de irrigação capazes de elevar a produtividade da cultura e a qualidade da produção nas condições ambientais da região semiárida do Piauí. O experimento foi realizado na área do Projeto Piloto de Fruticultura Irrigada da CODEVASF, no município de Santa Rosa, PI (06° 47' 56'' S, 42° 17' 17'' W). Utilizou-se delineamento experimental blocos ao acaso com seis tratamentos e quatro repetições, parcela com quatro plantas úteis. Os tratamentos (lâminas de irrigação) foram definidos em função de percentagens da evapotranspiração de referência (ET_o): T1 (0,25*ET_o), T2 (0,50*ET_o), T3 (0,75*ET_o), T4 (1,00*ET_o), T5 (1,25*ET_o) e T6 (1,50*ET_o). Para o monitoramento da água no perfil do solo instalou-se uma bateria com três tensiômetros por tratamento nas profundidades de 0,10 m; 0,30 m e 0,50 m. Para determinação do coeficiente de cultivo (K_c), utilizou-se o balanço de água no solo e para tanto, foram instaladas duas baterias com tensiômetros distribuídos nas profundidades de 0,10 m; 0,30 m e 0,50 m, num raio de 0,30 m e 0,60 m do caule das plantas no T4. No período de 41-240 dias após transplantio (DAT) estimou-se valores de K_c. Na execução do experimento foram aplicadas as respectivas lâminas de irrigação 408,25 mm (T1), 463,41 mm (T2), 535,11 mm (T3), 609,98 mm (T4), 704,71 mm (T5) e 826,02 mm (T6). Foram avaliadas as características morfofisiológicas de crescimento do maracujazeiro amarelo (altura da planta, diâmetro do caule, número de internós, área foliar, número de folhas e potencial hídrico foliar; características de produção (produtividade, números de frutos, peso médio de frutos, diâmetros transversal e longitudinal de frutos). A análise de variância mostrou que as lâminas de irrigação influenciaram significativamente o (diâmetro de caule (P<0,05) nas avaliações realizadas em dezembro de 2009, janeiro e fevereiro de 2010; área foliar (P<0,01) para avaliações realizadas de janeiro a abril de 2010; número de folha (P<0,05) para as avaliações realizadas em março 2010 e (P<0,01) para abril de 2010); o potencial hídrico nas folhas (P<0,01) em todas as épocas de avaliação. E foi significativo o número de frutos (P<0,05), peso médio do fruto (P<0,05) e a produtividade (P<0,05). A produtividade máxima (6.763 kg ha⁻¹) obtida em 60 dias de colheita, isto é, 25% do potencial produtivo anual do maracujazeiro foi obtida com aplicação da lâmina de 763,80 mm e estimando-se para seu potencial total para o primeiro ano de produção obteve-se o valor de 27.052 kg ha⁻¹ ano⁻¹; o peso médio de fruto variou de 0,207 kg (T6) e 0,159 kg (T1); foi registrado o número máximo de frutos (33.119 frutos ha⁻¹) com lâmina de 760,21 mm. Os valores de K_c variaram de 0,43 a 1,04 com registro de máximo valor em 211 a 220 DAT. E o K_c médio obtido para a fase vegetativa foi de 0,57 e para fase de produção (floração e frutificação) de 0,94. Conclui-se que, as lâminas de irrigação mais adequadas para maracujazeiro amarelo se situam entre o equivalente 0,72*ET_o e 1,00*ET_o; as características morfofisiológicas de crescimento do maracujazeiro amarelo avaliadas, são influenciadas pela variação de lâminas de irrigação aplicada à cultura; a produtividade do maracujazeiro amarelo, peso médio e número de frutos são influenciados pela diferenciação de lâminas de irrigação aplicada à cultura.

Palavras – chave: *Passiflora edulis Sims f. flavicarpa*. Demanda hídrica. Manejo de água.

ABSTRACT

This work aims to determine the crop coefficient of the yellow passion fruit and to find irrigation levels that can raise the yield and quality of passion fruit production under the environmental conditions of the semiarid region of Piauí (Br). The experiment was conducted at the Projeto Piloto de Fruticultura Irrigada (Irrigated Fruit Culture Pilot Project) of the CODEVASF, in Santa Rosa, PI (06 ° 47 '56"S, 42 ° 17' 17"W). We used randomized blocks with six treatments and four replications, with four plants to a plot. The treatments (irrigation levels) were defined as percentages of the reference evapotranspiration (ET_o): T1 (25% ET_o), T2 (50% ET_o), T3 (75% ET_o), T4 (100% ET_o), T5 (125% ET_o) and T6 (150% ET_o). It was installed a battery with three tensiometers per treatment at depths of 0.10 m, 0.30 m and 0.50 m, to monitor the soil water. Determining the crop coefficient (K_c), we used the soil water balance, and for obtaining that, two batteries were installed, with tensiometers placed at depths of 0.10 m, 0.30 m 0.50 m within a radius of 0.30 m and 0.60 m from the stems of the plants in T4. The K_c values were estimated in the 41-240 days after transplanting (DAT). The irrigation levels of 408.25 mm (T1), 463.41 mm (T2) 535.11 mm (T3), 609.98 mm (T4), 704.71 mm (T5) and 826.02 mm (T6) were applied on performing the experiment. We evaluated the morphological and physiological growth variables of yellow passion fruit (plant height, stem diameter, number of internodes, leaf area, leaf number and leaf water potential) and production traits (yield, fruit number, fruit weight, fruit transverse diameter and fruit longitudinal diameter). Analysis of variance showed that the irrigation significantly influenced stem diameter (P <0.05) in assessments conducted in December 2009, January and February 2010; leaf area (P < 0.01) for assessments conducted from January to April 2010; number of leaves (P <0.05) for assessments conducted in March 2010 and (P <0.01) in April 2010; leaf water potential (P <0.01) at all testing times. Besides, the number of fruits (P <0.05), the average fruit weight (P <0.05) and the productivity (P <0.05) were found significantly responding to the irrigation level. Maximum yield (6763 kg ha⁻¹) was obtained in 60 days of harvest, ie 25% of potential annual production of passion fruit was obtained with an irrigation level of 763.80 mm...Estimating to its full potential to the first year of production we obtained a value of 27,052 kg ha⁻¹ yr⁻¹. As for the average fruit weight, it ranged from 0.207 kg (T6) to 0,159 kg (T1). The maximum number of fruits (33 119 fruit ha⁻¹) was obtained with an irrigation level of 760.21 mm. The K_c values ranged from 0.43 to 1.04 with a maximum recorded value at 211 to 220 DAT. The average K_c obtained at the vegetative stage, was 0.57, and the average K_c at the production stage (flowering and fruiting) was 0.94. Therefore: The irrigation level most suitable for the passion fruit must be between 72% and 100% ET_o; The assessed morphophysiological growth variables of the yellow passion fruit are influenced by the variation of irrigation level applied to culture; The yield, average weight and fruit number of the yellow passion plant are also influenced by the same variation of irrigation level.

Keywords: *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa*, Water Demand, Water management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Vista aérea do Projeto Piloto de Fruticultura Irrigada, Santa Rosa do Piauí.....	25
Figura 2	Curva de retenção de água da área experimental do maracujazeiro	26
Figura 3	Coleta dos dados meteorológicos na estação automática.....	26
Figura 4	Vista da área experimental do maracujazeiro amarelo, Santa Rosa do Piauí.....	27
Figura 5	Croqui simplificado da área experimental com detalhes após casualização das lâminas de irrigação e localização das baterias de tensiômetros.....	28
Figura 6	Detalhe da linha lateral de irrigação por gotejamento no maracujazeiro amarelo	29
Figura 7	Detalhe de uma muda de maracujazeiro amarelo em tubetes de plástico após desbastes.....	30
Figura 8	Detalhe do transplântio das mudas de maracujazeiro amarelo.....	30
Figura 9	Detalhe do sistema de condução dos ramos das plantas de maracujazeiro amarelo	31
Figura 10	Práticas de roçagem entre as fileiras do maracujazeiro amarelo.....	32
Figura 11	Distribuição dos tensiômetros em torno da planta e prática de escorva	36
Figura 12	Detalhe do medidor de área (A) e sua aplicação no campo (B	40
Figura 13	Câmara de pressão de Sholander (A) e sua aplicação no campo (B	41
Figura 14	Valores de lâminas de água aplicadas para o estabelecimento da cultura, aplicar fertilizantes, precipitação efetiva e irrigação para os diferentes tratamentos adotados.....	43
Figura 15	Perfil de umidade ($\text{cm}^{-3} \text{cm}^{-3}$) e potencial matricial do solo (MPa) à 0,10, 0,30 e 0,50 m de profundidade nos tratamentos T1 (i), T2 (ii), T3 (iii), T4 (iv), T5 (v), T6 (vi.....	45

Figura 16	Perfil de distribuição de umidade do solo, média de umidade e CAD na camada de 0,00 – 0,40 m nos tratamentos T1 (i), T2 (ii), T3 (iii), T4 (iv), T5 (v), T6 (vi).....	46
Figura 17	Efeito de lâminas de irrigação no diâmetro de caule do maracujazeiro amarelo no período de dezembro de 2009 a fevereiro de 2010	48
Figura 18	Efeito de lâminas de irrigação na área foliar do maracujazeiro amarelo no período de janeiro a abril de 2010	49
Figura 19	Efeito de lâminas de irrigação no número de folhas do maracujazeiro amarelo no período de março a abril de 2010	50
Figura 20	Efeito de lâminas de irrigação no potencial hídrico foliar do maracujazeiro no período de dezembro de 2009 a fevereiro de 2010	51
Figura 21	Efeito de lâminas de irrigação no número de frutos do maracujazeiro amarelo no período de 15 de março/2010 a 15 de maio/ 2010	53
Figura 22	Efeito de lâminas de irrigação no peso médio do fruto do maracujazeiro amarelo no período de 15 de março/2010 a 15 de maio/2010	54
Figura 23	Efeito de lâminas de irrigação na produtividade do maracujazeiro amarelo no período de 15 de março/2010 a 15 de maio/2010	55
Figura 24	Comportamento da ETo e ETc durante os dias de avaliação do consumo hídrico da cultura do maracujazeiro amarelo, no município de Santa Rosa do Piauí	60
Figura 25	Comportamento do coeficiente de cultivo (Kc) durante os dias de avaliação do consumo hídrico da cultura do maracujazeiro amarelo, no município de Santa Rosa do Piauí	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Definição dos tratamentos.....	27
Quadro 2	Distância do caule da planta e profundidade dos tensiômetros no solo.....	36
Quadro 3	Subgrupos com os respectivos intervalos de tempo	39
Quadro 5	Época, equações e coeficientes de determinação (R^2) para a área foliar (AF	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Caracterização físico-hídrica do solo da área experimental.....	25
Tabela 2	Resultado da análise química de água utilizada na irrigação do maracujazeiro.....	29
Tabela 3	Valores dos parâmetros do modelo de Van Genuchten nas respectivas camadas.....	37
Tabela 4	Valores médios mensais de temperatura (T), umidade relativa (UR), velocidade do vento (U_2), radiação líquida (R_n) e precipitação (P) e evapotranspiração de referência (E_{To}) total estimada pelo método Penman-Monteith no município de Santa Rosa do Piauí	42
Tabela 5	Síntese da análise de variância do efeito de diferentes lâminas de irrigação nas características morfofisiológicas do maracujazeiro amarelo, variedade redondo.....	48
Tabela 6	Síntese da análise de variância do efeito de diferentes lâminas de irrigação nas características de produção do maracujazeiro amarelo, variedade redondo	53
Tabela 7	Valores médios de irrigação (I), precipitação efetiva (P_e), armazenamento (h), drenagem (D) e evapotranspiração de cultura (E_{Tc}) para subgrupo de 10 dias, no município de Santa Rosa do Piauí	57
Tabela 8	Evapotranspiração de referência (E_{To}) e da cultura (E_{Tc}) do maracujazeiro, no período de 26/10/09 a 13/05/10	58
Tabela 9	Coefficiente de cultivo (K_c) do maracujazeiro amarelo determinado a partir da E_{Tc} obtida pelo tratamento (T4) em duas repetições com tensiômetros de punção e E_{To} obtida pelo método de Penman-Monteith no período de 26/10/09 a 13/05/10	61

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	A cultura do maracujá	17
2.2	Exigências edafoclimáticas e nutricionais do maracujazeiro	18
2.3	Conceituação e determinação da evapotranspiração	20
2.4	Irrigação e necessidade hídrica do maracujazeiro	21
3	MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1	Caracterização da área experimental	25
3.2	Caracterização do delineamento da área experimental	27
3.3	Caracterização da água de irrigação	29
3.4	Caracterização do sistema de irrigação	29
3.5	Plantio e manejo da cultura	30
3.6	Lâminas de irrigação	32
3.7	Determinação da umidade e monitoramento de água no solo	36
3.8	Variação de armazenamento e drenagem de água no solo	38
3.9	Determinação da evapotranspiração da cultura e do coeficiente de cultivo (kc)	38
3.10	Características morfofisiológicas avaliadas na planta	40
3.11	Características de produção avaliadas	41
3.12	Análise estatística	41
4	RESULTADO E DISCUSSÃO	42
4.1	Características climáticas no período	42
4.2	Lâminas de água e monitoramento da umidade do solo	43
4.3	Características morfofisiológicas de crescimento da planta	47
4.4	Características de produção	52
4.5	Evapotranspiração da cultura (ETc) do maracujazeiro amarelo	57
4.6	Coefficiente de cultivo (Kc) do maracujazeiro amarelo	60
5	CONCLUSÕES	63
	REFERÊNCIAS	64

1 INTRODUÇÃO

O maracujazeiro é uma fruteira bastante cultivada no Brasil e de bom retorno econômico para os produtores, o Brasil está inserido dentre os maiores produtores de maracujá do mundo, destacando-se como maiores produtores os estados da Bahia, Sergipe, São Paulo, Minas Gerais, Ceará, Alagoas, Rio de Janeiro e Pará (ANUÁRIO..., 2007). Já o estado do Piauí por apresentar solos com textura arenosa, possuir considerável potencial hídrico de boa qualidade e clima favorável pode-se fazer dessa região um excelente e promissor pólo para a produção de frutas tropicais sob regime de irrigação (IBGE, 2007).

O Brasil possui uma área de 47.032 ha com o cultivo do maracujá, com uma produção de 664.286 toneladas e rendimento médio em 14.124 Kg ha⁻¹ até meados de 2009, enquanto, o Piauí com uma área de 56 ha, produção em 807 toneladas e rendimento médio bem próximo ao nacional, com 14.414 Kg ha⁻¹ (IBGE, 2009). De acordo com Cavalcante et al. (2005) é uma cultura adequada às condições de solo e clima da região Nordeste. A baixa produtividade dos pomares é um dos principais problemas que acometem a cultura do maracujazeiro amarelo, sendo que a água é um dos fatores cruciais no manejo da cultura. Portanto, a prática da irrigação é indispensável principalmente em culturas localizadas em regiões subúmidas e semiáridas (COELHO, 1999). Como nas demais culturas, a irrigação para o maracujazeiro promove seu desenvolvimento, incrementa a produtividade e mantém o pomar produzindo uniformemente com frutos de boa qualidade (SILVA; KLAR, 2002; SOUSA et al., 2003). A irrigação por gotejamento é a mais adequada para a cultura, no entanto, segundo Ruggiero et al. (1996), independente do sistema de irrigação utilizado é preciso ter cuidados para não permitir que as plantas sejam submetidas a estresse hídrico e nem excesso de umidade.

Todavia, Sousa et al. (2003) destacam que para o maracujazeiro a falta de umidade no solo provoca a queda das folhas e dos frutos, principalmente no início de seu desenvolvimento, podem crescer com enrugamento, prejudicando a qualidade da produção, da mesma forma o excesso de umidade é prejudicial á cultura, acarretando doenças, queda de produção e qualidade dos frutos. O maracujazeiro responde muito bem a irrigação sendo preciso determinar o manejo adequado de irrigação para a cultura envolvendo principalmente necessidades hídricas, tensão ótima de umidade no solo e lâminas de irrigação adequadas (SOUSA et al., 2000). O manejo de água em culturas irrigadas tem como fundamento decidir quanto e quando irrigar, sendo que a quantidade de água aplicada é normalmente determinada

pela necessidade hídrica da cultura, podendo ser estimada por meio da evapotranspiração ou pela tensão de água no solo sendo fundamental o conhecimento da precipitação pluvial do local (SOUSA et al., 2001).

Para o monitoramento de água em uma cultura é preciso saber valores de variáveis que indiquem as necessidades hídricas. A demanda hídrica de uma região é representada pela Evapotranspiração de referência (ET_o), é um valor variável para cada região totalmente dependente das condições climáticas do local e para sua determinação atualmente são utilizados variáveis climatológicas com o auxílio de uma estação automática (MANTOVANI et al., 2007). Quanto à evapotranspiração da cultura (ET_c) esta pode ser estimada diretamente baseando-se no balanço hídrico em volume de solo conhecido e dentre os métodos de medida direta, os lisímetros se destacam por oferecer o maior nível de precisão para a determinação direta da evapotranspiração (PEREIRA et al., 1997). Já o coeficiente de cultivo (K_c) é teoricamente determinado pela relação entre ET_c e ET_o , é, portanto função de todos os fatores que interferem nessas duas variáveis, e varia de acordo com a cultura, com o estágio de desenvolvimento e com o método de estimativa da ET_o . O K_c deve ser ajustado para as diferentes condições edafoclimáticas locais (KLAR, 2001). De acordo com Villa Nova (1983 apud KOETZ, 2006) o índice de área foliar é a principal característica que pode resultar em diferentes valores de coeficiente de cultivo e é o fator biológico mais importante nesse processo, pois representa o tamanho da superfície transpirante.

