

UFRB

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO**

**VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO, DE PRODUÇÃO E DA RELAÇÃO SOLO-
ÁGUA-PLANTA NO MAMOEIRO SUNRISE SOLO SOB SISTEMAS DE
IRRIGAÇÃO LOCALIZADA**

GIAN CARLO CARVALHO

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
FEVEREIRO - 2011**

VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO, DE PRODUÇÃO E DA RELAÇÃO SOLO- ÁGUA-PLANTA NO MAMOEIRO SUNRISE SOLO SOB SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

GIAN CARLO CARVALHO

Engenheiro Agrícola
Universidade Federal de Pelotas, 2008

Dissertação submetida ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Agrárias, Área de Concentração: Agricultura Irrigada e Sustentabilidade de Sistemas Hidroagrícolas.

Orientador: Dr. Eugênio Ferreira Coelho

Co-Orientador: Dr. Maurício Antônio Coelho Filho

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2011

FICHA CATALOGRÁFICA

Carvalho, Gian Carlo

Variáveis de crescimento, de produção e da relação solo-água-planta no Mamoeiro Sunrise solo sob sistemas de irrigação localizada. / Gian Carlo Carvalho, 2001.

92 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Eugênio Ferreira Coelho.

Co-Orientador: Pof. Dr. Maurício Antônio Coelho Filho.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Recôncavo, 2010.

1. Irrigação localizada. 2. Mamoeiro Sunrise. 3. Extração de água. I. Universidade Federal do Recôncavo. II. Coelho, Eugênio Ferreira. III. Título.

CDD 631.587

CDU 631

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Lucidalva Ribeiro Gonçalves Pinheiro
CRB5/1161.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO ALUNO
GIAN CARLO CARVALHO**

Dr. Eugênio Ferreira Coelho
Embrapa Mandioca e Fruticultura
(Orientador)

Prof. Dr. Delfran Batista dos Santos
Instituto Federal Baiano

Prof. Dr. Tales Miler Soares
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Dissertação homologada pelo Colegiado do curso de Mestrado em Ciências Agrárias em

Conferindo o Grau de Mestre em Ciências Agrárias em

DEDICATÓRIA

Aos meus pais

Neri Andrade de Carvalho e Clarice Matilde Rambo de Carvalho

Aos meus irmãos

Wolney Roberto Carvalho e Everton Luis Carvalho

AGRADECIMENTOS

A Deus, por todas as conquistas alcançadas, pelas novas e boas amizades e por ter me dado força, coragem e tranquilidade para superar todas as dificuldades encontradas.

Ao Seu Neri e Dona Clarice, meus pais que amo muito, por todo o carinho, amor e dedicação em todos os momentos de minha vida.

Aos meus irmãos Wolney e Everton, pela amizade e por estarem sempre ao meu lado me apoiando e incentivando.

À minha pequena, querida e amada Mércia, por todo o carinho, apoio e incentivo.

Ao Dr. Eugênio, pela amizade, paciência e por todos os ensinamentos e valores de vida transmitidos.

Ao Dr. Maurício pela amizade e incentivo.

Aos professores e funcionários do Neas, em especial Prof. Francisco Adriano, pela amizade e conhecimentos transmitidos.

Ao meu caro amigo Cácio, que partilhou comigo os primeiros meses de mestrado.

A Ana Figueiredo (Aninha) e sua mãe, por toda ajuda que me deram quando cheguei em Cruz das Almas.

Aos meus amigos e colegas de mestrado Flávio, Vinícius e Mário, por todo apoio, pelas noites que passamos acordados estudando, principalmente matemática e, pelos bons tragos que compartilhamos.

Ao meu amigo Alexandre, por toda a força e por partilhar desde a graduação muitas noites de estudos.

Ao meu amigo Arthur, por toda a ajuda e por fazer da sua a minha família.

Aos amigos, Afrânio, Hélder, Tibério, Tacisio, Damiana, Miguel, Floquinho, Zé Cafua e Julival pela convivência, pelos bons momentos compartilhados e por sempre se disporem a ajudar.

Ao G9 da Embrapa Mandioca e Fruticultura, pela amizade e apoio.

Aos colegas do Laboratório de Irrigação e Drenagem da EMBRAPA, pela amizade e ajuda.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para que eu pudesse concluir o mestrado.

*“Basta um pedaço de terra,
Para a semente ser pão,
Enquanto a fome faz guerra,
A paz espera não chão”.*

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

INTRODUÇÃO 1

CAPÍTULO 1

SISTEMA RADICULAR DO MAMOEIRO CV SUNRISE SOLO SOB SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA, COM DIFERENTES VAZÕES DOS EMISSORES **6**

CAPÍTULO 2

DISTRIBUIÇÃO E EXTRAÇÃO DE ÁGUA DO SOLO E APLICAÇÕES EM POSICIONAMENTO DE SENSORES PARA MANEJO DA IRRIGAÇÃO LOCALIZADA DE MAMOEIRO **37**

CAPÍTULO 3

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO MAMOEIRO CV SUNRISE SOLO SOB DIFERENTES CONFIGURAÇÕES DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA **59**

CONSIDERAÇÕES FINAIS 82

VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO, DE PRODUÇÃO E DA RELAÇÃO SOLO-ÁGUA-PLANTA NO MAMOEIRO SUNRISE SOLO SOB SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA.

AUTOR: GIAN CARLO CARVALHO

ORIENTADOR: EUGÊNIO FERREIRA COELHO

RESUMO: O presente trabalho objetivou avaliar o comportamento das variáveis biométricas e de produtividade, a distribuição do sistema radicular, a extração e posicionamento dos sensores de água no solo, para o mamoeiro cultivar Sunrise Solo, com utilização de irrigação localizada nas condições edafoclimáticas do Recôncavo da Bahia. O trabalho foi realizado no campo experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizado no Município de Cruz das Almas – BA (12°48'S; 39°06'W; 225 m). O mamoeiro cultivar Sunrise Solo foi plantado em espaçamento de 3,6 x 1,8 x 2,0 m. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições, totalizando 24 parcelas. Os tratamentos utilizados foram: T1 – um microaspersor de 32 L h⁻¹ para quatro plantas; T2 – um microaspersor de 43 L h⁻¹ para quatro plantas; T3 – um microaspersor de 60 L h⁻¹ para quatro plantas; T4 – gotejamento com quatro emissores de 4 L h⁻¹ por planta, sendo uma lateral por fileira de plantas; T5 – gotejamento com oito emissores de 4 L h⁻¹ por planta, tendo duas laterais por fileira de plantas; T6 – gotejamento com quatro emissores de 4 L h⁻¹ por planta, em uma lateral em rabo de porco, sendo que os gotejadores distanciavam-se entre si 0,50 m. O sistema de irrigação por microaspersão propiciou maior distribuição de umidade e maior extração de água em comparação com a irrigação por gotejamento, sendo que nesse sistema foram observadas as maiores densidade de comprimento de raízes, o que condicionou maior produtividade, número de frutos e o melhor desempenho nas variáveis biométricas analisadas.

Palavras-chave: Irrigação localizada, sistema radicular, extração de água

GROWTH, YIELD, SOIL-WATER-PLANT RELATIONSHIP VARIABLES FOR PAPAYA CV SUNRISE SOLO UNDER TRICKLE IRRIGATION SYSTEMS

AUTHOR: GIAN CARLO CARVALHO

ADVISER: EUGÊNIO FERREIRA COELHO

ABSTRACT: This work aimed to evaluate yield and growth variables, the root system distribution, soil water extraction and soil sensor placement for papaya cv Sunrise solo with the use of trickle irrigation at conditions of Reconcavo of Bahia State. The work was carried at the experimental field of Embrapa Cassava & Fruits, that is located at Cruz das Almas city-BA (12°48'S; 39°06'W; 225 m). Papaya cv Sunrise solo spacing was 3,6 x 1,8 x 2,0 m. The experimental design was by random block with six treatments and four replications or 24 plots. Treatments were: T1- one 32 L h⁻¹ microsprinkler for four plants as one lateral at two crop rows; T2 - one 43 L h⁻¹ microsprinkler for four plants as one lateral at two crop rows; T3 - one 60 L h⁻¹ microsprinkler for four plants at two crop rows; T4 – Drip system with four 4 L h⁻¹ emitters at one lateral line per crop row; T5 - Drip system with eight 4 L h⁻¹ emitters at two laterals line per crop row; T6 - Drip system with four 4 L h⁻¹ emitters at one lateral line distributed as pig tail. The dripper spacing was 0.50 m. The microsprinkler was the system that provided larger soil water content distribution and water extraction compared to drip irrigation system. Also, this system provided larger root length density that favored biometric variables of growth, productivity and number of fruits.

Key words: trickle irrigation, root system, soil water extraction

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica Papaya*) é uma fruteira tipicamente tropical e subtropical, embora possa se desenvolver em regiões com temperaturas mais baixas. De acordo com dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO, 2010), a Índia é o maior produtor mundial de mamão, sendo que, o Brasil é o segundo maior produtor, tendo em 2008 uma área cultivada de 36.585 ha, produzindo cerca de 1.890.286 toneladas, com um rendimento médio de 51,668 t há⁻¹, respondendo por cerca de 21,0% da produção mundial.

No Brasil o mamoeiro é produzido em quase todos os Estados, tendo obtido em 2009 um decréscimo de 5,2% na produção. O Estado da Bahia participa com um volume de 891.236 toneladas (49,7% da produção), enquanto que o Estado do Espírito Santo produziu 550.057 toneladas (30,7 % da produção), juntos correspondem a 80,4% da produção nacional. Destaque-se que o rendimento médio da cultura no Espírito Santo é o mais elevado (74,513 kg/ha colhido), ao passo que na Bahia o rendimento foi de 59,207 kg/ha. O mamão encontra-se entre os produtos que sofreu maior acréscimo de valor da produção em 2009 (32%), ficando atrás somente para a noz (43,9 %) e o maracujá (39,4 %) (IBGE, 2009).

A produtividade das culturas está diretamente relacionada à quantidade e disponibilidade de água no solo. Segundo Reichardt e Timm, (2004), a água tem um papel importante no que diz respeito ao desenvolvimento das culturas, contudo, somente 1 a 2% da água é absorvida para a dinâmica metabólica e os 98% restantes somente passa pela planta sendo perdida para a transpiração.

De acordo com Ruggiero et al., (1996), conhecer as necessidades hídricas e nutricionais de máxima eficiência econômica para as culturas é indispensável para a obtenção de sucesso no empreendimento frutícola, pois a água e os nutrientes são os fatores que mais limitam o rendimento da planta.

O mamoeiro é uma planta sensível ao déficit hídrico, mesmo nas regiões onde a precipitação pluvial é superior a 1200 mm anuais, mas que tenham uma distribuição irregular, sendo que, para atingir elevadas produtividades,

normalmente necessita de suplementação hídrica (COELHO FILHO e COELHO, 2007).

Neste sentido, a irrigação é considerada tecnologia imprescindível e vem sendo usada para a manutenção de altas produtividades, nas regiões subúmidas secas e semiáridas para obter uma produção economicamente rentável (COELHO FILHO et al., 2009; CAMPANHARO et al., 2008).

No caso do mamoeiro, a escolha do sistema de irrigação tem sido uma das mais frequentes dúvidas dos produtores e, deve ser escolhido a depender da necessidade de uma maior eficiência de aplicação de água (quantidade de água aplicada em relação à usada pela cultura).

Dentre os métodos de irrigação, os mais utilizados para a cultura do mamoeiro são os pressurizados, sendo que, a microaspersão e gotejamento propiciam à cultura melhores condições de desenvolvimento e produção que os sistemas de irrigação por sulco e aspersão (RUNGSIMANOP et al., 1988; ELDER et al., 2000, COELHO et al, 2007).

Do ponto de vista ambiental, a irrigação localizada apresenta-se como uma alternativa ao atendimento das necessidades hídricas das culturas, ao proporcionar maior eficiência na aplicação de água, além de permitir a aplicação simultânea de fertilizantes, reduzindo custos e aumentando a eficiência de produção (SANTOS et al., 2005).

Coelho Filho e Coelho (2007) citam que, quando o sistema e manejo de água são bem planejados, é esperado um aumento da eficiência ao se trabalhar com gotejamento em relação à microaspersão, devido ao aumento da distribuição de água neste último, e conseqüente aumento da evaporação da água no solo que deverá ser contabilizada no processo de reposição hídrica.

A escolha correta do sistema de irrigação e a definição do posicionamento do emissor são de grande importância, pois, podem alterar o formato do bulbo molhado e interferir na interação entre o sistema radicular, solo e água. Para Coelho e Oliveira (2001) conhecer a distribuição do sistema radicular é de fundamental importância no que tange à definição das práticas adequadas de preparo e manejo do solo. Arruda (1989) cita que o conhecimento da profundidade efetiva do sistema radicular, ou seja, onde concentra-se 80% das raízes, é fundamental para a determinação da quantidade de água a ser aplicada

na irrigação, bem como para o dimensionamento dos sistemas de irrigação na fase de projeto.

Os solos dos Tabuleiros Costeiros são geralmente de baixa fertilidade, baixa capacidade de retenção de água e a camada adensada encontra-se próxima à sua superfície, o que se traduz em redução na disponibilidade de água e, conseqüentemente, limitação na distribuição radicular das plantas. Em períodos úmidos, essa condição favorece o encharcamento nas camadas superficiais, onde se concentra o sistema radicular das plantas, devido à retenção do fluxo de água pela camada coesa (COELHO et al. 2005; CARVALHO, 2005).

Neste sentido, Vieira (1996) cita que, conhecer somente a profundidade efetiva do sistema radicular não é suficiente quando se trabalha com condições de irrigação localizada, visto que essa apresenta uma distribuição multidimensional quando comparada à irrigação por aspersão, que apresenta distribuição unidimensional. Desta forma, o autor sugere o conhecimento tanto da profundidade como da distância efetiva do sistema radicular.

Desta forma, o conhecimento da distribuição do sistema radicular permite inferir sobre as zonas de absorção de água pelas raízes que é uma importante ferramenta em estudos no monitoramento de umidade do solo e, de acordo com Machado e Coelho (2000), auxilia na instalação e posicionamento dos sensores de medida de água no solo.

Dentre os sensores de umidade no solo, os de técnica de TDR (Reflectometria no domínio do tempo) tem sido usados em manejo de irrigação, na determinação dos padrões de distribuição de água no volume molhado, em estudos de absorção de água e nutrientes pelo sistema radicular e avaliação do fluxo de água no solo, além do monitoramento do estado da água no solo para definição do momento da irrigação e do quanto de água a aplicar (COELHO e ARRUDA, 2001).

O presente trabalho objetivou avaliar o comportamento das variáveis biométricas e de produtividade, a determinação da distribuição do sistema radicular, a extração e o posicionamento dos sensores de água no solo, para o mamoeiro cultivar Sunrise Solo, sob diferentes sistemas de irrigação localizada nas condições edafoclimáticas do Recôncavo da Bahia.

REFERÊNCIAS

- ARRUDA, F. B. **Necessidade de água nas culturas elementos de projeto**. In: CURSO PRÁTICO INTERNACIONAL DE AGROMETEOROLOGIA PARA OTIMIZAÇÃO DA IRRIGAÇÃO, 3., 1989, Campinas. **Anais...** Campinas, 35p.
- CAMPANHARO, W. A. ; GUARIZ, H. R.; PICOLI, M.H.S.; SPERANDIO, H. V.; CECILIO, R. A. Zoneamento Agroclimático de teca (*Tectona grandis* L.F.), para o estado do Espírito Santo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA, GEOGRÁFICA, 8., 2008, Alto Caparaó, MG. [Anais...]. Alto Caparaó, MG: 8,SBCG, 2008. p.152-159.
- CARVALHO, J. E. B. d; Manejo de solos e cobertura verde em solos de tabuleiros costeiros para o cultivo do mamão. In: MARTINS, D. S. **Papaya Brasil: mercado e inovações tecnológicas para o mamão**. Vitória: Incaper, 2005. p. 111-125.
- COELHO, E. F.; ARRUDA, F. B. 2001. Aplicações da técnica de TDR: manejo da água no solo. In: WORKSHOP SOBRE APLICAÇÕES DA TÉCNICA DE TDR (REFLECTOMETRIA NO DOMÍNIO DO TEMPO) NA AGRICULTURA, 1., Campinas, 2001, **Aplicações da técnica de TDR na agricultura**. Campinas:UNICAMP, FEAGRI, p. 129-145
- COELHO, E. F., OLIVEIRA, F. C. Distribuição do sistema radicular da mangueira sob irrigação localizada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 23, n. 2, p. 227, 2001.
- COELHO, E. F.; SANTOS, M. R.; COELHO FILHO, M. A. Distribuição de raízes de mamoeiro sob diferentes sistemas de irrigação localizados em latossolo de tabuleiros costeiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 175-178, 2005.
- COELHO, E. F., COELHO FILHO, M. A., CRUZ, J. L. Orientações práticas para a fertirrigação do mamoeiro. Cruz das Almas: Embrapa, 2007 (Circular Técnica 85).
- COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F. Desenvolvimento e produção do mamoeiro irrigado por diferentes sistemas de microirrigação. **Irriga**. Botucatu. v. 12, n. 4, p. 519-531, 2007.
- COELHO FILHO, M. A.; CRUZ, J. L.; COELHO, E. F.; MARTINS, T. S.; MARIN, F. R. Aptidão agroclimática do Estado da Bahia para o cultivo do mamoeiro. In: 15 Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 15., 2009, Belo Horizonte, Anais.... Belo Horizonte: SBAGRO, 2009. (CDROM).

ELDER, R. J. et al. Growth, yield and phenology of 2 hybrid papayas (*Carica papaya* L.) as influenced by method of water application. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.40, n.5, p.739-746, 2000.

FAO – Food and Agriculture Organization. Agricultural production. Disponível em: [http:// http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx](http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx). Acesso em: 21 de nov. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Agrícola Municipal**. Culturas Temporárias e Permanentes. 2009, v. 36. 90 p. Brasil.

MACHADO, C. C.; COELHO, R. D. Estudo da distribuição espacial do sistema radicular do limão “Cravo” enxertado com lima ácida “Tahiti”. *Laranja, Cordeirópolis*, v.21, n.2, p.359-380, 2000.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, Planta e Atmosfera: conceitos, Processos e Aplicações**. Barueri, SP: Manole, 2004. 478 p.

RUGGIERO, C.; SÃO JOSÉ, A. R.; VOLPE, C.A.; OLIVEIRA, J. C de.; DURIGAN, J. F.; BAUMGARTNER, 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, (Publicação técnica da FRUPEX, 19). 1996. 64 p.

RUNGSIMANOP, C.; SUKSRI, A.; SRINUKUL, S. Some irrigation methods which influence the growth of custard apple and papaya when intercropped in northeast Thailand. **Horticultural Abstract**, Farnham Royal, v. 58, p.472-478, 1988.

SANTOS, D. B. dos, COELHO, E. F. & AZEVEDO C. A. V. de Absorção de água pelas raízes do limoeiro sob distintas freqüências de irrigação. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p.327-333, 2005.

VIEIRA, D. B.; GENOVEZ, A. M.; GOMES, E. M. Determinação da profundidade efetiva do sistema radicular do milho (*Zea mays* L.) irrigado. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11, 1996, Campinas. **Anais...** Campinas, 1996. p. 95-106.

CAPÍTULO 1

**SISTEMA RADICULAR DO MAMOEIRO CV SUNRISE SOLO SOB SISTEMAS
DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA, COM DIFERENTES VAZÕES DOS
EMISSORES**

SISTEMA RADICULAR DO MAMOEIRO CV SUNRISE SOLO SOB SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA, COM DIFERENTES VAZÕES DOS EMISSORES

AUTOR: GIAN CARLO CARVALHO

ORIENTADOR: EUGÊNIO FERREIRA COLEHO

RESUMO: O conhecimento da distribuição do sistema radicular permite o uso mais racional de práticas de cultivos tais como de manejo e adubação do solo e está diretamente ligado às características do solo. O objetivo do trabalho foi avaliar a distribuição do sistema radicular do mamoeiro cultivar Sunrise Solo submetido a irrigação por microaspersão e gotejamento, nas condições edafoclimáticas dos Tabuleiros Costeiros do Recôncavo da Bahia. Os sistemas utilizados foram: S1 – um microaspersor de 32 L h⁻¹ para quatro plantas; S2 – um microaspersor de 43 L h⁻¹ para quatro plantas; S3 – um microaspersor de 60 L h⁻¹ para quatro plantas; S4 – gotejamento com quatro emissores de 4 L h⁻¹ por planta, sendo uma lateral por fileira de plantas; S5 – gotejamento com oito emissores de 4 L h⁻¹ por planta, tendo duas laterais por fileira de plantas; S6 – gotejamento com quatro emissores de 4 L h⁻¹ por planta, em uma lateral em rabo de porco. A primeira coleta de amostras de raízes foi realizada aos 81 dias após o plantio através da abertura de trincheiras nos sistemas de microaspersão (S3) e gotejamento (S4 e S5). A segunda coleta de amostras de raízes foi realizada aos 234 DAP, no qual usou um amostrador cilíndrico de aço galvanizado. As amostras foram coletadas nas distâncias da planta de 0,2, 0,4, 0,6 e 0,8 m e nas profundidades de 0,1, 0,2, 0,4, 0,6 e 0,8 m para microaspersão e gotejamento, com acréscimo da coleta ortogonal à fileira de plantas nas distâncias de 0,25, 0,50, 0,75 e 1,00 m, na segunda coleta. A distribuição do sistema radicular depende do sistema de irrigação utilizado, sendo que os maiores valores de densidade de comprimento de raízes foram observados no sistema de irrigação por microaspersão quando comparado com os sistemas de gotejamento.

Palavras-chave: Distribuição do sistema radicular, microaspersão, gotejamento.

PAPAYA CV SUNRISE SOLO ROOT SYSTEM UNDER TRICKLE IRRIGATION WITH DIFFERENT EMITTER FLOW RATES

AUTHOR: GIAN CARLO CARVALHO

ADVISER: EUGÊNIO FERREIRA COLEHO

ABSTRACT: The knowledge of root system distribution allows the rational use of agricultural practices such as management and soil fertilizing and is directly related to soil characteristics. The objective of the work was to evaluate root distribution of papaya cv Sunrise Solo under drip and microsprinkler irrigation in the soil and climate conditions of Reconcavo Baiano. The systems were S1- one 43 L h⁻¹ microsprinkler for four plants; S2 - one 32 L h⁻¹ microsprinkler for four plants; S3 - one 60 L h⁻¹ microsprinkler for four plants; S4 – Drip system with four 4 L h⁻¹ emitters at one lateral line per crop row; S5 - Drip system with eight 4 L h⁻¹ emitters at two lateral lines per crop row; S6 - Drip system with four 4 L h⁻¹ emitters at one lateral line located as pig tail. The first root sample collection was carried out 81 days after planting date in trenches in the microsprinkler system (S3) and drip systems (S4 and S5). The second root sample was carried out at 234 DAP. A galvanized steel cylinder sampler was used; Samples were collected at distances from plant of 0.2, 0.4, 0.6 e 0.8 m and at depths of 0.1, 0.2, 0.4, 0.6 e 0.8 m for microsprinkler and drip with addition of a sampling orthogonally to row crops at distances of 0.25, 0.50, 0.75 and 1.00 m for drip system during the second root sample. The root system distribution depends upon the irrigation system that is under use. The larger root length density were observed for microsprinkler irrigation system when compared to drip ones.

Key words: root system distribution, microsprinkler, drip irrigation.

INTRODUÇÃO

A produtividade das culturas está diretamente relacionada à quantidade e disponibilidade de água no solo. Segundo Reichardt e Timm (2004), a água tem um papel importante no que diz respeito ao desenvolvimento das culturas, contudo, somente 1 a 2% da água é absorvida para a dinâmica metabólica e os 98% restantes somente passam pela planta sendo perdidos para a transpiração. Nesse sentido, o sistema radicular das plantas desempenha papel fundamental nos estudos das interações entre água-solo-planta-atmosfera. O conhecimento da sua distribuição permite o uso mais racional de práticas de cultivos tais como de manejo e adubação do solo.

Coelho et al., (2001) ressaltam que o conhecimento da distribuição de raízes constitui também uma importante ferramenta no que diz respeito à elaboração de projetos de irrigação, uma vez que a quantidade de água aplicada deve ser tal que o solo na profundidade efetiva do sistema radicular esteja sempre próximo à capacidade de campo.

Conhecer a distribuição do sistema radicular também se torna importante para o correto posicionamento dos sensores de umidade do solo, os quais auxiliam no manejo da irrigação bem como no posicionamento correto dos sensores de monitoramento de umidade do solo no manejo da irrigação. Thorne (1979) cita o intervalo entre irrigações e a quantidade de água a ser aplicada por irrigação como função da capacidade de retenção da água no solo e da profundidade do sistema radicular da cultura em estudo.

A distribuição do sistema radicular das culturas está ligada diretamente às características físicas do solo, principalmente a estrutura e textura (AVILAN et al., 1984), porém, fatores genéticos, características do perfil do solo onde se desenvolve o sistema radicular, teor de água no solo e a temperatura do solo, são fatores que afetam a distribuição das raízes (KLEPPER, 1987; GREGORY, 1987).

Ao se tratar de irrigação localizada, conhecer apenas a profundidade efetiva do sistema radicular não é o suficiente para determinar as zonas de absorção de água e nutrientes, visto que, a geometria de distribuição de água é de caráter multidimensional ao contrário da irrigação por aspersão que é de caráter unidimensional. Portanto, é necessário também o conhecimento da distância efetiva do sistema radicular (COELHO et al., 2005).

Para avaliar a distribuição do sistema radicular alguns métodos podem ser empregados, entre eles podem ser citados os métodos da escavação, método dos monolitos, método do trado e método do perfil do solo (BOHM, 1979), sendo que a quantificação pode ser feita através da obtenção do peso seco das raízes e mais recentemente através dos métodos de análise de imagens digitais em câmeras de vídeos (CRESTANA et al., 1994; BOX, 1996) ou a partir da utilização de 'scanners' de computador, onde as raízes são digitalizadas e submetidas a 'softwares' específicos para determinação de variáveis tais como comprimento e diâmetro.

