

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PRODUTIVIDADE, QUALIDADE DO FRUTO E
DESENVOLVIMENTO RADICULAR DO ABACAXIZEIRO
IRRIGADO POR GOTEJAMENTO**

Elcides Rodrigues da Silva
Engenheiro Agrônomo

2014

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PRODUTIVIDADE, QUALIDADE DO FRUTO E
DESENVOLVIMENTO RADICULAR DO ABACAXIZEIRO
IRRIGADO POR GOTEJAMENTO**

**Elcides Rodrigues da Silva
Orientador: Prof. Dr. José Renato Zanini**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Ciência do Solo).

2014

S586p Silva, Elcides Rodrigues
Produtividade, qualidade do fruto e desenvolvimento
radicular do abacaxizeiro irrigado por gotejamento /
Elcides Rodrigues da Silva. -- Jaboticabal, 2014
xix, 77 p. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014
Orientador: José Renato Zanini
Banca examinadora: Luiz Fabiano Palaretti, Antonio
Baldo Geraldo Martins, Olegário Pinheiro de Souza, José
Geanini Peres
Bibliografia

1. Irrigação subsuperficial 2. Área e comprimento de
raízes 3.SAFIRA® 1.1. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade
de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 634.774:631.674.6

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento
a Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP,
Câmpus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ELCIDES RODRIGUES SILVA - Nascido em 19 de novembro de 1982 na cidade de Recife - PE. Possui Graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (2007), Obteve o título de mestre em Agronomia (Produção Vegetal) em 2009, pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP – Jaboticabal – SP, como bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Doutor em Ciência do Solo pela mesma instituição, desenvolvendo pesquisa na área de hidráulica e irrigação. É professor da Faculdade Associadas de Uberaba (FAZU) desde 2010 no curso de Agronomia ministrando as disciplinas: Hidráulica, Climatologia e Hidrologia, professor adjunto do Centro Universitário Patos de Minas (UNIPAM) desde 2011 nos cursos de Agronomia, Engenharia Ambiental, Civil, Química, Produção e na Pós-graduação Manejo da Fertilidade do Solo no Cerrado e Gestão e Educação Ambiental ministrando as disciplinas: Hidráulica, Climatologia, Hidrologia, Mecânica dos Fluidos, Fenômenos dos transportes, Relação solo-água-planta-atmosfera e Gestão de bacias hidrográficas. Coordenador do curso de Pós-graduação em Irrigação e Recursos Hídricos da Universidade de Uberaba (UNIUBE). É também Sócio-proprietário da Expert Soluções Especializadas em Engenharia, atuando como consultor.

*À DEUS, que guiou meus passos para a conquista de mais esta etapa.
A minha mãe, Maria Socorro, pela dedicação, dignidade e ensinamentos.*

OFEREÇO

*Ao amigo Eduardo Luís Campos Souza e meu pai Severino Rodrigues
da Silva (In Memoriam)*

DEDICO

"Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá."

Ayrton Senna

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por precipitar sobre minha mente gramas de sabedoria para tentar descrever o silencioso caminho da água na relação solo-planta-atmosfera, buscando-se obter elevadas produtividades com o uso racional dos recursos hídricos.

À minha mãe obrigado pelo amor incondicional por minha vida e esforço imensurável para moldar meu caráter e me educar;

Ao Professor Dr. José Renato Zanini, pela orientação, atenção, amizade e disponibilidade ao longo desses anos;

Ao amigo Olegário Pinheiro de Souza e Maria Amélia da Silva Campos Souza pelas palavras de apoio, incentivo e acolhimento fraterno em sua residência em Uberaba-MG no início da minha carreira acadêmica como Professor;

Em memória do amigo Eduardo Luís Campos Souza que além de fazer parte de nossas vidas tem significativa participação nos resultados desta tese;

À Priscila Innocêncio por tornar os meus dias mais felizes “seu sorriso são como os ipês que florescem em setembro”;

Aos meus amigos inesquecíveis de Recife Amanda Marília, Fábio Rafael, Fabiana Maranhão, Pierriza Diniz, Romero Azevedo, Rodrigo Ferreira, Oscar Mendes;

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural da FCAV/UNESP – Jaboticabal;