Atualmente já existem vários trabalhos de pesquisas nesta área, porém, há ainda muito para se pesquisar e melhor definir as tecnologias de irrigação e manejo da cultura levando em conta principalmente as características edafoclimáticas que diferem bastante de região para região, com isto, beneficiando a produtividade e qualidade dos frutos conforme a variedade da cultura e do potencial local.

Este trabalho teve como objetivo determinar o coeficiente de cultivo do maracujazeiro amarelo e definir lâminas de irrigação capazes de elevar a produtividade da cultura e a qualidade da produção nas condições ambientais da região semiárida do Piauí.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do maracujá

O maracujazeiro pertence ao gênero *Passiflora* e família *Passifloraceae*, originária de regiões tropicais, e principalmente, da América Latina, e tem o Brasil como centro de origem de um grande número de espécies da família *Passifloraceae*, sendo o maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Degener*) o seu principal representante. É uma fruteira bastante cultivada no Brasil e de bom retorno econômico para os produtores. O Brasil está inserido dentre os maiores produtores de maracujá do mundo, destacando-se os estados da Bahia, Sergipe, São Paulo, Minas Gerais, Ceará, Alagoas, Rio de Janeiro e Pará (ANUÁRIO..., 2007). Apesar da expansão do cultivo do maracujazeiro, a produtividade nacional é muito variada e, na maioria das vezes, baixa, em relação ao potencial produtivo da cultura. Por isso, a literatura mostra que há necessidade de tecnologias no manejo de água e nutrientes para a cultura, capazes de proporcionar o aumento da produtividade e da qualidade dos frutos para melhor competir nos mercados nacionais e internacionais (SOUSA et al., 2001).

Essa planta, considerada extraordinária pela conformação de suas rubras flores, foi enviada de presente ao Papa Paulo V, que mandou cultivá-la com grande carinho em Roma e divulgar que ela representava uma revelação divina. Devido à beleza e a característica física de suas flores, a planta foi relacionada com a “Paixão de Cristo”. Desse detalhe surgiu o nome do seu gênero botânico (*Passiflora*), sendo “passio” para a paixão e “flos oris” o equ
RACUJÁ..., 2009). O gênero *Passiflora* é formado de 24 subgêneros e 465 espécies, das quais 150 a 200 originárias do Brasil podem ser utilizadas como alimentícias, medicinais e ornamentais, muitas das quais com finalidade múltipla (LIMA, 1999). O maracujazeiro é uma trepadeira de grande porte e de crescimento rápido. O caule é lenhoso e bastante lignificado na base e é no caule que estão às gemas vegetativas, que originam as folhas, as gavinhas e as flores. O sistema radicular é do tipo pivotante ou axial onde 73,0% à 85,5% das raízes secundárias estão concentradas na faixa de 15 cm a 45 cm de profundidade (SANTOS; RESENDE, 2006). A maior parte das raízes do maracujazeiro em produção, segundo Coelho (1999) vai até as profundidades de 35 a 45 cm, sendo que 60% à

80% das raízes são limitadas pela distância radial de 60 cm a partir do caule da planta, e no caso de irrigação por gotejamento, tem-se observado maior concentração de raízes num raio de 20 cm do tronco, até a profundidade de 20 cm. Em um trabalho realizado por Sousa et al. (2002), por gotejamento concluíram que o comprimento e a área radicular do maracujazeiro reduziram-se com a profundidade do perfil e os maiores valores se concentraram na camada de 0 – 40 cm á 50 cm de raio.

As flores são bissexuadas e protegidas por brácteas foliares. São compostas por cálice, corola, corona, androceu e gineceu (SANTOS; RESENDE, 2006). A flor do maracujazeiro amarelo é auto-estéril dependente da polinização cruzada para produzir frutos, apresenta dificuldade na polinização pelo vento, devido ao grande peso e a viscosidade do grão de pólen, necessitando de um agente transportador, sendo as mamangavas abelhas do gênero *Xylocopa* que efetuam a polinização. A polinização artificial, isto é, feita pelo homem é mais eficiente para pegamento de frutos podendo ser realizada no período da tarde, haja vista que as flores do maracujá amarelo abrem-se num período que vai das 12:30 às 15:00 horas, permanecendo abertas até às 18:00 horas (LIMA, 1999).

O fruto do maracujazeiro amarelo varia em formato, tamanho e cor da casca e geralmente quando maduros têm a casca amarelada e cerca de 6,0 á 12,0 cm de comprimento, sendo ácidos e utilizados no preparo de sucos e demais receitas e, conseqüentemente consumidos *in natura* (SANTOS; RESENDE, 2006).

2.2 Exigências edafoclimáticas e nutricionais do maracujazeiro

O maracujazeiro é cultivado e se desenvolve em vários tipos de solos desde o arenoso até o argiloso que seja profundo com mais de 60 cm sem impedimentos, de boa fertilidade e boa drenagem mantendo o solo com boa quantidade de oxigênio e evitar solos com lençol freático raso, evitando assim aparecimento de fusariose. Os terrenos para o cultivo devem ser planos a suavemente ondulados com declives menores que 8% (LIMA; CUNHA, 2004).

O Nordeste brasileiro possui condições climáticas, em termos de temperatura, umidade relativa e foto luminosidade, compatíveis ao desempenho vegetativo e produtivo do maracujazeiro amarelo (CAVALCANTE et al., 2005).

Os fatores climáticos afetam o crescimento e o desenvolvimento do maracujazeiro. Em experimentos realizados em casa de vegetação com cinco regimes de radiação utilizando tela de sombreamento, a área foliar total e o número de flores abertas diminuíram com a redução da radiação solar (LUCAS, 2002). A produtividade do maracujazeiro é bastante afetada pela radiação, a temperatura e número de horas de brilho solar. Fatores como estresse hídrico e deficiências nutricionais associados a dias curtos e baixas temperaturas do ar e do solo, restringem o crescimento e o potencial do maracujazeiro (SOUSA et al., 2003). A faixa adequada para a exploração do maracujá é de 20° C a 32° C, sendo ótima a faixa de 23° C a 27° C e em baixas temperaturas desenvolve queda prematura das flores, frutos e interrupção da produção. A umidade relativa do ar em torno de 60% é favorável ao desenvolvimento vegetativo e o estado fitossanitário do maracujazeiro (SANTOS; RESENDE, 2006). Segundo Koetz (2006) problemas relacionados com o clima, doenças, pragas e precipitação irregular ou irrigação deficitária, constituem fatores limitantes ao aumento da produtividade e em pesquisa com o maracujazeiro em Lavras, MG verificou-se que esses problemas poderão ser contornados com o emprego de irrigação adequada em ambiente protegido, possibilitando alta produtividade e qualidade, independente da estação do ano, clima ou região do país.

A baixa produtividade do maracujazeiro no Brasil está relacionada à prática de manejo incorreto ou ao desconhecimento da correção da acidez, fertilidade do solo e exigência nutricional das plantas (LIMA; CUNHA, 2004). A fertirrigação que é a aplicação de fertilizantes via água de irrigação tem contribuído de forma eficaz no estado nutricional das plantas e uma das maiores vantagens é a possibilidade de aplicar os nutrientes recomendados de forma parcelada de acordo com a necessidade da cultura (SOUSA et al., 2001). Estudos sobre a extração de nutrientes pelo maracujazeiro apresentam que o nitrogênio, potássio e cálcio são os mais absorvidos, sejam pelo maracujá amarelo como o roxo (LIMA; CUNHA, 2004). E segundo Haag et al. (1973) a quantidade total de nutrientes removida pela planta inteira, incluindo os frutos de maracujá amarelo aos 370 dias de idade, com 1500 plantas ha⁻¹, foi de 205 kg de N; 184 kg de K; 152 kg de Ca; 25 kg de S; 17 kg de P; 14 kg de Mg; 0,281 Kg de Mn; 0,779 Kg de Fe; 0,317 Kg de Zn; 0,296 Kg de B e 0,199 Kg de Cu por hectare. E em ratificação a estes parâmetros citados conforme Martinez et al. (2001 apud LIMA; CUNHA, 2004) o macronutriente mais consumido pelo maracujazeiro é o nitrogênio, seguido pelo cálcio, potássio, enxofre, fósforo e magnésio. Dentre os micronutrientes, o mais consumido é o manganês, seguido por ferro, zinco, boro e cobre. Até os 190 dias segundo Sousa et al. (2001) o N, K, Ca, S e o P são absorvidas em pequenas

quantidades, a partir daí só é crescente o N, K e o Ca e para os demais elementos o aumento só se verifica a partir do 250º dia.

Conforme, Rajj (1991) o bom aproveitamento dos fertilizantes pela planta depende muito de adequada disponibilidade de água. A absorção de alguns nutrientes é marcadamente prejudicada pela falta de água e o excesso de água pode causar lixiviação de nutrientes, tais como nitrogênio e potássio.

2.3 Conceituação e determinação da evapotranspiração

A evapotranspiração é definida como perda de água por meio da evaporação do solo e da transpiração das plantas. É um processo biofísico que envolve o conteúdo de água do solo, a passagem da água através da planta, a perda de água por transpiração através dos estômatos das folhas e o transporte de água na atmosfera por meio dos processos difusivos e turbulentos (RANA et al., 1997).

Há vários métodos os quais em sua maioria determinam a evapotranspiração, mas devido às características particular de cada cultura, a evapotranspiração também varia de cultura para cultura, daí a necessidade de definir a evapotranspiração para uma cultura de referência (ET_o), bem como a evapotranspiração potencial (ET_{pc}) e a real (ET_c) por cultura (BERNARDO et al., 2006). Conforme, Allen et al. (1998) a evapotranspiração de referência (ET_o) foi definida desde 1997 pela FAO (Food and Agricultural Organization) como uma cultura hipotética que cobre todo o solo, de porte baixo (12 cm), com ótimas condições de desenvolvimento, com albedo de 0,23 e uma resistência de superfície de 70 s m⁻¹. Mantovani et al. (2007) citam que este método-padrão necessita de muitos dados meteorológicos, mas, com o auxílio das estações meteorológicas automáticas que coletam e armazenam os dados meteorológicos, a utilização da equação de Penman-Monteith tem sido potencializada. A evapotranspiração potencial da cultura (ET_{pc}) é a evapotranspiração de determinada cultura quando não há restrição de umidade e nutriente no solo, de modo a permitir a produção potencial desta cultura no campo. E a evapotranspiração da cultura (ET_c) é definida como a quantidade de água evapotranspirada por uma cultura, sem obrigatoriedade do teor de umidade estar próximo a capacidade de campo (BERNARDO et al., 2006). De acordo com Allen et al. (1998) a ET_o pode ser determinado por diversas formas, mas foi tomado como padrão à equação de Penman-Monteith – FAO. Os meios para determinar a ET_o pode ser

através de lisímetros, controle da umidade no solo, evaporímetros como o Tanque Classe A sendo um dos mais utilizados e equações baseadas em dados meteorológicos como os de Blaney-Criddle, de Hargreaves e de Penman-Monteith (BERNARDO et al., 2006).

Nas condições climáticas e de solo da região do Vale do Curu, CE, Souza (2005) avaliou a ETo por cinco métodos: Penman-Monteith, Radiação Solar FAO, Tanque Classe A, Hargreaves – Samani e Blaney – Criddle, sendo que este último apresentou valores superiores e para Kc os valores foram muito semelhantes independente do método de estimativa da ETo para o maracujazeiro. Sousa et al. (2001) observa que a ETo depende das condições climáticas locais, portanto, diante de vários outros métodos de estimativa da ETo é preciso também escolher o método mais apropriado, caso não seja possível trabalhar com o método de Penman-Monteith no local.

2.4 Irrigação e necessidade hídrica do maracujazeiro

A irrigação é uma prática agrícola cujo propósito é manter adequado o estado hídrico das plantas para assegurar o desenvolvimento, a produtividade e a rentabilidade econômica. E Atualmente, mais da metade da população mundial depende de alimentos produzidos na agricultura irrigada e para que o objetivo da irrigação seja atingido deve-se adotar e praticar um manejo correto (BERNARDO et al., 2006).

A irrigação é indispensável para o maracujazeiro e o sistema de irrigação por gotejamento tem sido o mais adequado para a cultura do maracujá fornecendo a água próximo ao sistema radicular e servir ainda como fonte de fertirrigação (ARAÚJO, 2000). Com a aplicação sistemática de água favorece á cultura um contínuo florescimento e pegamento dos frutos, porém, com irrigações não frequentes e em quantidades não adequadas de água à produtividade e qualidade dos frutos caem bastante (SOUSA et al., 2001). E de acordo com Coelho (1999), a deficiência hídrica no solo afeta a área foliar, o comprimento dos ramos e nós, a emissão dos botões florais, o tamanho e o número de flores, no entanto, o estresse hídrico prejudica mais o desenvolvimento de brotos florais que a perda de flores ou frutos. Ruggiero et al. (1996), afirma que quando se utilizar da irrigação cuidados deve ser tomados para não permitir que as plantas sejam submetidas a estresse hídrico e excesso de umidade. Sousa et al. (2006) em um experimento com maracujazeiro amarelo aplicando quatro diferentes lâminas de água por gotejamento (467,55 mm, 709,74 mm, 944,22 mm e 1178,69

mm) obteve diferentes perfis de umidade abaixo e acima do valor referente à máxima capacidade de água disponível no solo com o menor e maior valor de lâmina aplicada, respectivamente, e ambos com menor produção.

A quantidade de chuva necessária a cultura está entre 800 mm a 1700 mm por ano, bem distribuídas, sendo que, no Nordeste brasileiro as chuvas na sua grande maioria não são bem distribuídas, requerendo a aplicação de água por meio da irrigação (SANTOS; RESENDE, 2006). Informações sobre necessidades hídricas da cultura do maracujá são atualmente escassas na literatura e entre as exigências ambientais indicam que a precipitação pluviométrica anual deve estar na faixa de 800 a 1750 mm e que a maximização da produção de frutos é em torno de 1320 mm a 1350 mm (LIMA; CUNHA, 2004).

Bernardo et al. (2006) explicam que é importante a precipitação pluvial efetiva ao se tratar de manejo de irrigação, pois a precipitação de fato efetiva dependerá do teor de umidade do solo imediatamente anterior à precipitação, isto é, com uma chuva após uma irrigação, praticamente não haverá efetividade e poucos dias após a irrigação, a quantidade efetiva será a lâmina que o solo poderá reter até que seu teor de umidade chegue à “capacidade máxima de água no solo”.

Manejar a irrigação significa monitorar indicadores que determinem a quantidade de água aplicada e o momento certo de se irrigar. Os indicadores mais comuns nessa ocasião são: umidade e tensão de água no solo. Existem muitos métodos utilizados na determinação ou estimativa destes indicadores, porém, os métodos mais comuns são o uso do tensiômetro e o método gravimétrico (AGUIAR E SILVA et al., 2005). Coelho (1999) explica que o momento da irrigação pode também ser determinado pelo potencial de água na folha apesar de ser um método menos acessível ao produtor que, no caso do maracujá em situação de estresse hídrico, situa-se próximo de -2480 kPa. Para cada situação ou tipo de solo valores de umidade adequados devem ser determinados. Para Staveley e Wolstenholme (1990) nas suas condições de pesquisa em clima e solo, observaram que o potencial de água no solo para a cultura do maracujazeiro deve ser superior a -0,0200 MPa (-20 kPa) e, durante períodos críticos de diferenciação de flores e pegamento de frutos é recomendado potencial matricial não inferior a -0,0150 MPa (-15 kPa). Reichardt (1990) verificou que a capacidade de campo (CC) em -10 kPa para solos arenosos possibilitam bom desenvolvimento e independente da cultura.

Informações sobre o estado energético da água no solo auxiliam bastante. Dos componentes do estado energético, o potencial matricial é o mais importante em manejo de irrigação que é função do seu conteúdo de umidade (Sousa et al., 2001). Sousa et al. (2006) verificaram que diferentes níveis de irrigação aplicados ao maracujazeiro influenciaram os perfis de distribuição temporal do potencial matricial, promovendo diferenças no teor de umidade na zona radicular e constataram que valores de potencial matricial abaixo de $-0,01445$ MPa ou $(-14,45$ kPa) e acima de $-0,00357$ MPa ou $(-3,57$ kPa) afetam negativamente os parâmetros de produção do maracujazeiro.

Embora a literatura evidencie que o maracujazeiro responde bem a aplicação de água, isso só é possível adotando um manejo adequado de irrigação, pois a quantidade de água a ser aplicada é geralmente determinada pela necessidade hídrica da cultura, sendo esta, função da demanda evaporativa do local e da cultura (SOUSA et al., 2001).

A importância do balanço hídrico como ferramenta para avaliar a intensidade das saídas e entradas de água no solo, está relacionada não só aos fatores que o compõem (evapotranspiração, precipitação e drenagem) como também, ao conhecimento das fases de crescimento e de produção da cultura, isto é, sua fenologia (CINTRA et al., 2005). O balanço de água no solo é um sistema contábil de entrada e saída de água num dado volume de solo regido pelo princípio de conservação de massa (Pereira et al., 1997). A precipitação afeta o balanço de água no solo, como não é recomendado, para o maracujazeiro solos com ascensão capilar, somente a precipitação deve ser considerada e se a chuva for superior a capacidade de água disponível (CAD), considera-se somente o que o solo armazena e o restante é perdido por drenagem superficial ou profunda (Sousa et al., 2001). De acordo com Andrade et al. (2010) a CAD de maneira simplificada é calculada pela diferença entre a umidade na capacidade de campo (CC) e a umidade no ponto de murcha permanente (PMP), multiplicada pela profundidade efetiva do sistema radicular.