Os métodos da escavação e do perfil do solo consistem em expor parte ou a totalidade das raízes em sua forma natural para posterior quantificação. O método do monolito consiste em retirar amostras (monolito) de volume conhecido diretamente no perfil do solo, após a abertura de trincheiras. O método do trado (manual ou mecânico) é um método simples, pois não se faz necessária a abertura de trincheiras e não causa grandes danos às plantas. Em ambos os métodos, após coletadas, as amostras são separadas do solo por lavagem com água e as raízes coletadas em peneiras para posterior quantificação (BOHM, 1979).

A distribuição do sistema radicular em fruteiras depende de alguns fatores como a genética da espécie ou a cultivar. Coelho et al., (2008) citam que a umidade do solo desempenha papel importante para as raízes se proliferarem em maior densidade, sendo que, no caso de irrigação localizada, a distribuição de água no solo ocorre de forma multidimensional, ocasionando variação na distribuição radicular tanto em distância horizontal como em profundidade.

Costa e Costa (2003) avaliaram a distribuição do sistema radicular para três tipos de solos (franco arenoso, franco argilo arenoso e argilo arenoso) e três cultivares de mamoeiro do grupo Solo nas condições dos Tabuleiros Costeiros, sendo que as medições de comprimento de raízes foram feitas em quatro posições a partir do tronco. Os autores constataram que o comprimento das raízes foi inferior ao comprimento da copa nos três solos em estudo, tendo o solo franco arenoso apresentado maior comprimento de raízes, sendo que a distribuição de raízes concentrou-se em um pequeno diâmetro ao redor do tronco.

Coelho et al., (2000) citam que, nas regiões dos Tabuleiros Costeiros, a concentração do sistema radicular do mamoeiro encontra-se num raio de 0,35 m

a partir do tronco da planta, sendo que esses valores podem variar em função da textura e da estrutura do perfil do solo.

O objetivo do trabalho foi avaliar a distribuição do sistema radicular do mamoeiro cultivar Sunrise Solo submetido à irrigação por microaspersão e gotejamento, nas condições edafoclimáticas dos Tabuleiros Costeiros do Recôncavo da Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no campo experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, localizado no Município de Cruz das Almas – BA, tendo como coordenadas geográficas a latitude de 12°48'S, longitude de 39°06'W e altitude de 225 m. O clima da região é considerado como úmido a subúmido com pluviosidade anual de 1143 mm (D'ANGIOLELLA et al., 1998).

O solo da área é caracterizado como Latossolo Amarelo Álico de textura média, sendo as características físicas e de armazenamento de água apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Valores referentes a classificação física do solo da área experimental.

Profundidade (m)	Análise Granulométrica (g kg ⁻¹)								Classificação textural
	AMG	AG	AM	AF	AMF	AT	Silte	Argila	
0 – 0,20	17	192	221	243	59	732	87	181	Franco Arenoso
0,20 – 0,40	19	139	179	235	57	629	68	303	Franco argilo-arenoso
0,40 – 0,70	17	147	172	211	53	600	77	323	Franco argilo-arenoso
0,70 - 1,00	19	136	138	173	69	535	81	384	Argila arenosa

AMG = areia muito grossa; AG = areia grossa; AM = areia média; AF = areia fina; AMF = Areia muito fina; AT = areia total.

Tabela 2. Valores de densidade do solo (ρ_s), umidade volumétrica e água disponível para diferentes tensões

Profundidade (m)	(kg dm^{-3})	Umidade Volumétrica ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)					Água Disponível ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)
		Potencial Matricial (kPa)					
		-10	-33	-100	-300	-1500	
0 – 0,20	1,67	0,1785	0,1761	0,1578	0,1335	0,0980	0,0781
0,20 – 0,40	1,66	0,1964	0,1936	0,1837	0,1709	0,1514	0,0422
0,40 – 0,70	1,43	0,1896	0,1837	0,1590	0,1405	0,1320	0,0517
0,70 - 1,00	1,39	0,2105	0,2039	0,1695	0,1524	0,1435	0,0604

A área experimental primeiramente passou pelo processo de preparo do solo, o qual consistiu em aração, gradagem e coveamento. As covas foram feitas com as dimensões de 0,40 x 0,40 x 0,40 m.

O mamoeiro cultivar Sunrise Solo foi plantado em espaçamento de 3,6 m x 1,8 m x 2,0 m. Os tratos culturais correção do solo, aplicação de fertilizantes e defensivos foram realizados de acordo com as recomendações para as condições dos Tabuleiros Costeiros (TRINDADE, 2000).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com seis sistemas de irrigação e quatro repetições, totalizando 24 parcelas. Os sistemas utilizados foram: S1 – um microaspersor de 32 L h⁻¹ para quatro plantas, com uma lateral entre duas fileiras de plantas; S2 – um microaspersor de 43 L h⁻¹ para quatro plantas com uma lateral entre duas fileiras de plantas; S3 – um microaspersor de 60 L h⁻¹ para quatro plantas, com uma lateral entre duas fileiras de plantas; S4 – gotejamento com quatro emissores de 4 L h⁻¹ por planta, sendo uma lateral por fileira de plantas; S5 – gotejamento com oito emissores de 4 L h⁻¹ por planta, tendo duas laterais por fileira de plantas; S6 – gotejamento com quatro emissores de 4 L h⁻¹ por planta, em uma lateral em rabo de porco. Os gotejadores foram distanciados entre si em 0,50m.

As parcelas irrigadas por microaspersor foram constituídas de duas fileiras de plantas, cada qual contendo seis plantas úteis, totalizando 12 plantas úteis, sendo que, cada fileira possuía as dimensões de 16,0 m de comprimento X 5,4 m de largura (Figura 1). As parcelas irrigadas por gotejamento foram compostas de uma fileira de plantas, com seis plantas úteis por parcela, tendo 16,0 m de comprimento X 3,6 m de largura. Entre cada parcela foi implantado uma fileira de plantas (bordadura), a fim de evitar a interferência entre um tratamento e outro.

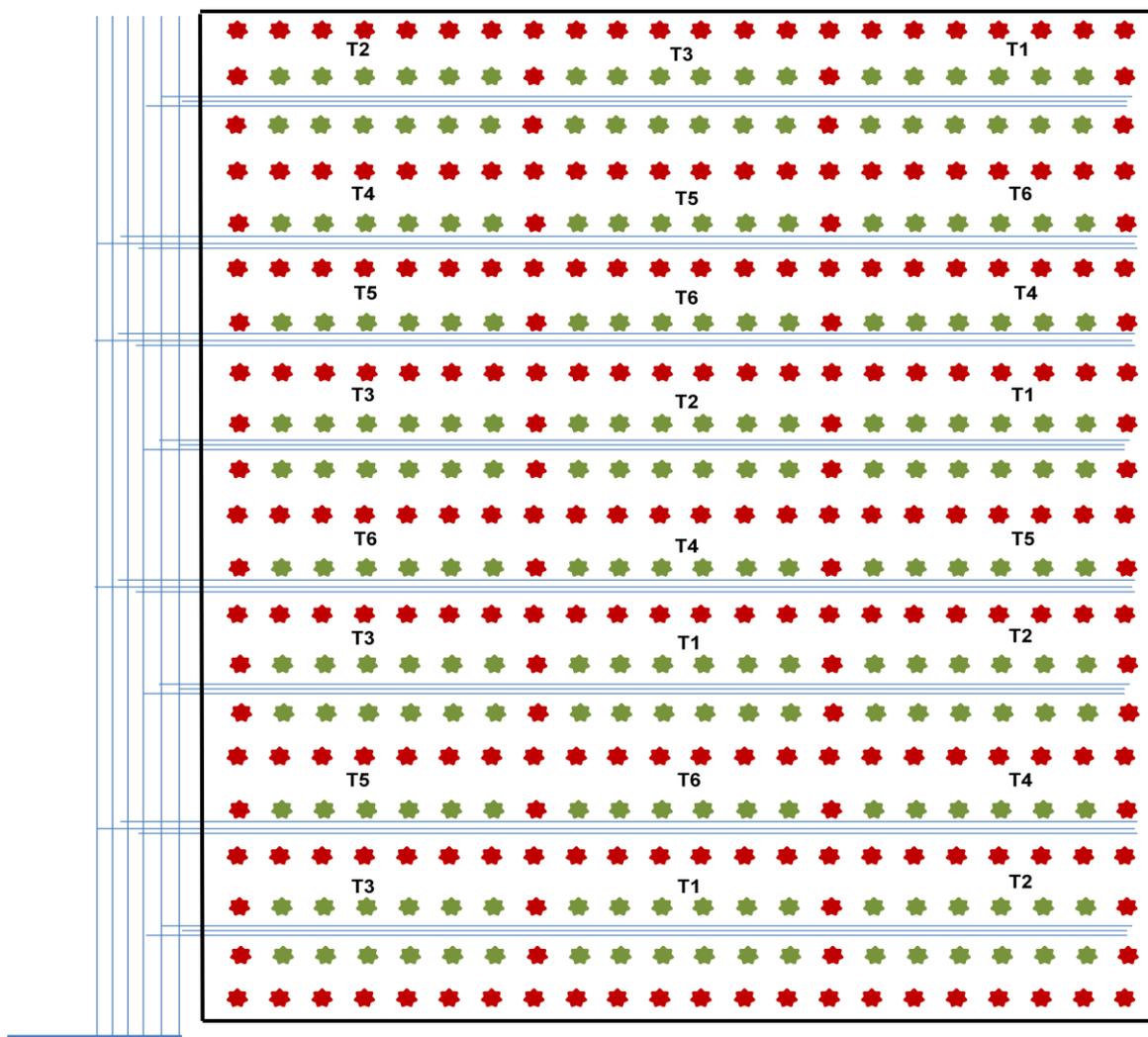


Figura 1 - Esquema da área experimental com a distribuição dos tratamentos e repetições. Em vermelho estão representadas as plantas da área experimental com a distribuição dos tratamentos e de bordadura e em verde as plantas úteis.

As lâminas de irrigação foram as mesmas para todos os tratamentos estudados, tendo turno de rega variável e o cálculo da lâmina foi feito com base na Evapotranspiração de referência obtida pela equação de Penman-Monteith modificada (FAO 56), sendo utilizados os valores de coeficiente de cultivo (K_c) de acordo com o recomendado por Coelho Filho et al., (2003), e o coeficiente de localização recomendado por Fereres et al., (1981).

As adubações foram feitas seguindo as recomendações de Oliveira et al., (2004), sendo as aplicações via água de irrigação. Os cálculos das quantidades de fertilizantes nitrogenados e potássicos aplicados em cada fertirrigação seguiram as recomendações de Coelho et al., (2008).

A primeira coleta de amostras de raízes foi realizada na fase vegetativa, aos 81 dias após o plantio (DAP), as quais foram realizadas pela abertura de

trincheiras, sendo uma por planta, com 0,8 m de largura por 1,00 m de comprimento e profundidade de 0,90 m, na direção planta-microaspersor para o sistema irrigado com microaspersão (S3 – um microaspersor de 60 L h⁻¹ para quatro plantas, com uma lateral entre duas fileiras de plantas) e na direção longitudinal à planta para os sistemas de gotejamento (S4 – gotejamento com quatro emissores de 4 L h⁻¹ por planta, sendo uma lateral por fileira de plantas e S5 – gotejamento com oito emissores de 4 L h⁻¹ por planta, tendo duas laterais por fileira de plantas) e. As amostras de raízes foram coletadas em monolitos de 0,1 x 0,1 x 0,1 m, conforme Bhom (1979), nas distâncias da planta de 0,2, 0,4, 0,6 e 0,8 m e nas profundidades de 0,1, 0,2, 0,4, 0,6 e 0,8 m.

A segunda coleta de amostras de raízes foi realizada na fase de produção, aos 234 DAP, pelo método dos monolitos (BOHM, 1979), utilizando um amostrador cilíndrico de aço galvanizado de 0,10 m de diâmetro, com uma abertura lateral. As amostras de 785 cm³ foram coletadas em todos os tratamentos, e as distâncias e profundidades de coleta foram as mesmas para os sistemas com microaspersão e gotejamento. No entanto, para esse último houve o acréscimo de uma coleta ortogonalmente à fileira de plantas nas distâncias de 0,25, 0,50, 0,75 e 1,00 m a partir do caule da planta, nas mesmas profundidades citadas anteriormente.

Em seguida, as amostras foram colocadas em sacolas plásticas e levadas até o laboratório onde as raízes foram separadas do solo por lavagem com água. As raízes foram colocadas em sacolas plásticas com solução de álcool diluído em 50% de água destilada, em seguida levadas a geladeira para armazenamento a uma temperatura de 5°C (KASPAR e EWING, 1997). As amostras de raízes retiradas do armazenamento foram expostas a secagem natural em uma bancada; posteriormente, as mesmas foram separadas de acordo com os diâmetros dos segmentos e colocadas em folhas de transparência, que por sua vez foram digitalizadas em arquivos TIFF (Tagged Image File Format) comprimidos, usando 'scanner' de resolução 600 dpi, escala de 100% e brilho entre 125 e 145 (KASPAR e EWING, 1997; COELHO et al., 1999). Os arquivos digitalizados foram submetidos ao software Rootedge (KASPAR e EWING, 1997) para a determinação das características geométricas: área, comprimento e diâmetro das raízes. Os dados de comprimento de raízes (Lr), permitiram a determinação da densidade de comprimento de raízes (DCR), pela razão entre o

comprimento de todos os segmentos de raízes e do volume da amostra (V_r), (equação 1), bem como a percentagem do comprimento de raízes para cada posição.

$$\text{---} \quad (1)$$

Os dados de DCR foram então submetidos à análise de variância com o uso do programa SISVAR[®], utilizando para a comparação das médias o teste de Tukey ($p < 0,05$), sendo que, para as duas coletas realizadas, o delineamento experimental utilizado foi em parcelas subdivididas, sendo os tratamentos considerados como parcelas, as distâncias as subparcelas e as profundidades as subsubparcelas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fase Vegetativa

A Tabela 3 apresenta a análise de variância para os três tratamentos estudados na primeira amostragem. As variáveis independentes que tiveram efeito nas variáveis dependentes foram distância e profundidade. As interações entre sistema x distância, e sistema x profundidade não foram significativas, porém, ao se efetuar o desdobramento de distância e profundidade dentro de cada sistema observou-se que em alguns tratamentos houve diferença entre as distâncias e profundidades analisadas.

Tabela 3. Análise de variância para os tratamentos avaliados na primeira coleta de raízes.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	2	0,008626	0,004313	7,780	0,0418
Sistema	2	0,002897	0,001448	2,613	0,1880
Erro 1	4	0,002217	0,000554		
Dist	3	0,015870	0,005290	15,726	0,0002
Sist*Dist	6	0,001620	0,000270	0,803	0,5864
Erro 2	12	0,004037	0,000336		
Prof	4	0,022143	0,005536	16,016	0,0000
Sist*Prof	8	0,003180	0,000397	1,150	0,3845
Erro 3	16	0,005530	0,000346		
Dist *Prof	12	0,000962	0,000080	0,482	0,9204
Trat*Dist*Prof	24	0,003807	0,000159	0,953	0,5335
Erro 4	86	0,014312	0,000166		
Total corrigido	179	0,085200			
CV (%)	38,14				
Média Geral	0,03382				

A Figura 2 ilustra a distribuição da densidade de comprimento de raízes (DCR) para os três sistemas estudados. Observa-se uma distribuição radicular mais superficial em todos os sistemas, o que pode ser atribuído a distribuição de umidade no solo, consequente da irrigação, o que segundo Coelho et al., (2002) é fator essencial para o desenvolvimento do sistema radicular.

No perfil irrigado por microaspersão, a DCR foi superior a $0,05 \text{ cm cm}^{-3}$ para a distância de até 0,67m a partir do tronco da planta, sendo que esses valores foram encontrados em profundidade até no máximo a 0,35 m, os quais podem ser explicados devido a maior área molhada gerada pelo microaspersor.

Coelho et al., (2005) observou que a distribuição das raízes no solo irrigado por microaspersão ocupou maior volume comparado ao gotejamento, principalmente na região entre a planta e o microaspersor, onde as raízes atingiram profundidades superiores a 0,60 m e distância da planta de 0,80 m, sendo que a máxima DCR ocorreu nas profundidades entre 0,25 m e 0,45 m.

Nos perfis irrigados sob gotejamento, os valores de DCR de $0,05 \text{ cm cm}^{-3}$ ou superiores encontram-se às distâncias de 0,49 m e de 0,55 m para os sistemas S4 e S5, respectivamente. Coelho et al., (2005) encontraram densidade de comprimento de raízes igual ou superior a $0,04 \text{ cm cm}^{-3}$ para distâncias da planta entre 0,60 m e 0,70 m. No sistema com duas linhas laterais de gotejadores a DCR foi maior nas camadas mais superficiais, enquanto que no sistema irrigado com apenas uma linha lateral encontrou-se valores mais elevados de DCR para as camadas mais profundas, isto, em consequência do menor volume de água aplicado, fazendo com que a água se redistribua no solo até as camadas mais profundas, enquanto que, quando se empregou maiores volumes de água, as camadas superficiais ficaram mais rapidamente em capacidade de campo.

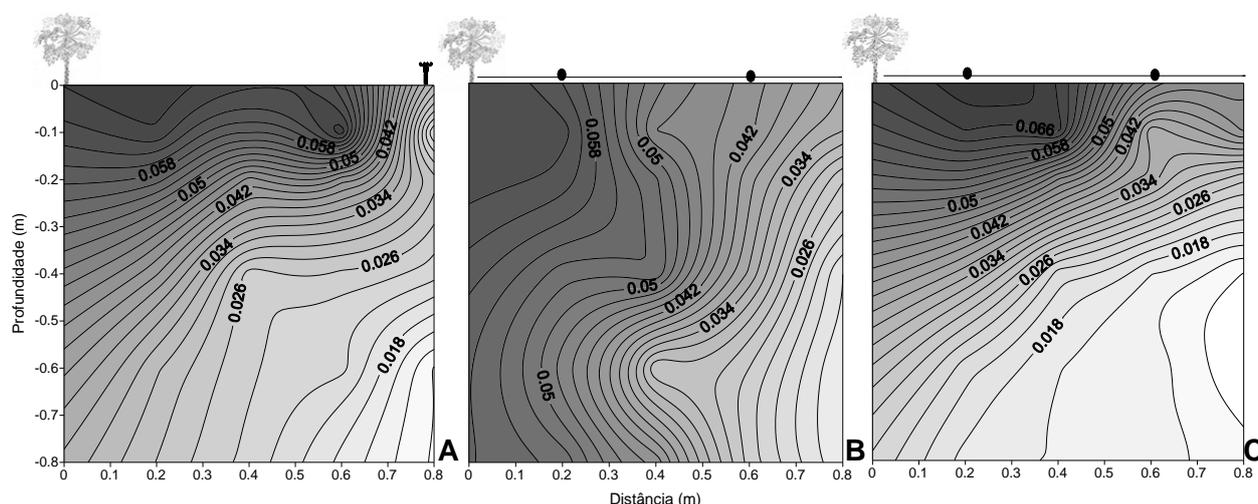


Figura 2. Distribuição da densidade de comprimento de raízes no perfil do solo para os sistemas de irrigação com um microaspersor de 60 L h^{-1} (A), quatro gotejadores em uma linha lateral (B) e oito gotejadores em duas linhas laterais (C).

Quando avaliado individualmente as distâncias, percebe-se que as médias de DCR diferem estatisticamente (Tabela 4), sendo as maiores médias em ordem decrescente para as distâncias de 0,2, 0,4, 0,6 e 0,8 m, respectivamente. Esses valores refletem o que já era esperado, ou seja, as maiores densidades de raízes ocorrerem no entorno da planta.

Ao efetuar-se o desdobramento das distâncias dentro de cada sistema de irrigação, observa-se que somente para o sistema S5 não houve diferença estatística entre as distâncias estudadas, porém, em termos absolutos, os maiores valores encontrados seguem o mesmo comportamento dos sistemas S3 e S4, ou seja, os maiores valores situam-se próximos a planta (Figura 3A), sendo

os maiores valores encontrados até a distância de 0,60m para o sistema de irrigação por gotejamento com uma linha de gotejadores por fileira de plantas. Esses resultados se devem ao sistema radicular da planta aos 81 DAP estar pouco desenvolvido explorando menor volume de solo. Coelho et al., (2005), verificou que para a irrigação por gotejamento superficial, a região do perfil do solo que obteve maior densidade de comprimento de raiz foi limitada pela distância da planta de 0,35 m.

Tabela 4. Valores médios de DRC para as distâncias avaliadas e desdobramento das distâncias em cada tratamento

Distâncias	DCR (cm cm ⁻¹)			
	Médias	S3	S4	S5
0,2	0,046289 a	0,044168 a	0,055506 a	0,039193 a
0,4	0,037618 ab	0,034835 ab	0,044692 ab	0,033328 a
0,6	0,030742 bc	0,035120 ab	0,033617 bc	0,023490 a
0,8	0,020656 c	0,018975 ab	0,022154 c	0,020838 a
CV (%)	38,14			

Valores seguidos pela mesma letra na coluna não se diferem estatisticamente ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

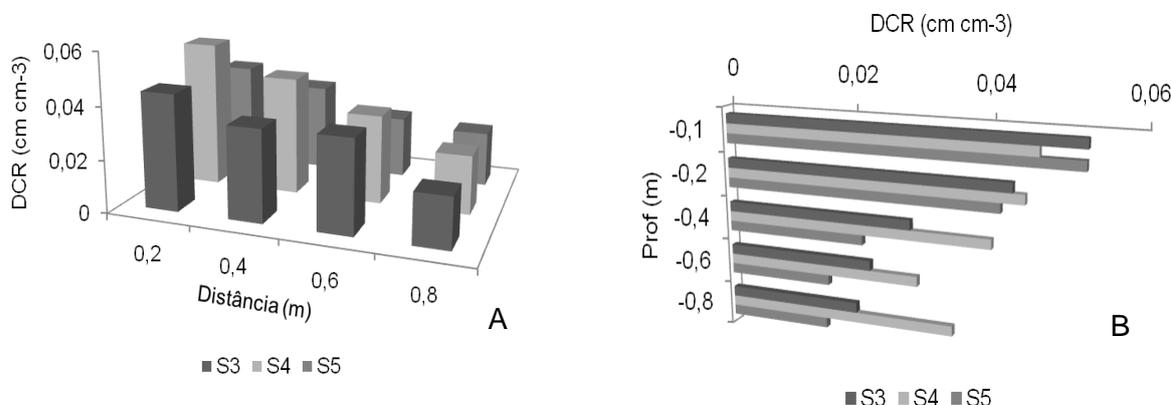


Figura 3. Valores de densidade de comprimento de raízes em distância (A) e profundidade (B) para os três sistemas de irrigação avaliados.

Ao avaliar as médias de DCR (Figura 3B) em termos de profundidade verifica-se que o sistema radicular do mamoeiro concentra-se mais na superfície, sendo que as camadas de 0,10 e 0,20 m apresentam as maiores médias de DCR. Esses resultados são encontrados também ao se efetuar o desdobramento das profundidades dentro de cada sistema (Tabela 5), sendo que para os sistemas S3 e S5 houve diferença significativa nas profundidades. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Coelho et al., (2005) que obtiveram os

máximos valores de densidade de comprimento de raízes na profundidade de 0,25 m para irrigação por gotejamento superficial e entre 0,25 0,45 m para irrigação por microaspersão.

Tabela 5. Valores de DCR médios para profundidade e para o desdobramento de profundidade em cada sistema de irrigação

Profundidade (m)	DCR (cm cm ⁻¹)			
	Médias	S3	S4	S5
0,1	0,050517 a	0,052671 a	0,046359 a	0,052523 a
0,2	0,042905 ab	0,042886 ab	0,044580 a	0,041248 ab
0,4	0,029882 bc	0,028412 b	0,040059 a	0,021173 bc
0,6	0,022498 c	0,022304 b	0,029403 a	0,015786 c
0,8	0,023330 c	0,020099 b	0,034560 a	0,015331 c
CV (%)	38,14			

Valores seguidos pela mesma letra na coluna não se diferem estatisticamente ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Na Tabela 6 é apresentado o desdobramento das profundidades em cada nível de distância. Nota-se que, semelhante ao desdobramento anterior, ocorre diferença estatística significativa para todas as distâncias, sendo que os maiores valores de DCR observados encontram-se em ordem decrescente nas profundidades de 0,10 m, 0,20 m e 0,40m. As distâncias de 0,6 e 0,8 m apresentam também os maiores valores nas camadas superficiais, no entanto os valores encontrados são menores que os valores das distâncias de 0,2 e 0,4 m do tronco.

Tabela 6. Valores de DCR (cm cm⁻¹) para o desdobramento de profundidade nas distâncias analisadas.

Profundidade (m)	DCR (cm cm ⁻¹)			
	0,2	0,4	0,6	0,8
0,1	0,064852 a	0,056923 a	0,048219 a	0,032076 a
0,2	0,058087 ab	0,047268 ab	0,039006 ab	0,027257 ab
0,4	0,042746 bc	0,033385 bc	0,025807 bc	0,017589 ab
0,6	0,032874 c	0,022989 c	0,021266 c	0,012862 b
0,8	0,032886 c	0,027526 c	0,019413 c	0,013495 b
CV (%)	38,14			

Valores seguidos pela mesma letra na coluna não se diferem estatisticamente ($p < 0,05$) pelo teste de tukey.

A Figura 4A e as equações de regressão lineares obtidas para os sistemas em estudo permitem determinar a distância efetiva (Def) do sistema radicular, que segundo Arruda (1989), é onde se encontram pelo menos 80% do total de raízes.