Diversos trabalhos já foram conduzidos com intuito de determinar a ET_c ou a ET_o , fazendo-se o uso de diferentes métodos como o de lisímetro de drenagem (SOUSA et al., 2000a), lisímetro de pesagem (MIRANDA et al., 1999; SILVA et al., 2003) como o de balanço hídrico (SOUZA et al., 2009; MONTENEGRO et al., 2004; FREITAS; BEZERRA, 2004). A ET_o e a ET_c representa a demanda evaporativa do meio e da planta cultivada, respectivamente, e a relação entre ET_c e ET_o expressa o coeficiente de cultivo (K_c) e que varia de acordo com as características e estágio de desenvolvimento da planta e com a variação dos elementos climáticos (PEREIRA; ALLEN, 1997). Como não se pode utilizar um

único valor de K_c para todas as situações climáticas, Allen et al. (1998) propõem ajustamentos em função das condições climáticas locais.

Souza et al. (2009), em experimento com o maracujazeiro amarelo no norte do Ceará registrou valor de K_c pelo método de Penman-Monteith – FAO em 0,65 e 1,25 na fase de desenvolvimento vegetativo e de produção, respectivamente, e Silva et al. (2006) em Piracicaba, SP, obtiveram para o maracujazeiro coeficiente de cultivo (K_c) de 0,60 e 1,20 para fase vegetativa e de produção, respectivamente. E Alencar (2000), obteve valores de K_c que variaram entre 0,51 e no máximo 1,10 no período de 180 dias após transplântio (DAT). Sousa et al. (2000a) apresentaram valor médio máximo de K_c em 1,16 determinados pelo método de Penman-Monteith – FAO.

Martins (1998), num experimento nas condições edafoclimáticas do Rio de Janeiro com plantas de maracujazeiro obteve valor de K_c de 0,4 aos 60 (DAT) e 0,75 no período de produção (após 120 DAT). Silva e Klar (2002), em um trabalho realizado com o maracujazeiro amarelo em lisímetros de lençol freático constante, em Botucatu, SP, encontraram valores de K_c entre 0,42 e 1,12 com valor máximo registrado entre 200 e 210 DAT.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi realizado em área do Projeto Piloto de Fruticultura Irrigada do Vale do Parnaíba, localizado no município de Santa Rosa do Piauí com latitude e longitude de 06°47'56''S e 42°17'17''W, respectivamente, com altitude de 187 m instalado pela Companhia de Desenvolvimento das Bacias dos Vales dos Rios São Francisco e Parnaíba – CODEVASF (Figura 1).



Figura 1 – Vista aérea do Projeto Piloto de Fruticultura Irrigada, Santa Rosa do Piauí.

O solo da área experimental é classificado como Neossolo Litólico Distrófico de textura areia franca (SANTOS et al., 2006). Para a sua caracterização física, química e hídrica (Tabela 1) foram coletadas amostras das camadas de 0,00 - 0,20; 0,20 - 0,40 e 0,40 - 0,60 m e a curva de retenção de água no solo (Figura 2), conforme Embrapa (1997).

Tabela 1 - Caracterização físico-hídrica do solo da área experimental

Camada (m)	CC (cm cm ⁻³)	PM	Densidade (g cm ⁻³)	Argila	Silte (g kg ⁻¹)	Areia
0,00-0,20	0,1886	0,0270	1,44	136	214	650
0,20-0,40	0,1526	0,0320	1,48	176	109	715
0,40-0,60	0,1738	0,0380	1,55	129	133	738

Capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP).

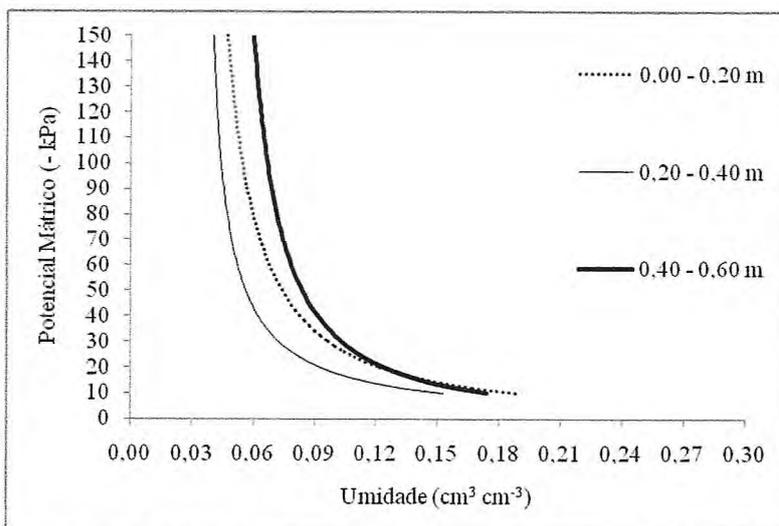


Figura 2 - Curva de retenção de água da área experimental do maracujazeiro.

Segundo a classificação de Köppen a região é do tipo BSw'h', o clima é tropical semiárido (quente e seco), a região apresenta temperatura média de 29° C, umidade relativa média do ar 67% e precipitação pluviométrica média de 812 mm, com período chuvoso de novembro a abril.

Os valores diários da temperatura do ar, da umidade relativa do ar, da precipitação pluviométrica e da evapotranspiração de referência medidas no período de execução foram obtidos na estação meteorológica da Embrapa Meio-Norte (Figura 3), instalada a cerca de 300 m da área experimental.



Figura 3 – Coleta dos dados meteorológicos na estação automática.

3.2 Caracterização do delineamento da área experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com seis tratamentos (lâminas de irrigação estimadas a partir de percentuais da ETo) com quatro repetições (Quadro 1). Com 744 plantas cultivadas e 36 plantas por parcela e dessas para as medidas de características morfológicas e fisiológicas, utilizou-se 4 plantas por parcela.

Tratamentos	Definição em percentual da ETo
T1	0,25 * ETo
T2	0,50 * ETo
T3	0,75 * ETo
T4	1,00 * ETo
T5	1,25 * ETo
T6	1,50 * ETo

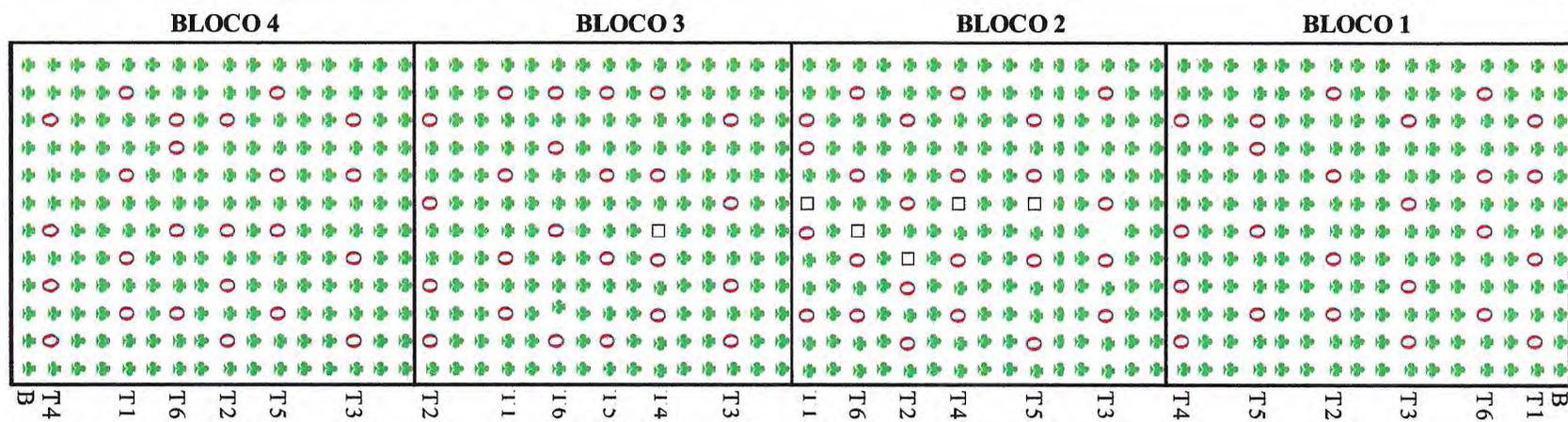
Quadro 1 – Definição dos tratamentos.

A área experimental total foi de 48,0 m por 152,5 m (7.320 m²). Em sentido leste á direita cultivo de limão Taiti, à esquerda de caju anão precoce e na frente e com limite de fundo mata nativa. A Figura 4 apresenta uma vista do experimento com plantas de maracujazeiro amarelo em produção.



Figura 4 - Vista da área experimental do maracujazeiro amarelo, Santa Rosa do Piauí.

A seguir a Figura 5 apresenta o detalhamento da área experimental com disposição dos blocos e tratamentos (lâminas de irrigação) já casualizados.



Legenda:

♣ Planta de maracujazeiro; ○ Plantas úteis de maracujazeiro.

□ Planta onde foram instalados tensiômetros de punção.

■ Estação de irrigação (cavalete).

B = Linha de bordadura externa; **T** = Tratamento que recebe a lâmina de água.

Figura 5 - Croqui simplificado da área experimental com detalhes após a casualização das lâminas de irrigação e localização das baterias de tensiômetros

3.3 Caracterização da água de irrigação

A água utilizada para irrigação foi proveniente de poço artesiano e suas características químicas encontram-se na Tabela 2, determinadas após o sistema de filtragem.

Tabela 2 - Resultado da análise química de água utilizada na irrigação do maracujazeiro

Material analisado	pH (H ₂ O)	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na	K	HCO ₃	CO ₃	Cl	C.E dS m ⁻¹	RAS
Água	8,38	1,23	1,38	2,16	0,19	0,48	0,16	3,8	0,34	1,89

3.4 Caracterização do sistema de irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento com três gotejadores por planta espaçados de 0,40 m e 0,20 m do caule da planta. O sistema de irrigação foi constituído por Cabeção de Controle (com registros, válvula injetor de fertilizantes), linhas de derivação com tubos de PVC com diâmetro de 50 mm, linhas laterais de polietileno com diâmetro de 16 mm e gotejadores tipo Katif com vazão de 4,0 L h⁻¹ e pressão de serviço 10 mca (Figura 6).



Figura 6 – Detalhe da linha lateral de irrigação por gotejamento no maracujazeiro amarelo.

3.5 Plantio e manejo da cultura

O preparo do solo constou de limpeza da área e de duas gradagens com aplicação e incorporação de $2,0 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário dolomítico 60 dias antes do transplântio das mudas. As covas foram abertas no espaçamento de $4,0 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$ e nas dimensões de $0,50 \text{ m} \times 0,50 \text{ m} \times 0,50 \text{ m}$. A adubação de fundação foi feita na cova aplicando 20 litros de esterco de curral, 1,0 kg de P_2O_5 (Super simples) e 50 g de FTE BR 12 (2,17% de B, 0,80% de Cu, 3,85% de Fe, 3,48% de Mn, 0,13% de Mo e 9,24% de Zn). Foi utilizada mudas de maracujazeiro (*Passiflora edulis Sims var. flavicarpa Deg.*), variedade amarelo redondo, preparada em bandejas plásticas com tubetes (Figura 7). O transplântio das mudas foi realizado 32 dias após o preparo das covas em 15 e 16 de setembro de 2009 (Figura 8).



Figura 7 – Detalhe de uma muda de maracujazeiro amarelo em tubetes de plástico após desbastes.



Figura 8 – Detalhe do transplântio das mudas de maracujazeiro amarelo.

As adubações de formação e de produção foram realizadas á base de nitrogênio (N) e de potássio (K), aplicadas através da água de irrigação com frequência de sete dias. A adubação nitrogenada utilizando uréia foi realizada com base na aplicação de $320 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, e a adubação potássica foi realizada com cloreto de potássio, aplicando 475 kg ano^{-1} conforme recomendação de Haag et al. (1973), adaptado por Sousa (2000). Durante o período do experimento (oito meses) foram aplicados 68,8% e 41,2% da dose total de N e K, respectivamente.

O sistema de sustentação das plantas foi feito com espaldeiras verticais, com espaçamento de 4,0 m entre plantas e 2,5 m entre linhas, utilizando-se um fio de arame liso nº 12 preso e esticado por mourões á aproximadamente 1,80 m da superfície do terreno. As plantas jovens foram tutoradas com barbante preso ao solo e ao arame, conduzidas com haste única até a altura do fio de arame. Aos 20 dias após transplântio (DAT) procedeu-se á poda de formação com as desbrotas dos ramos laterais da haste principal e por volta dos 60 DAT fez-se a eliminação da gema apical á 0,10 m acima do arame, estimulando as brotações laterais que foram conduzidas para os dois lados do arame (Figura 9).



Figura 9 – Detalhe do sistema de condução dos ramos das plantas de maracujazeiro amarelo.

Com o aparecimento das gavinhas, as mesmas foram eliminadas quinzenalmente a fim de evitar o entrelaçamento na haste e nos ramos produtivos, facilitando assim o trabalho de coleta de dados.

O controle das ervas daninhas entre as fileiras de plantio foi realizado quinzenalmente por meio de roço pelo micro trator (Figura 10) e nas linhas de plantio por meio de capinas manuais com uma faixa ao redor de 0,90 m.



Figura 10 – Práticas de roçagem entre as fileiras do maracujazeiro amarelo.

Quanto ao controle de pragas foi utilizado o inseticida Folsuper nas doses de 10 ml em 20 litros d'água com aplicação desde as mudas no viveiro até o seu transplântio e, após o transplântio das mudas foram utilizados a calda bordaleza e ou a pasta bordaleza, principalmente nos processos de podas dos ramos laterais na haste principal, gemas apicais e gavinhas.

A polinização foi feita de forma manual, retirando-se o pólen da flor de uma planta e polinizando-se a flor de outra planta. O procedimento foi sempre realizado no início da tarde, entre 13 e 15 horas, período em que o pólen se encontrava apropriado para a atividade.

3.6 Lâminas de irrigação

Diariamente na estação agrometeorológica automática instalada na área do projeto foram coletados os dados referentes às características climáticas (umidade relativa, temperatura, velocidade e direção do vento, radiação solar e radiação líquida) necessários à estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) pelo método de Penman-Monteith padronizado por Allen et al. (1998), conforme equação 1.

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (1)$$

Em que:

ET_o é a Evapotranspiração de referência (mm dia^{-1});

R_n é a radiação líquida na superfície da cultura ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$);

G é a fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$);

Δ é a inclinação da curva pressão vapor versus temperatura do ar ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$);

U_2 é a velocidade do vento medida a dois metros de altura (m s^{-1});

T é a temperatura ($^\circ\text{C}$);

e_s é a pressão de saturação do vapor d'água (kPa);

e_a é a pressão atual do vapor d'água (kPa);

γ é a constante psicrométrica (MJ kg^{-1}).

Como na irrigação localizada a área molhada é menor que a área total, foi utilizada um coeficiente de redução (K_r), assim, corrigindo a área total (AT) com 10 m^2 ($4,0 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$). A equação 2 para o coeficiente de redução segundo Vermeiren e Jobling (1997):

$$K_r = (C_s + 0,1) \quad (2)$$

Em que:

K_r é o coeficiente de redução (adimensional);

C_s é o índice de sombreamento do solo, que varia de 0,1 a 1,0.

O índice de sombreamento foi efetuado através da relação da área sombreada pela planta e a área total ocupada pela mesma planta (AS/AT), sendo que a área sombreada foi efetuada pelo produto do comprimento da planta ($4,0 \text{ m}$) e a largura da copa da planta, o valor da largura da copa sendo pré-determinada em $0,20 \text{ m}$; $0,30 \text{ m}$ e $0,40 \text{ m}$; valores estes observados em campo nos períodos de (1 a 120 DAT), (121 a 197 DAT) e (198 a 240 DAT), respectivamente. Estes valores foram observados e identificados no campo com uma trena no horário de meio-dia com medição *in loco* da largura da sombra proporcionada pela copa da planta no solo.

R14041013

Antes do início do experimento avaliou-se a uniformidade de distribuição de água no sistema de irrigação utilizado, medindo-se a vazão dos gotejadores ao longo das linhas laterais e a pressão de serviço. A uniformidade de distribuição foi avaliada pela equação de Christiansen, conforme, Bernardo et al. (2006). O coeficiente (CUC) encontrado foi de 91%. O CUC foi obtido pela equação 3:

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - \bar{q}|}{n\bar{q}} \right) \quad (3)$$

Onde:

CUC é o coeficiente de uniformidade de Christiansen, em porcentagem;

q_i é a vazão de cada gotejador ($L h^{-1}$);

\bar{q} é a vazão média dos gotejadores ($L h^{-1}$);

n é o número de gotejadores.

O volume de água (Equação 4) aplicado durante a realização do experimento foi calculado por meio da avaliação de diferentes tratamentos (lâminas de irrigação) estimadas a partir de percentuais da ETo : Tratamento 1 – $0,25 \cdot ETo$; Tratamento 2 – $0,50 \cdot ETo$; Tratamento 3 – $0,75 \cdot ETo$; Tratamento 4 – $1,00 \cdot ETo$; Tratamento 5 – $1,25 \cdot ETo$; e Tratamento 6 – $1,50 \cdot ETo$.

$$V = (ETo \times P \times Kr \times AT) / Ef \quad (4)$$

Em que:

V é o volume de água (L);

ETo é a evapotranspiração de referência ($mm dia^{-1}$);

(P) é a percentagem (em decimal) correspondente ao tratamento, sendo $P = 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 1,25$ e $1,50$;

Kr é o coeficiente de redução de área,

AT é a área total ou área ocupada pela planta (m^2),

Ef é a eficiência de irrigação (0,91).

Efetuada a conversão do volume de água aplicado (L) por lâmina (mm), conforme equação 5, conseqüentemente, obteve o tempo de irrigação para cada tratamento em minuto pela equação 6.

$$L_a = V / AT_c \quad (5)$$

Em que:

L_a é a lâmina aplicada (mm);

V é o volume de água (L);

AT_c é a área total da planta corrigida (m^2), pelo K_r .

$$T_i = \left(\frac{V}{n \times q} \right) \times 60 \quad (6)$$

Em que:

T_i é o tempo de irrigação (minuto);

V é o volume de água (L);

n é o número de gotejador por planta;

q é a vazão do gotejador ($L h^{-1}$).

As precipitações foram consideradas nos cálculos das lâminas de irrigação, em que a precipitação efetiva (Pe) foi deduzida da precipitação total e que segundo Sousa et al. (2001) se a chuva for superior a capacidade de água disponível, considera-se somente o que o solo armazena e o restante é perdido por drenagem superficial ou profunda. E a lâmina pluvial efetivada é função principalmente da umidade atual do solo (MANTOVANI et al., 2007).

Portanto, para a estimativa da Pe (mm), foi calculada a redução permissível de água disponível do solo, ou seja, $(CC - PM) \times z$ que foi tomado como valor limite da Pe e calculada a umidade atual ($cm^3 cm^{-3}$) no período, na profundidade (z) de 400 mm. As lâminas foram calculadas a partir de percentuais da evapotranspiração de referência ($ET_o \times \%$) conforme cada tratamento e devido ao adicional da lâmina efetivada pela chuva, que por várias vezes não se houve necessidade de irrigação, assim a necessidade de se irrigar foi feita fazendo a comparação: se $Pe > (ET_o \times \%)$ não havia necessidade de irrigação e se $Pe < (ET_o \times \%)$ a irrigação era feita aplicando o valor que faltara de acordo com cada tratamento.

O período inicial de 60 DAT foi destinado ao pegamento e estabelecimento da cultura, portanto, não foram diferenciados os volumes de água aplicados aos tratamentos.

3.7 Determinação da umidade e monitoramento de água no solo

Foi-se instalada uma bateria com três tensiômetros de punção em todos os tratamentos (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) nas profundidades de 0,10 m; 0,30 m e 0,50 m a uma distância de 0,30 m do caule (Figura 11).

Para a determinação do coeficiente de cultivo (K_c) utilizou-se o T4 (100% E_{To}) com duas baterias, isto é, seis tensiômetros sendo instalados nas mesmas profundidades, porém, em distâncias de 0,30 m e 0,60 m do caule da planta.



Figura 11 – Distribuição dos tensiômetros em torno da planta e prática de escorva.

Tensiômetros instalados em torno da planta em disposição horizontal e vertical, com suas respectivas medidas como mostra em detalhes o Quadro 2.

Distância do caule da planta (m)					
0,30			0,60		
Profundidade (m)					
0,10	0,30	0,50	0,10	0,30	0,50

Quadro 2 – Distância do caule da planta e profundidade dos tensiômetros no solo.

O monitoramento da umidade no perfil do solo foi realizado diariamente entre 7 e 9 horas da manhã sempre antes da aplicação de água de irrigação e utilizou-se o tensímetro digital de punção para registro das leituras de tensões no solo.

Os valores das leituras foram convertidos em potencial matricial de água no solo ($-\Psi_m$) na unidade de kPa utilizando a equação 7 e posteriormente com os parâmetros do modelo descrito por Van Genuchten (1980) (equação 8), foram obtidas conforme Dourado Neto et al. (1995) com o auxílio do software SWRC versão 3.0 (Soil Water Retention Curve), cujos parâmetros de ajuste descritos na Tabela 4, determinou-se os teores de umidade para as camadas de 0,0 – 0,20 m; 0,20 – 0,40 m e 0,40 – 0,60 m.

$$\Psi_m = (L_t / 10) - (h_c \times 0,09807) \quad (7)$$

Em que:

Ψ_m é o potencial de água no solo (kPa);

L_t é a leitura no tensímetro (mbar);

h_c é a altura da coluna de água no tensiômetro (cm).

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (|\Psi_m| \times \alpha)^n\right]^m} \quad (8)$$

Em que:

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

θ_r é a umidade residual ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

θ_s é a umidade de saturação ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

Ψ é o potencial de água no solo (kPa);

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

Tabela 3 - Valores dos parâmetros do modelo de Van Genuchten nas respectivas camadas

Camada (m)	θ_r ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	θ_s ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	α (cm^{-1})	m	n	ρ (g cm^{-3})
0,00 - 0,20	0,027	1,047	1,096	0,1951	3,9448	1,44
0,20 - 0,40	0,032	1,050	0,845	0,2250	4,4429	1,48
0,40 - 0,60	0,038	1,056	1,9734	0,2154	3,1355	1,55

3.8 Variação de armazenamento e drenagem de água no solo

Para organização dos cálculos, o armazenamento de água nas camadas do solo (z) foi classificado em h_1 (0,0 - 0,20 m), h_2 (0,20 - 0,40 m) e h_3 (0,40 - 0,60 m), sendo, calculado o armazenamento de água (h) no solo por camada e total nas faixas 30 e 60 cm de distância do caule da planta da seguinte forma: h_1 (mm) = umidade ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) x z (mm); h_2 (mm) = umidade ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) x z (mm); h_3 (mm) = umidade ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) x z (mm) e h total = $h_1 + h_2$ (mm), isto é, para profundidade de 400 mm.

Com os dados de umidade nas respectivas camadas, determinou-se o armazenamento de água no solo (h) e sua variação (Δh) equação 9 (LIBARDI, 2005) num intervalo de tempo diário, para profundidade de 400 mm num seguinte procedimento:

$$\Delta h = h_{(t_2)} - h_{(t_1)} \quad (9)$$

Em que:

Δh é a variação de armazenamento de água no período de 1 dia (mm);

$h_{(t_1)}$ é a armazenagem no início do período (t_1) (mm);

$h_{(t_2)}$ é a armazenagem no fim do período (t_2) (mm).

Com o armazenamento de água na camada h_3 (0,40 - 0,60 m) foi calculado sua variação de armazenamento diariamente, sendo tomada como lâmina drenada e o armazenamento e drenagem total foram obtidos pelas duas faixas de 0,30 e 0,60 m de distância do caule da planta.

3.9 Determinação da evapotranspiração da cultura e do coeficiente de cultivo (K_c)

Os dados de tensão de água no solo que foram determinados nos tensiômetros foram utilizados para realizar o balanço de água no solo e estimar a evapotranspiração da cultura (ET_c). A equação 10 utilizada foi a seguinte:

$$ET_c = (I + P_e) - h - D \quad (10)$$

Em que:

I é a lâmina total de irrigação no período (mm);

P é a precipitação efetiva no período (mm);

D é a lâmina de drenagem no período (mm);

h é o armazenamento de água no período (mm).

A evapotranspiração do maracujazeiro foi determinada no período de 41 DAT à 240 DAT. O período em estudo foi dividido em 20 subgrupos de 10 dias (Quadro 3).

Subgrupos	Dias após transplântio (DAT)	Data (Dia/mês/ano)
1	41 – 50	26/10/09 a 04/11/09
2	51 – 60	05/11/09 a 14/11/09
3	61 – 70	15/11/09 a 24/11/09
4	71 – 80	25/11/09 a 04/12/09
5	81 – 90	05/12/09 a 14/12/09
6	91 – 100	15/12/09 a 24/12/09
7	101 – 110	25/12/09 a 03/01/10
8	111 – 120	04/01/10 a 13/01/10
9	121 – 130	14/01/10 a 23/01/10
10	131 – 140	24/01/10 a 02/02/10
11	141 – 150	03/02/10 a 12/02/10
12	151 – 160	13/02/10 a 22/02/10
13	161 – 170	23/02/10 a 04/03/10
14	171 – 180	05/03/10 a 14/03/10
15	181 – 190	15/03/10 a 24/03/10
16	191 – 200	25/03/10 a 03/04/10
17	201 – 210	04/04/10 a 13/04/10
18	211 – 220	14/04/10 a 23/04/10
19	221 – 230	24/04/10 a 03/05/10
20	231 – 240	04/05/10 a 13/05/10

Quadro 3 - Subgrupos com os respectivos intervalos de tempo.

O coeficiente de cultivo (K_c) foi determinado pela relação descrita na equação 11 entre a evapotranspiração de cultura e a evapotranspiração de referência, determinados através do balanço hídrico e pela estação meteorológica automática, respectivamente.

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (11)$$

3.10 Características morfofisiológicas avaliadas na planta

As medidas das características morfofisiológicas de crescimento foram realizadas em intervalos médios de 30 dias.

Quanto à morfologia da planta foram avaliados o diâmetro do caule (mm) na altura de 0,5 m, 1,0 m e 1,5 m acima do solo utilizando um paquímetro digital; altura da planta (cm) foi medida com uma trena a partir do nível do solo; número de internós (unidade) na haste principal das plantas foram contados de forma manual a partir do primeiro nó situado a 10 cm acima do nível do solo até o nó mais próximo da gema apical; o diâmetro longitudinal e transversal (cm) dos frutos foram medidos por meio de um paquímetro digital.

O número de folhas (unidade) e a área foliar ($\text{m}^2 \text{ planta}^{-1}$) foram determinados por meio de um medidor de superfície portátil, modelo LI 3000 A (Figura 12 A). As folhas foram medidas individualmente e os valores armazenados em um leitor digital e que permite medir área foliar no campo sem destruí-las (Figura 12 B).

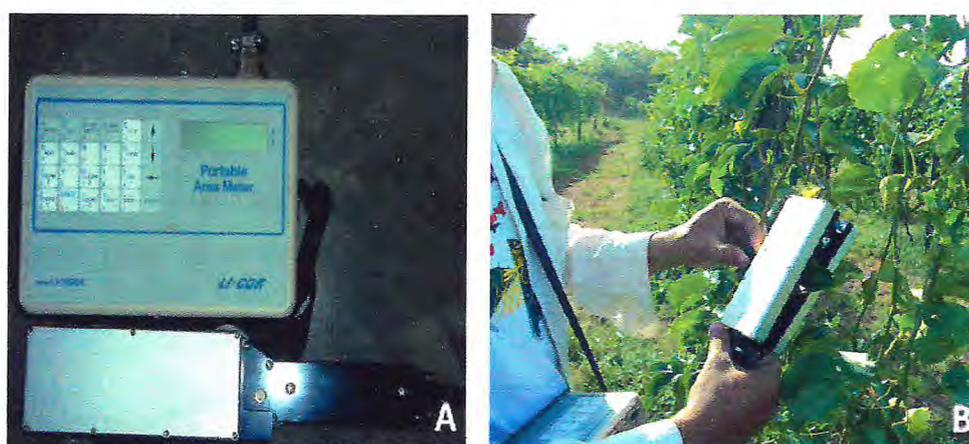


Figura 12 – Detalhe do medidor de área (A) e sua utilização no campo (B).

Quanto ao parâmetro físico hídricos da planta foi avaliado o potencial hídrico foliar utilizando uma câmara de pressão de Sholander com unidade de medida de pressão em kPa (Figura 13 A).

Em cada planta selecionada, abstraiu-se uma folha com seu pecíolo localizada em torno do terço médio da planta. Este trabalho foi sempre efetuado no campo (Figura 13 B) nos horários da tarde (entre 15:00 e 17:00 horas).

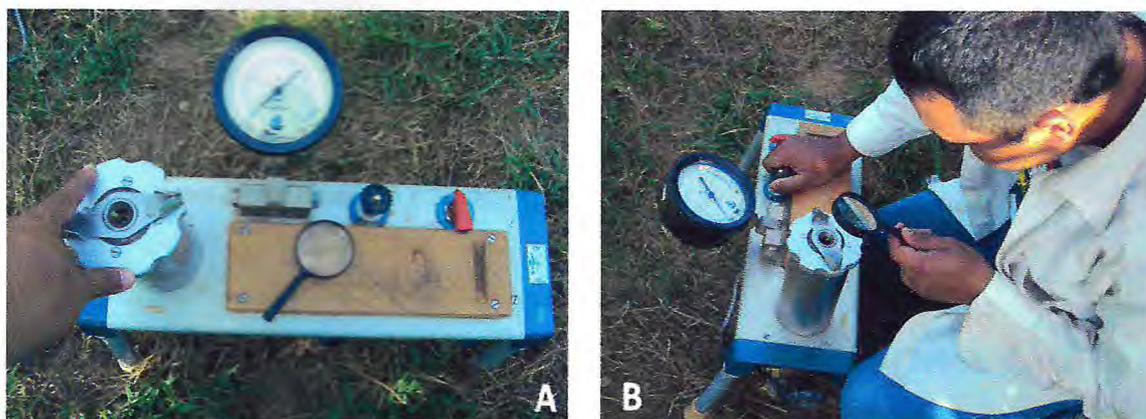


Figura 13 – Câmara de pressão de Sholander (A) e sua aplicação no campo (B).

3.11 Características de produção avaliadas

O período de colheita durou por volta de 60 dias, isto é, 25% do seu potencial total anual de produção. A maioria dos frutos foi colhida ainda na planta no estágio caracterizado pelo início da mudança de cor verde para amarela e a exceção se deu aos frutos caídos que eram colhidos diariamente e também identificados por tratamento e planta. Foram avaliados número de frutos (unidade); peso médio dos frutos (kg) e pesados individualmente em uma balança de precisão e depois medidos com um paquímetro digital o diâmetro longitudinal e transversal (cm) do fruto. Foi-se obtida média de produção por hectare para cada tratamento (lâminas de irrigação) ao final da colheita.

3.12 Análise estatística

Os Dados obtidos foram submetidos à análise estatística utilizando-se o software SAS (Sistema de Análise Estatística). Inicialmente feita a análise de variância (Quadro 4) e avaliado o nível de significância pelo teste F e em seguida análise de regressão.

CAUSA DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE
Tratamento	5
Blocos	3
Resíduo	15
TOTAL	23

Quadro 4 – Esquema de análise de variância para delineamento de blocos casualizados.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 Características climáticas no período

Foram coletados dados diários de variáveis meteorológicas (Tabela 4) que deram subsídios ao cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o), utilizando o método de Penman-Monteith, padronizado pela FAO. Todos os dados necessários foram registrados pela estação meteorológica automática da Embrapa Meio-Norte, instaladas próximo a área experimental.

Tabela 4 - Valores médios mensais de temperatura (T), umidade relativa (UR), velocidade do vento (U₂), radiação líquida (R_n) e precipitação (P) e evapotranspiração de referência (ET_o) total estimada pelo método Penman-Monteith no município de Santa Rosa do Piauí

Mês / ano	T (°C)	UR (%)	U ₂ (m s ⁻¹)	R _n (MJ m ⁻²)	P (mm)	ET _o (mm)
Setembro/09*	29,5	41,2	0,745	5,42	1,0	45,5
outubro/09	28,8	57,4	0,821	4,87	51,8	71,3
novembro/09	29,0	56,3	0,834	4,99	35,4	74,4
dezembro/09	27,4	70,0	0,603	4,15	60,4	57,7
janeiro/10	25,8	83,2	0,441	4,25	114,8	45,9
fevereiro/10	27,2	77,6	0,528	4,46	74,8	48,6
março/10	26,5	86,0	0,217	4,26	236,4	43,4
abril/10	26,4	84,5	0,400	4,09	157,1	46,5
Mai/10**	26,4	85,2	0,381	4,17	75,0	22,1
Total	-	-	-	-	806,5	455,4

*Dados coletados de 16-30/09/09; **Dados coletados de 01-13/05/10.

Durante o experimento foram registrados 806,50 mm de precipitação total, valor este considerado como nível mínimo de chuvas (sem aplicação de irrigação) para o desenvolvimento da cultura do maracujazeiro (RUGGIERO et al., 1996; SANTOS; RESENDE, 2006), isto se a precipitação for uniforme e bem distribuída, porém neste caso as chuvas na região não tiveram este comportamento, havendo muitas oscilações com várias semanas seguidas sem chuvas, característica própria do semiárido.

4.2 Lâminas de água e monitoramento da umidade do solo

O período inicial de 60 DAT foi destinado ao estabelecimento da cultura, portanto, não foram diferenciadas as lâminas de água aplicadas aos tratamentos. A partir dos 61 até os 240 DAT as quantidades d'água foram diferenciadas de acordo com os tratamentos 1, 2, 3, 4, 5 e 6, respectivamente, 25%, 50%, 75%, 100%, 125% e 150% da ETo.

A quantidade de água total aplicada por gotejamento na cultura do maracujazeiro amarelo durante os 240 dias foi feita quando na fertirrigação (aplicação não diferenciada), na irrigação propriamente dita e incluindo a lâmina efetivada pela chuva, assim, resultando na aplicação das lâminas de 408,25 mm, 463,41 mm 535,11 mm, 609,98 mm, 704,71 mm e 826,02 mm para os respectivos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5 e T6. O somatório dessas três maneiras de entrada de água no experimento está apresentado na Figura 14.

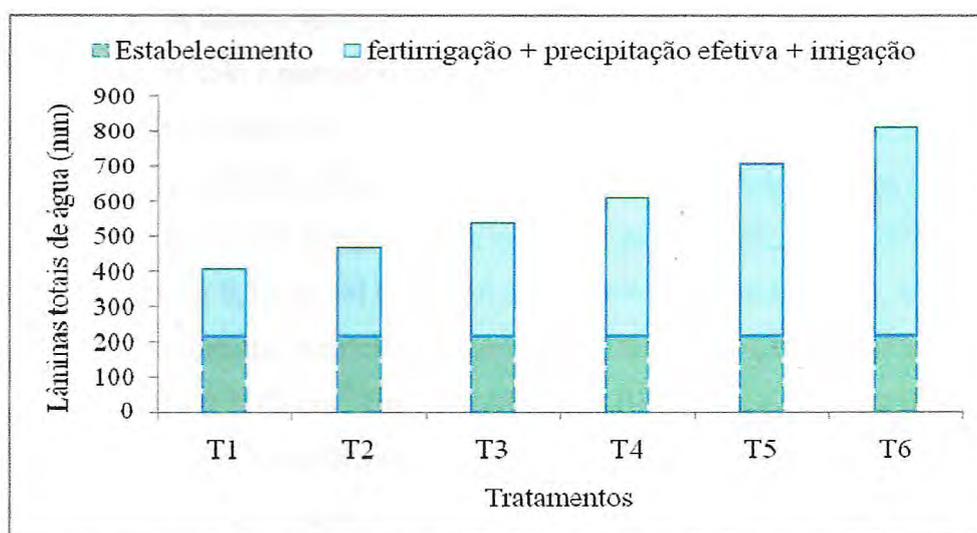


Figura 14 – Valores de lâminas de água aplicadas para o estabelecimento da cultura, aplicar fertilizantes, precipitação efetiva e irrigação para os diferentes tratamentos adotados.