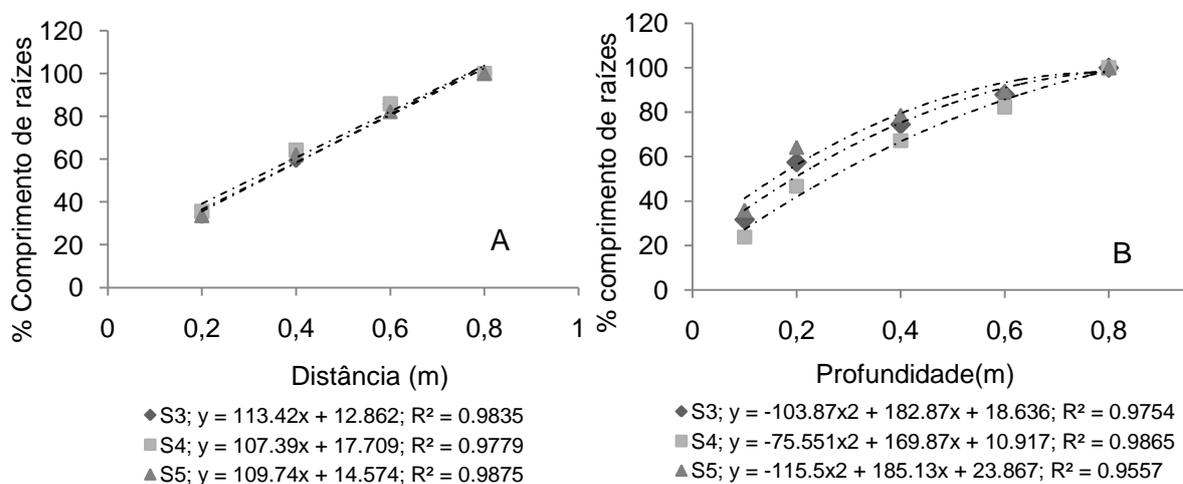


Figura 4. Percentagem do comprimento de raízes do mamoeiro em função da distância (A) e da profundidade (B).

Os valores de distância efetiva do sistema radicular encontrados para os três sistemas são próximos, ficando em torno de 0,60 m. A profundidade efetiva (Pef) do sistema radicular foi obtida por meio de equações de regressões quadráticas (Figura 4 B), obtendo-se os valores de 0,45 m para o sistema irrigado por microaspersão, 0,55 e 0,40 m, respectivamente, para os tratamentos com uma linha de gotejadores por fileira de plantas e duas linhas de gotejadores por fileira de plantas. Esses resultados encontram-se próximos ao encontrado por Coelho et al., (2005) que verificaram em seu trabalho profundidade efetiva do sistema radicular de 0,45 m para irrigação por gotejamento superficial. Para a irrigação por microaspersor os mesmos autores encontraram profundidade efetiva de 0,45 m na direção perpendicular à planta e 0,55 m entre a planta e o microaspersor.

Fase de produção

A Tabela 7 representa a análise de variância para a segunda coleta de raízes nos perfis do solo para os três sistemas de irrigação por microaspersão, na qual a coleta se deu de forma radial em direção ao microaspersor. Verifica-se que

somente a profundidade, a interação entre sistema x profundidade e a interação entre sistema x distância x profundidade tiveram efeito significativo.

Quando analisada a DCR para a variável sistema, o maior valor encontra-se para o sistema S3 (0,065018 cm cm⁻³), o qual possui a maior vazão (60 L h⁻¹) entre os sistemas utilizados.

As médias de DCR para a variável distância tiveram comportamento semelhante ao desdobramento das distâncias em relação a cada sistema de irrigação, sendo os maiores valores encontrados nas distâncias mais próximas ao microaspersor, ou seja, a 0,6 e 0,8 m a partir do tronco do mamoeiro. Esse fato somente não é observado para o sistema S3, no qual os maiores valores são encontrados para a distância de 0,4 m a partir do tronco, seguidos pelas distâncias de 0,6 e 0,2 m, fato que se deve ao maior raio de ação do emissor e conseqüentemente maior área molhada, permitindo as raízes explorarem maior volume de solo.

Tabela 7. Análise de variância para a variável DCR na segunda coleta para o sistema de irrigação por microaspersão

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	1	0,006626	0,006626	1,593	0,3341
Sistema	2	0,007932	0,003966	0,954	0,5118
Erro 1	2	0,008316	0,004158		
Dist	3	0,009104	0,003035	0,697	0,5872
Sist*Dist	6	0,014755	0,002459	0,565	0,7477
Erro 2	6	0,026132	0,004355		
Prof	4	0,049938	0,012485	14,128	0,0011
Sist*Prof	8	0,046502	0,005813	6,578	0,0076
Erro 3	8	0,007069	0,000884		
Dist *Prof	12	0,017781	0,001482	1,111	0,3763
Sist*Dist*Prof	24	0,076499	0,003187	2,390	0,0063
Erro 4	43	0,057344	0,001334		
Total corrigido	119	0,327999			
CV (%)	68,23				
Média Geral	0,05352				

Para o sistema com um microaspersor de 60 L h⁻¹ (S3), valores acima de 0,10 cm cm⁻³ (Figura 5C) foram encontrados em toda a superfície, com limitação

de profundidade de 0,10 m na distância de 0,10 m a partir do caule da planta, sendo que a profundidade máxima onde foi encontrada essa densidade de raízes foi de 0,17 m na distância de 0,54 m a partir do tronco do mamoeiro. Esses valores podem ser explicados pela maior vazão apresentada por esse sistema, bem como pelo maior raio de ação desse emissor que é de 3,5 m. Além disso, a coleta se deu aos 234 DAP, o que condiciona a planta ter seu sistema radicular bem desenvolvido.

As densidades de $0,10 \text{ cm cm}^{-3}$ foram encontradas para o sistema com um microaspersor de 43 L h^{-1} (S2) (Figura 5B) apenas na região compreendida entre 0,31 m e 0,48 m, atingindo profundidade de 0,20 m. O sistema com um microaspersor de 32 L h^{-1} (S1) apresentou a maior uniformidade ao longo do perfil do solo até nas profundidades mais elevadas (Figura 5A), com os valores mais elevados de DCR próximos ao microaspersor, uma vez que o raio de ação do microaspersor utilizado foi de 2,0 m. Com a redução da área molhada ocorreu maior infiltração nas regiões próximas ao emissor. No trabalho de Coelho et al., (2005) constatou-se que as raízes ocupam volume maior quando a irrigação é realizada com microaspersão comparadas ao gotejamento. Em estudo realizado com bananeira sob três áreas molhadas com microaspersão, Coelho et al., (2006) verificaram que microaspersores de raios de ação de 3,0 e 3,5 m entre quatro touceiras tiveram distribuição do sistema radicular semelhantes enquanto que o microaspersor com raio de ação de 2,0 m entre quatro touceiras não permitiu condições adequadas para o desenvolvimento da bananeira nas condições semi-áridas.

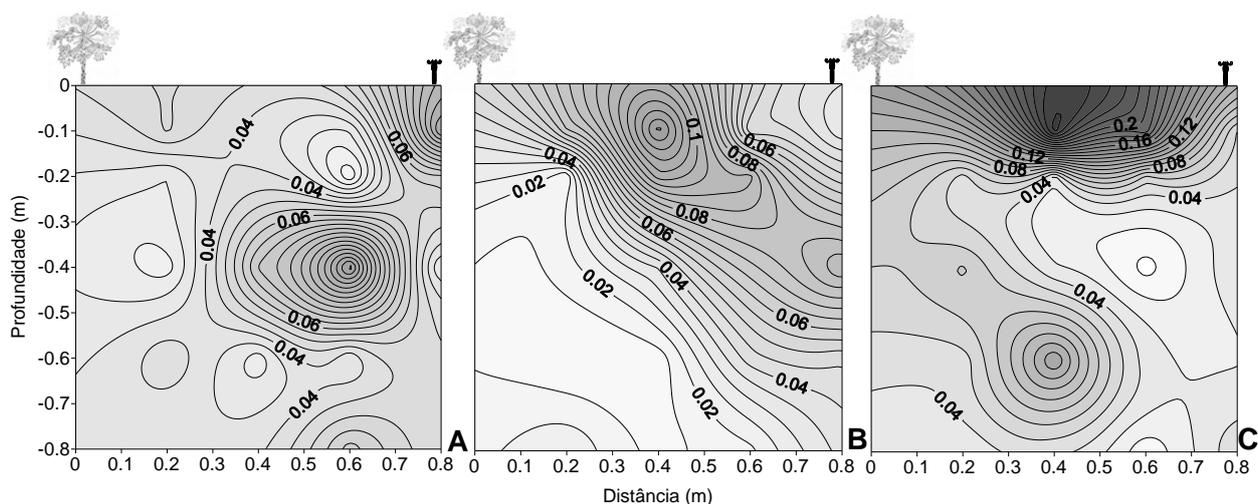


Figura 5. Distribuição das densidades de comprimento de raízes para irrigação com microaspersão com vazão de 32 L h^{-1} (A), 43 L h^{-1} (B) e 60 L h^{-1} (C).

A Figura 6A elucida os maiores valores de DCR para o sistema S3 em todas as distâncias com exceção da distância de 0,8 m a partir do caule. A Figura 6B mostra que os valores de DCR em termos de profundidade são maiores em todos os tratamentos na camada de 0,10 m. Na Tabela 8, observa-se que o único sistema que teve efeito a profundidade nos valores de DCR foi o S3, sendo que, a camada de 0,10 diferiu das demais camadas que não diferiram entre si, o que pode ser em virtude da vazão do microaspersor nesse sistema ser a maior. Os valores de DCR não têm um padrão de distribuição uniforme como foi encontrado na primeira coleta, nos qual os valores em termos de distância apresentavam-se muito próximos e os valores de DCR em profundidade não se distinguiram de forma tão expressiva.

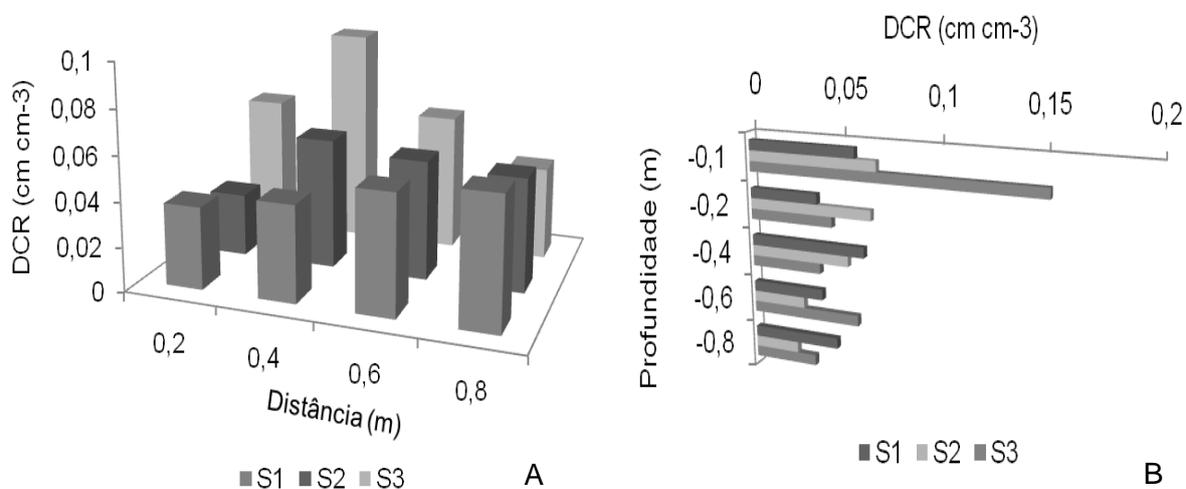


Figura 6. Valores de densidade de comprimento de raízes em distância (A) e profundidade (B) para os sistemas de irrigação por microaspersão.

Ao efetuar o desdobramento das profundidades em cada distância em que as amostras foram coletadas (Tabela 9), observou-se que houve diferença estatística apenas para a distância de 0,4 m e que de forma semelhante ao desdobramento das profundidades dentro de cada sistema de irrigação, os maiores valores se fazem presentes nas camadas de 0,10 m.

Tabela 8. Médias de DCR para profundidade e para o desdobramento de profundidade em cada sistema de irrigação por microaspersão.

Profundidade (m)	DCR (cm cm ⁻³)			
	Médias	S1	S2	S3
0,1	0,092638 a	0,057293 a	0,068501 a	0,152121 a
0,2	0,048835 b	0,036597 a	0,065362 a	0,044547 b
0,4	0,050571 b	0,061406 a	0,052806 a	0,037501 b
0,6	0,041281 b	0,038345 a	0,027983 a	0,057514 b
0,8	0,034283 b	0,045878 a	0,023553 a	0,033408 b
CV (%)	68,23			

Valores seguidos pela mesma letra na mesma coluna não se diferem estatisticamente ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Tabela 9. Desdobramento das profundidades em cada nível de distância para os sistemas irrigados por microaspersão.

Profundidade (m)	DCR (cm cm ⁻¹)			
	0,2	0,4	0,6	0,8
0,1	0,077618 a	0,139553 a	0,090250 a	0,063533 a
0,2	0,030780 a	0,059716 b	0,054317 a	0,050528 a
0,4	0,037479 a	0,046060 b	0,066063 a	0,052681 a
0,6	0,033359 a	0,053055 b	0,038244 a	0,040466 a
0,8	0,030832 a	0,031541 b	0,031242 a	0,043515 a
CV (%)	68,23			

Valores seguidos pela mesma letra na coluna não se diferem estatisticamente ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

As distâncias efetivas encontradas na segunda avaliação (Figura 7A) encontraram-se próximas para os sistemas S1 e S2, com valores respectivos de 0,66 e 0,65m. Para o S3, a distância efetiva do sistema radicular foi inferior, tendo valor de 0,55 m. Esse fato leva a indução de que as raízes crescem no sentido de onde há maior quantidade de água disponível para planta. A profundidade efetiva

do sistema radicular do mamoeiro (Figura 7B) foi maior para o sistema S1, atingindo o valor de 0,56 m. Os sistemas S2 e S3 obtiveram os valores de 0,42 e 0,47 m respectivamente. Os valores tanto de distância efetiva quanto de profundidade efetiva são próximos ao valor encontrados por Coelho et al., (2005) que encontraram a profundidade efetiva de 0,45 m e distância efetiva de 0,55 m para o sistema de irrigação por microaspersão.

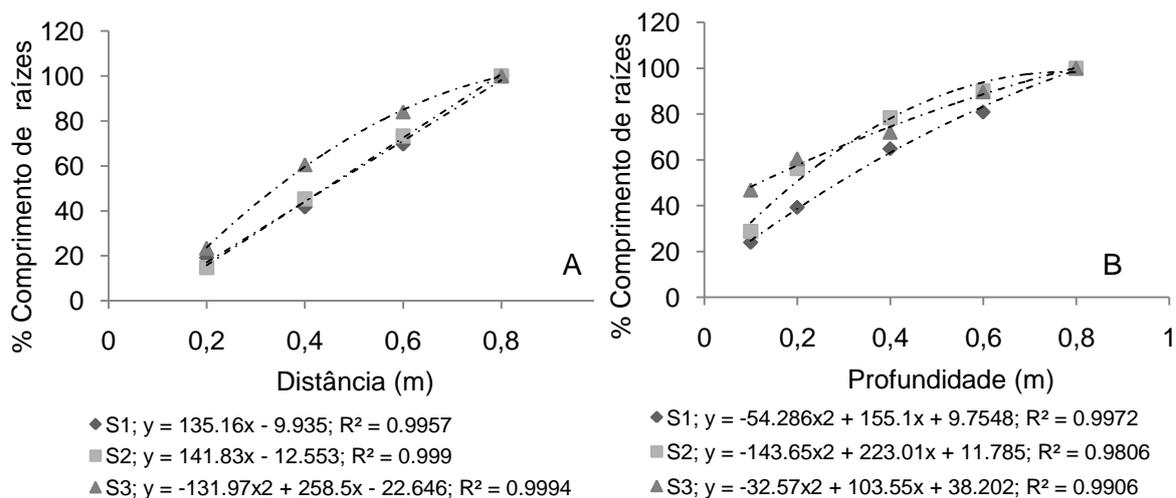


Figura 7. Percentagem do comprimento de raízes do mamoeiro em função da distância (A) e da profundidade (B).

Gotejamento

A Tabela 10 apresenta a análise estatística para a segunda amostragem de raízes realizada na direção longitudinal a fileira de plantas nos tratamentos irrigados por gotejamento. As variáveis que apresentaram significância foram a distância e a interação entre sistema x profundidade. Assim como aconteceu para os sistemas com microaspersão, os sistemas irrigados por gotejamento não tiveram efeito na variável dependente. Os maiores valores de DCR foram encontrados em ordem decrescente de grandeza para os sistemas S4 (uma linha lateral por fileira de plantas), seguido pelo S6 (rabo de porco) e S5 (duas linhas laterais por fileira de plantas).

Tabela 10. Análise de variância para a variável DCR em irrigação por gotejamento no sentido longitudinal a fileira de plantas.

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr > Fc
Repetição	1	0,022822	0,022822	0,977	0,4272
Sistema	2	0,054389	0,027194	1,164	0,4621
Erro 1	2	0,046731	0,023366		
Dist	3	0,028202	0,009401	6,395	0,0268
Sist*Dist	6	0,047144	0,007857	5,345	0,0305
Erro 2	6	0,008821	0,001470		
Prof	4	0,065706	0,016427	3,471	0,0632
Sist*Prof	8	0,024339	0,003042	0,643	0,7268
Erro 3	8	0,037858	0,004732		
Dist *Prof	12	0,049052	0,004088	0,899	0,5555
Sist*Dist*Prof	24	0,127212	0,005300	1,165	0,3234
Erro 4	43	0,195604	0,004559		
Total corrigido	119	0,707880			
CV (%)	117.44				
Média Geral	0,0574				

A Figura 8 mostra a distribuição das DCR em relação ao perfil do solo na direção longitudinal à fileira de plantas. Para o sistema S4, as raízes apresentaram maiores valores de DCR na superfície do solo, bem como na região abaixo dos gotejadores, e sua concentração se deu no entorno da planta, atingindo valores de até $0,248 \text{ cm cm}^{-3}$ para a distância de 0,20 m da planta e profundidade de 0,10 m. Valores semelhante foram encontrados por Coelho et al., (2005) que constataram maior atividade do sistema radicular na região abaixo do gotejador, limitada pela distância de 0,35 m e profundidade de 0,25 m. Para o tratamento S5, as maiores concentrações de raízes aconteceram na região compreendida logo abaixo do gotejador, só que nesse sistema os maiores valores foram verificados a distância de 0,80 m da planta, atingindo a $0,17 \text{ cm cm}^{-3}$ de DCR. O sistema S6 foi o que apresentou maior uniformidade nos valores de DCR, sendo que da mesma forma que o S5, a maior concentração de raízes se deu na distância compreendida entre 0,6 e 0,8 m da planta a uma profundidade de 0,30 m.

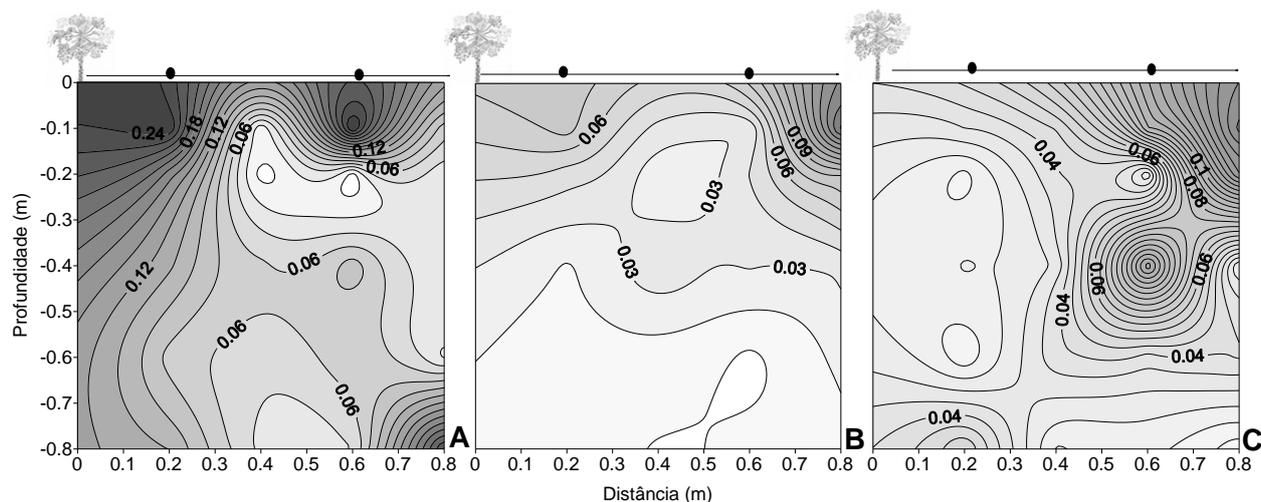


Figura 8. Densidades de comprimento do sistema radicular na direção longitudinal à fileira de planta para os sistema de irrigação por gotejamento com 4 gotejadores por planta em uma linha lateral (A); 8 gotejadores por planta em duas linhas laterais (B) e 4 gotejadores por planta em rabo de porco (C).

A Tabela 11 mostra que há diferença estatística entre as médias de DCR para as distâncias longitudinais, sendo que os maiores valores foram encontrados para as distâncias de 0,2 m e 0,6 m. No entanto, quando efetuado o desdobramento das distâncias em cada sistema de irrigação por gotejamento, verifica-se que somente o sistema S4 apresentou variação significativa nos valores de DCR, o que pode ser justificado devido ao elevado coeficiente de variação.

Tabela 11. Médias de DCR para distância e para o desdobramento de distância em cada sistema de irrigação por gotejamento na distância longitudinal a fileira de plantas

Distâncias (m)	DCR Longitudinal (cm cm^{-1})			
	Médias	S4	S5	S6
0,2	0,067398 a	0,138610 a	0,033449 a	0,030134 a
0,4	0,032074 b	0,036570 b	0,024925 a	0,034727 a
0,6	0,058817 ab	0,093315 ab	0,024492 a	0,058645 a
0,8	0,071425 a	0,078643 b	0,064975 a	0,070656 a
CV (%)	117,44			

Valores seguidos pela mesma letra na mesma coluna não se diferem estatisticamente ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Quando observado o comportamento das DCR em função das profundidades avaliadas (Tabela 12), nota-se que as médias sofrem variação significativa. Quando desdobrado o efeito das profundidades em cada sistema de

gotejamento, as profundidades sofrem efeito significativo apenas no sistema S6, o que é atribuído ao alto coeficiente de variação obtido na análise de variância. O comportamento das DCR é o mesmo que o observado nas irrigações realizadas por microaspersão, ou seja, as maiores médias são encontradas para as profundidades mais superficiais.

Tabela 12. Médias de DCR para profundidade e para o desdobramento de profundidade em cada sistema de irrigação por gotejamento na distância longitudinal a fileira de plantas

Profundidade (m)	DCR Longitudinal (cm cm ⁻¹)			
	Médias	S4	S5	S6
0,1	0,102651 a	0,149284 a	0,078447 a	0,080221 a
0,2	0,051055 b	0,104713 a	0,047416 a	0,053406 b
0,4	0,050580 b	0,072740 a	0,030222 a	0,048779 b
0,6	0,034603 b	0,054842 a	0,015740 a	0,033227 b
0,8	0,048253 b	0,052344 a	0,012975 a	0,027070 b
CV (%)	117,44			

Valores seguidos pela mesma letra na coluna não se diferem estatisticamente ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Ao analisar a distância efetiva do sistema radicular na direção longitudinal a fileira de plantas (Figura 9A), nota-se que as mesmas possuem um modelo de regressão polinomial quadrática. A distância efetiva encontrada para o sistema S4 foi de 0,65 m, para o S5 foi de 0,71 m e para S6 verificou-se que as raízes possuem 80% de suas raízes localizadas até a distância de 0,70 m. Esses valores encontram-se muito próximos aos encontrados por Coelho et al., 2003 que trabalharam com frequências de irrigação de dois, três e quatro dias, com irrigação por gotejamento, realizando as coletas de amostras também na distância longitudinal a fileira de plantas. Em seu trabalho, os autores constataram que a distância efetiva foi de 0,75 m, embora 75% das raízes foram encontradas até a distância de 0,50 m da planta, sendo que valores similares foram encontrados para as irrigações efetuadas com frequência de três dias.

O menor valor do sistema S4 é explicado pelo fato de que a maior densidade de comprimento de raízes situa-se próximo à planta. Quando comparado com as distâncias efetivas encontradas na primeira coleta, percebe-se

um aumento em tais valores, o que confirma a maior exploração do sistema radicular de acordo com seu desenvolvimento.

Em se tratando de profundidade efetiva do sistema radicular (Figura 9B), as equações que melhor se ajustaram aos valores foram também as polinomiais quadráticas. Através de tais equações foram encontrados os valores de 0,61 m para S4, 0,35 m para S5 e 0,45 m para S6. Valores semelhantes ao do sistema S5 foram encontrados em trabalho de Coelho et al., (2003), em que os autores observaram que a profundidade efetiva do sistema radicular atingiu os 0,30 m para as frequências de irrigação de dois e três dias, porém com dois emissores por planta em uma linha lateral por fileira de plantas.

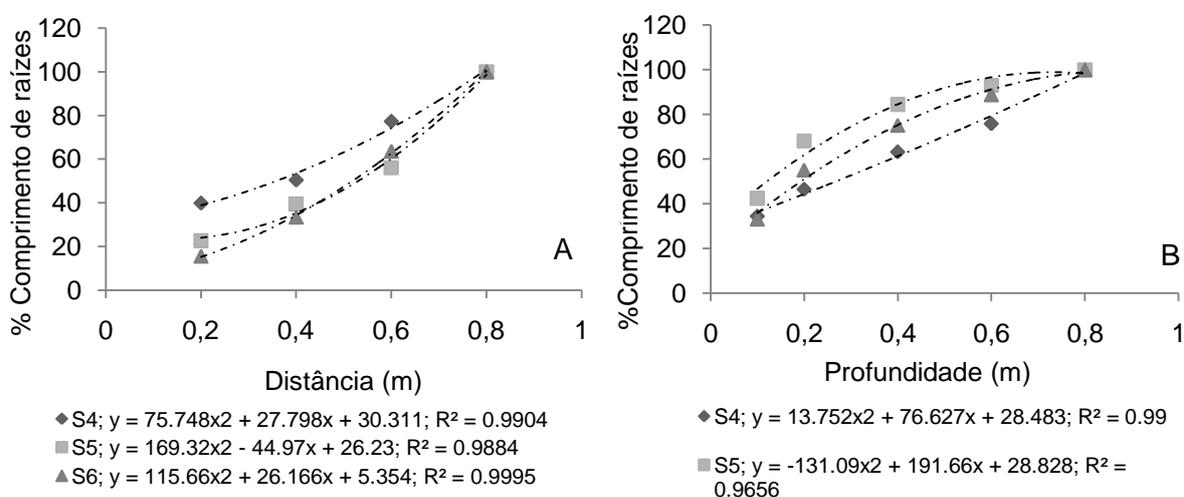


Figura 9. Percentagem de comprimento de raízes do mamoeiro em função da distância (A) e da profundidade (B), na direção longitudinal à fileira de plantas.