A partir dos volumes aplicados por nível de irrigação e as medidas de área coberta pela cultura (m^2) a cada tratamento durante o período de crescimento vegetativo e de produção, calculou-se as respectivas lâminas d'água. O monitoramento do estado da água no solo feito por meio de tensiômetros instalados à profundidade de 0,10, 0,30 e 0,50 m, para as respectivas camadas de 0,00 - 0,20 m, 0,20 - 0,40 m e 0,40 - 0,60 m permitiu observar os perfis de umidade e do potencial matricial do solo ao longo da execução do experimento, conforme apresenta a Figura 15.

Para Staveley e Wolstenholme (1990) observaram que o potencial de água no solo para a cultura do maracujazeiro deve ser superior a $-0,0200$ MPa e, durante períodos críticos de diferenciação de flores e pegamento de frutos é recomendado potencial matricial não inferior a $-0,0150$ MPa.

Para o nível de irrigação T1 (Figura 15 (i)), nas profundidades de 0,10; 0,30 e 0,50 m constatou-se que a umidade e o potencial matricial do solo oscilaram entre 0,1497 a 0,1820 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ e $-0,0143$ a $-0,0105$ MPa; 0,0831 a 0,1105 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ e $-0,0236$ a $-0,0153$ MPa e 0,1107 a 0,1369 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ e $-0,0252$ a $-0,0160$ MPa, respectivamente, evidenciando que somente na profundidade de 0,10 m as plantas foram mantidas sob teores adequados de umidade, segundo os autores supracitados. Comportamento semelhante foi observado no tratamento T2 (Figura 15 (ii)), quando se constatou que os valores de umidade e o potencial matricial do solo oscilaram entre 0,1409 a 0,1808 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ e $-0,0157$ a $-0,0106$ MPa; 0,0947 a 0,1169 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ e $-0,0192$ a $-0,0142$ MPa e 0,1126 a 0,1338 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ e $-0,0243$ a $-0,0167$ MPa, para as respectivas profundidades.

No caso da lâmina aplicada no tratamento T3 (Figura 15 (iii)), observou-se que os valores de umidade do solo e potencial matricial oscilaram entre 0,1565 a 0,1882 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ e $-0,0133$ a $-0,0100$ MPa; 0,0966 a 0,1170 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ e $-0,0186$ a $-0,0141$ MPa e 0,1212 a 0,1353 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ e $-0,0206$ a $-0,0163$ MPa, respectivamente para as profundidades de 0,10; 0,30 e 0,50 m. Neste caso os teores adequados de umidade para a cultura foram verificados nas profundidades de 0,10 e 0,30 m; tal como foi constatado no tratamento T4, cujos valores de umidade do solo e o potencial matricial oscilaram entre 0,1558 a 0,1840 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ e $-0,0134$ a $-0,0103$ MPa; 0,0968 a 0,1165 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ e $-0,0186$ a $-0,0143$ MPa e 0,1179 a 0,1332 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ e $-0,0219$ a $-0,0169$ MPa, respectivamente (Figura 15 (iv)).

Numa avaliação conjunta percebe-se que os níveis de umidade no solo apresentados nos tratamentos T5 (Figura 15 (v)) e T6 (Figura 15 (vi)) foram semelhantes, cujos valores de umidade e o potencial matricial nas profundidades superficiais (0,10 m e 0,30 m) as plantas tiveram excesso de água e na profundidade de 0,50 m a umidade esteve próximo da faixa adequada para o maracujazeiro segundo Staveley e Wolstenholme (1990). De acordo com Menzel et al. (1986) somente o tratamento que recebeu a máxima lâmina d'água (L4) foi conduzido sob níveis ideais de umidade. Sousa et al. (2006) também verificaram que diferentes níveis de irrigação aplicados ao maracujazeiro influenciaram os perfis do potencial matricial, promovendo diferenças no teor de umidade na zona radicular e constataram que valores de potencial matricial abaixo de $-0,01445$ MPa e acima de $-0,00357$ MPa afetam negativamente o desenvolvimento do maracujazeiro.

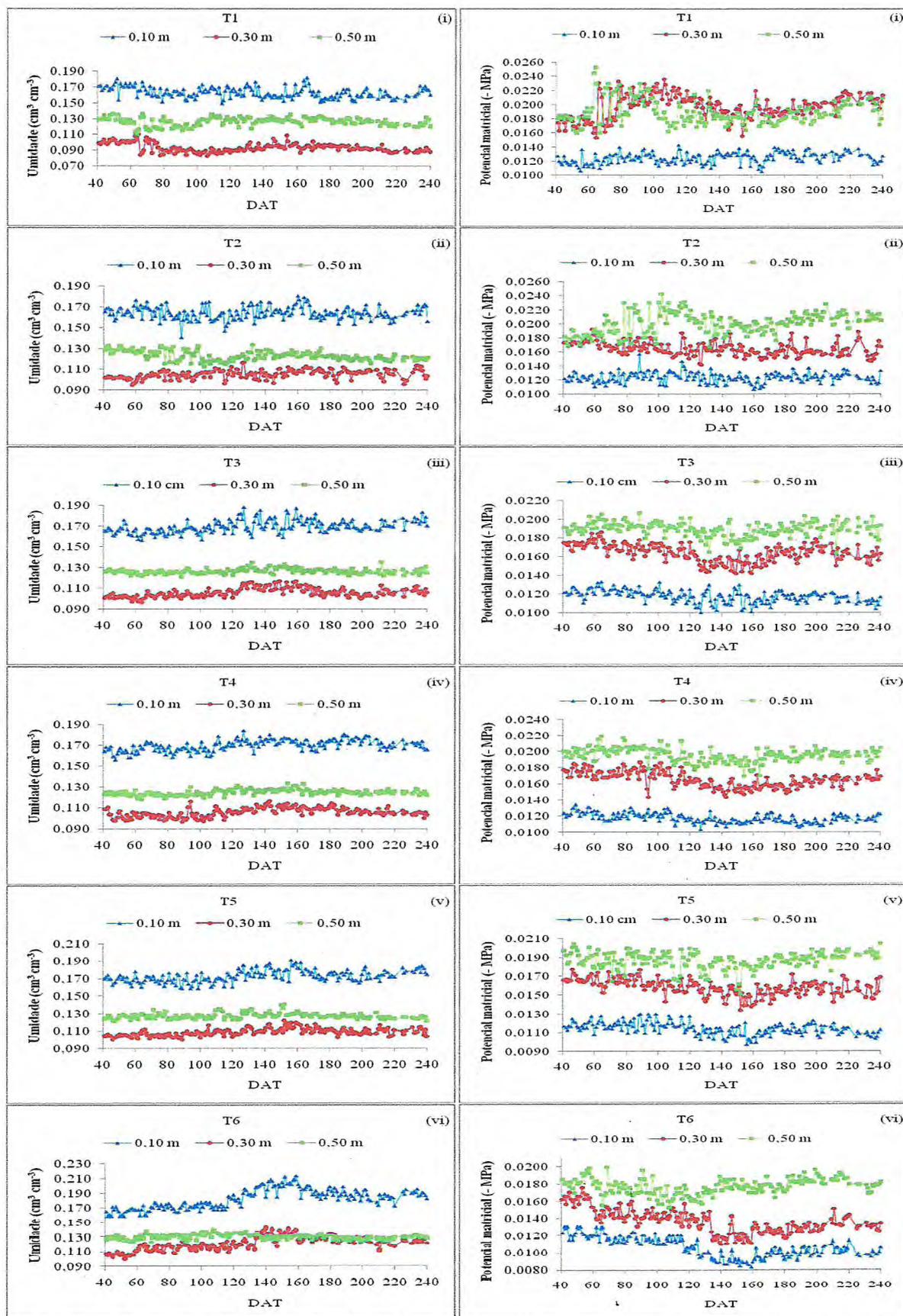


Figura 15 – Perfil de umidade ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) e potencial matricial do solo (MPa) à 0,10, 0,30 e 0,50 m de profundidade nos tratamentos T1 (i), T2 (ii), T3 (iii), T4 (iv), T5 (v), T6 (vi).

Devido à maior concentração de raízes de o maracujazeiro amarelo ocorrer numa camada de 0,00 a 0,40 m foram avaliados os perfis de umidade do solo nesta camada fazendo comparação com os teores médios de umidade e a CAD a partir dos 61 DAT início das diferenciações de lâminas. Numa avaliação das lâminas de irrigação aplicadas pelos respectivos tratamentos T1 e T2, como mostra na Figura 16 (i) e (ii) os valores de umidade média foram de $0,1285 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ e $0,1348 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ apresentando entre todos os tratamentos as maiores distâncias da (CAD). Para os tratamentos T3 e T4 como mostra na Figura 16 (iii) e (iv), os respectivos valores médios de umidade do solo foram de $0,1370 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ e $0,1378 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ apresentando valores mais próximos da CAD que o T1 e T2. O tratamento T5 na Figura 16 (v) apresenta valor médio de umidade $0,1408 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ nivelado á CAD. E conforme apresentado na Figura 16 (vi) o valor médio de umidade do solo ($0,1518 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) com a aplicação de $1,5*ET_0$ (tratamento T6), foi superior as médias dos demais tratamentos.

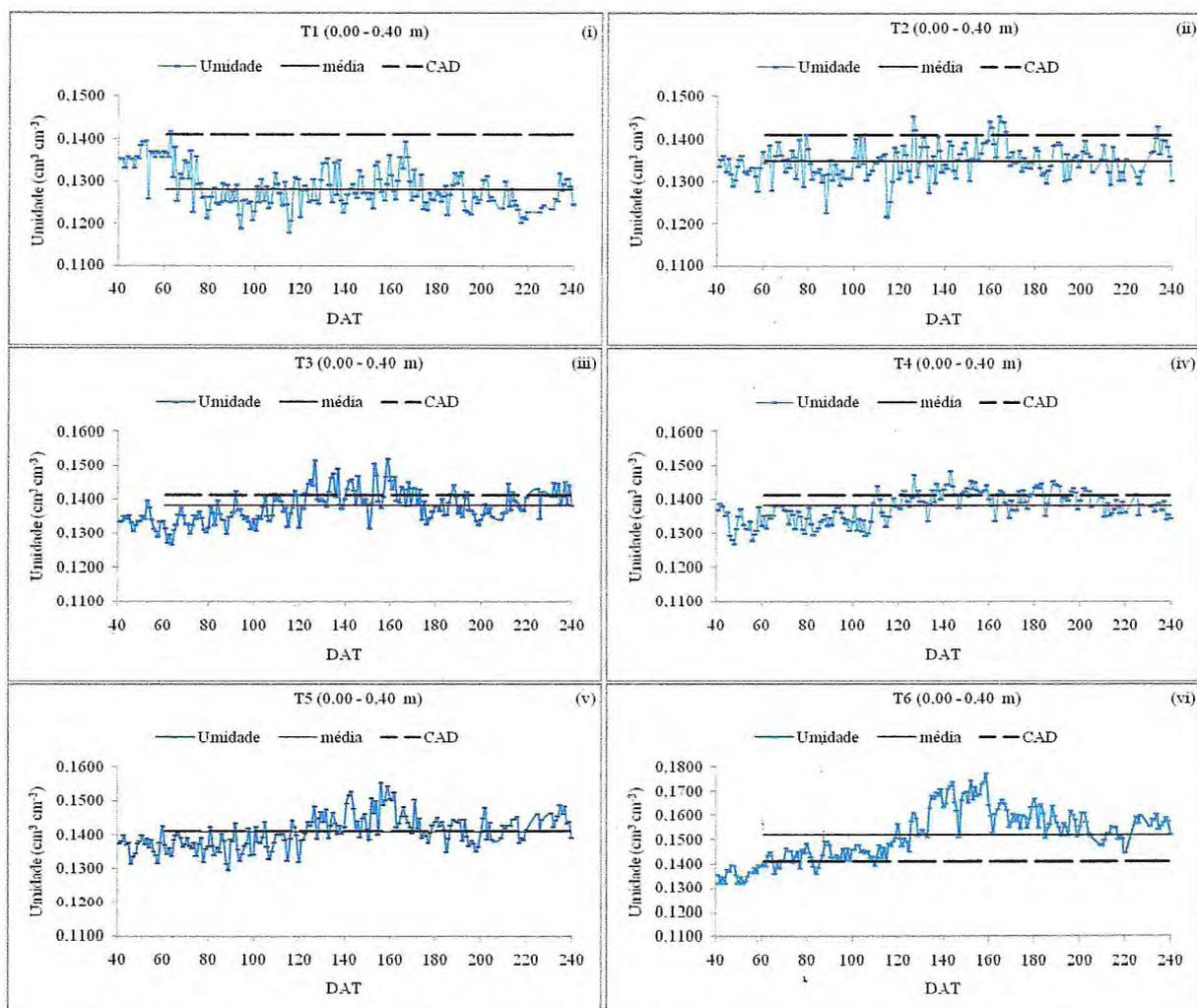


Figura 16 - Perfil de distribuição de umidade do solo, média de umidade e CAD na camada de 0,00 – 0,40 m nos tratamentos T1 (i), T2 (ii), T3 (iii), T4 (iv), T5 (v), T6 (vi).

Diante essas variações de umidade em relação à capacidade máxima de água disponível (CAD) no solo, as lâminas aplicadas pelo tratamentos T3 (535,11 mm), T4 (609,98 mm) e o T5 (704,71 mm) favoreceram perfis médios de umidades mais adequados, isto é, sem restrição de umidade ou estresse hídrico prolongado na camada de 0,00 – 0,40 m, isto é, 400 mm de profundidade.

Menzel et al. (1986), explicam que o maracujazeiro amarelo submetido a estresse moderado de umidade por muito tempo, pode limitar sensivelmente o crescimento vegetativo e o potencial produtivo, e segundo os autores supracitados o ideal é manter o perfil de umidade do solo próximo da capacidade máxima de água no volume de solo controlado, principalmente no período da floração.

Sousa et al. (2006), verificaram que a aplicação de água entre 709,74 mm (L₂) e 944,22 mm (L₃) favoreceu perfis médios de umidade mais adequado na zona radicular do maracujazeiro, enquanto que a aplicação de lâminas de 467,55 mm (L₁) e 1178,69 mm (L₄) de água tiveram valores de umidade abaixo e acima do valor referente à capacidade de água disponível no solo, respectivamente.

4.3 Características morfofisiológicas de crescimento da planta

As características morfofisiológicas de crescimento do maracujazeiro amarelo avaliadas foram: altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de internós (I), área foliar (AF), o número de folhas (NF) e o potencial hídrico foliar (PHF).

As avaliações foram realizadas entre o período de dezembro de 2009 a abril de 2010, sempre em intervalos médios de 30 dias.

Pela análise de variância (teste F), constatou-se que as lâminas de irrigação influenciaram significativamente: o diâmetro de caule ($P < 0,05$) nas avaliações realizadas em dezembro de 2009, janeiro e fevereiro de 2010; a área foliar ($P < 0,01$) para as avaliações de janeiro a abril de 2010; número de folhas ($P < 0,05$) para as avaliações realizadas em março 2010 e ($P < 0,01$) para abril de 2010 e o potencial hídrico foliar ($P < 0,01$) em todas as épocas de avaliação (Tabela 5).

Tabela 5 – Síntese da análise de variância do efeito de diferentes lâminas de irrigação nas características morfofisiológicas do maracujazeiro amarelo, variedade redondo

Características morfofisiológica	Dez./09			Jan./10			Fev./10			Mar./10			Abr./10		
	R ²	CV	Média												
AP (cm)	0,32	2,4	188,1 ^{ns}	0,32	2,3	188,1 ^{ns}	0,32	2,4	188,3 ^{ns}	0,32	2,4	188,0 ^{ns}	0,32	2,4	188,0 ^{ns}
DC (mm)	0,63	5,9	8,4*	0,63	6,1	11,5*	0,63	5,5	13,6*	0,42	6,2	15,7 ^{ns}	0,27	7,7	17,5 ^{ns}
I (unidade)	0,45	3,6	25,4 ^{ns}	0,45	3,9	25,2 ^{ns}									
AF (m ² planta ⁻¹)	0,55	8,3	0,4 ^{ns}	0,85	4,6	0,8**	0,88	4,0	1,8**	0,88	2,3	3,9**	0,93	2,2	7,2**
NF (unidade)	0,43	4,8	66,3 ^{ns}	0,45	5,5	121,8 ^{ns}	0,51	3,5	235,9 ^{ns}	0,66	2,3	372,4*	0,64	3,1	657,9**
PHF (- kPa)	0,79	5,1	1422**	0,83	5,4	1031**	0,71	7,0	924**						

ns - não-significativo; ** significância á 1%; * significância á 5%

Para a característica diâmetro de caule a análise de regressão revelou crescimento linear desta característica de crescimento de planta com o aumento das lâminas de irrigação aplicadas (Figura 17) nas três épocas de avaliação. Os ajustes foram bons e os valores obtidos em cada época mantiveram comportamento semelhante.