O menor valor do S5 possivelmente é em decorrência do menor tempo de irrigação e maior volume de água no solo por irrigação, o que promove maior disponibilidade de água nas camadas mais superficiais, sendo que deste modo as raízes não necessitam explorar as camadas mais profundas. Isso também pode ser verificado através do fato de que na primeira coleta a profundidade efetiva encontrada para esse tratamento foi de 0,41 m, o que comprova o fato de as raízes se desenvolverem mais superficialmente. Já esse fato não é observado para o sistema S4, em que sua profundidade efetiva teve um incremento de 0,07 m, o que se justifica, pois o tempo de irrigação do S4 é o dobro do S5, sendo assim há maior infiltração de água no solo, esperando-se dessa forma atingir profundidades maiores.

A Tabela 13 apresenta a análise de variância para a distância ortogonal a fileira de plantas. As únicas variáveis que apresentaram diferença estatística foram a distância e a profundidade. Do mesmo modo que na distância longitudinal a fileira de plantas, os sistemas que apresentaram os maiores valores de DCR foram o S4, S6 e S5.

Tabela 13. Análise de variância para a variável DCR na irrigação por gotejamento no sentido ortogonal a fileira de plantas.

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr > Fc
Repetição	1	0,002367	0,002367	0,205	0,6950
Sistema	2	0,010820	0,005410	0,469	0,6807
Erro 1	2	0,023065	0,011533		
Dist	3	0,046657	0,015552	6,323	0,0275
Sist*Dist	6	0,012986	0,002164	0,880	0,5597
Erro 2	6	0,014759	0,002460		
Prof	4	0,056470	0,014118	3,827	0,0503
Sist*Prof	8	0,043981	0,005498	1,490	0,2928
Erro 3	8	0,029513	0,003689		
Dist *Prof	12	0,019758	0,001646	0,752	0,6938
Sist*Dist*Prof	24	0,028488	0,001187	0,542	0,9445
Erro 4	43		0,002189		
Total corrigido	119				
CV (%)	97,31				
Média Geral	0,0480				

O comportamento nos valores de DCR quando analisadas as distâncias ortogonais é diferenciado do comportamento longitudinal. As maiores médias nos desdobramentos das distâncias (Tabela 14) em cada sistema de gotejamento estão situadas próximas ao tronco do mamoeiro, diminuindo à medida que há o afastamento do caule, sendo seus valores ligeiramente inferiores aos encontrados longitudinalmente, porém, sem apresentar em nenhum tratamento diferença estatística, o que é resultado do elevado coeficiente de variação. Observa-se que o comportamento do sistema S6 é diferenciado dos demais; nele a distância de 1,00 m apresenta maior valor em relação a distância de 0,75 m. Isso

provavelmente pode ser atribuído ao fato de nesse sistema a linha de gotejadores se apresentar em forma de rabo de porco com os gotejadores a 0,5 m de raio da planta, em todas as direções o que, considerando os raios de molhamento lateral de 0,45 m implicou em aumento da área molhada nas direções mais distantes às plantas como observado na Figura 10.



Figura 10. Sistema de irrigação por gotejamento em rabo de porco (T6).

Tabela 14. Médias de DCR para distância e para o desdobramento de distância em cada sistema de irrigação por gotejamento na distância ortogonal a fileira de plantas

Distâncias (m)	DCR Ortogonal (cm cm ⁻¹)			
	Médias	S4	S5	S6
0,25	0,081831 a	0,101774 a	0,077612 a	0,066108 a
0,50	0,041686 ab	0,041582 a	0,025409 a	0,058068 a
0,75	0,033520 b	0,048037 a	0,024766 a	0,027758 a
1,00	0,035304 b	0,039306 a	0,012810 a	0,053797 a
CV (%)	97,31			

Na Figura 11 é possível verificar a distribuição da densidade do sistema radicular na direção ortogonal à fileira de plantas, comprovando-se o que foi dito anteriormente. O sistema S6 apresentou maior uniformidade na distribuição do sistema radicular ao longo do perfil, possivelmente em razão da configuração da linha de gotejadores.

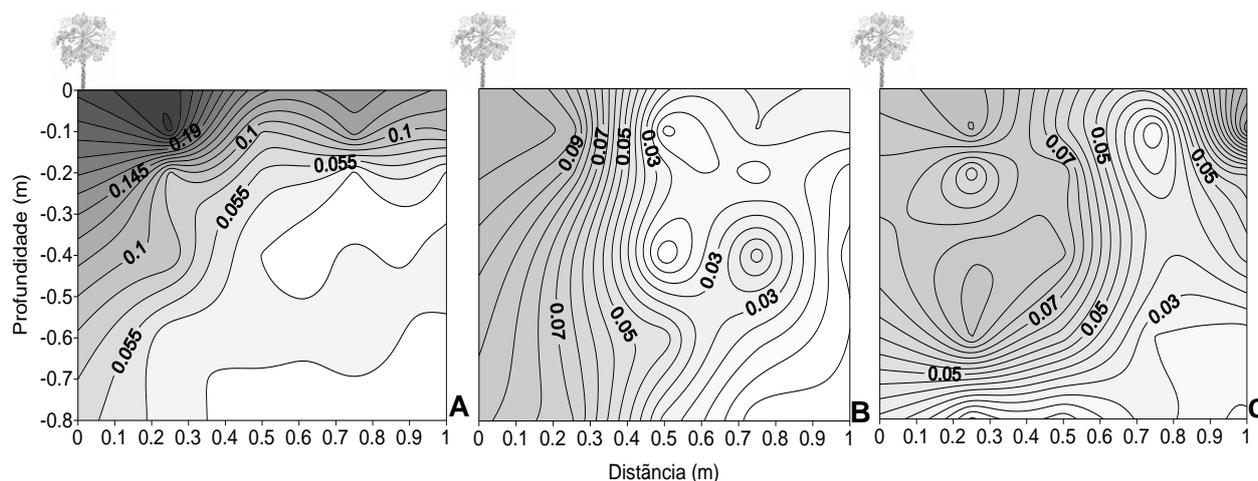


Figura 11. Densidades de comprimento do sistema radicular na direção ortogonal à fileira de plantas para os sistema de irrigação por gotejamento com 4 gotejadores por planta em uma linha lateral ; 8 gotejadores por planta em duas linhas laterais (B) e 4 gotejadores por planta em rabo de porco (C).

Os valores de DCR em profundidade somente são diferenciados no sistema S4 (Tabela 15), como pode ser observado no desdobramento das profundidades dentro de cada sistema avaliado, o que ocorre devido ao alto coeficiente de variação; no entanto, observa-se que em termos de valores médios absolutos há diferenças no perfil. Como nos demais sistemas, o maior valor encontra-se para a profundidade de 0,10 cm e os menores valores são obtidos nas camadas de 0,8 m da superfície do solo. As médias das profundidades diferiram estatisticamente entre si, ressaltando o fato do sistema radicular do mamoeiro localizar-se em maior densidade nas camadas próximas à superfície, o que pode ser visualizado na Figura 9.

Tabela 15. Médias de densidade de comprimento de raízes para profundidade e para o desdobramento de profundidade em cada sistema de irrigação por gotejamento na distância ortogonal a fileira de plantas

Profundidade (m)	DCR Ortogonal (cm cm ⁻¹)			
	Médias	S4	S5	S6
0,1	0,088003 a	0,148168 a	0,041988 a	0,073852 a
0,2	0,045586 ab	0,044395 ab	0,036011 a	0,056352 a
0,4	0,046737 ab	0,044979 ab	0,032772 a	0,062461 a
0,6	0,037158 ab	0,027623 b	0,036528 a	0,047322 a
0,8	0,022945 b	0,023210 b	0,028448 a	0,017176 a
Cv (%)	97,31			

Valores seguidos pela mesma letra na coluna não se diferem estatisticamente ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

A distância efetiva do sistema radicular na direção ortogonal a fileira de plantas se deu de forma linear (Figura 12A). Tais distâncias foram superiores nos três sistemas quando comparados as distâncias efetivas na direção longitudinal a fileira de plantas, ressaltando que as maiores concentrações de raízes ocorrem na direção da linha de gotejadores. Os valores encontrados foram muito próximos entre os sistemas estudados, sendo de 0,72 m, 0,70 m e 0,78 m, respectivamente para os sistemas S4, S5 e S6. A profundidade efetiva do sistema radicular (Figura 12B) por sua vez, teve comportamento quadrático. Seus valores de 0,37 m, 0,55 m e 0,43 m para os sistemas S4, S5 e S6, respectivamente, não apresentam uma distribuição similar ao encontrado nas profundidades longitudinais, com exceção apenas do sistema S6 que longitudinalmente teve profundidade efetiva de 0,45 m.

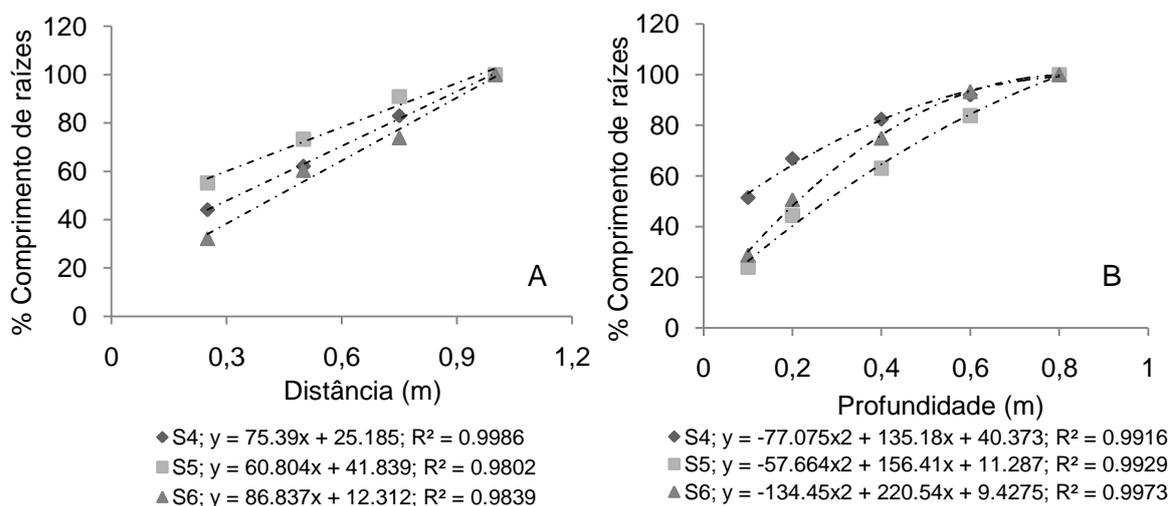


Figura 12. Percentagem de comprimento de raízes do mamoeiro em função da distância (A) e da profundidade (B), na direção ortogonal à fileira de plantas.

Apesar de não haver na primeira coleta amostras de raízes em todos os sistemas de irrigação devido a dificuldade de obtenção das mesmas, é possível perceber o aumento em valores de DCR com o tempo para todos os sistemas avaliados.

Ressalta-se a importância da escolha adequada do sistema de irrigação, que, em virtude da maior disponibilidade de água, afetará na dinâmica de água no solo, a qual contribuirá para maior distribuição do sistema radicular de acordo com a área molhada pelo emissor.

CONCLUSÕES

1. A distribuição do sistema radicular depende do sistema de irrigação que está sendo utilizado.
2. No sistema de microaspersão os maiores valores de densidade de comprimento de raízes foi observado para o tratamento irrigado com vazão de 60 L h^{-1} , já para o sistema de gotejamento os maiores valores foram encontrados para o sistema com quatro gotejadores em uma linha lateral por fileira de planta.
3. A distância efetiva do sistema radicular para os tratamentos com microaspersão variaram de 0,41 a 0,56 m, e a profundidade efetiva variou de 0,54 a 0,66m quando aplicadas vazões de 32 a 60 L h^{-1} , respectivamente.
4. Para os tratamentos de gotejamento a variação na distância efetiva do sistema radicular foi pequena entre os tratamentos estudados, porém a profundidade efetiva do sistema radicular atingiu quase o dobro no sistema com uma linha lateral de gotejadores quando comparado ao com duas linhas laterais.
5. As distâncias efetivas do sistema radicular foram muito semelhantes tanto na longitudinal quanto na ortogonal à fileira de plantas para os tratamentos com gotejamento.

REFERÊNCIAS

AVILAN, L. R.; GARCIA, M. L.; LEAL, F.; SUCRE, R. Estudio del sistema radical del limon criollo (*Citrus aurantifolia*) swing, en un suelo de origen aluvial. **Revista Faculdade Agronomia**, Maracay, v. 13, p. 61-72, 1984.

BOHM, W. **Methods of studying root systems**. New York: Springer Verlag, 1979. 190 p.

BOX, J.E. Modern methods for root investigations. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. (Ed.) **Plant roots**: The hidden half. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 193-233.

CARVALHO, J. E. B.; SOUZA, L. S.; AZEVEDO, C. L. L.; CRUZ, J. L.; SANTOS, L. A.; PEIXOTO, C. A. B. **Manejo do solo convencional e com coberturas vegetais – Efeito sobre a distribuição do sistema radicular do mamoeiro ‘Tainung 1’**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2007 (Comunicado técnico).

COELHO, E. F.; SIMÕES, W. L.; CARVALHO, J. E. B.; COELHO FILHO, M. A. Distribuição de Raízes e extração de Água do Solo em Fruteiras Tropicais sob Irrigação. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2008. 80 p.

COELHO, E. F.; SANTOS, M. R.; SILVA, A. J. P.; PINHO, R. E. C.; SANTANA, J. A. V. Sistema radicular da bananeira sob diferentes configurações de sistemas de irrigação localizada. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 16., 2006, Goiânia. **Agricultura irrigada no cerrado**. Goiânia: ABID, 2006.

COELHO, E.F.; SANTOS, M. R.; COELHO FILHO, M. A. Distribuição de raízes de mamoeiro sob diferentes sistemas de irrigação localizada em latossolo de tabuleiros costeiros. **Revista Brasileira de fruticultura**. Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 175-178. 2005.

COELHO, E.F.; SILVA, J. G. F. da.; SOUZA, L. F. de. Irrigação e fertirrigação. In: TRINDADE, A.V. (Org.). **Mamão produção aspectos técnicos**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p.37–42 (Frutas do Brasil, 3).

COELHO, E.F.; OLIVEIRA, F. C.; ARAÚJO, E. C. E.; VASCONCELOS, L. F. L.; LIMA, D. M. Distribuição do sistema radicular da mangueira sob irrigação localizada em solo arenoso de tabuleiros costeiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 250-256. 2001

COSTA, A. F. S., COSTA, A. N. Distribuição do sistema radicular do mamoeiro em solos de tabuleiros costeiros. In: **Papaya Brasil**. p 395-400. 2003.

CRESTANA, S.; GUIMARÃES, M. F.; JORGE, L. A.C.; RALISCH, R.; TOZZI, C. L.; TORRE, A.; VAZ, C. M. P. Avaliação da distribuição de raízes no solo auxiliada por processamento de imagens digitais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, n.3, p. 365-371, 1994.

GREGORY, P.J. Development and growth of root systems In plant communities. In: Gregory, P.J.; Lake, J.V.; Rose, D.A. **Root development and function**. New York: Cambridge University Press. 1987. p.146-166.

KASPAR, T. C.; EWING, R. P. Rootedge: software for measuring root length from desktop scanner images. **Agronomy journal**, Madison, v. 89, n. 6, p. 932-940, 1997.

KLEPPER, B. Origin, branching and ditribution of root systems. In plant communities. In: Gregory, P.J.; Lake, J.V.; Rose, D.A. **Root development and function**. New York: Cambridge University Press. 1987. p.103-123.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, Planta e Atmosfera: conceitos, Processos e Aplicações**. Barueri, SP: Manole, 2004. 478 p.

THORNE, D. W. Irrigation and crop production. In: THORNE, D. W.; THORNE, M. D., (Ed). **Soil, water and crop production**. Westport: Avi Publishing, 1979. Cap. 8,p. 96-116.

CAPÍTULO 2

**DISTRIBUIÇÃO E EXTRAÇÃO DE ÁGUA DO SOLO E APLICAÇÕES EM
POSICIONAMENTO DE SENSORES PARA MANEJO DA IRRIGAÇÃO
LOCALIZADA DE MAMOEIRO**

DISTRIBUIÇÃO E EXTRAÇÃO DE ÁGUA DO SOLO E APLICAÇÕES EM POSICIONAMENTO DE SENSORES PARA MANEJO DA IRRIGAÇÃO LOCALIZADA DE MAMOEIRO

AUTOR: GIAN CARLO CARVALHO

ORIENTADOR: EUGÊNIO FERREIRA COELHO

RESUMO: Conhecer as regiões de extração de água pelas raízes no solo, bem como definir o posicionamento dos sensores de umidade são de fundamental importância no monitoramento de umidade para manejo de irrigação. Objetivou-se avaliar a distribuição da água disponível, bem como a distribuição da extração total de água no volume molhado do solo cultivado com mamoeiro cultivar 'Sunrise Solo' e avaliar a melhor localização dos sensores para monitoramento da umidade ou tensão da água no solo irrigado por sistema de irrigação por gotejamento e microaspersão. Os tratamentos utilizados foram: T1 – microaspersão com um emissor de 32 L h⁻¹ para quatro plantas, com uma lateral entre duas fileiras de plantas; T2 – microaspersão com um emissor de 43 L h⁻¹ para quatro plantas com uma lateral entre duas fileiras de plantas; T4 – Gotejamento com quatro emissores de 4 L h⁻¹ por planta, sendo uma lateral por fileira de plantas; T4 – Gotejamento com oito emissores de 4 L h⁻¹ por planta, tendo duas laterais por fileira de plantas. Em cada tratamento foi escolhida uma planta para a abertura de trincheira, na qual foram instalados sondas de TDR para monitoramento de água no solo. As áreas de maior extração no perfil do solo tanto para o sistema de irrigação por microaspersão como de gotejamento são influenciadas pelas zonas de maior água disponível, sendo que, as maiores extrações ocorrem nas regiões de concentração do sistema radicular. A definição do melhor posicionamento dos sensores de umidade varia de acordo com o sistema de irrigação utilizado.

Palavras-chave: Água disponível do solo, TDR, *Papaya*

SOIL WATER DISTRIBUTION, EXTRACTION AND APLICATIONS ON SCHEDULING TRICKLE IRRIGATION FOR PAPAYA

AUTHOR: GIAN CARLO CARVALHO

ADVISER: EUGÊNIO FERREIRA COELHO

ABSTRACT: Knowledge of zones of water extraction by roots in the soil as well the definition of water sensor placement is fundamental for monitoring soil water content for irrigation schedule. The objective of the work was to evaluate soil water availability distribution and the total soil water extraction in the wetted volume under papaya cv sunrise solo. The work also aimed to evaluate the better locations for placement of soil water content or tension sensors considering the crop irrigated by drip and microsprinkler systems. A random block design with six treatments and four replications, i.e., 24 plots was used. Treatments were: T1- one 32 L h⁻¹ microsprinkler for four plants as one lateral at two crop rows; T2 - one 43 L h⁻¹ microsprinkler for four plants as one lateral at two crop rows; T3 – Drip system with four 4 L h⁻¹ emitters at one lateral line per crop row; T4 - Drip system with eight 4 L h⁻¹ emitters at two laterals line per crop row. One plant of each treatment was chosen to dig a trench around. TDR probes were installed for soil water monitoring. The zones of larger water extraction in the soil profile are in the region of larger root concentration and are influenced by those ones of larger soil water availability as for microsprinkler as for drip. The definition of placement of soil water content and tension sensors depends upon the kind of irrigation system.

Key words: soil water availability, TDR, papaya

INTRODUÇÃO

Conhecer as regiões de absorção de água pelas raízes no solo é de fundamental importância nos estudos de monitoramento de umidade para fins de manejo de irrigação, bem como adubação via solo ou água (COELHO et al., 2003). Nas áreas produtoras de mamão nos Tabuleiros Costeiros, Coelho et al., (2000) citam que a região de maior concentração do sistema radicular do mamoeiro encontra-se num raio de 0,35 m a partir do tronco, sendo que esses valores podem variar em função da textura e a estrutura do perfil do solo. No entanto, Coelho et al., (2003), citam que o conhecimento da profundidade efetiva do sistema radicular não é suficiente para inferir nas zonas de absorção de água e nutrientes, visto que a geometria de distribuição de água na irrigação localizada tem caráter multidimensional, diferindo do caráter unidimensional da irrigação por aspersão.

Silva et al. (2001) observaram que as regiões de absorção de água do sistema radicular do mamoeiro variam conforme a distribuição de água dos emissores em relação à posição da planta. A distribuição de água no solo depende do sistema de irrigação utilizado, sendo que, no sistema de gotejamento, o bulbo molhado depende do volume, da vazão do gotejador, da posição (na superfície do solo ou enterrado), da disposição dos gotejadores (fonte pontual ou fonte em linha), do número de gotejadores, das propriedades físicas do solo, da atividade do sistema radicular das plantas e do manejo da irrigação (COELHO e OR, 1996).

Para determinar a umidade no solo pode ser utilizado diversos métodos, entre eles a gravimetria (GARDNER, 1986), considerado o método-padrão, e a reflectometria no domínio do tempo (TDR), que se baseia na transmissão e recepção de sinais de microondas através de sondas instaladas no solo. A reflectometria no domínio do tempo apresenta algumas vantagens, principalmente pela precisão, possibilidade de multiplicação de leituras, repetição sem destruição da amostra de solo e automação na coleta de dados (OR;e WRAITH, 1997;TOPP et al., 1980).

O uso da TDR como técnica para a determinação da umidade é feita a partir da relação dos teores de água do solo com os valores da constante

dielétrica aparente, por meio de curvas de calibração obtidas a partir de dados de campo ou de laboratório (CONCIANI et al., 1997). Neste sentido a TDR tem sido usada a fim de determinar a evapotranspiração das culturas, nos padrões de distribuição de água para irrigação localizada, nos estudos de extração de água pelas plantas, além do monitoramento da água no solo para manejo da irrigação (COELHO; ARRUDA, 2001).

Um dos grandes problemas enfrentados é a localização dos sensores, sendo que a maioria dos produtores determina de maneira empírica qual o momento e a quantidade de água a aplicar no solo. Uma das formas de suprir essa carência é fazendo a utilização de sensores que disponibilizam os valores de umidade, porém, a maioria dos produtores define as posições de instalação dos sensores de forma empírica. A definição do número de sensores a serem instalados no solo é dependente da variabilidade espacial do solo (COELHO FILHO, 1998; DOOREMBOS e KASSAM, 1984).

No que tange à localização dos sensores, as recomendações de instalação encontradas são para um número limitado de culturas e levam em consideração a distribuição do sistema radicular das mesmas, que tem seu desenvolvimento condicionado ao sistema de irrigação empregado (GOLDBERG et al., 1971; STEVENS; DOUGLAS, 1994). Porém, Coelho e Or (1998) mostram que a extração de água pelas raízes nem sempre é proporcional a densidade de comprimento de raízes. Coelho et al., (2007) citam que a instalação dos sensores deve levar em conta as zonas efetivas de extração pelas raízes, as quais variam de acordo com o tipo de solo, cultura, idade das plantas e sistema de irrigação.

Nesse sentido, objetivou-se avaliar a distribuição da água disponível, a extração total de água no volume molhado do solo e definir a melhor localização dos sensores para monitoramento da umidade ou tensão da água no solo, para o mamoeiro cultivar Sunrise Solo irrigado por sistemas de irrigação por gotejamento e microaspersão;

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no campo experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, localizado no Município de Cruz das Almas – BA, tendo como coordenadas geográficas a latitude de 12°48'S, longitude de 39°06'W e altitude de 225 m. O clima da região é considerado como úmido a subúmido com pluviosidade anual de 1143 mm (D'ANGIOLELLA et al., 1998).

O solo da área é caracterizado como Latossolo Amarelo Álico de textura média, sendo as características físicas e de armazenamento de água apresentadas nas Tabelas 16 e 17.

Tabela 16. Valores referentes a classificação física do solo da área experimental

Profundidade (m)	Análise Granulométrica (g kg ⁻¹)								Classificação textural
	AMG	AG	AM	AF	AMF	AT	Silte	Argila	
0 – 0,20	17	192	221	243	59	732	87	181	Franco Arenoso
0,20 – 0,40	19	139	179	235	57	629	68	303	Franco argilo-arenoso
0,40 – 0,70	17	147	172	211	53	600	77	323	Franco argilo-arenoso
0,70 - 1,00	19	136	138	173	69	535	81	384	Argila arenosa

AMG = areia muito grossa; AG = areia grossa; AM = areia média; AF = areia fina; AMF = Areia muito fina; AT = areia total.

Tabela 17. Valores de densidade do solo (ρ_s), umidade volumétrica e água disponível para diferentes tensões

Profundidade (m)	ρ_s (kg dm ⁻³)	Umidade Volumétrica (m ³ m ⁻³)					Água Disponível (m ³ m ⁻³)
		Potencial Matricial (kPa)					
		-10	-33	-100	-300	-1500	
0 – 0,20	1,67	0,1785	0,1761	0,1578	0,1335	0,0980	0,0781
0,20 – 0,40	1,66	0,1964	0,1936	0,1837	0,1709	0,1514	0,0422
0,40 – 0,70	1,43	0,1896	0,1837	0,1590	0,1405	0,1320	0,0517
0,70 - 1,00	1,39	0,2105	0,2039	0,1695	0,1524	0,1435	0,0604

A área experimental primeiramente passou pelo processo de preparo do solo, o qual consistiu em aração, gradagem e coveamento. As covas foram feitas com as dimensões de 0,40 x 0,40 x 0,40 m.

O mamoeiro cultivar Sunrise Solo foi plantado em espaçamento de 3,6 m x 1,8 m x 2,0 m. Os tratamentos culturais, de correção do solo, aplicação de fertilizantes e

defensivos foram realizados de acordo com as recomendações para as condições dos Tabuleiros Costeiros (TRINDADE, 2000).

As parcelas irrigadas por microaspersor foram constituídas de 2 fileiras de plantas, cada qual contendo 6 plantas úteis, totalizando 12 plantas úteis, sendo que, cada fileira possuiu as dimensões de 16,0 m de comprimento X 5,4 m de largura (Figura 13). As parcelas irrigadas por gotejamento foram compostas de uma fileira de plantas, com seis plantas úteis por parcela, tendo 16,0 m de comprimento X 3,6 m de largura. Entre cada parcela foi implantado uma fileira de plantas, a fim de evitar a interferência de um tratamento no outro.