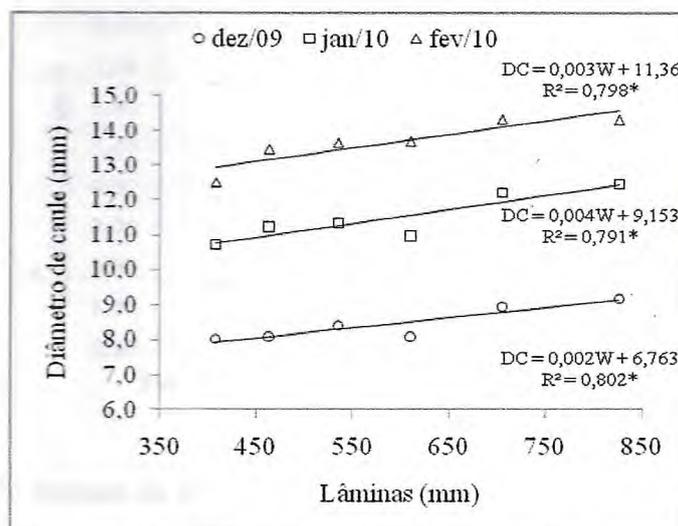


Figura 17 - Efeito de lâminas de irrigação no diâmetro de caule do maracujazeiro amarelo no período de dezembro de 2009 a fevereiro de 2010.

Para as avaliações realizadas em dezembro de 2009 (100 DAT), o crescimento do diâmetro de caule foi de 8,03 mm (T1) para 9,18 (T6); para as de janeiro de 2010 (130 DAT), o diâmetro do caule aumentou de 10,73 mm (T1) para 12,46 mm (T6); e para as de fevereiro de 2010 (160 DAT) esta característica aumentou de 12,49 mm (T1) para 14,32 mm (T6). Sousa (2000) revelou efeito significativo apenas aos 120 DAT, isto é, para característica de diâmetro do caule do maracujazeiro sendo influenciados pelas quatro diferentes lâminas de irrigação, obtendo maior valor de 7,39 mm.

Enquanto que em 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 DAT, constataram que o diâmetro do caule foi em torno de 8,56 mm. Os valores apresentados por Sousa (2000) e Vasconcellos et al. (1996), com relação aos valores de mesmo período (DAT) encontrados neste trabalho apresentaram diferenças que pode ser em função do manejo da cultura, condições edafoclimáticas, estágio fenológico e das características varietais do maracujazeiro.

A análise de regressão para a área foliar mostrou efeito linear crescente com o aumento das lâminas de irrigação em quatro épocas de avaliação e mantendo comportamentos semelhantes com bons ajustes (Figura 18 e Quadro 5). Os valores aferidos de área foliar ($\text{m}^2 \text{ planta}^{-1}$) oscilaram entre: janeiro de 2010 com $0,77 \text{ m}^2$ (T1) e $0,99 \text{ m}^2$ (T2); mês de fevereiro 2010 de $1,65 \text{ m}^2$ (T1) e $2,11 \text{ m}^2$ (T6); mês de março em $3,61 \text{ m}^2$ (T1) e $4,11 \text{ m}^2$ (T6) e mês de abril de 2010 com $6,54 \text{ m}^2$ (T1) e $7,88 \text{ m}^2$ (T6).

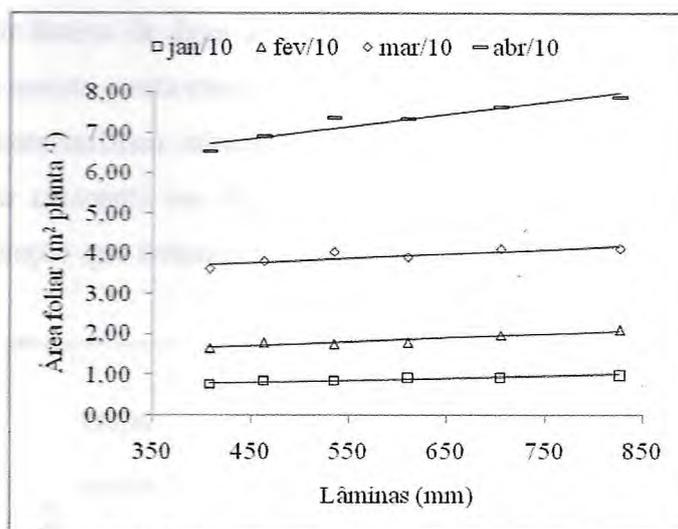


Figura 18 - Efeito de lâminas de irrigação na área foliar do maracujazeiro amarelo no período de janeiro a abril de 2010.

Época	Equação	R ²
jan./10	AF = 0,000W + 0,591	0,928**
fev./10	AF = 0,001W + 1,249	0,902**
mar./10	AF = 0,001W + 3,276	0,737**
abr./10	AF = 0,003W + 5,535	0,903**

Quadro 5 – Época, equações e coeficientes de determinação (R²) para a área foliar (AF).

Observou-se que houve aumento da área foliar com o aumento da quantidade de água aplicada e apresentando menores valores para o tratamento (T1) e maiores valores para tratamento (T6) em todas as épocas avaliadas, e esse efeito é explicado por Ball et al., (1994); Benincasa e Leite (2002), em que o crescimento foliar está em função do requerimento de água, se suprimento de água for inadequado há uma redução no crescimento vegetal, pois o fechamento dos estômatos das folhas reduz a fotossíntese e conseqüentemente diminui a área foliar, que no caso dos tratamentos T1 e T2 houveram restrições hídricas no solo.

Resultados obtidos por Menzel et al. (1986) e Staveley e Wolstenholme (1990), mostraram que a área foliar do maracujazeiro cresceu com o aumento da umidade no solo, e segundo Menzel et al. (1986) os maiores valores aferidos na época de avaliação foram de 0,23 m² e 0,50 m², registrados nos tratamentos com menor e maior umidade no solo, respectivamente. Sousa (2000), em uma única avaliação aos 120 DAT registrou efeito significativo em que a área foliar do maracujazeiro foi influenciada pelos diferentes níveis de irrigação e os valores de área foliar máximo (0,62 m²) para menor lâmina de água e o mínimo (0,38 m²) para maior lâmina de água aplicada, efeito este que divergiu deste trabalho e dos autores supracitados quanto a esta característica.

Para a característica número de folhas, a análise de regressão revelou efeito significativo e linear crescente em função das lâminas de irrigação (Figura 19) nas duas épocas finais de avaliação que foram por volta de março (190 DAT) e abril (210 DAT).

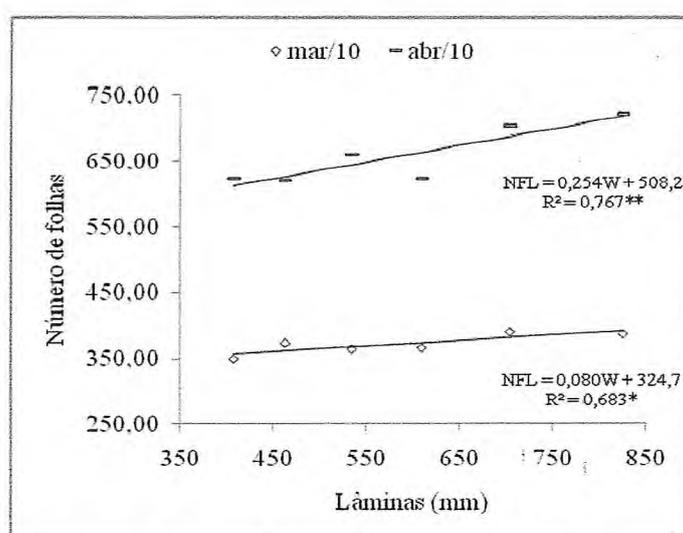


Figura 19 - Efeito de lâminas de irrigação no número de folhas do maracujazeiro amarelo no período de março a abril de 2010,

Somente nos dois períodos finais de avaliações (190 e 210 DAT) é que foi registrado efeito significativo das lâminas de irrigação sobre o número de folhas,

comportamento esse que pode ser também atribuído ao fato que o maracujazeiro nessa faixa de idade está em máxima intensidade do seu crescimento vegetativo (MALAVOLTA, 1994), assim como o crescimento da área foliar, o número de folhas também depende do requerimento de água disponível no solo (BENINCASA; LEITE, 2002).

Os valores de número de folhas variaram: nas avaliações do mês de março de 2010, de 350 (T1) para 391 (T5), e em abril de 2010, de 619 (T1) para 721 (T6), mostrando que maior quantidade de água aplicada proporciona maior número de folhas no maracujazeiro amarelo, embora não se houve maiores diferenças de valores na avaliação do mês de março, sendo essa diferença do menor para o maior valor mais acentuada na época final da avaliação (abril).

Sousa (2000) realizou avaliações aos 88 e 120 DAT, mas não houve efeitos significativos em função aos diferentes níveis de irrigação sobre esta característica de números de folhas do maracujazeiro amarelo. É importante frisar que é bastante escassa na literatura encontrar informações sobre esta característica de número foliar do maracujazeiro amarelo em função de níveis de irrigação.

A análise de regressão (Figura 20) mostrou que o potencial hídrico foliar cresceu linearmente com o aumento das lâminas de irrigação aplicadas para as três épocas de avaliação.

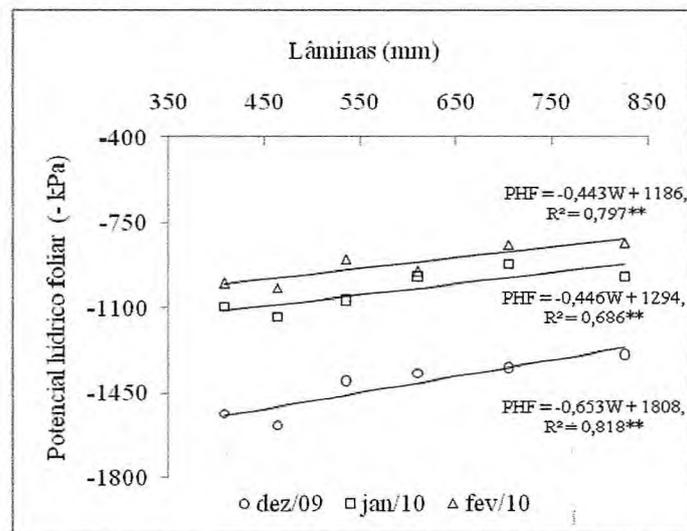


Figura 20 - Efeito de lâminas de irrigação no potencial hídrico foliar do maracujazeiro no período de dezembro de 2009 a fevereiro de 2010.

Várias características têm sido estudadas para avaliar a resposta das espécies vegetais à redução de água no solo, destacando o potencial de água nas folhas (MORGAN, 1991). A perda de água nas plantas depende, não apenas da abertura estomática e dos fatores

atmosféricos, mas também da taxa de absorção de água, pois, o potencial matricial pode controlar a tensão hídrica da planta em que o solo mais seco pode produzir um déficit de água na folha provocando fechamento estomático (BENINCASA; LEITE, 2002).

Os valores médios de potencial hídrico foliar neste trabalho variaram de -1528 kPa (T2) para -1295 kPa (T6) em dezembro de 2009; de -1141 kPa (T2) para -926 kPa (T5) em de janeiro de 2010 e de -1018 kPa (T2) para -836 kPa (T6). Observa-se que os potenciais hídricos foram mais altos, ou seja, menos negativos, conforme o aumento de lâminas de água aplicadas nas plantas. Este comportamento foi devido ao aumento da umidade ao solo, mesmo para o mês de dezembro, época ainda quente e seca, e mesmo obtendo valores de potenciais mais baixos, porém nenhum dos valores médios chegaram a indicar estresse hídrico no caso do maracujá que se situa próximo de -2480 kPa, segundo descrito em Coelho (1999). E como explica Carlson et al. (1979), o potencial hídrico foliar está relacionado com a redução da umidade do solo. E por se tratar de um número negativo o potencial hídrico das folhas torna-se mais baixo à medida que o estresse de água aumenta, e ou a disponibilidade de água do solo torna-se menor (BENINCASA; LEITE, 2002).

Em geral, há grandes diferenças entres as espécies vegetais, com relação ao grau de estresse hídrico e a sua sensibilidade à umidade do solo, que causa o fechamento estomático (NOGUEIRA et al., 2001).

Para os três períodos avaliados os tratamentos T1 e T2 obtiveram os valores médios mais baixos, sendo que no tratamento T2 foi registrado o menor valor de -1528 kPa. Já em um trabalho realizado por Cascardo et al. (1993) com plantas jovens de seringueira, verificaram que houve sinais de murcha em plantas com menores quantidades de água no solo, registrando menor valor de potencial hídrico foliar em -1700 kPa. Em Nogueira et al. (2001) também foram observados diferenças significativas nos valores de potencial hídrico foliar em aceroleiras com valores mínimos de -4500 kPa a -5700 kPa, ressaltando que estes valores muito baixos foram obtidos sob severo estresse hídrico.

4.4 Características de produção

As características de produção do maracujazeiro amarelo avaliadas foram: número de frutos, peso médio de frutos, diâmetro longitudinal e transversal e a produtividade. As avaliações foram realizadas entre o período de 100 a 240 DAT. Pela análise de variância

(teste F), constatou-se que as lâminas de irrigação influenciaram significativamente: número de frutos ($P < 0,05$), peso médio do fruto ($P < 0,05$) e a produtividade ($P < 0,05$), Tabela 6.

Tabela 6 - Síntese da análise de variância do efeito de diferentes lâminas de irrigação nas características de produção do maracujazeiro amarelo, variedade redondo

Características de Produção	15 de Março a 15 de Maio de 2010		
	R ²	CV %	Média
Número de frutos colhidos (unidade)	0,602	16,89	29,2*
Peso médio de frutos (Kg)	0,643	9,61	0,186*
Diâmetro longitudinal (cm)	0,625	25,37	55,74 ^{ns}
Diâmetro transversal (cm)	0,683	27,05	53,53 ^{ns}
Produtividade (Kg ha ⁻¹)	0,744	22,69	5384,5*

ns - não-significativo ** significância á 1% *significância á 5%.

Para número de frutos do maracujazeiro amarelo a análise de regressão revelou efeito quadrático. Pela Figura 21, o número de frutos aumentou até o seu valor máximo no período de colheita (33119,5 frutos ha⁻¹) obtido com a aplicação de 763,80 mm de água, lâmina esta ligeiramente próximo ao equivalente a 1,2 * ETo.

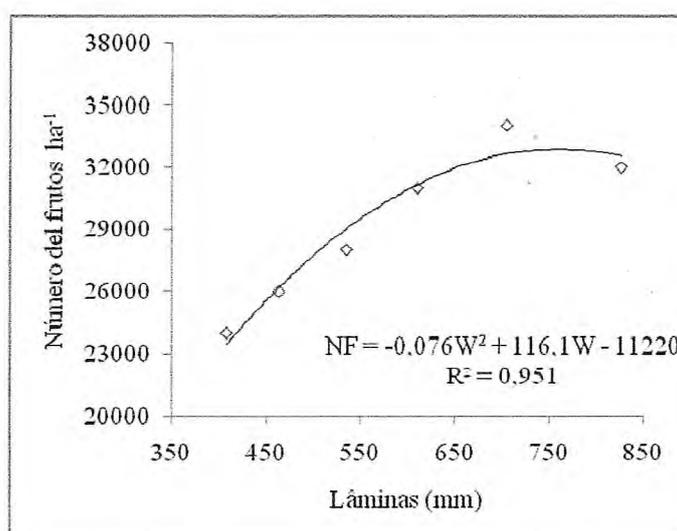


Figura 21 - Efeito de lâminas de irrigação no número de frutos do maracujazeiro amarelo no período de 15 de março/2010 a 15 de maio/2010.

Este trabalho mostrou que diferentes quantidades de água aplicada na cultura do maracujazeiro amarelo afetam o número de frutos, e com lâmina acima de 763,80 mm o número de fruto por hectare tende a reduzir. Com a umidade do solo adequado se aumenta a capacidade das células da planta estar sempre túrgidas, com isso há maior perda de água pelos estômatos pelo processo de transpiração e, conseqüentemente maior produção de matéria seca

pelo processo da fotossíntese, esta utilizada na manutenção do metabolismo, crescimento e produção (BENINCASA; LEITE, 2002).

Manter as plantas com folhas sempre túrgidas é uma característica necessária para a garantia da produção (NOGUEIRA et al., 2001).

A análise de regressão para o peso médio de fruto (PMF) do maracujazeiro amarelo constatou-se que o peso médio de frutos aumenta linearmente com a elevação da quantidade de água aplicada (Figura 22). No período avaliado o peso médio do fruto variou de 0,159 kg para o tratamento T1 e 0,207 kg para tratamento T6.

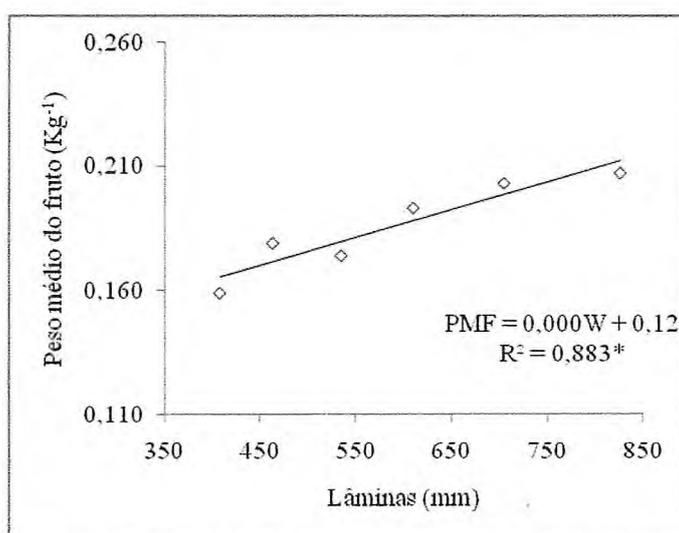


Figura 22 - Efeito de lâminas de irrigação no peso médio do fruto do maracujazeiro amarelo no período de 15 março/2010 a 15 de maio/2010.

Sousa et al. (2003) registrou peso médio de frutos de maracujazeiro amarelo entre 0,136 kg e 0,138 kg, estes resultados não foram significativos, isto é, não foram influenciados pelos níveis de irrigação. Martins (1998) verificou variação no peso médio de frutos de 0,108 kg a 0,151 kg e que foi influenciado significativamente pela lâminas de irrigação e Carvalho et al. (2000) obtiveram peso médio entre 0,147 kg e 0,161 kg, influenciados significativamente pelas diferentes lâminas de irrigação.

Como pode ser observado, os valores de peso médio de frutos registrados neste trabalho (0,159 kg e 0,207 kg) foram maiores do que os registrados por Sousa et al. (2003); Martins (1998) e Carvalho et al. (2000), além disto, as lâminas de irrigação 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 o qual foi submetido, visto que no período de desenvolvimento dos frutos a

falta d'água afeta sensivelmente o tamanho e peso dos frutos do maracujazeiro (Teixeira, 1989).

Dessa forma, as diferenças significativas observadas para a produtividade total, deveram-se aos números de frutos produzidos e não pelo peso médio de frutos.

Para a produtividade a análise de regressão mostrou efeito quadrático. Pela Figura 23 verifica-se que o maior valor de produtividade (6.763 kg ha^{-1}) foi obtido com a aplicação de $760,21 \text{ mm}$, lâmina de irrigação próxima ao equivalente a $1,2 * ETo$. Salienta-se que esta produtividade refere-se apenas 2 meses de colheita equivalendo-se em torno de 25% do potencial da cultura para o primeiro ano de produção, isto evidencia uma estimativa de $27.052 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ estando assim, dentro do potencial esperado para o período de colheita avaliado.

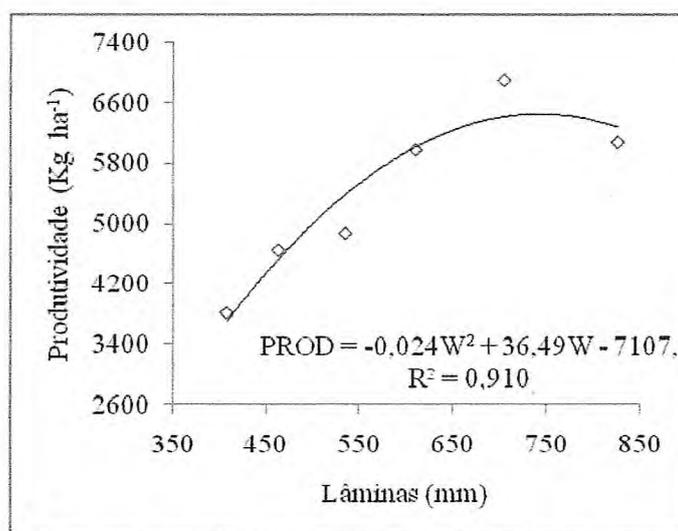


Figura 23 - Efeito de lâminas de irrigação na produtividade do maracujazeiro amarelo no período de 15 de março/2010 a 15 de maio/2010.

Em trabalho realizado com irrigação por gotejamento no maracujazeiro amarelo no estado do Rio de Janeiro, Martins (1998) verificou que a máxima produtividade ($35.280 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) foi obtida com a aplicação de uma lâmina de irrigação (1.454 mm) equivalente a em torno de 75% da evaporação medida no tanque classe "A". Já Carvalho et al. (2000) obteve rendimento entre $36.800 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e $41.300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e constataram que irrigações com lâminas de água superior a 75% da evaporação do tanque classe "A" resultam na diminuição da massa média dos frutos e do rendimento do maracujazeiro amarelo.

Isto indica que os parâmetros de produção do maracujazeiro amarelo crescem com a elevação da quantidade de água, contudo, até um limite que pode variar de região para região. Neste trabalho foi percebida essa tendência.

Trabalho de pesquisa sobre a resposta do maracujazeiro amarelo á diferentes lâminas de irrigação foi realizada também por Sousa et al. (2006), em Piracicaba, SP estudando o efeito de níveis de irrigação por gotejamento no maracujazeiro amarelo incluindo a precipitação pluvial, obteve no primeiro ano uma produtividade com aplicação de 709,74 mm (T2) ($29.150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e 944,22 mm (T3) ($31.990 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), enquanto que os menores valores, $23.920 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e $24.430 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ foram obtidos com as aplicações de água equivalentes a 467,55 mm (T1) e 1178,69 mm (T4), respectivamente.

E Rabelo Filho (2006) nas condições de clima e solo Vale do Curu, CE irrigando em função do potencial matricial no solo em -0,015, -0,030 e -0,070 MPa, aplicou uma lâmina de 184,38 mm, 207,37 mm e 215,13 mm, respectivamente, porém não houve diferença significativa quanto ás lâminas mas obteve uma variação de 29% do valor máximo ($22.790 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e o mínimo ($17.680 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

Embora as avaliações deste trabalho estejam relacionadas apenas para um período pequeno de idade e de colheita do maracujazeiro amarelo, 200 dias de idade e 60 dias de colheita, os dados evidenciam uma tendência da obtenção de valores máximos com aplicação de lâminas de irrigação (W) superior a 100% da ETo (T4) e inferior a 125% da ETo (T5).

O comportamento dos modelos quadráticos mostra uma tendência na obtenção de pontos de máxima com aplicação de maior e menor quantidades de água (SOUSA et al., 2003), e este modelo foi conferido a esta característica de produtividade, com um rendimento de produção máxima de 6.763 kg ha^{-1} para 2 meses de colheita e que segundo Sousa (2000), com irrigação adequada o período de colheita pode se estender de 9 a 10 meses. Vale ressaltar que mantendo o mesmo manejo e levando em conta o potencial de produção anual do maracujazeiro amarelo, a este trabalho estima-se uma produtividade de $27.052 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, conferindo a este valor, quase o dobro do rendimento médio nacional ($14.124 \text{ kg ha}^{-1}$) e do estado do Piauí ($14.414 \text{ kg ha}^{-1}$), (IBGE, 2009).

Nas condições de pesquisa dos autores supracitados em relação a esta característica de produtividade (Martins, 1998; Carvalho et al., 2000; Sousa et al., 2006; Rabelo Filho, 2006), os trabalhos foram realizados com interações e ou combinações de diferentes quantidades de fertilizantes e com períodos de execução dos experimentos bem maiores, portanto, observam-se importantes diferenças de valores de lâminas e produtividade em relação a este trabalho.

4.5 Evapotranspiração da cultura (ETc) do maracujazeiro amarelo

Na Tabela 7 apresentam-se os valores médios em subgrupos de 10 dias de lâmina total de irrigação, precipitação efetiva, armazenamento e drenagem estimados através do tratamento T4, isto é, 100% da ETo no período de 41 a 240 DAT.

Tabela 7 - Valores médios de irrigação (I), precipitação efetiva (Pe), armazenamento (h), drenagem (D) e evapotranspiração de cultura (ETc), no município de Santa Rosa do Piauí

DAT	Subgrupo	I (mm)	Pe (mm)	h total (mm)	D total (mm)	ETc (mm)
41 - 50	1	36,00	1,40	14,22	13,52	9,66
51 - 60	2	36,00	0,80	8,91	15,86	12,03
61 - 70	3	19,99	7,93	9,90	6,04	11,97
71 - 80	4	20,06	14,35	10,31	12,38	11,72
81 - 90	5	20,17	9,26	9,54	9,61	10,28
91 - 100	6	21,77	10,54	7,67	9,97	14,66
101 - 110	7	16,17	5,32	5,50	7,50	8,49
111 - 120	8	15,07	10,14	7,61	6,96	10,64
121 - 130	9	19,32	3,22	3,29	5,16	14,09
131 - 140	10	18,97	4,53	5,08	6,91	11,52
141 - 150	11	21,87	1,97	4,74	4,13	14,97
151 - 160	12	24,46	1,38	4,58	3,22	18,04
161 - 170	13	18,36	3,24	1,86	5,51	14,23
171 - 180	14	16,37	3,71	2,60	4,28	13,20
181 - 190	15	18,02	4,84	3,36	5,96	13,53
191 - 200	16	16,30	3,89	1,70	7,33	11,16
201 - 210	17	14,34	5,08	3,51	5,30	10,61
211 - 220	18	18,40	6,91	2,96	4,65	17,69
221 - 230	19	24,75	2,75	3,15	3,05	21,29
231 - 240	20	15,60	9,91	2,60	6,10	16,81
Total		411,99	111,16	113,11	143,44	266,59

Na Tabela 8 encontram-se os valores de ETc (mm dia⁻¹) da cultura do maracujazeiro amarelo, variedade redondo obtidos nas duas repetições do tratamento quatro (T4), e os valores de ETo (mm dia⁻¹) estimados pelo método de Penman-Monteith, ambos em subgrupos de 10 dias.

Do subgrupo 1 ao 6 observou-se que a ETo atingiu valores bem maiores durante todo o período (41 – 240 DAT) em relação aos demais subgrupos em que houve uma queda de valores a partir do subgrupo 7 com 1,34 mm dia⁻¹. Estas diferenças foram mais importantes desde que se iniciou o período de chuva com maior intensidade chegando até a 1,10 mm dia⁻¹ para o mês de março.

Tabela 8 - Evapotranspiração de referência (ET_o) e da cultura (ET_c) do maracujazeiro, no período de 26/10/09 a 13/05/10

DAT	Subgrupo	ET _o (mm dia ⁻¹)	ET _c (mm dia ⁻¹)		Média	CV** (%)
			T4* - 1	T4* - 2		
41 – 50	1	2,22	0,96	0,97	0,97	0,21
51 – 60	2	2,62	1,10	1,31	1,20	12,43
61 – 70	3	2,23	1,17	1,22	1,20	3,15
71 – 80	4	2,27	1,13	1,21	1,17	5,23
81 – 90	5	1,92	1,08	0,98	1,03	6,82
91 – 100	6	2,06	1,38	1,55	1,47	8,21
101 – 110	7	1,34	0,84	0,85	0,85	0,74
111 – 120	8	1,40	1,13	1,00	1,06	8,37
121 – 130	9	1,70	1,46	1,36	1,41	5,33
131 – 140	10	1,53	1,14	1,16	1,15	0,97
141 – 150	11	1,71	1,35	1,65	1,50	14,12
151 – 160	12	2,01	1,80	1,81	1,80	0,37
161 – 170	13	1,43	1,48	1,36	1,42	5,88
171 – 180	14	1,38	1,17	1,47	1,32	15,96
181 – 190	15	1,40	1,41	1,30	1,35	5,75
191 – 200	16	1,20	1,24	0,99	1,12	15,93
201 – 210	17	1,10	1,07	1,05	1,06	1,48
211 – 220	18	1,70	1,70	1,84	1,77	5,52
221 – 230	19	2,11	2,04	2,22	2,13	5,70
231 – 240	20	1,70	1,69	1,67	1,68	0,99
Total		350,28	263,55	269,63	266,59	-

*Tratamento quatro em repetição 1 e 2; **Coeficiente de Variação.

Os baixos valores de ET_o verificados desde o subgrupo 7 (janeiro de 2010), podem ser atribuídos á baixas temperaturas principalmente em relação as outras médias mensais durante o ano e radiação solar com a maioria dos dias sempre nublados e com baixas velocidades de vento, respectivamente 25,80 °C, 4,09 MJ m² e 0,217 m s⁻¹ . A redução nos valores desses parâmetros meteorológicos contribuem sensivelmente para a diminuição da ET_c (PEREIRA et al., 1997; SOUSA et al., 2003), como apresenta os experimentos realizados em casa de vegetação com cinco regimes de radiação utilizando tela de sombreamento, a área foliar total e o número de flores abertas diminuíram com a redução da radiação solar (LUCAS, 2002).

A quantidade média de água evapotranspirada pela cultura do maracujazeiro amarelo no município de Santa Rosa, PI em ambiente natural avaliado aos 240 DAT apresentou valor médio de 266,59 mm com uma ET_o de 350,28 mm, verifica-se importantes diferenças em relação à Doorenbos e Pruitt (1977), com base nos valores de consumo hídrico do maracujazeiro, da projeção da copa, da evapotranspiração de referência e, considerando

um K_c de 0,4 para as plantas daninhas da entrelinha, obtiveram uma ET_c para primeiro ciclo de produção de 750 mm. Alencar (2000), trabalhando com lisímetros de drenagem em Piracicaba, SP verificou consumo pela cultura aos 200 DAT em 432,90 mm com um total de ET_o em 518,10 mm, enquanto Koetz (2006), em Lavras – MG, observou consumo de água pelo maracujazeiro amarelo em 251,12 mm aos 260 DAT com ET_o total em 597,68 mm e Sousa (2000), nas condições edafoclimáticas de Piracicaba, SP afirma que o maracujazeiro amarelo requer uma quantidade em torno de 940,00 mm ano⁻¹, em média, ressaltando que a necessidade de água pelas plantas é função da demanda evaporativa do local e da cultura. Souza (2005), por volta dos 200 DAT através do balanço hídrico no Vale do Curu, CE verificou consumo de água em 695,70 mm; já Silva et al. (2006), em Piracicaba – SP, utilizando lisímetro de pesagem hidráulica obtiveram aos 250 DAT valores de 543,36 mm com uma ET_o média anual em 684 mm.

Essas diferenças de consumo hídrico do maracujazeiro amarelo podem ser atribuídas às diferentes épocas de plantio e região, assim com variações das propriedades químicas e físicas do solo, o manejo da cultura e a metodologia utilizada para o cálculo da lâmina evapotranspirada.

A figura 24 ilustra o comportamento da ET_o e a ET_c em função dos dias após transplântio da cultura, verifica-se que, enquanto o maracujazeiro se encontra em desenvolvimento inicial a diferença entre a ET_o e ET_c é relativamente grande, uma vez que a planta encontra-se em pleno desenvolvimento esta diferença diminui com o aumento da massa foliar, principalmente, no período de produção em que aparecem os primeiros brotos florais após os 100 DAT, percebe-se também uma crescente diminuição na demanda evaporativa do local a partir de 160 a 210 DAT, mas, com valores médios de ET_c sempre muito próximos da ET_o conferindo nestes períodos certo aumento de flores e frutificações.

Observa-se que o comportamento da ET_c segue o mesmo comportamento da ET_o durante o ciclo da cultura.

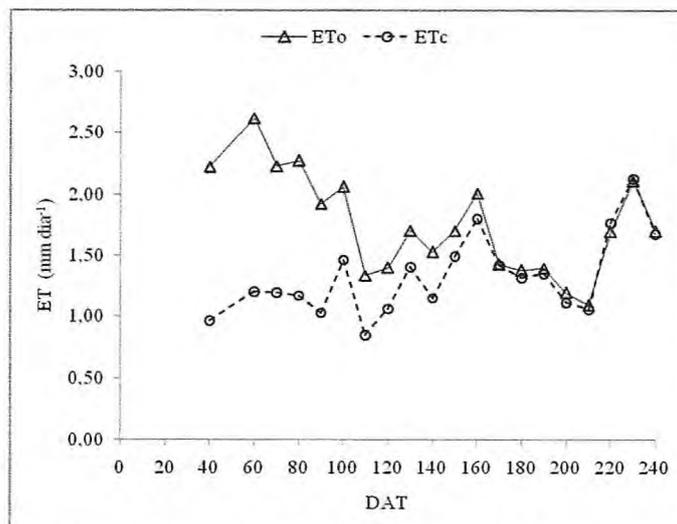


Figura 24 - Comportamento da ETo e ETc durante os dias de avaliação do consumo hídrico da cultura do maracujazeiro amarelo, no município de Santa Rosa do Piauí.

As variações nos acréscimos dos valores de ETc deveu-se, provavelmente, a problemas ocorridos no sistema de captação de água que, afetou em parte, a irrigação das plantas e assim, a ETc. Visto que o consumo máximo de água pela planta só ocorre na ausência de restrições hídricas no solo (DOORENBOS; PRUITT, 1977; PEREIRA et al., 1997), condição para o qual é necessário a manutenção dos níveis de umidade do solo sempre próximo ao máximo da capacidade de água disponível no volume de solo controlado (SOUSA et al., 2001; BERNARDO et al., 2006). Porém, nos trabalhos de campo estas boas condições podem ter sido violadas em alguns dias.

4.6 Coeficiente de cultivo (Kc) do maracujazeiro amarelo

Os valores de coeficiente de cultura foram também determinados durante o período de crescimento até a época ainda inicial de produção (41 – 240 DAT). Normalmente os valores de Kc aumentam, atingem um máximo, e depois diminuem em função do ciclo da cultura, porém neste trabalho acredita-se não ter atingido o máximo valor de Kc, uma vez que as plantas ainda estavam em crescimento. Para o período analisado, em média, os valores de Kc variaram de 0,43 a 1,04 com registro de máximo valor em 211 a 220 DAT.

A partir dos subgrupos 1 e 5 os valores de coeficientes não mostraram grandes diferenças devido esta época a área do solo ser pouco coberta pela planta. Após o subgrupo 6,

época que já se observou algumas brotações florais, houve acréscimo em 0,71 com algumas oscilações mas sempre em escala crescente, visto que entre os subgrupos 8 e 9 já havia frutificações, justificando crescente aumento nos coeficientes a 0,83 chegando ao subgrupo 13 com o valor 1,0, época já de produção, embora muito sutil. A partir de então, percebeu-se sensível decréscimo, porém obtendo ainda valores maiores de Kc com 1,04, 1,01 e 0,99 nos subgrupos 18, 19 e 20, respectivamente (Tabela 9). Os acréscimos nos valores de Kc são explicados principalmente pelo aumento da área foliar (PEREIRA et al., 1997).