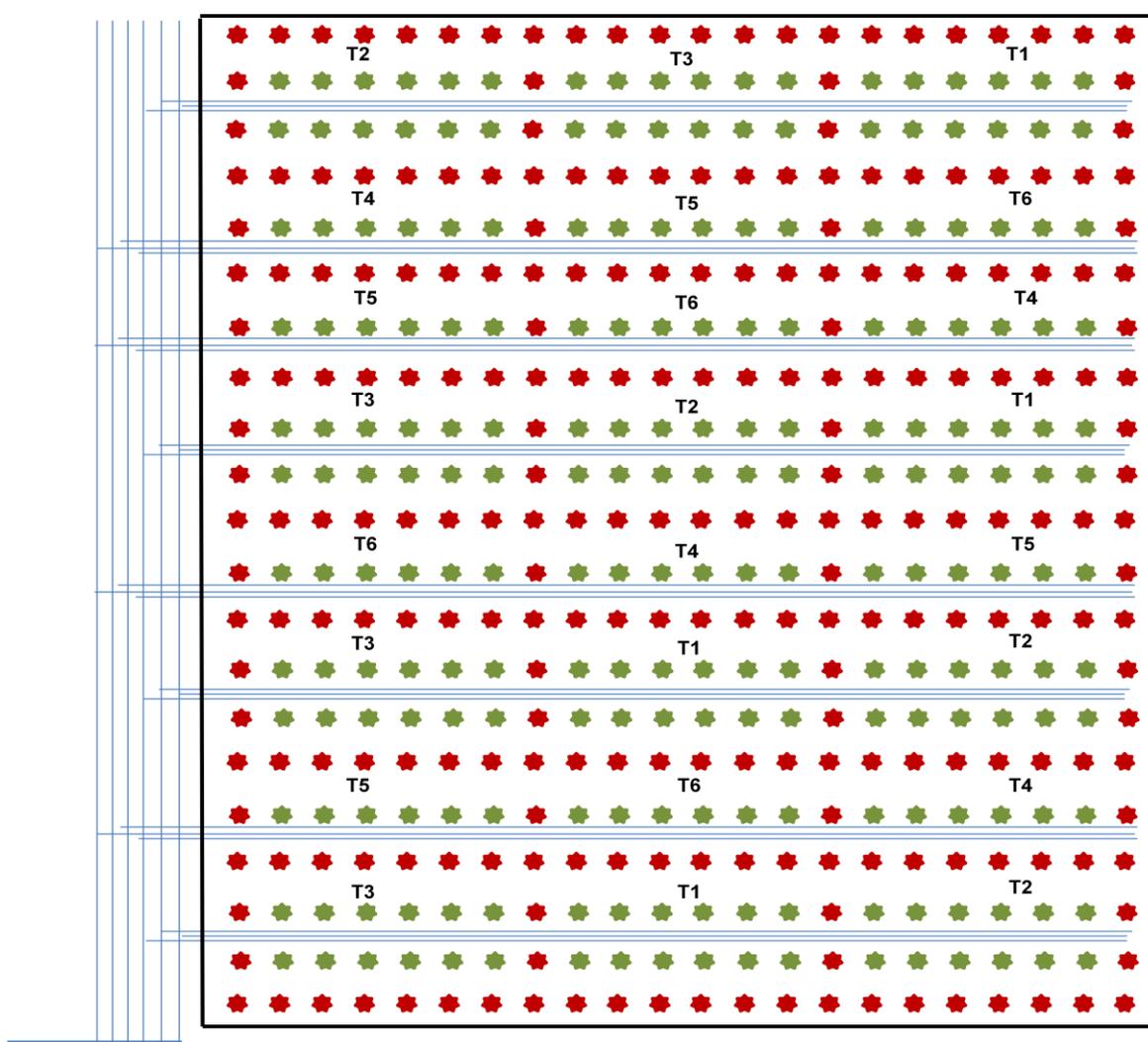


Figura 13. Esquema da área experimental com a distribuição dos tratamentos e repetições. Em vermelho estão representadas as plantas de bordadura e em verde as plantas úteis.

As lâminas de irrigação foram as mesmas para todos os tratamentos estudados, tendo turno de rega variável e o cálculo da lâmina foi feito com base na Evapotranspiração de referência obtida pela equação de Penman-Monteith

modificada (FAO 56), sendo utilizados os valores de coeficiente de cultivo (K_c) de acordo com o recomendado por Coelho Filho et al., (2003), e o coeficiente de localização recomendado por Fereres et al., (1981).

As adubações foram feitas seguindo as recomendações de Oliveira et al., (2004), sendo as aplicações via água de irrigação. Os cálculos das quantidades de fertilizantes nitrogenados e potássicos aplicados em cada fertirrigação seguiram as recomendações de Coelho et al., (2008).

Os tratamentos utilizados foram: T1 – microaspersão com um emissor de 32 L h^{-1} para quatro plantas, com uma lateral entre duas fileiras de plantas; T2 – microaspersão com um emissor de 43 L h^{-1} para quatro plantas com uma lateral entre duas fileiras de plantas; T4 – Gotejamento com quatro emissores de 4 L h^{-1} por planta, sendo uma lateral por fileira de plantas; T5 – Gotejamento com oito emissores de 4 L h^{-1} por planta, tendo duas laterais por fileira de plantas;

Foi escolhida uma planta em cada tratamento para o monitoramento de água no solo. Para isso foi aberta uma trincheira por planta longitudinalmente a fileira de plantas nos tratamentos irrigados por gotejamento e radialmente a planta nos tratamentos irrigados por microaspersão, nas quais foram retiradas camadas de 0,20 m de cada vez, sendo separadas a fim de recompor o perfil do solo de maneira manter a sua caracterização original (Figura 14 A e B). Sondas de TDR, devidamente identificadas, foram instaladas horizontalmente nas trincheiras obedecendo às configurações apresentadas na Figura 15 para os tratamentos irrigados por gotejamento (A) e para os tratamentos irrigados por microaspersão (B). As sondas de TDR foram construídas no Laboratório de Irrigação e Fertirrigação da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical com uso de cabo coaxial de 50 ohms com 3,5 m de comprimento, com hastes de 0,003 m de diâmetro e 0,10 m de comprimento fora da resina, espaçadas de 0,017 m, que foram isoladas com resina de poliéster com 0,05 m, conforme Silva et al., (2005).

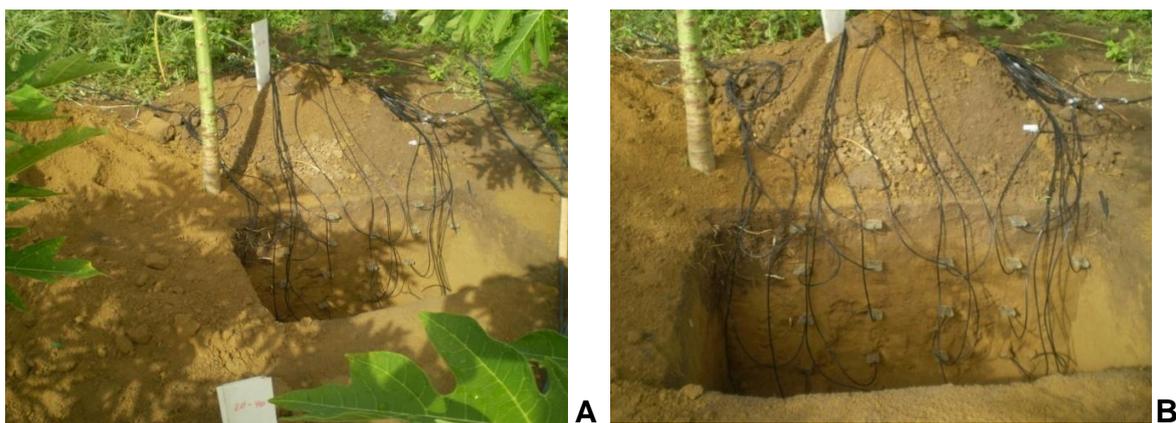


Figura 14. Detalhe do perfil do solo, no sentido da planta para o microaspersor com as camadas separadas (A) e instalação das sondas de TDR (B).

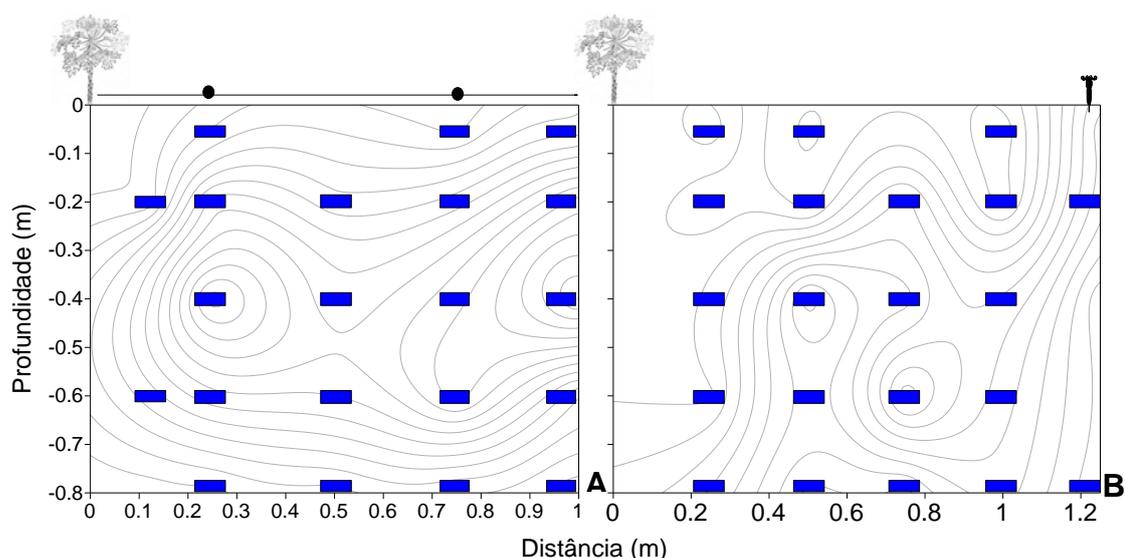


Figura 15. Esquema da posição das sondas de TDR em campo para sistema de irrigação por gotejamento (A) e microaspersão (B).

As leituras de umidade do solo foram feitas simultaneamente em 64 sondas as quais foram conectadas a oito multiplexadores que por sua vez eram conectados à TDR e este ao datalogger para a aquisição e armazenamento dos dados, que eram coletados em intervalos de 10 minutos (Figura 16)

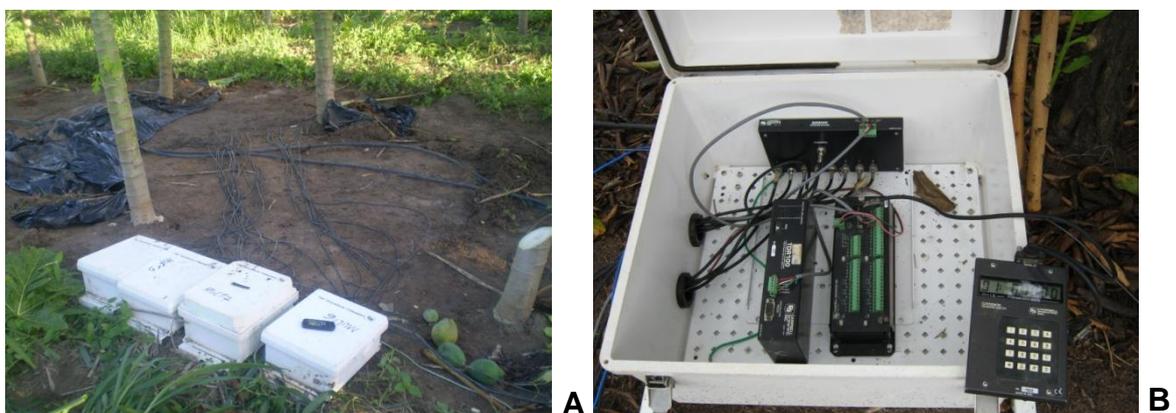


Figura 16. Multiplexadores (A) e conjunto TDR-Datalogger em campo.

A calibração da TDR foi feita mediante a coleta do solo na área experimental, no qual as amostras indeformadas foram coletadas em tubos PVC. Posteriormente as amostras foram levadas ao laboratório onde foram colocadas telas finas a fim de permitir somente a passagem de água. Na sequência as amostras foram saturadas durante 24 horas e após, as sondas de TDR foram inseridas no solo. A partir daí iniciaram-se as leituras de umidade na TDR e do peso do conjunto tubo-sonda-solo-tela em balança analítica. Inicialmente, as leituras foram feitas em intervalos de 10 minutos e à medida que o solo foi perdendo umidade, os intervalos de tempo foram aumentando. Quando o conjunto tubo-sonda-solo-tela atingiu valores pouco variáveis, as leituras foram encerradas e o conjunto levado à estufa a 105 °C para determinação do peso seco do solo e das umidades gravimétricas correspondentes a cada pesagem. De posse dos dados de umidade lidos na TDR e a partir da equação de Ledieu (1986) determinou-se a constante dielétrica (k_a) e, relacionando-a com os valores de umidade gravimétrica, obteve-se a equação de calibração.

De posse da equação de calibração foi feito o ajuste para todos os valores de umidade lidos pela TDR. Os dados de umidade foram usados para o cálculo dos valores de água disponível (equação 2) em cada posição das sondas e, posteriormente, foram elaborados gráficos de água disponível e de extração no perfil do solo utilizando o software Surfer 8.0.

$$\text{-----} \quad (2)$$

em que:

- Percentagem de água disponível em um ponto (r_i, z_i) do perfil do solo;
- Umidade volumétrica em um ponto (r_i, z_i) do perfil do solo ($m^3 m^{-3}$);
- Umidade do ponto de murcha permanente ($m^3 m^{-3}$);
- Umidade à capacidade de campo ($m^3 m^{-3}$).

A extração de água computada correspondeu à água retirada da zona radicular por extração pelas raízes, por percolação e por evaporação, conforme equação 3. Foi utilizada a metodologia proposta por Coelho e Or, (1996) a qual consiste na diferença entre os percentuais de umidade após uma irrigação (tempo de seis horas, quando a água de irrigação atinge a sonda de maior profundidade,

período em que se considerou já ter ocorrido a infiltração e redistribuição da água no solo) e outro, antes da próxima irrigação, conforme Figura 17. Com isso, a maior contribuição na água total extraída, foi a água absorvida pelo sistema radicular.

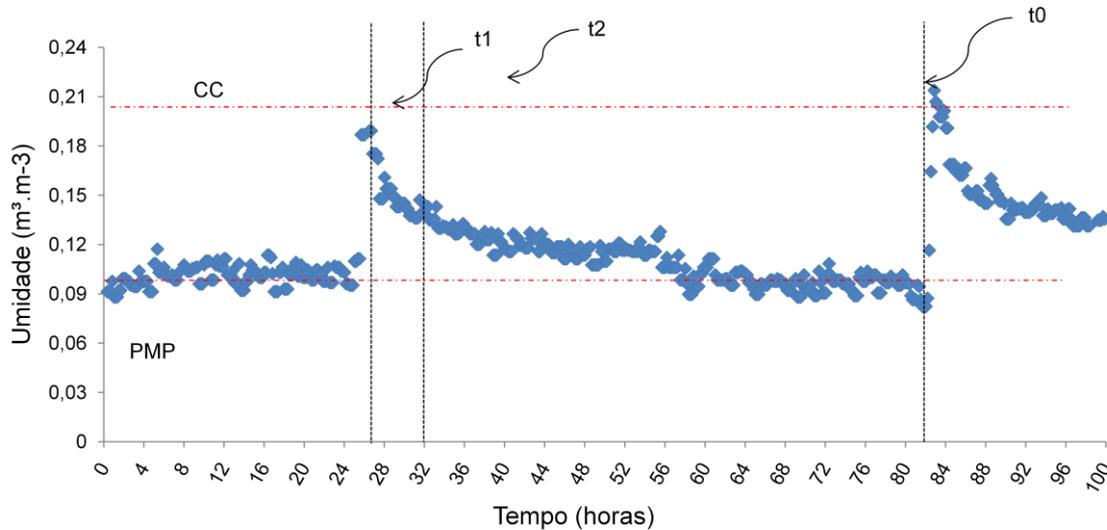


Figura 17. Determinação dos instantes em que se obtiveram os valores de umidade seis horas após a irrigação (t_2) e antes de uma nova irrigação (t_0).

$$= \underline{\hspace{10em}} \quad (3)$$

em que:

- Percentagem de extração em um ponto (r_i, z_i) do perfil do solo

Para a definição da instalação dos sensores de umidade do solo foi tomado como base o conhecimento da profundidade efetiva das raízes e a distância efetiva das raízes, sendo definidas segundo Arruda (1989) como sendo a distância e profundidade onde se encontram 80% do total de comprimento de raízes. Também definiu-se a profundidade efetiva de extração, que segundo

Santos (2002), corresponde à região do perfil do solo a partir da superfície na qual se verifica pelo menos 80% do total de extração de água pelas raízes e distância efetiva de extração, correspondente à região do perfil do solo a partir da planta onde se observam pelo menos 80% do total de extração de água pelas raízes da cultura. Para o posicionamento de tensiômetros, além de considerar as áreas de maior concentração de raízes e extração de água, deve-se levar em conta a limitação de medidas de umidade até tensões de -80 kPa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através dos dados de umidade lidos pela TDR e a partir da equação de Ledieu (1986) determinou-se a constante dielétrica (k_a) e, relacionando-a com os valores de umidade volumétrica calculados (Figura 18), determinou-se a equação de calibração para o solo da área experimental.

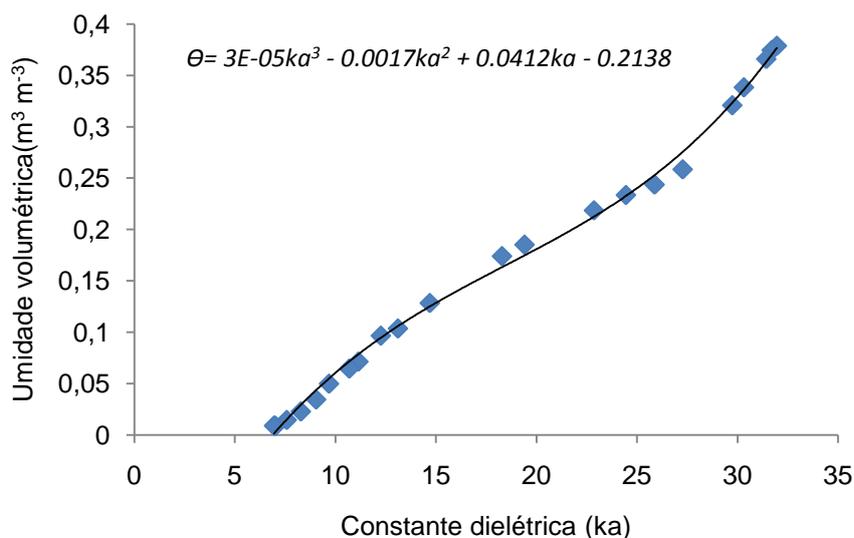


Figura 18. Relação da constante dielétrica (k_a) e da umidade volumétrica para ajuste dos valores de umidade lidos pela TRD.

As Figuras 19 A e 19 B ilustram a distribuição de água disponível no perfil do solo seis horas após a irrigação, respectivamente para o tratamento com quatro gotejadores por planta em uma linha lateral (T4) e oito gotejadores por planta em duas linhas laterais (T5). As Figuras 19 C e 19 D ilustram a distribuição de água disponível antes de ser realizada uma nova irrigação, respectivamente para o tratamento com quatro gotejadores por planta em uma linha lateral (T4) e oito gotejadores por planta em duas linhas laterais (T5). Tanto no perfil do solo do

tratamento T4 como do T5, os valores de água disponível encontram-se em praticamente todos os pontos acima de 100%, ou seja, acima da capacidade de campo, mostrando a suficiência de água nas regiões de maior concentração de raízes, que para o T4 alcança a profundidade de 0,61 m e distância de 0,64 e para o T5 concentra-se na profundidade de 0,35 m e distância de 0,71 m. Verifica-se que o T5 apresenta maiores valores de água disponível, o que pode ser em decorrência do estado do solo antes de ser realizada a irrigação bem como pelo fato desse tratamento possuir oito gotejadores, o que pode condicionar maior acúmulo de água principalmente nas camadas mais superficiais do perfil. Observa-se que a maior parte do perfil do solo do tratamento T4 encontra-se suprida de água, em decorrência do fato do sistema de irrigação apresentar quatro gotejadores e o tempo de irrigação ser a dobro do T5, fazendo com que a água tenha maior infiltração e redistribuição no solo atingindo dessa forma as camadas mais profundas.

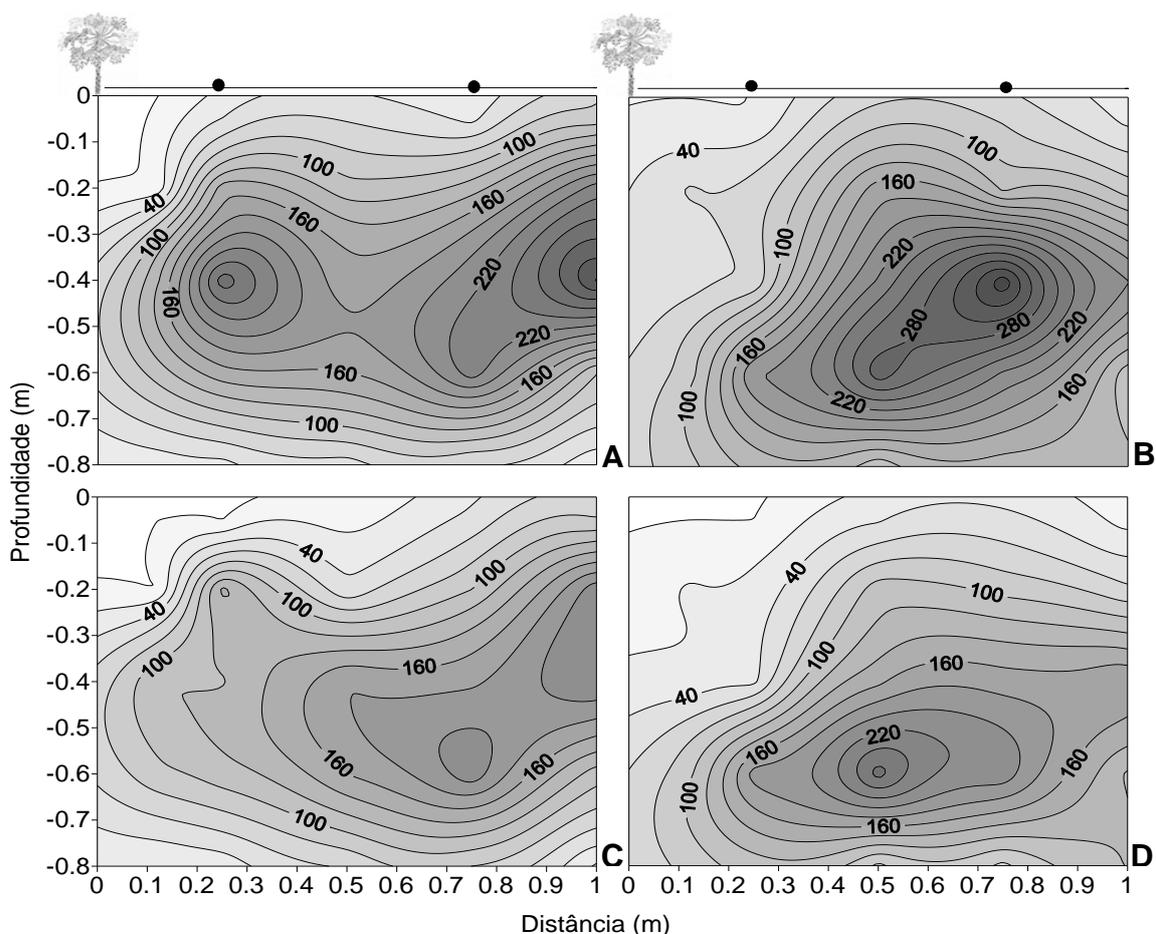


Figura 19. Água disponível para os tratamentos irrigados por gotejamento com quatro emissores por planta em uma linha lateral (A e C) e oito emissores por planta em duas linhas laterais (B e D), seis horas após a irrigação (A e B) e antes da próxima irrigação (C e D).

Com relação à distribuição de água disponível antes da nova irrigação observa-se que para o tratamento T4, mesmo que haja ainda regiões em que a quantidade de água disponível supera os 100%, nas camadas superficiais até a profundidade de 0,6 m, nota-se ter ocorrido diminuição na água disponível que foi ocasionada principalmente por 64% do total de raízes do perfil estar localizado até a essa profundidade, bem como pela perda de água em decorrência da evaporação. Da mesma forma que no T4, observa-se haver diminuição na quantidade de água disponível antes da irrigação para o T5, porém nesse tratamento os maiores valores de extração encontram-se até a profundidade de 0,4 m, fato explicado pela profundidade efetiva do sistema radicular apresentar 80% das raízes até a profundidade de 0,35 m, sendo que a variação de água disponível abaixo dessa profundidade pode ser devido a percolação, fato que não é percebido no T4.

A Figura 20 apresenta a distribuição água disponível para o tratamento T4 (A) e T5 (B). As isolinhas tracejadas sobrepostas a esses gráficos representam a extração de água para cada tratamento, onde a parte mais clara representa os menores valores de extração e os tons mais escuros representam os maiores valores de extração de água do perfil. Tanto na Figura 20 A como na Figura 20 B, é possível verificar que as áreas de maior extração no perfil são influenciadas pelas zonas de maior água disponível. Na Figura 21 são apresentados os gráficos de extração de água no perfil do solo para os tratamentos T4 (A) e T5 (B), onde as isolinhas tracejadas sobrepostas a esses gráficos representam a distribuição do sistema radicular. Nota-se que, para o T4 as zonas de maior extração não são coincidentes com as zonas de maior concentração das densidades de comprimento do sistema radicular, no entanto, ao avaliar a distância efetiva de extração e a profundidade efetiva de extração, respectivamente 0,75 e 0,4 m. Nota-se que os valores são próximos aos encontrados para a distância efetiva e profundidade efetiva do sistema radicular, respectivamente 0,64 e 0,61m, mostrando desse modo que as maiores extrações ocorrem nas regiões de concentração do sistema radicular. Do mesmo modo verifica-se que para o tratamento T5 não há coincidência entre os maiores valores de extração e os maiores valores de densidade de comprimento do sistema radicular, no entanto quando verificado a distância e profundidade efetiva de extração de água, correspondente a 80% da água extraída, de 0,65 e 0,4 m, percebe-se que há

coincidência entre esses valores e a distância e profundidade efetiva do sistema radicular, respectivamente 0,71 e 0,35 m, corroborando o fato de ocorrer maior extração no perfil do solo onde se concentra a maior quantidade de raízes.