Tabela 9 - Coeficiente de cultivo (Kc) do maracujazeiro amarelo determinado a partir da ETc obtida pelo tratamento (T4) em duas repetições com tensiômetros de punção e ETo obtida pelo método de Penman-Monteith no período de 26/10/09 a 13/05/10

DAT	Subgrupo	Kc = ETc ETo ⁻¹		Kc médio
		1*	2*	
41 - 50	1	0,43	0,44	0,43
51 - 60	2	0,42	0,50	0,46
61 - 70	3	0,53	0,55	0,54
71 - 80	4	0,50	0,53	0,52
81 - 90	5	0,56	0,51	0,53
91 - 100	6	0,67	0,75	0,71
101 - 110	7	0,63	0,64	0,64
111 - 120	8	0,80	0,71	0,76
121 - 130	9	0,86	0,80	0,83
131 - 140	10	0,75	0,76	0,75
141 - 150	11	0,79	0,96	0,88
151 - 160	12	0,89	0,90	0,90
161 - 170	13	1,04	0,95	1,00
171 - 180	14	0,85	1,06	0,96
181 - 190	15	1,01	0,93	0,97
191 - 200	16	1,04	0,83	0,93
201 - 210	17	0,98	0,96	0,97
211 - 220	18	1,00	1,08	1,04
221 - 230	19	0,97	1,05	1,01
231 - 240	20	1,00	0,98	0,99
Média		0,79	0,80	0,79

*Repetição 1 e 2.

Os valores de Kc para a cultura do maracujá encontrados neste trabalho não difere muito de Alencar (2000), que foram de 0,31 a 1,10 e Silva et al. (2006), que encontrou valores de 0,42 a 1,12. Souza (2005) em pesquisa com maracujazeiro variedade redondo no Vale do Curu, CE obteve Kc entre 0,25 e 1,13 e Sousa (2000), obteve valor de Kc máximo em 1,16 para a cultura do maracujá. Contudo, os valores de Kc obtidos (0,43 a 1,04) são coerentes, pois várias outras fruteiras também têm apresentado Kc superior a 1,00 na fase de máximo

consumo hídrico, como exemplo o caso da acerola com valores de coeficientes de cultura acima de 1,60 (BEZERRA et al., 1997) e Miranda et al. (1999a) trabalhando com a cultura do melão no Vale do Curu, CE observaram K_c de até 1,21 e outros casos diferentes como Montenegro (2002) trabalhando em Paraipaba, CE com a cultura do mamão encontrou valores médios de no máximo 0,90.

Estas oscilações para as mesmas ou diferentes culturas são comuns, pois os valores de K_c variam com as características específicas de cada cultura, estágio de desenvolvimento, época de plantio, densidade de plantio, duração da estação de crescimento, condições de umidade e clima (DOORENBOS; PRUITT, 1977). E o K_c médio obtido para a fase vegetativa foi de 0,57 e para fase de produção (floração e frutificação) foi de 0,94. Os valores de K_c médios encontrados no município de Santa Rosa, PI, apresenta-se em função dos dias após transplante (DAT) na Figura 25.

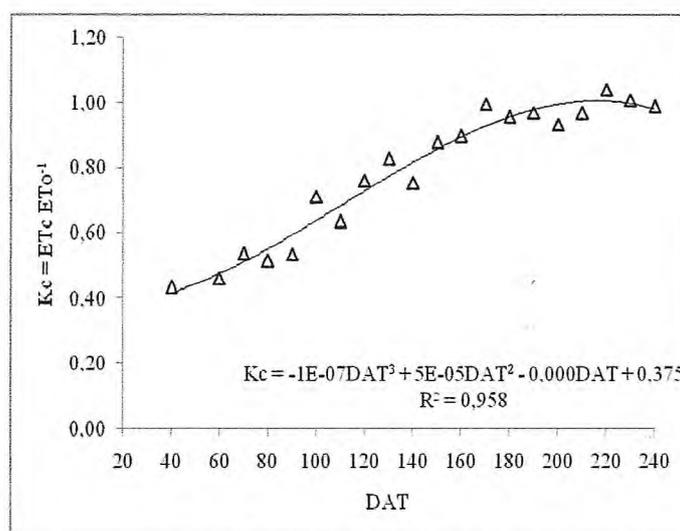


Figura 25 - Comportamento do coeficiente de cultivo (K_c) durante os dias de avaliação do consumo hídrico da cultura do maracujazeiro amarelo, no município de Santa Rosa do Piauí.

Esta relação entre os valores médios de K_c encontrados para o maracujazeiro e o número de dias após transplante (DAT), apresentaram um aumento progressivo e, pelo ajuste da curva de K_c , constata-se tendência de estabilização a partir dos 220 DAT. E de acordo com Haag et al. (1973), na fase de desenvolvimento da cultura, observou-se o acúmulo máximo de área foliar, que ocorre em torno dos 240 DAT. E conforme, Villa Nova (1983 apud KOETZ, 2006) o índice de área foliar é a principal característica que pode resultar em diferentes valores de coeficiente de cultivo e é o fator biológico mais importante nesse processo, pois representa o tamanho da superfície transpirante.

5 CONCLUSÕES

Nas condições climáticas e de solo da região onde foi realizado o trabalho experimental e com base nos resultados obtidos, pode-se concluir:

- a) A produtividade do maracujazeiro amarelo, número de frutos e peso médio de frutos são influenciados pela diferenciação de lâminas de irrigação aplicada à cultura.
- b) O maior valor de produtividade (6.763 kg ha^{-1}) foi obtido com a aplicação máxima de $760,21 \text{ mm}$, lâmina de irrigação próxima ao equivalente a $1,2 * ETo$. Salienta-se que esta produtividade refere-se apenas 2 meses de colheita equivalendo-se em torno de 25% do potencial da cultura para o primeiro ano de produção, isto evidencia uma estimativa de $27.052 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ estando assim, dentro do potencial esperado para o período de colheita avaliado.
- c) O peso médio do fruto variou de $0,159 \text{ kg}$ para o menor tratamento (T1) e $0,207 \text{ kg}$ para o maior tratamento (T6). O valor máximo de número de frutos no período de colheita ($33119,5 \text{ frutos ha}^{-1}$) foi obtido com a aplicação máxima de $763,80 \text{ mm}$ de água, lâmina esta ligeiramente próximo ao equivalente a $1,2 * ETo$.
- d) As lâminas de irrigação mais adequadas para maracujazeiro amarelo se situam entre o equivalente $0,72 * ETo$ e $1,00 * ETo$;
- e) Os valores de coeficiente de cultivo (Kc) variaram de $0,43$ a $1,04$ com registro de máximo valor em 211 a 220 DAT. E o Kc médio obtido para a fase vegetativa foi de $0,57$ e para fase de produção (floração e frutificação) foi de $0,94$.

REFERÊNCIAS

AGUIAR E SILVA, M. A.; DE AZEVEDO, L. P.; SAAD, J. C. C. **Manejo da irrigação com base na umidade do solo**. Botucatu: FEHIDRO, 2005, p.50 -73.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, p.308, 1998 (FAO Irrigation and Drainage, 56).

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

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul, Ed. Gazeta Santa Cruz, 2007. p. 16.

ANDRADE, E. de M.; PEREIRA, O. J.; DANTAS, F. E. R. **Semiárido e o manejo dos recursos naturais: uma proposta de uso adequado do capital natural**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará. cap. 11, p. 254. 2010.

ARAÚJO, J. A. C. Irrigando o maracujazeiro. In. Maracujá do plantio a colheita. Simpósio brasileiro sobre a cultura do maracujazeiro. **Anais**. Unesp. Jaboticabal. 1998.

BALL, R. A.; OSTERHUIS, D. M. E MAUROMOUSTAKOS, A. Growth dynamics of the cotton plant during water-deficit stress. **Agronomy Journal**, 86: 788 – 795, 1994.

BEZERRA, F. M. L.; FREITAS, A. A. de.; OLIVEIRA, C. H. C. de Evapotranspiração máxima da acerola (*Malpighia glaba* L.) no primeiro ano de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, 1997, Piracicaba, SP. **Anais** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia – ESALQ/USP, 1997, p. 671-673.

BENINCASA, M. M. P.; LEITE, I. C. **Fisiologia vegetal**. Jaboticabal: Funep, 2002. p. 169.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8 ed. rev. e ampl. Viçosa: Ed. UFV, 625 p. 2006.

CARLSON, R. E.; MONEM, N. N.; ARJMAND, O.; SHAW, R. H. Leaf conductance and leaf-water potencial relationships for two soybeans cultivars grown under controlled irrigation. **Agronomy Journal**, 71: p. 321-325, 1979.

CASCARDO, J. C. de M.; OLIVEIRA, L. E. M. de; SOARES, A. M. Disponibilidade de água e doses de gesso agrícola nas relações hídricas da seringueira. **Revista Brasileira de Fisiologia**, n. 5, p. 31-34, 1993.

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

CAVALCANTE, L. F.; DIAS, T. J.; GONDIM, S. C.; CAVALCANTE, I. H. L.; ALVES, G. da S.; ARAÚJO, F. A. R. de. Desenvolvimento e produção do maracujazeiro IAC 273/277 + 275 em função do número de ramos principais por plantas. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 26, n. 2, p. 109-116, 2005.

CINTRA, A. C. R.; LIBARDI, P. L.; CARVALHO, L. A. de; ROCHA, G. C. Balanço de água no volume de solo explorado pelo sistema radicular de uma planta de citros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 1 – 10. 2005.

COELHO, E. F. Irrigação. In: LIMA, A. de A. (coord.) **O cultivo do maracujá**: Cruz das almas: Embrapa Mandioca Fruticultura, 1999. cap. 11, p. 48 – 54 (Circular Técnica, 35).

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

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPANS, J. W.; PARLANGE, M. B. Programa SWRC (Version 3.0): **Soil-Water Retention Curve (Software)**. Piracicaba: ESALQ; Davis: University of Califórnia, 1995. 2 disquetes.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 1997, p. 212.

FREITAS, A. A.; BEZERRA, F. M. L. Coeficientes de cultivo da melancia nas suas fases fenológicas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 35, n. 2, p. 319 – 325, 2004.

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

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal: Malha municipal digital do Brasil 2007**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas=lavourapermanente>>. Acesso: 26 jun. 2010.

IBGE – **Produção Agrícola Municipal 2009**, Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br.estatística/economia/pam>>. Acesso: 30 dez. 2010.

KOETZ, M. **Maracujazeiro-amarelo: cultivo protegido e natural, irrigação e adubação potássica**. 2006. 119 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

KLAR, A. E. Irrigação na medida, *Cultivar máquinas*, jan/fev 2001, Ano 1, n. 1.

LIMA, A. de A. Coord. **O cultivo do maracujá**. Cruz das almas, Bahia: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1999. 130 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular Técnica, 35).

LIMA, A. de A. CUNHA, A. P. da, (ed.). **Maracujá: Produção e qualidade na passicultura**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004, p. 396.

LIBARDI, P. L. **A dinâmica da água no solo**. Piracicaba, SP. Ed. Da Universidade de São Paulo, 2005. p. 338.

LUCAS, A. A. T. **Resposta do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis sims flavicarpa Deg*) a lâmina de irrigação e doses de adubação potássica**. Piracicaba, 2002, 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo, 2002.

MALAVOLTA, E. **Nutricion y fertilizacion del maracuya**. Piracicaba: CENA: USP, 1994. 52 – 53 p.

MARTINS, D. P. **Resposta do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis sims f. flavicarpa Deg*) a lâminas de irrigação e doses de nitrogênio e potássio**. Campos dos Goytacazes, 1998. 84f. tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, UENF-UERJ, 1998.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 2. ed., atual e ampl. Viçosa. Ed. UFV, 2007. 358 p.

MARACUJÁ: a fruta da paixão: história. Disponível em: <<http://www.maracuja.com.br>>. Acesso em: 18 abr. 2009.

MENZEL, C. M.; SIMPSON, D. R.; PRINCE, G. H. Effect of foliar applied nitrogen during winter on growth, nitrogen content and production of passionfruit. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam. v.28, p.339-346, 1986.

MIRANDA, F. R. E.; YODER, R. E.; SOUZA, F. **Instalação e calibração de um lisímetro de pesagem do Nordeste, através de oito métodos, utilizando o programa REF-ET**. 1999. 124f. Dissertação (Dissertação em Agronomia). Universidade Federal do Ceará UFC, Fortaleza, CE.

MIRANDA, F. R.; SOUZA, F.; RIBEIRO, R. S. F. Estimativa da evapotranspiração e do coeficiente de cultivo para a cultura do melão plantado na região litorânea do Ceará. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v. 18, n. 4, p. 63 – 70, 1999a.

MORGAN, J. M. Adaptation to water deficits in three grain legume species. Mechanisms of turgor maintenance. **Fields Crops Research**, 29: p. 91-106, 1991.

MONTENEGRO, A. A. T. **Evapotranspiração e coeficientes de cultivo do mamoeiro (*Carica papaya*, L) através do método do balanço hídrico para a região litorânea do ceará**. 2002 76 f. Dissertação (Dissertação em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, UFC, Fortaleza, CE.

MONTENEGRO, A. A. T.; BEZERRA, F. M. L.; LIMA, R. N. Evapotranspiração e coeficientes de cultura do mamoeiro para a região litorânea do Ceará. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v. 24, n. 2, p. 464 – 472, 2004.

MORAES, J. C. B. de. **Resposta do maracujazeiro amarelo a fertirrigação com potássio**. Areia, 2008, 69 f. Dissertação (Mestrado em manejo de solo e água) – Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, CCA/UFPB, 2008.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES de, J. A. P. V.; BURITY, H. A.; NETO, E. B. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, 13 (1): p. 75-87, 2001.

PEREIRA, A. R.; VILA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.

PEREIRA, L. S.; ALLEN, R. G. Novas aproximações aos coeficientes culturais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 16, n. 4, p. 118 – 143, 1997.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres/Potafos, 1991. 343p.

RANA, G.; KATERJI, N.; MASTRORILLI, M. Environmental and soil-plant parameters for modeling actual crop evapotranspiration under water stress conditions. **Ecological Modeling**, Amsterdam, v. 101, p. 363 – 371, 1997.

RABELO FILHO, M. A. **Aspectos produtivos do maracujazeiro amarelo submetido à irrigação e adubação potássica**. Fortaleza, 2006, 89 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem). Universidade Federal do Ceará, 2006.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. Editora Manole Ltda., São Paulo, 1990. 188 p.

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

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p. il. Inclui apêndices.

SANTOS, W. V.; RESENDE, P. L. **Produção de Maracujá: série fruticultura**. Viçosa-MG: CPT, 2006. 172 p.

SILVA, A. A. G. da, KLAR, A. E. Demanda hídrica do maracujazeiro amarelo (*passiflora edulis Sims f. flavicarpa Deg.*). **Irriga**. Botucatu-SP. v. 7, n. 3, 2002.

SILVA, T. J. A.; MONTENEGRO, A. A.; RODRIGUES, J. J. V.; BONFIM, E. M. S. Aplicação de lisímetros de pesagem hidráulica na determinação da evapotranspiração de referência, em Petrolina-PE. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 511 – 520, 2003.

SILVA, T. J. A. da; FOLEGATTI, M. V.; SILVA, C. R. da; ALVES JÚNIOR, J.; PIRES, R. C. de M. Evapotranspiração e coeficientes de cultura do maracujazeiro amarelo conduzido sob duas orientações de plantio. **Irriga**, Botucatu-SP. v. 11, n. 1, p. 90-106, jan/mar, 2006.

SOUSA, V. F. de. **Níveis de irrigação e doses de potássio aplicados via fertirrigação por gotejamento no maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Deg.*)**. Piracicaba, 2000. 178f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

SOUSA, V. F. de; COELHO, E. F.; FIZZONE, J. A.; FOLEGATTI, M. V.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; OLIVEIRA, F. das C. Eficiência do uso da água pelo meloeiro sob diferentes frequências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.2, p.183-188, 2000.

SOUSA, V. F. de; ALENCAR, C. M.; FOLEGATTI, M. V.; FRIZZONE, J. A.; CORRÊA, R. A. de L. Coeficientes de cultivo para o maracujazeiro amarelo no período de desenvolvimento vegetativo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29, 2000, Fortaleza. **Anais....** Fortaleza, 2000: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000 a.

SOUSA, V. F. de; BORGES, A. L.; COELHO, E. F.; VASCONCELOS, L. F. L.; VELOSO, M. E. C.; OLIVEIRA, A. S. da; AGUIAR NETTO, A. O. **Irrigação e fertirrigação do maracujazeiro**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2001. 46 p. (Embrapa Meio-Norte Circular Técnica, 32).

SOUSA, V. F. de; FOLEGATTI, M. V.; FILHO, M. A.; FRIZZONE, J. A. Distribuição radicular do maracujazeiro sob diferentes doses de potássio aplicadas por fertirrigação, **REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL**. Campina Grande – PB: DEAg/UFPB, v. 6, n. 1, p.51 – 56. 2002.

SOUSA, V. F. de; FOLEGATTI, M. V., FRIZZONE, J. A.; CORRÊA, R. A. de L.; ELOI, W. M. Produtividade do maracujazeiro amarelo sob diferentes níveis de irrigação e doses de potássio via fertirrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.4, p. 497-505, abr. 2003.

SOUSA, V. F. de; FOLEGATTI, M. V., FRIZZONE, J. A.; CORRÊA, R. A. de L.; VIANA, T. V. A. Produtividade do maracujazeiro amarelo sob diferentes níveis de irrigação e doses de potássio via fertirrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.2, p. 365-373, maio/ago. 2006.

SOUZA, M. do S. M. de, **Evapotranspiração e coeficientes de cultivo do maracujá em duas tensões da água no solo**. Fortaleza, 2005, 94 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem). Universidade Federal do Ceará, 2005.

SOUZA, M. do S. M. de,; BEZERRA, F. M. L.; VIANA, T. V. A.; TEÓFILO, E. M.; CAVALCANTE, I. H. L. Evapotranspiração do maracujá nas condições do Vale do Curu. **Revista Caatinga**, Mossoró – Brasil. v. 22, n. 2, p. 11 – 16, abril/junho de 2009.

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

VASCONCELLOS, M. A. S.; PEREIRA, S. B.; PACE, C. A. M.; BUSQUET, R. N. B. 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., 1996, Curitiba, **Resumos**. Londrina: IAPAR, 1996.

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

VAN GENUTCHEN, M. T. H. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of insaturated. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 41, p. 892 – 898, 1980.