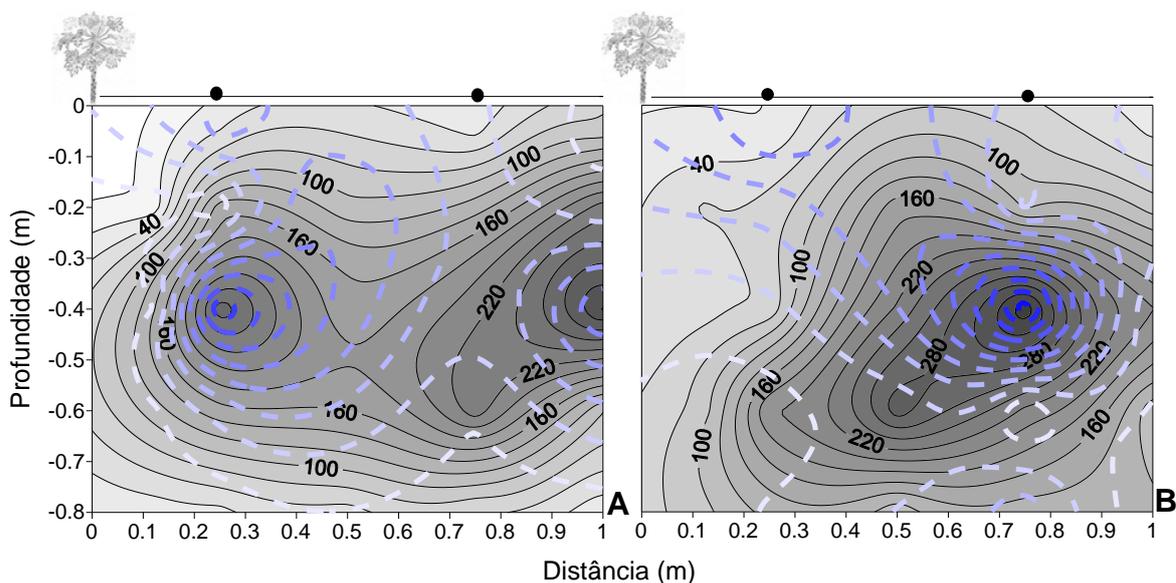


Figura 20. Água disponível e extração de água (isolinhas azuis) para os tratamentos irrigados por gotejamento com quatro emissores por planta em uma linha lateral (A) e oito emissores por planta em duas linhas laterais (B).

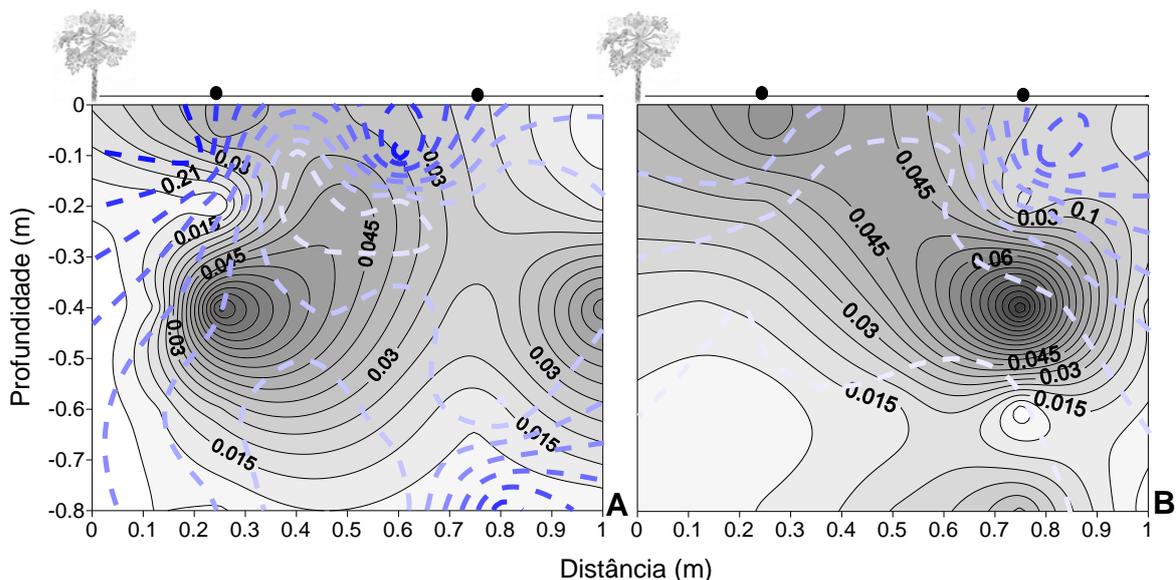


Figura 21. Extração de água e densidade de comprimento de raízes (isolinhas azuis) para os tratamentos irrigados por gotejamento com quatro emissores por planta em uma linha lateral (A) e oito emissores por planta em duas linhas laterais (B).

A partir da Figura 21 é possível definir o posicionamento correto dos sensores de umidade ou de tensiômetros, para os sistemas de irrigação localizada por gotejamento com quatro gotejadores por planta em uma linha lateral a fileira de plantas e oito gotejadores por planta em duas linhas laterais a

fileira de plantas. Dessa forma, para o tratamento T4, a região onde melhor se adéqua a instalação de sondas de umidade foi na região compreendida entre o caule da planta e 0,65 m de distância, visto que nessa distância encontra-se 80% do sistema radicular, e 80% da extração de água. Em se tratando de profundidade, até 0,50 m aconselha-se a instalação dos sensores, pois nessa profundidade são encontrados 70% das raízes e 85% da extração de água do perfil do solo. Para o tratamento T5, a região onde se adéqua a instalação dos sensores encontra-se próxima da encontrada para o T4, ou seja, na distância a partir do caule da planta até os 0,65 m, a qual corresponde a 70% do total de raízes e 83% da extração total de água e na profundidade de até 0,35 m, onde encontram-se 80% da profundidade efetiva do sistema radicular e 77% extração de água do perfil. No caso de utilização de tensiômetros deve ser levado em conta que os mesmos fazem leitura de umidade até o potencial de -80 kPa, o que equivale a umidade de $0,1630 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. Para o tratamento T4, o local apropriado para a instalação dos tensiômetros fica compreendido na distância a partir da planta até 0,2 m, com profundidade de 0,40 m, bem como entre 0,2 a 0,7m de distância da planta, na profundidade de 0,2m. Para o tratamento T5, recomenda-se a instalação na distância compreendida entre a planta e 0,25 m, com profundidade de até 0,35 m e na distância entre 0,20 a 0,65 m, na profundidade de 0,2 m.

Na Figura 22 tem-se os gráficos de água disponível para os tratamentos irrigados por sistema de microaspersão com vazão de 32 L h^{-1} para quatro plantas com uma lateral entre duas fileiras de plantas (T1) (A e C) e um microaspersor com vazão de 43 L h^{-1} para quatro plantas com uma lateral entre duas fileiras de plantas (T2) (B e D), seis horas após ser realizada a irrigação (A e B) e antes da próxima irrigação (C e D). Observa-se que os valores de água disponível no tratamento T1 seis horas após a irrigação encontram-se acima dos 100% ou acima da capacidade de campo até o limite de 0,35 m de profundidade, mostrando dessa forma a suficiência de água para suprir as necessidades hídricas da planta, uma vez que, para esse tratamento, na profundidade citada, encontra-se 60% do sistema radicular do mamoeiro. Ao fazer a análise da quantidade de água disponível para esse tratamento, nota-se claramente a diminuição dos valores em todos os pontos do perfil do solo, sendo mais acentuado justamente na zona de predominância do sistema radicular. A

diminuição dos valores abaixo do sistema radicular indica ter ocorrido percolação para as camadas mais profundas. Ao analisar o comportamento da água disponível para o tratamento T2, observa-se que os valores são maiores que os encontrados no T1, atingindo inclusive as camadas mais profundas do perfil e principalmente nas regiões mais próximas ao microaspersor, o que se deve a maior vazão e raio de ação do emissor. Quando feito a análise da água disponível antes da nova irrigação, percebe-se que nas proximidades do microaspersor, a água disponível encontra-se acima dos 100%, porém, nas distancias e profundidades efetivas do sistema radicular os valores situam-se abaixo de 85% de água disponível, o que condiciona a necessidade de haver nova irrigação.

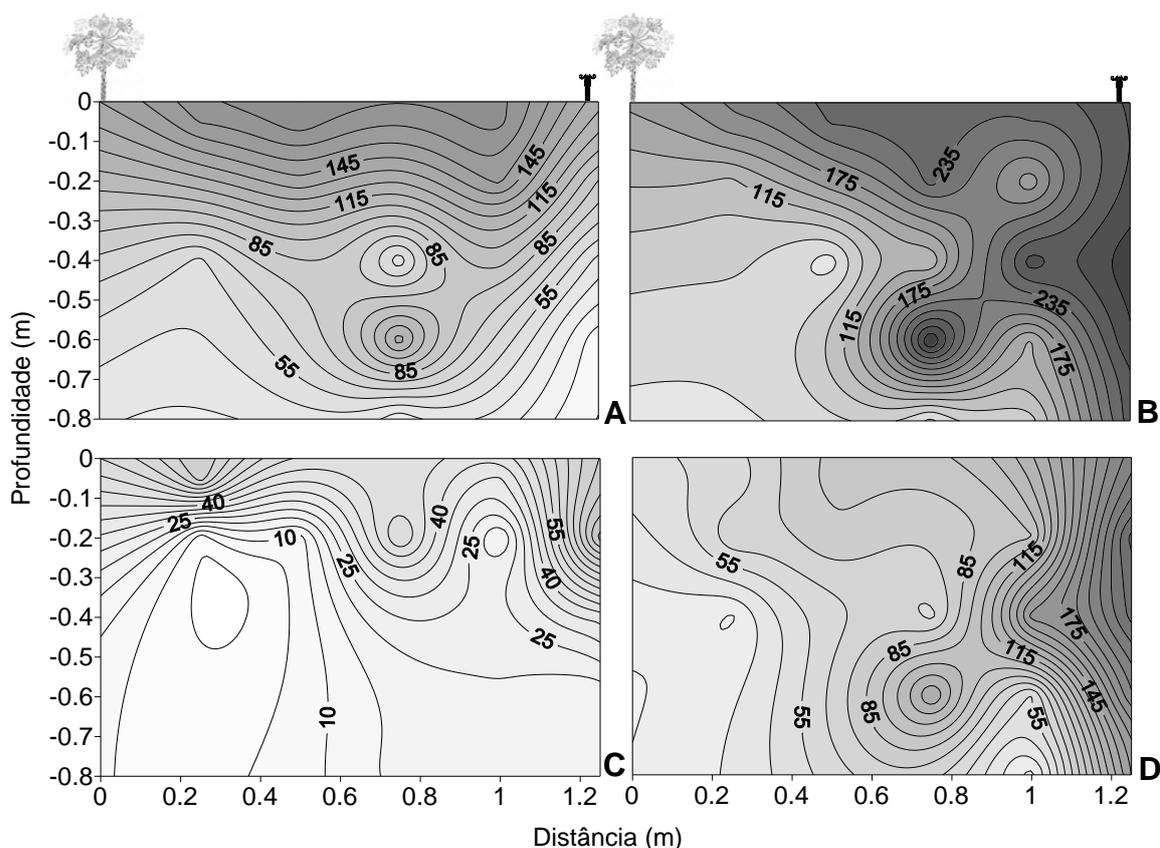


Figura 22. Água disponível para os tratamentos irrigados por microaspersão com um microaspersor com vazão de 32 L h^{-1} (A e C) e um microaspersor de vazão de 43 L h^{-1} (C e D), seis horas após a irrigação (A e B) e antes da próxima irrigação (C e D).

Na Figura 23 são representados os gráficos de água disponível, onde as isolinhas sobrepostas a estes em forma de gradiente, onde a parte mais clara representa as menores extrações e as partes mais escuras representam as maiores extrações de água ocorrida no perfil do solo para os tratamentos T1 (A) e T2 (B). As zonas de maior extração de água são coincidentes com as disponibilidades de água, mostrando haver uma relação entre essas duas

variáveis. A Figura 24 por sua vez, representa a extração de água para os tratamentos T1 (A) e T2 (B), onde as isolinhas tracejadas sobrepostas a estes representam a densidade do comprimento de raízes (DCR) para ambos os tratamentos. Verifica-se haver certa coincidência entre os maiores valores de extração e de densidade de comprimento de raízes, no entanto isso é observado somente em alguns pontos do perfil para ambos os tratamentos. No caso do tratamento T1 a distância efetiva de extração (0,90 m) foi maior que a distância efetiva do sistema radicular, o que mostra que houve extração até regiões próximas ao microaspersor. No caso das profundidades, 80% da extração ocorreu até a profundidade de 0,42 m, profundidade na qual está situado as maiores densidades de comprimento de raízes. No caso do T2 observa-se que a distância efetiva de extração alcança 1,0 m a partir do caule, sendo superior a distância efetiva do sistema radicular. A profundidade efetiva de extração situa-se próxima a profundidade efetiva do sistema radicular, respectivamente 0,45 e 0,42 m.

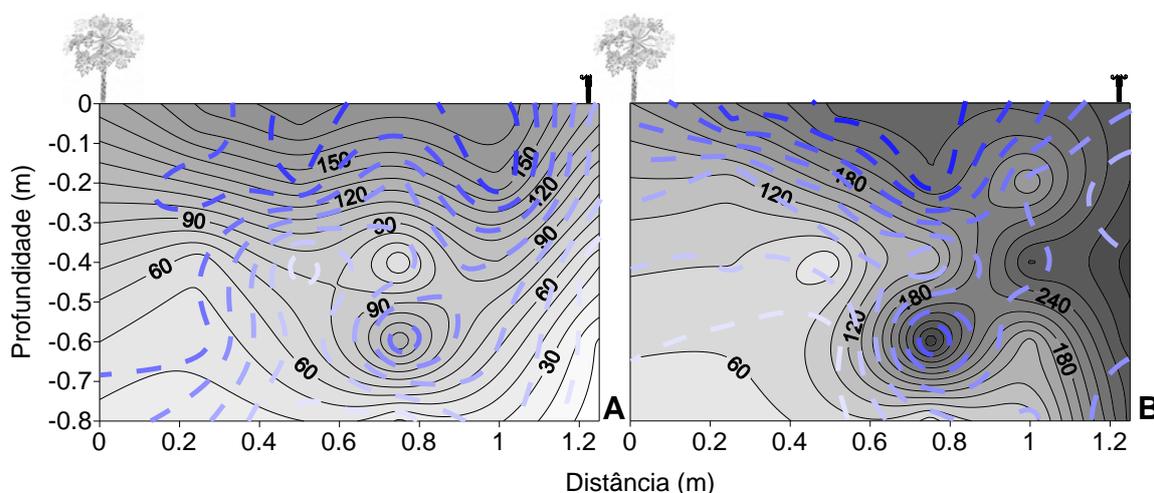


Figura 23. Água disponível e extração de água (isolinhas azuis) para os tratamentos irrigados por microaspersão com um microaspersor com vazão de 32 L h^{-1} (A) e um microaspersor de vazão de 43 L h^{-1} (B).

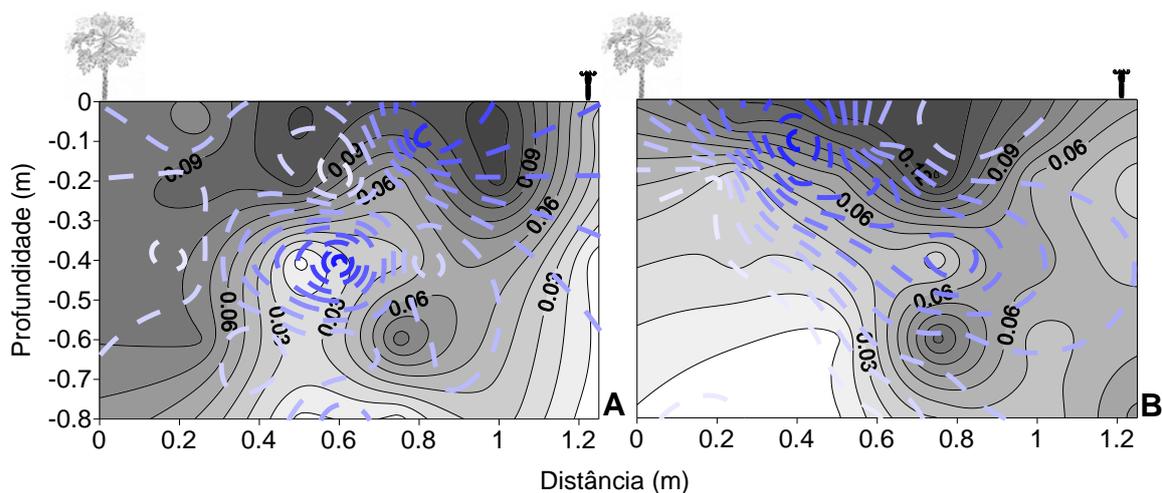


Figura 24. Extração de água e densidade de comprimento de raízes (isolinhas azuis) para os tratamentos irrigados por microaspersão com um microaspersor com vazão de 32 L h^{-1} (A) e um microaspersor de vazão de 43 L h^{-1} (B).

A partir da Figura 23 é possível definir o posicionamento correto dos sensores de umidade, para os sistemas de irrigação localizada por microaspersão com um microaspersor com vazão de 32 L h^{-1} para quatro plantas com uma lateral entre duas fileiras de plantas e um microaspersor com vazão de 43 L h^{-1} para quatro plantas com uma linha lateral entre duas fileiras de plantas.

Para o tratamento T1, as regiões onde melhor se adéqua a instalação de sensores de umidade situam-se nas faixas de maior extração de água do solo bem como onde encontram-se as maiores concentrações do sistema radicular. Essa região, portanto, está compreendida entre o caule da planta e a distância de $0,65 \text{ m}$, sendo a profundidade de instalação até $0,40 \text{ m}$, limite onde se encontra 80% do sistema radicular e da extração de água. Para o tratamento T2 região compreendida entre as distâncias a partir do caule até $0,65 \text{ m}$ e profundidade de $0,4 \text{ m}$ são as ideais para a instalação de sondas de TDR, uma vez que, nessa faixa estão situados os maiores valores de densidade de comprimento de raízes bem como as extrações correspondentes a 80% da distância e profundidade efetiva de extração. No caso da utilização de tensiômetros o local apropriado para instalação do tratamento T1, situa-se nas distâncias entre a planta e $0,65 \text{ m}$ até a profundidade $0,4$. Para o tratamento T2, recomenda-se a instalação dos tensiômetros nas regiões entre a planta e a distância de $0,4 \text{ m}$, com profundidade de $0,4 \text{ m}$.

CONCLUSÕES

1. As áreas de maior extração no perfil do solo tanto para o sistema de irrigação por microaspersão como de gotejamento são influenciadas pelas zonas de maior água disponível.
2. Para os tratamentos irrigados por gotejamento as zonas de maior extração de água não são coincidentes com as zonas de maior concentração das densidades de comprimento do sistema radicular.
3. Nos tratamentos irrigados por microaspersão, as maiores densidades de comprimentos de raízes coincidiram com as zonas de extração de água.
4. Tanto nos tratamentos irrigados por microaspersão como por gotejamento, os valores de distância efetiva de extração e profundidade efetiva de extração são próximos aos encontrados para a distância efetiva e profundidade efetiva do sistema radicular.
5. A instalação dos sensores de umidade do solo e dos tensiômetros variam de acordo com sistema de irrigação utilizado.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, F.B. Necessidade de água nas culturas - Elementos de projeto. In: CURSO PRÁTICO INTERNACIONAL DE AGROMETEOROLOGIA PARA OTIMIZAÇÃO DA IRRIGAÇÃO, 3., 1989, **Anais...**Campinas: IAC, 1989. 35 p.

COELHO, E. F.; ARRUDA, F. B. Aplicações da técnica de TDR: manejo da água no solo. In: WORKSHOP SOBRE APLICAÇÕES DA TÉCNICA DE TDR (REFLECTOMETRIA NO DOMÍNIO DO TEMPO) NA AGRICULTURA, 1., 2001, Campinas. **Aplicações da técnica de TDR na agricultura**. Campinas, SP: UNICAMP, FEAGRI, 2001. p. 129-145.

- COELHO, E. F.; OR, D. A parametric model for twodimensional water uptake by corn roots under drip irrigation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 60, n. 4, p. 1039-1049, 1996.
- COELHO, E. F.; OR, D. Root distribution and water uptake patterns of corn under surface and subsurface drip irrigation. **Plant and Soil**. Dordrecht, v. 206 , n .2, p 123-136, 1998.
- COELHO, E. F.; SANTOS, D. B.; AZEVEDO, C. A. V. Sensor Placement for soil water monitoring in lemon irrigated by micro sprinkler. Revista **Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 56-52, 2007.
- COELHO FILHO, M. A. **Variabilidade espacial aplicada ao manejo da irrigação por microaspersão em lima ácida ‘Tahiti’ (*Citrus Latifolia* TANAKA)**. 1998. Dissertação (mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.
- CONCIANI, W.; CARNEIRO, B. J.; SOARES, M. M.; HERMANN, P. S. P.; CRESTANA, S. Emprego de TDR com sondas multihastes segmentadas para medida de umidade de um perfil de solo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 1997, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Embrapa-CNPDIÁ, 1997. v. 1, p. 169-173.
- DOOREMBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas** . Campina Grande : UFPB, 1984. 306 p. (Estudos FAO : Irrigação e Drenagem, 33).
- GOLDBERG, S. D.; RINOT, M.; KARU, N. Effect of trickleirrigations intervals on distribution and utilization of soil moisture in a vineyard. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 35, p. 127-130, 1985.
- OR, D.; WRAITH, J. M. Agricultural and environmental soil physics. **Utah State University**, Logan, p. 218, 1997.
- SANTOS, D. B. **Extração de água pelo limão ‘Tahiti’ com porta enxerto Citrumelo ‘Swingle’ sob microaspersão nas condições semiáridas da Bahia**. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2002.
- SILVA, T. S. M. da; COELHO, E. F., LIMA, D. M.; SANTOS, D. B. **Absorção de água pelo sistema radicular do mamoeiro irrigado por diferentes sistemas de microasperção**. Fortaleza: XI CONIRD, ago., 2001, p.6 11.

STEVENS, R. M.; DOUGLAS, T. Distribution of grapevine roots and salt underdrip and full-ground cover microjet irrigation systems. **Irrigation Science**, Berlin, v. 15, p. 147-152, 1994.

TOPP, G. C.; DAVIS, J. L.; ANNAN, A. Electromagnetic determination of soil water content: measurement in coaxial transmission lines. **Water Resources Research**, Washington, v. 16, p. 576-583, 1980.

CAPÍTULO 3

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO MAMOEIRO CV SUNRISE SOLO SOB
DIFERENTES CONFIGURAÇÕES DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO
LOCALIZADA**

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO MAMOEIRO CV SUNRISE SOLO SOB DIFERENTES CONFIGURAÇÕES DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

AUTOR: GIAN CARLO CARVALHO

ORIENTADOR: EUGÊNIO FERREIRA COELHO

RESUMO: O mamoeiro é altamente exigente em água. A irrigação acarreta aumento na produtividade do mamoeiro, favorecendo os processos de crescimento, floração e frutificação da planta. O objetivo do trabalho foi avaliar as características biométricas (altura de planta, diâmetro de caule e área foliar) e a produtividade do mamoeiro cv Sunrise Solo submetido a diferentes configurações de sistemas de irrigação localizada. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos utilizados foram: T1 – um microaspersor de 32 L h⁻¹ para quatro plantas, com uma lateral entre duas fileiras de plantas; T2 – um microaspersor de 43 L h⁻¹ para quatro plantas com uma lateral entre duas fileiras de plantas; T3 – um microaspersor de 60 L h⁻¹ para quatro plantas, com uma lateral entre duas fileiras de plantas; T4 – gotejamento com quatro emissores de 4 L h⁻¹ por planta, sendo uma lateral por fileira de plantas; T5 – gotejamento com oito emissores de 4 L h⁻¹ por planta, tendo duas laterais por fileira de plantas; T6 – gotejamento com quatro emissores de 4 L h⁻¹ por planta, em uma lateral em rabo de porco. Os gotejadores distanciavam-se entre si 0,50m. As variáveis de crescimento das plantas foram medidas em todas as parcelas experimentais em intervalos quinzenais. A colheita dos frutos foi feita quando a casca passou de verde-escuro a verde-claro ligeiramente amarelado. Os resultados foram submetidos à análise de variância por meio do aplicativo SAS. O tratamento que apresentou a maior produtividade, número de frutos e o melhor desempenho nas variáveis biométricas foi o irrigado por sistema de microaspersão com um emissor para quatro plantas com vazão de 43 L h⁻¹.

Palavras-chave: *Papaya*, Irrigação localizada, produtividade, variáveis biométricas.

YIELD AND GROWTH OF PAPAYA CV SUNRISE SOLO UNDER DIFFERENT CONFIGURATIONS O TRICKLE IRRIGATION SYSTEMS

AUTHOR: GIAN CARLO CARVALHO

ADVISER: EUGÊNIO FERREIRA COELHO

ABSTRACT: Papaya is highly dependent on water. The irrigation brings increase in papaya yields favoring process of growth, flowering and fruit set. The objective of the work was to evaluate the biometric characteristics (plant height, stem diameter and leaf area) and yield of papaya cv Sunrise solo under different trickle irrigation system configurations. A random block design was wa used with six treatments and four replications. Treatments were: T1- one 32 L h⁻¹ microsprinkler for four plants as one lateral at two crop rows; T2 - one 43 L h⁻¹ microsprinkler for four plants as one lateral at two crop rows; T3 - one 60 L h⁻¹ microsprinkler for four plants at two crop rows; T4 – Drip system with four 4 L h⁻¹ emitters at one lateral line per crop row; T5 - Drip system with eight 4 L h⁻¹ emitters at two laterals line per crop row; T6 - Drip system with four 4 L h⁻¹ emitters at one lateral line distributed as pig tail. The dripper spacing was 0.50 m. The growth variables were measured in all experimental plots every two weeks. Fruit harvest begun when when dark-green fruit peel became light green barely yellow. Results were submitted to a variance analysis by using SAS. The treatment that presented the largest productivity, number of fruits and best performance of biometric variables was the one irrigated by microsprinkler system with one 43 L h⁻¹ emitter per four plants.

Key words: Papaya, trickle irrigation, yield, biometric variables.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de mamão, tendo em 2008 uma área cultivada de 36.585 ha, produzindo cerca de 1.890.286 toneladas, com um rendimento médio de 51,668 t ha⁻¹, de acordo com os dados da Organização das Nações Unidas para a alimentação e Agricultura (FAOSTAT, 2010). O mamoeiro é produzido em quase todos os Estados do Brasil. Segundo dados do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2009), o Estado da Bahia participa com um volume de 1.792.594 toneladas e o Estado do Espírito Santo com 891.236 toneladas; juntos correspondem a 80,4% da produção nacional.

A água no solo desempenha papel fundamental para o bom desenvolvimento do mamoeiro. A restrição hídrica desfavorece o crescimento da planta e dos frutos bem como pode acarretar o maior surgimento de flores masculinas e estéreis, fazendo com que haja redução no número de frutos. De outra forma, o excesso de água pode causar encharcamento na região do sistema radicular, diminuindo a aeração do solo, dificultando a absorção, ocasionando a lixiviação de nutrientes, contribuindo para o surgimento de doenças, bem como induzindo a má formação de frutos (AWADA, 1961; MARIN et al., 1995).

A necessidade de água pelas plantas varia com a sua fase de desenvolvimento e com as condições climáticas locais. Plantas jovens consomem menos água que adultas; além disso, aquelas cultivadas em local de clima seco e quente necessitam, diariamente, de maior quantidade de água, em comparação com outras cultivadas em ambientes úmidos e com temperaturas amenas (ESPINDULA NETO e SILVA, 2007). O mamoeiro é altamente exigente em água, caracterizando-se por necessitar de uma manutenção constante de seu suprimento, não só no período reprodutivo, como também durante sua fase de desenvolvimento vegetativo (OLIVEIRA et al., 1994; MEDINA, 1995). A irrigação acarreta aumento na produtividade do mamoeiro, favorecendo os processos de crescimento, floração e frutificação da planta, verificando-se a essencialidade da água na produção do mamoeiro, dada a correlação observada entre a aplicação de lâminas de irrigação e a capacidade produtiva da planta (SANCHES; DANTAS, 1999).

Silva et al., (2001) avaliaram em Sooretama-ES os efeitos da interação entre lâmina de água aplicada e frequências de aplicação sobre a produção e outros componentes do desenvolvimento do mamoeiro cv. Sunrise Solo Line 72/12. Verificaram que as variáveis (produtividade, massa média dos frutos e o número de frutos por planta) cresceram linearmente com a lâmina aplicada, de acordo com as reposições de 40, 60, 80, 100 e 120% da evapotranspiração de referência obtida a partir do tanque Classe "A".

Espindula Neto (2007), na região de Linhares-ES, analisou o efeito de seis lâminas de irrigação (25, 50, 75, 100 e 125% da ETc) e uma definida de forma empírica pelo produtor rural, no crescimento e na produção da cultura do mamão 'Golden' e constatou que o modelo de melhor ajuste aos valores de altura de plantas e diâmetro do caule nos diferentes tratamentos aplicados foi o polinomial de segunda e terceira ordens, respectivamente. O maior valor de diâmetro de caule (150,86 mm) correspondeu à reposição de 100% da ETc e o maior valor de altura de plantas (435,54 cm) foi encontrado na reposição de 125% da ETc.

Almeida et al., (2003) verificaram aumento de quase 420% na produtividade do mamão Improved Sunrise Solo 72/12, em Campos dos Goytacazes – RJ, aplicando lâminas de 0 até 240% da evapotranspiração de referência, baseada no tanque Classe "A". Em outro trabalho de Espindula Neto (2007), também na região de Linhares-ES, o autor avaliou a resposta do mamoeiro 'Golden' a diferentes sistemas de microirrigação (microaspersão, gotejamento com uma linha de gotejadores por fileira de plantas e gotejamento com duas linhas de gotejadores por fileira de plantas) e a dois tipos de manejo de solo (camalhão apenas na sexagem e camalhão no plantio e na sexagem). Durante cinco meses de colheita constatou-se que o sistema de microaspersão associado ao uso do camalhão no plantio e na sexagem foi o que resultou em maior valor do parâmetro produção total (44,8 t ha⁻¹).

O objetivo do trabalho foi avaliar as características biométricas (altura de planta, diâmetro de caule e área foliar) e a produtividade do mamoeiro cv Sunrise Solo, submetido a diferentes configurações de sistemas de irrigação localizada.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no campo experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, localizado no Município de Cruz das Almas – BA, tendo como coordenadas geográficas a latitude de 12°48'S, longitude de 39°06'W e altitude de 225 m. O clima da região é considerado como úmido a subúmido com pluviosidade anual de 1143 mm (D'ANGIOLELLA et al., 1998).

O solo da área é caracterizado como Latossolo Amarelo Álico de textura média, sendo as características físicas e de armazenamento de água apresentadas nas Tabelas 18 e 19.

Tabela 18. Valores referentes a classificação física do solo da área experimental

Profundidade (m)	Análise Granulométrica (g kg ⁻¹)								Classificação textural
	AMG	AG	AM	AF	AMF	AT	Silte	Argila	
0 – 0,20	17	192	221	243	59	732	87	181	Franco Arenoso
0,20 – 0,40	19	139	179	235	57	629	68	303	Franco argilo-arenoso
0,40 – 0,70	17	147	172	211	53	600	77	323	Franco argilo-arenoso
0,70 - 1,00	19	136	138	173	69	535	81	384	Argila arenosa

AMG = areia muito grossa; AG = areia grossa; AM = areia média; AF = areia fina; AMF = Areia muito fina; AT = areia total.

Tabela 19. Valores de densidade do solo (ρ_s), umidade volumétrica e água disponível para diferentes tensões

Profundidade (m)	Densidade (kg dm ⁻³)	Umidade Volumétrica (m ³ m ⁻³)					Água Disponível (m ³ m ⁻³)
		Potencial Matricial (kPa)					
		-10	-33	-100	-300	-1500	
0 – 0,20	1,67	0,1785	0,1761	0,1578	0,1335	0,0980	0,0781
0,20 – 0,40	1,66	0,1964	0,1936	0,1837	0,1709	0,1514	0,0422
0,40 – 0,70	1,43	0,1896	0,1837	0,1590	0,1405	0,1320	0,0517
0,70 - 1,00	1,39	0,2105	0,2039	0,1695	0,1524	0,1435	0,0604

A área experimental primeiramente passou pelo processo de preparo do solo, o qual consistiu em aração, gradagem e coveamento. As covas foram feitas com as dimensões de 0,40 x 0,40 x 0,40 m.

O mamoeiro cultivar Sunrise Solo foi plantado em espaçamento de 3,6 m x 1,8 m x 2,0 m. Os tratos culturais, de correção do solo, aplicação de fertilizantes e

defensivos foram realizados de acordo com as recomendações para as condições dos Tabuleiros Costeiros (TRINDADE, 2000).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições, totalizando 24 parcelas. Os tratamentos utilizados foram: T1 – microaspersão com um emissor de 32 L h^{-1} para quatro plantas, com uma lateral entre duas fileiras de plantas; T2 – microaspersão com um emissor de 43 L h^{-1} para quatro plantas com uma lateral entre duas fileiras de plantas; T3 – microaspersão com um emissor de 60 L h^{-1} para quatro plantas, com uma lateral entre duas fileiras de plantas; T4 – gotejamento com quatro emissores de 4 L h^{-1} por planta, sendo uma lateral por fileira de plantas; T5 – gotejamento com oito emissores de 4 L h^{-1} por planta, tendo duas laterais por fileira de plantas; T6 – gotejamento com quatro emissores de 4 L h^{-1} por planta, em uma lateral em rabo de porco. Os gotejadores foram distanciados entre si em 0,50m.

As parcelas irrigadas por microaspersor foram constituídas de duas fileiras de plantas, cada uma contendo seis plantas úteis, totalizando 12 plantas úteis, sendo que, cada fileira possuía as dimensões de 16,0 m de comprimento x 5,4 m de largura (Figura 25). As parcelas irrigadas por gotejamento foram compostas de uma fileira de plantas, com seis plantas úteis por parcela, tendo 16,0 m de comprimento x 3,6 m de largura. Em cada parcela foi implantado uma fileira de plantas (bordadura), a fim de evitar a interferência entre um tratamento e outro.

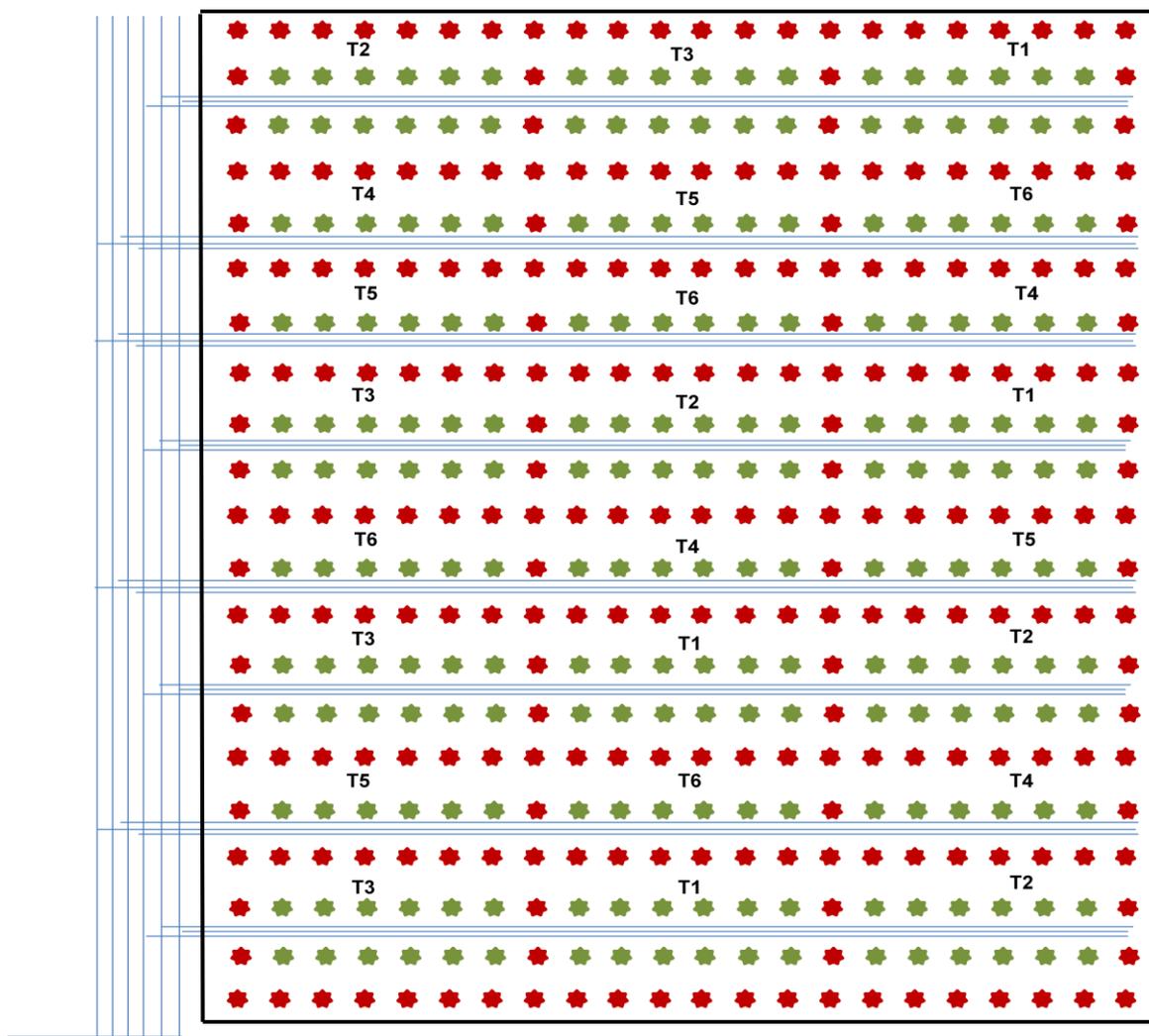


Figura 25. Esquema da área experimental com a distribuição dos tratamentos e repetições. Em vermelho estão representadas as plantas de bordadura e em verde as plantas úteis.

As lâminas de irrigação foram as mesmas para todos os tratamentos estudados, tendo turno de rega variável e o cálculo da lâmina foi feito com base na Evapotranspiração de referência obtida pela equação de Penman-Monteith modificada (FAO 56), sendo utilizados os valores de coeficiente de cultivo (K_c) de acordo com o recomendado por Coelho Filho et al., (2003), e o coeficiente de localização recomendado por Fereres et al., (1981).

As adubações foram feitas seguindo as recomendações de Oliveira et al., (2004), sendo as aplicações via água de irrigação. Os cálculos das quantidades de fertilizantes nitrogenados e potássicos aplicados em cada fertirrigação seguiram as recomendações de Coelho et al., (2008).

As variáveis de crescimento das plantas foram determinadas em todas as parcelas experimentais em intervalos quinzenais. O diâmetro do caule foi obtido

através da circunferência do caule, que foram medidas a uma altura de 0,20 m da superfície do solo com auxílio de uma fita métrica graduada com precisão de 0,001 m. A altura das plantas foi determinada a partir da base da planta até a inserção das folhas em início de formação. Para a obtenção das áreas das superfícies foliares (ASF) foi medido o comprimento do lóbulo central (L) de cada folha e utilizado o modelo $ASF = 0,0947 L^{2,7352}$, de acordo com Alves e Santos (2002). Para determinar a área foliar total de cada planta, somou-se as áreas individuais de cada folha, segundo a equação 4.

Em que:

AFT = área foliar total (m²);

L = comprimento do lóbulo central da folha (cm).

A colheita dos frutos foi feita de acordo com as recomendações de Viegas (1991) e Simão (1998) que definem o ponto de colheita como sendo o momento em que a casca passa de verde-escuro a verde-claro ligeiramente amarelado (estágio 1), ou da cor do ápice do fruto que de verde passa a amarelado, fase em que o fruto apresenta melhor qualidades e características para o manejo pós-colheita.

Os frutos individuais foram pesados em balança eletrônica e classificados como frutos comerciais e não comerciais, sendo os frutos comerciais os que apresentaram peso entre 280 e 890 g (Marin et al., 1995) e, os não comerciais, os frutos abaixo desse peso bem como frutos deformados. O peso médio dos frutos foi calculado através do peso total de frutos por parcela pelo número total de frutos por parcela.

Os resultados foram submetidos à análise de variância por meio do aplicativo SAS; o esquema da análise de variância é apresentado na Tabela 20. Por sua vez, as medias geradas pelo SAS para cada tratamento foram submetidas ao aplicativo SASM – AGRI, o qual através da inserção dos valores de graus de liberdade do resíduo, quadrado médio do resíduo, número de tratamentos e repetições, forneceu o teste de comparação de médias de Tukey ao nível 5% de probabilidade.

Tabela 20. Esquema da Análise de variância

Fonte de Variação	Grau de liberdade
Tratamento	5
Bloco	3
Erro	15
Total Corrigido	23

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de precipitação, evapotranspiração da cultura e a lâmina de irrigação aplicada, respectivamente, 1207,4 mm; 1553,23 mm e 527,40 mm estão representados na Figura 26, onde se observa que, a irrigação prevaleceu no período de novembro de 2009 a março de 2010.

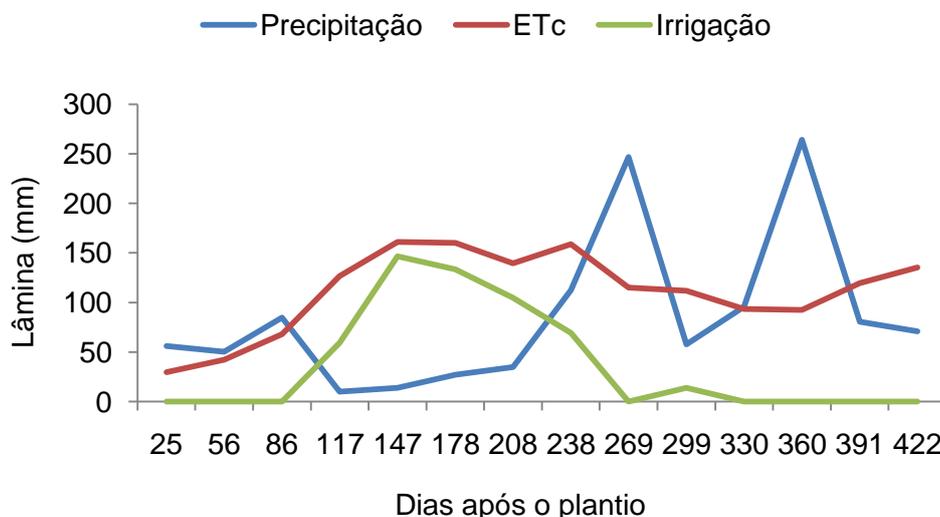


Figura 26. Precipitação, evapotranspiração da cultura e lâmina de irrigação aplicada para o período de desenvolvimento e produção do mamoeiro Sunrise Solo.

A análise de variância detectou efeito significativo dos tratamentos para as variáveis estudadas. O diâmetro de caule foi a variável biométrica que apresentou maior sensibilidade ao efeito dos tratamentos; Das 15 avaliações realizadas, observou-se diferença significativa no diâmetro das plantas em 9 avaliações (51, 93, 107, 135, 155, 198, 211, 320 e 350 dias após o plantio). A área foliar apresentou efeito significativo dos sistemas aos 93, 107, 135, 155, 272, 320 e 350

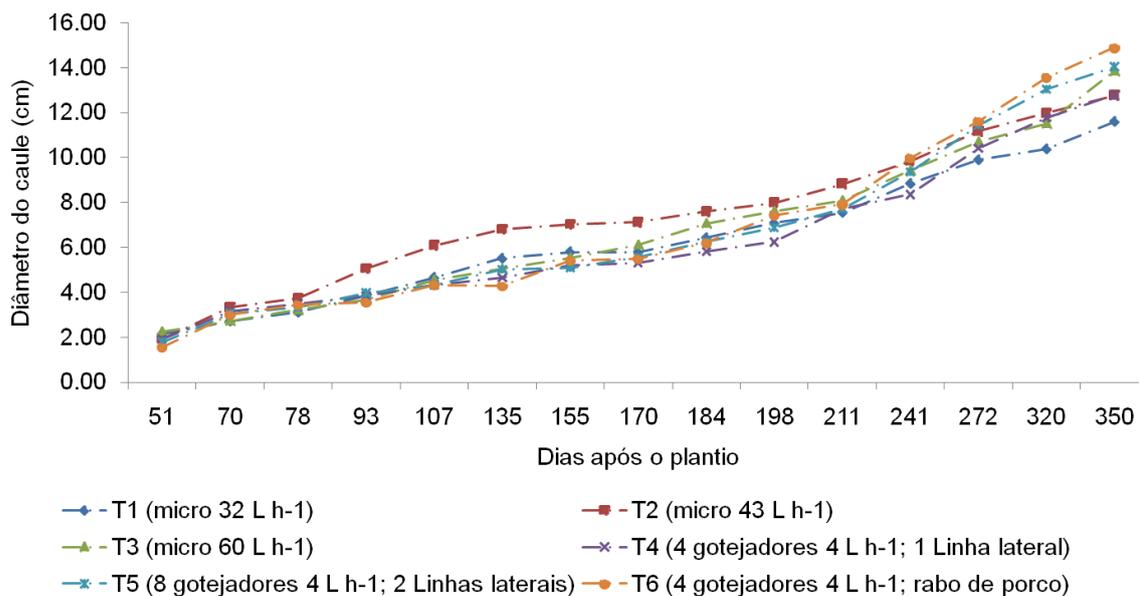
dias após o plantio (DAP). A altura de plantas foi a variável que apresentou os menores efeitos significativos dos tratamentos, sendo observado somente aos 107, 155 e 350 DAP.

Na tabela 21 são apresentados os valores medidos de diâmetro para as épocas de avaliação em que foi verificado efeito significativo no seu crescimento. A primeira leitura aos 51 DAP (Figura 27) mostra uma proximidade entre os valores medidos, tendo os tratamentos T3 e T1 apresentado os maiores valores de diâmetro, quais sejam: 2,53 e 2,13 cm, respectivamente. Ao longo de todas as avaliações houve variações nos tratamentos com maior diâmetro sendo que o T2 teve maior diâmetro dos 70 aos 211 DAP; a partir dos 241 DAP até a última avaliação o sistema que apresentou maior diâmetro de caule foi o tratamento T6. Ao analisar os sistemas de gotejamento e microaspersão, percebe-se que as plantas sob gotejamento em geral apresentaram maior diâmetro de caule dos 70 aos 93 DAP, tendo a frente somente o tratamento T2, de modo que, aos 107 DAP percebe-se uma inversão, passando os tratamentos irrigados por microaspersão a apresentarem maior diâmetro de caule. Esse fato é observado até os 241 DAP, sendo que, após esse período novamente os maiores valores são encontrados para os tratamentos irrigados por gotejamento. Por fim, as últimas medidas realizadas (320 e 350 DAP) mostram haver diferença significativa entre os tratamentos variando de 11,60 cm para o T1 a 14,88 cm para o T6, de forma que, os maiores valores para os tratamentos irrigados por gotejamento podem ser devido ao fato da ocorrência de chuvas no final do ciclo do mamoeiro (Figura 2). Coelho Filho et al.,(2007) observaram variação de 10 a 13 cm aos 324 DAP para o mamoeiro Cv Sunrise Solo com diferentes sistemas de irrigação localizada.

Tabela 21. Comparação das médias de diâmetro ao longo do ciclo vegetativo do mamoeiro

Trat	Diâmetro de caule (cm)								
	Dias após o plantio								
	51 DAP	93 DAP	107 DAP	135 DAP	155 DAP	198 DAP	211 DAP	320 DAP	350 DAP
1	2,130 ab	3,841 b	4,657 b	5,509 ab	5,801 ab	7,085 ab	7,553 ab	10,379 b	11,601 b
2	1,917 ab	5,064 a	6,087 a	6,795 a	7,021 a	7,988 a	8,826 a	11,969 ab	12,767 ab
3	2,253 a	3,681 b	4,551 b	5,045 b	5,538 ab	7,615 ab	8,083 ab	11,496 ab	13,831 ab
4	1,926 ab	3,859 b	4,337 b	4,655 b	5,212 b	6,247 b	7,553 b	11,765 ab	12,771 ab
5	1,790 ab	3,979 b	4,336 b	5,013 b	5,093 b	6,883 ab	7,719 ab	13,038 a	14,041 a
6	1,559 b	3,561 b	4,337 b	4,299 b	5,429 ab	7,440 ab	7,917 ab	13,572 a	14,888 a
CV(%)	13,34	10,80	12,42	11,06	13,23	10,03	8,93	8,07	7,58

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo método de Tukey a 5% de probabilidade.

**Figura 27.** Comportamento do diâmetro do caule ao longo do ciclo vegetativo do mamoeiro.

A área foliar das plantas de mamoeiro seguiu um comportamento semelhante para os tratamentos estudados até os 78 DAP (Figura 28). Na Tabela 22 são apresentadas as médias ao longo do ciclo vegetativo para as épocas de avaliação em que foi observada diferença significativa. O tratamento T2, semelhante ao que ocorreu com o diâmetro das plantas, foi o que obteve maior área foliar durante o ciclo avaliado, permanecendo à frente desde os 70 DAP até

os 198 DAP, sendo que após esse período os tratamentos T5 e T6, ambos irrigados por gotejamento, tiveram um aumento significativo na área foliar, ultrapassando o T2, o que pode ter ocorrido devido às chuvas que ocorreram, e ao caráter unidimensional da precipitação. O tratamento T1 apresentou desempenho inferior aos outros tratamentos durante o período avaliado, o que pode ser devido ao menor raio de alcance de seu emissor, e quando começou o período de chuvas não conseguiu ter a recuperação da área foliar. A partir dos 320 DAP, verifica-se uma queda para todos os tratamentos estudados, com exceção do tratamento T3, o que aconteceu devido ao período final do primeiro ciclo do mamoeiro, no qual ocorre o abortamento das folhas mais velhas. Em comparação com Coelho Filho e Coelho (2007), verifica-se que os mesmos encontraram valores superiores de área foliar para os 150 e 198 DAP, sendo que os autores verificaram queda na área foliar aos 324 DAP em função do aumento natural da umidade na região devido ao regime estacional das chuvas.

Tabela 22. Comparação dos valores médios de área foliar ao longo do período vegetativo do mamoeiro

Trat	Área foliar (m ²)								
	Dias após o plantio								
	51 DAP	93 DAP	107 DAP	135 DAP	155 DAP	272 DAP	320 DAP	350 DAP	
1	0,330 a	1,340 b	1,493 ab	1,713 ab	2,085 ab	4,245 b	5,729 b	5,109 b	
2	0,281 a	2,241 a	2,493 a	2,868 a	2,826 a	6,311 ab	7,362 ab	5,758 b	
3	0,259 a	1,231 b	1,564 ab	1,639 b	2,281 ab	5,808 ab	6,747 ab	7,792 ab	
4	0,300 a	1,223 b	1,380 b	1,482 b	1,845 ab	6,281 ab	7,479 ab	6,987 ab	
5	0,297 a	1,388 b	1,430 b	1,420 b	1,870 ab	7,702 a	8,895 a	8,031 ab	
6	0,255 a	1,194 b	1,579 ab	1,596 b	1,553 b	7,873 a	9,878 a	9,180 a	
CV(%)	20,37	20,90	26,37	28,15	26,18	20,38	17,90	19,17	

Valores seguidos da mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo método de Tukey a 5% de probabilidade.

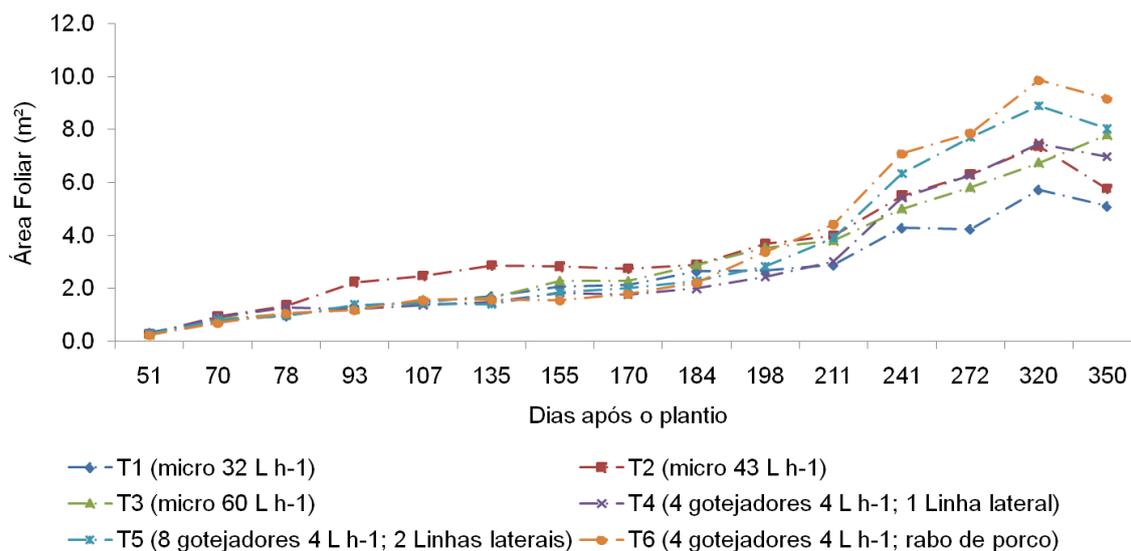


Figura 28. Área foliar em função dos tratamentos ao longo do ciclo vegetativo do mamoeiro.

A Figura 29 representa o comportamento da altura de plantas para os tratamentos avaliados, onde não se observa diferença entre as médias da variável para os tratamentos até os 93 DAP (Tabela 23). Aos 107 DAP as plantas apresentaram um comportamento diferenciado em sua altura, uma vez que os tratamentos que empregaram os sistemas de irrigação por microaspersão se destacaram, sendo que entre estes, o tratamento T2 obteve a maior altura de planta observada, seguido pelos tratamentos T1 e T3. Aos 155 DAP observa-se uma inversão nos tratamentos com maior altura de planta, verificando-se que o tratamento T6 foi o que apresentou as maiores médias de altura, seguidos em ordem decrescente pelos tratamentos T3, T2, T4, T5 e T1. Durante o período posterior a essa data, as plantas tiveram um crescimento em termos de altura muito similar, sendo observado novamente diferença estatística somente aos 350 DAP, variando a altura de 2,230 a 2,567m, sendo que o tratamento T6 foi o que obteve a maior altura de planta. Entre os demais tratamentos não foi observada diferença estatística nos seus valores médios. Valores semelhantes foram encontrados por Coelho Filho et al., (2007) que, comparando o crescimento médio das plantas do mamoeiro Sunrise Solo, utilizando tratamentos com gotejamento superficial junto à fileira de plantas, gotejamento superficial entre fileiras duplas, gotejamento enterrado junto à fileira de plantas, no centro de fileiras duplas de plantas e a microaspersão, não observaram diferenças significativas nos tratamentos estudados até os 324 dias após o plantio e verificaram diferenças

pequenas na altura das plantas, variando de 2,28 a 2,48 m, sendo que o tratamento com gotejo superficial junto a fileira de plantas e o tratamento com microaspersão proporcionaram as melhores elevações de altura.

Tabela 23. Comparação da altura de planta para os tratamentos estudados ao longo do período vegetativo do mamoeiro

Trat	Altura de planta (m)				
	Dias após o plantio				
	51 DAP	70 DAP	107 DAP	155 DAP	350 DAP
1	0,437 a	0,600 a	1,025 a	1,042 b	2,230 b
2	0,487 a	0,678 a	1,077 a	1,170 ab	2,460 ab
3	0,447 a	0,630 a	0,972 ab	1,170 ab	2,410 ab
4	0,447 a	0,638 a	0,927 ab	1,117 ab	2,280 ab
5	0,460 a	0,640 a	0,870 b	1,072 ab	2,360 ab
6	0,480 a	0,687 a	0,837 b	1,217 a	2,567 a
CV (%)	7,53	6,62	6,98	6,39	5,79

Valores seguidos da mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo método de Tukey a 5% de probabilidade.

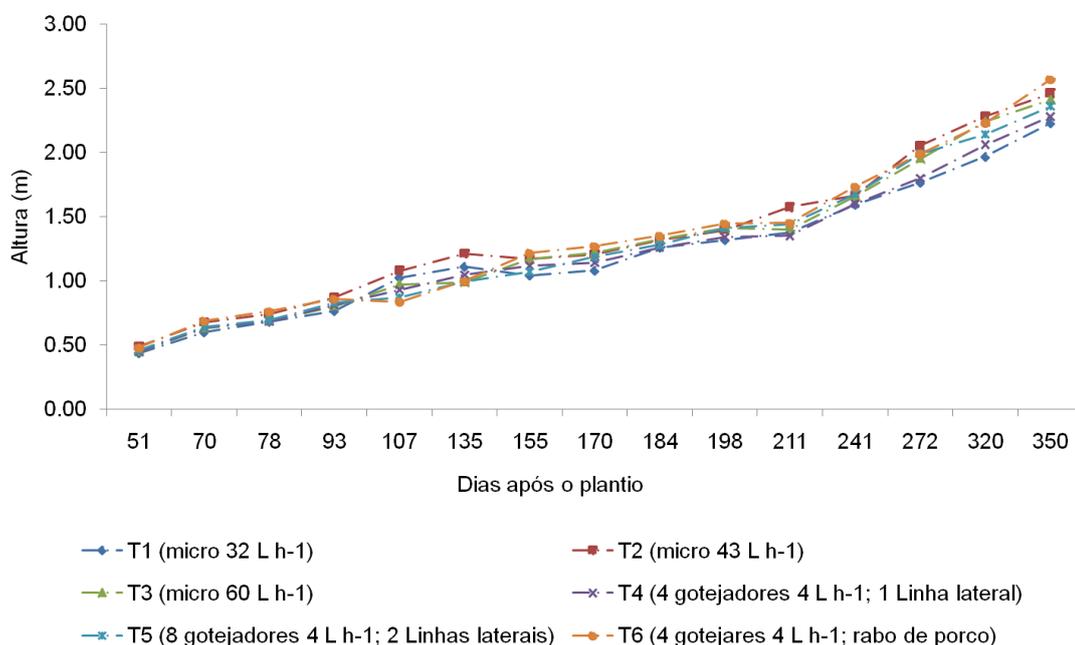


Figura 29. Altura de planta ao longo do ciclo da cultura do mamoeiro em função dos tratamentos propostos.

Os valores próximos no início da avaliação para as variáveis analisadas pode ser explicado através da distribuição de raízes para o período de 81 DAP, em que os valores de densidade média de comprimento de raízes referente aos perfis

avaliados encontram-se próximos entre os tratamentos analisados, sendo de 0,033275, 0,038992 e 0,029212 cm cm^{-3} , respectivamente para os tratamentos T3, T4 e T5.

O fato de os tratamentos com sistema de irrigação por microaspersão se destacarem, principalmente o T2, em todas as variáveis analisadas está relacionado ao maior raio de ação promovido pelos microaspersores e conseqüentemente maior área molhada por esse sistema. Ao analisar a distribuição de umidade do T2 (Figura 30), verifica-se haver uma melhor distribuição de umidade no solo, sendo que os maiores valores de umidade se encontram no entorno do microaspersor, estando acima dos valores de capacidade de campo ao longo de praticamente todo o perfil.

O melhor desempenho dos tratamentos T4 e T5 pode ser explicado devido ao fato de que nesses tratamentos a umidade após a irrigação nas distâncias e profundidades onde efetivamente se concentra o sistema radicular, mesmo sendo em valores menores que os encontrados para o tratamento T2, encontram-se de forma geral próximo a capacidade de campo nas regiões mais superficiais e acima da capacidade de campo nas camadas abaixo de 0,2 m de profundidade contribuindo para o fornecimento de água e nutrientes para as plantas até a próxima irrigação.

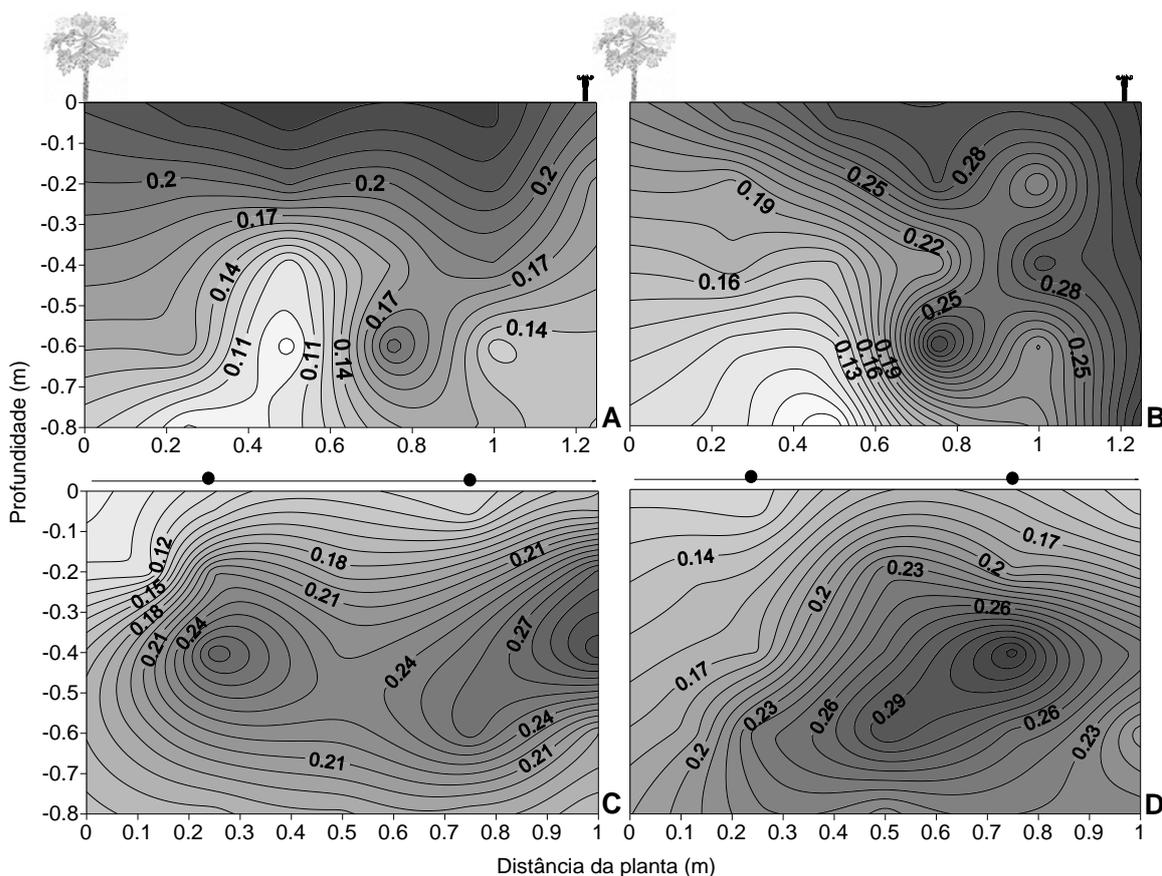


Figura 30. Distribuição de umidade nos perfis do solo seis horas após a irrigação para microaspersão (32 L h^{-1}) (A), microaspersão (43 L h^{-1}) (B), gotejamento com 4 gotejadores em uma linha lateral (C) e gotejamento com 8 gotejadores em duas linhas laterais (D).

A tabela 24 apresenta o esquema da análise de variância para a variável produtividade, peso de frutos e número de frutos, observando-se que as variáveis estudadas, com exceção do peso médio de frutos, sofreram diferença significativa de acordo com o sistema de irrigação utilizado e com a vazão empregada.

Tabela 24. Análise de variância para as variáveis produtividade, peso de frutos e números de frutos por planta.

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Produtividade		Peso de fruto		N° Frutos	
		Fc	Pr>Fc	Fc	Pr>Fc	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	9,54	0,0009	5,826	0,0076	8,066	0,0019
Tratamento	5	774,130	0,0000	2,761	0,0581	22,780	0,0000
Erro	15						
Total Corrigido	23						
CV (%)		5,95		9,48		11,93	
Média geral		47,31		0,6004		80829	

A maior produtividade média (Tabela 25) foi alcançada para o tratamento irrigado com sistema de microaspersão com vazão de 43 L h⁻¹ (T2), o qual proporcionou produtividade de 61,99 t ha⁻¹, seguido pelo tratamento com microaspersor de 60 L h⁻¹ (T3) e os tratamentos com sistema de gotejamento com duas linhas laterais com 8 gotejadores por planta (T5) e com uma linha lateral com 4 gotejadores por planta (T4), obtendo respectivamente, 53,38, 51,44 e 51,26 t ha⁻¹. Esses resultados mostram que o T2 possui um incremento médio de produtividade de 16,07% quando comparado ao T3, T5 e T4, e de 40,32 e 53,52% quando comparado ao T1 e T6, respectivamente.

Tabela 25. Valores de produtividade média (t ha⁻¹), peso médio de frutos (kg) e número de frutos ha⁻¹ para os tratamentos avaliados

Tratamento	Produtividade (t ha ⁻¹)	Peso médio de Frutos (kg)	Número de Frutos
1	36,9975 c	0,5750 a	65128 cd
2	61,9975 a	0,5575 a	112612 a
3	53,3825 b	0,6775 a	79398 bc
4	51,2600 b	0,5725 a	91423 ab
5	51,4400 b	0,5800 a	90091 b
6	28,8100 d	0,6400 a	46326 d
Cv (%)	5,95	9,48	11,93

Valores seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo método de Tukey a 5% de probabilidade.

As diferenças observadas refletem o comportamento das variáveis biométricas analisadas anteriormente, sendo que, durante quase todo o ciclo, o tratamento T2 foi superior para altura de planta, diâmetro de caule e área foliar. Marinho et al., (2008), trabalhando com lâminas e doses de potássio, observaram uma produtividade média em 11 meses e 21 dias de colheita de 79,4 t ha⁻¹ para a cultivar Golden, não havendo diferença significativa entre os valores obtidos em função dos tratamentos; entretanto, em valores absolutos, a maior produtividade ocorreu para a combinação da lâmina aplicada de 1.525 mm, com a dose de 42 g de K₂O por planta ao mês, de 96,4 t ha⁻¹. Oliveira e Caldas (2004) obtiveram, em 12 meses de colheita, produtividade máxima do mamoeiro Sunrise solo de 99,53 t ha⁻¹ para a adubação de 272, 136 e 272 g por planta de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Já Silva et al., (2001) obtiveram uma produtividade máxima do mamoeiro Sunrise solo, em seis meses de colheita, de 30,9 t ha⁻¹, quando a lâmina aplicada foi de 2.731 mm. Santos et al., (2008) iniciando a colheita aos 225 dias após o transplântio (DAT) com final aos 282 DAT obtiveram produtividade máxima para a cultivar Tainung N°1 de 42,722 t ha⁻¹ para a lâmina de irrigação de 150% da evapotranspiração do tanque classe A. Segundo os autores essa produtividade foi baixa devido ao fato de no período ter sido realizado apenas cinco colheitas.

A análise de variância não detectou efeito significativo no peso médio dos frutos para os tratamentos estudados (Tabela 25). Atenta-se ao fato de que o tratamento que obteve a maior média absoluta no peso dos frutos (0,6775 Kg por fruto), foi o irrigado por microaspersão com vazão de 60 L h⁻¹ (T3), seguido pelo tratamento com quatro gotejadores em rabo de porco (T6), o qual obteve produção de 0,6400 kg por fruto, sendo que esse mesmo tratamento foi o que obteve a menor produtividade total de frutos bem como o menor número de frutos (Tabela 8), o que pode ter favorecido a elevação do peso médio dos frutos. Os demais tratamentos obtiveram médias muito próximas, girando em torno de 0,5721 kg por fruto, observando-se dessa forma que não há uma relação direta entre a produtividade total e o peso médio de frutos.

O número total de frutos ha⁻¹ (Tabela 25) variou de forma significativa de acordo com o tratamento empregado. De forma semelhante ao que aconteceu com a produtividade, o tratamento que apresentou o maior número foi o T2. O tratamento T3 por sua vez, apesar de ter tido a segunda maior produtividade,

obteve apenas o quarto maior número de frutos, indicando dessa forma, que os frutos possuíam maior massa em relação aos dos outros tratamentos, o que é confirmado através da análise do peso médio de frutos. De modo geral, o tratamento irrigado por um microaspersor com vazão 43 L h^{-1} teve elevação no número de frutos de 42, 29, 19, 20 e 59% quando comparado com os tratamentos irrigados por um microaspersor com vazão de 32 L h^{-1} , um microaspersor de 60 L h^{-1} , quatro gotejadores em uma linha lateral, oito gotejadores em duas linhas laterais e quatro gotejadores em rabo de porco, respectivamente.

CONCLUSÕES

1. O tratamento que apresentou as maiores produtividades comerciais e número de frutos foi o irrigado por sistema de microaspersão com um emissor para quatro plantas de vazão 43 L h^{-1} ,
2. Os maiores valores encontrados em praticamente todo o período para as variáveis, altura de planta, diâmetro de caule e área foliar foram observados para o tratamento irrigado por microaspersão com vazão de 43 L h^{-1} .
3. Entre os tratamentos irrigados por gotejamento, observou-se comportamento semelhante na produtividade, entre os tratamentos com 4 gotejadores por planta em uma linha lateral e 8 gotejadores por planta em duas linhas laterais.
4. As maiores produtividades foram obtidas para os tratamentos com os maiores valores nas variáveis biométricas estudadas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. T. de; BERNARDO, S.; SOUSA, E. F. de; MARIN, S. L. D.; GRIPPA, S. Growth and yield of papaya under irrigation. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 3, p. 19-24, 2003.

ALVES, A. C. C.; SANTOS, E. L. Estimativa da área foliar do mamoeiro: método não destrutivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17; Belém 2002. Belém: SBF, 2002. 1 CD-Rom

AWADA, M. Soil moisture tension in relation to fruit types of papaya plants. **Hawaii Farm Science**, v.10, n.2, p.7-8, 1961.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; CRUZ, J. L. **Fundamentos e manejo da fertirrigação do mamoeiro**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura tropical, 28 p. 2008. (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical.Documentos169).

COELHO, E. F.; SANTOS, M. R.; COELHO FILHO, M. A. Distribuição de raízes de mamoeiro sob diferentes sistemas de irrigação localizados em latossolo de tabuleiros costeiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n.1, p. 175-178, 2005.

COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; CRUZ, J. L.; SOUZA, L. F.; OLIVEIRA, A. M. G.; SILVA, T. S. M. Marcha de absorção de macro e micronutrientes do mamoeiro Sunrise Solo. In: MARTINS, D. dos S.; COSTA, A. N.; COSTA, A. F. S. Papaya Brasil: Manejo, qualidade e mercado do mamão. Vitória: Incaper, 2007. p. 29-40.

COELHO FILHO, M. A.; CASTRO NETO, M. T.; COELHO, E. F. Transpiração máxima de plantas de mamão (*Carica Papaya* L.) em pomar fertirrigado, nas condições de Cruz das Almas BA. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 13, Juazeiro. **Anais**. Viçosa:ABID, 2003. (CD-ROM).

COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F. Desenvolvimento e produção do mamoeiro irrigado por diferentes sistemas de microirrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 4, p. 519-531, outubro-dezembro, 2007.

D'ANGIOLLELA, G. L. B.; CASTRO NETO, M. T.; COELHO, E. F. **Tendências climáticas para os Tabuleiros Costeiros da região de Cruz das Almas**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: UFLA, 1998. V. 1, p. 43-45.

ESPINDULA NETO, D. **Resposta do mamoeiro a diferentes lâminas de irrigação, sistemas de microirrigação e manejo do solo utilizados na região norte do Espírito Santo**. Viçosa, MG: UFV, 2007. 133p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ESPINDULA NETO, D.; SILVA, J. G. F. Manejo da água no mamoeiro. In: MARTINS, D. dos S.; COSTA, A. N.; COSTA, A. F. S. Papaya Brasil: Manejo, qualidade e mercado do mamão. Vitória: Incaper, 2007. p. 65-82.

FAO – Food and Agriculture Organization. Agricultural production. Disponível em: [http:// http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx](http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx). Acesso em: 21 de nov., 2010

FERERES, E. Papel de la fisiología vegetal en la microirrigación. Recomendaciones para el manejo mejorado. **Ponencia en IV Seminario Latinoamericano de Microirrigación**. Barquisimeto, Venezuela, 1981.(En prensa).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Agrícola Municipal**. Culturas Temporárias e Permanentes. 2009, v. 36. 90 p. Brasil.

MARIN, S. D. L.; GOMES, J. A.; SALGADO, J. S.; MARTINS, D. S.; FULLIN, E. A. **Recomendações para a cultura do mamoeiro dos grupo solo e formosa no Estado do Espírito Santo**. 4. ed. Vitória, ES: EMCAPA, 1995. 57 p. (EMCAPA, Circular Técnica, 3).

MARINHO, A. B.; BERNARDO, S.; SOUSA, E. F de.; PEREIRA, M. G.; MONNERAT, P. H. Produtividade e qualidade de frutos de mamão cultivar ‘Golden’ sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio no Norte de Espírito Santo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 417-426, jul./set. 2008.

MEDINA, J. C. Cultura. In: MEDINA, J. C.; BLEINROTH, E. W.; SIGRIST, J. M. M.; MARTIN, Z. J.; NISIDA, A. L. A. C.; BALDINI, V. L. S.; LEITE, R. S. S. F.; GARCIA, A. E. B. **Mamão**. 2. Ed. Campinas: ITAL, 1995. P. 1-78. (Séries Frutas Tropicais, 7).

OLIVEIRA, A. M. G.; SOUZA, L. F.; RAIJ, B. V.; MAGALHÃES, A. F. J. **Nutrição, calagem e adubação do mamoeiro irrigado**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular Técnica, 69).

OLIVEIRA, A. M. G.; CALDAS, R. C. Produção do mamoeiro em função de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n.1, p. 160-163, 2004.

OLIVEIRA, A. M. G.; FARIAS, A. R. N.; SANTOS FILHO, H. P.; OLIVEIRA, J. R. P.; DANTAS, J. L. L.; SANTOS, L. B dos; OLIVEIRA, M. de A.; SILVA, M. J.; ALMEIDA, O. A de; NICKEL, O.; MEDINA, V. M.; CORDEIRO, Z. J. M. **Mamão para exportação**: aspectos técnicos de produção. Brasília: EMBRAPA, SPI, 1994. 52 p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 9).

TRINDADE, A. V. **Mamão. Produção**: aspectos técnicos. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologias, 2000. 77 p. (Frutas do Brasil; 3).

SANCHES, N. F.; DANTAS, J. L. L. **O cultivo do mamão**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1999. 105 p. (Circular Técnica, 34).

SANTOS, F. S. S dos.; VIANA, T. V. A.; AZEVEDO, B. M de., OLIVEIRA, C. W.; SOUSA, A. E. C. Efeito de diferentes lâminas de irrigação na cultura do mamão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 673-680, out./dez. 2008.

SILVA, J. G. F., FERREIRA, P. A., COSTA, L. C., MELENDES, R. R. V., CECOM, P. R. Efeitos de diferentes lâminas e frequências de irrigação sobre a produtividade do mamoeiro (*Carica papaya* L.). **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 597-601, dez., 2001.

SILVA, T. S. M.; COELHO, E. F.; PAZ, V. P da S.; COELHO FILHO, M. A.; SOUZA, E. A. **Efeito da interação entre N, K₂O e irrigação na produtividade do mamoeiro no primeiro ano nas condições do Recôncavo Baiano**. Cruz das Almas: Universidade Federal da Bahia, 2003. 4 p.

SIMÃO, S., **Tratado de Fruticultura**. Piracicaba: FEALQ, 1998. 760 p.

SOUZA, L. da S.; SOUZA, L. D. Caracterização físico-hídrica de solos da área do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas, Bahia. **Boletim de Pesquisa**: EMBRAPA/CNPMPF, n. 20., 56 p., Cruz das Almas, 2001

VIEGAS, P. R. A. **Características químicas e físicas do mamão (*Carica papaya* L.) cultivares Sunrise Solo e Formosa relacionados ao ponto de colheita**. Viçosa, MG: UFV, 1991. 82 f. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conhecer o melhor sistema de irrigação para a cultura do mamoeiro é de interesse para o produtor no que tange a otimização da produção bem como do uso eficiente dos recursos hídricos.

O sistema de irrigação por microaspersão nos quais foram utilizadas maiores vazões apresentou melhor desempenho em termos de produtividade quando comparado com a irrigação por gotejamento.

O sistema de irrigação por gotejamento com quatro gotejadores por planta em uma linha lateral não demonstrou diferença na produtividade quando comparado ao mesmo sistema com oito gotejadores por planta em duas linhas laterais por fileira de plantas, sendo assim, não se recomenda o uso deste último para irrigação do mamoeiro em condições semelhantes ao do presente trabalho (regiões subúmidas), visto que, os custos de instalação do sistema são maiores.

O sistema de irrigação por gotejamento em rabo de porco não se mostrou eficiente neste trabalho, porém a necessidade de explorar mais os estudos com esse sistema, variando o raio do mesmo em relação à planta.

Através do conhecimento da distribuição do sistema radicular e das posições de maior extração de água no perfil do solo, foi possível determinar os possíveis posicionamentos dos sensores para medidas de umidade do solo.

Através dos estudos realizados, sugere-se que sejam realizadas novas pesquisas com cultivares de mamoeiro utilizando com base nas informações obtidas, outras configurações de sistemas de irrigação localizada, a fim de verificar qual a configuração mais adequada.