Aos amigos queridos da UFRPE: Albert Einstein, Adriana Figueiredo, Aroldo Campos, Alexandre Campelo, Amaro Epifanio, Bruno Toríbio, Cleivton Lima, Fábio Lima, Juliana Pereira, Juarez de Paula, Paulo Segundo, Renato Heráclito, Thiciano Leão, Marcos Henrique, Marcelo Alexandre, Túlio Toscano, Ulisses Araújo;

Aos Professores do IFTM - Uberaba, Dr. Antonio Carlos Barreto, Dr. Márcio José de Santana, Dr. Othon Carlos da Cruz, Dra. Maria Amélia da Silva Campos Souza e Dr. Olegário Pinheiro de Souza, pelo apoio e sugestões apresentadas;

Ao Engenheiro Agrônomo Mauro Ferreira Machado e aos servidores Paulo Roberto Rodrigues Aveiro, Marconi de Paula Salgado, Francisco Fransui Andrade Duarte, Silvério Nepomuceno de Lima, Pedro Martins, Sr. Raimundo Francisco, Srs. Lourival e Célio que diretamente, contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos;

Ao grande amigo Paulo Eduardo Silva Martins, pela amizade e caminhada ao longo desses anos.

Aos amigos que ganhei ao longo destes anos, em especial ao Anderson Silva, Anildo Caldas, Felipe Batistella Filho, Flavio Batistella, Thiago Sylvestre, Alex Moretini, Luiz Henrique, Juan Lopes, Gustavo Claudiano, João Alencar, e tantos outros.

À Marta Pontes e Moacir Pontes pelo acolhimento especial nos primeiros momentos de minha chegada em Patos de Minas - MG.

Aos companheiros de trabalho do Centro Universitário Patos de Minas - MG – UNIPAM: Adalberto Vieira, Carlos Henrique, Daniel Oliveira, Elisa Queiroz, Evandro Binotto, Fernando Dias, Flavio de Paula, Gustavo Rodrigues, Humberto Ritt, Juliana Queiroz, Marcelo Ferreira, Regina Célia, Rogério Borges, Ronan Souza, Tiago Santos, Vinícius Machado e Walter Vieira, trabalhar ao lado de vocês é muito bom e divertido.

A todos aqueles que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
SUMMARY.....	ii
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1 Introdução.....	1
2 Revisão de Literatura.....	3
2.1 Aspectos gerais da cultura do abacaxizeiro.....	3
2.2 Necessidades hídricas do abacaxizeiro.....	7
2.3 Sistema Radicular do Abacaxizeiro.....	9
2.4 Irrigação Localizada.....	13
2.4.1 Gotejamento Superficial.....	15
2.4.2 Gotejamento Subsuperficial.....	17
2.5 Referências.....	22
CAPÍTULO 2 – PRODUTIVIDADE E DESENVOLVIMENTO RADICULAR DO ABACAXIZEIRO CV. SMOOTH CAYENNE IRRIGADO POR GOTEJAMENTO SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL.....	32
2.1 Introdução.....	33
2.2 Material e Métodos.....	35
2.3 Resultados e Discussão	40
2.4 Conclusões	46
2.5 Referências	46
CAPÍTULO 3 – QUALIDADE DO FRUTO E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA DO ABACAXIZEIRO CV. SMOOTH CAYENNE IRRIGADO POR GOTEJAMENTO SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL.....	51
3.1 Introdução	52
3.2 Material e Métodos	53
3.3 Resultados e Discussão.....	59
3.4 Conclusões	68
3.5 Referências	68

PRODUTIVIDADE, QUALIDADE DO FRUTO E DESENVOLVIMENTO RADICULAR DO ABACAXIZEIRO IRRIGADO POR GOTEJAMENTO

RESUMO – Analisou-se a produtividade, distribuição do sistema radicular, qualidade do fruto e eficiência do uso da água do abacaxizeiro cv. Smooth Cayenne. O experimento foi realizado no Instituto Federal do Triângulo Mineiro, campus Uberaba, MG, constituído por cinco lâminas de irrigação (25, 50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração da cultura) e duas posições do tubogotejador: superficial e subsuperficial (10 cm de profundidade). Utilizou-se o método da trincheira para a quantificação das raízes por meio de imagens digitais com o programa SAFIRA® 1.1. Avaliaram-se as variáveis massa média de fruto, com e sem coroa (PMCC, PMSC), diâmetro médio do fruto, pedúnculo e caule (DMF, DMP e DMC), resistência do fruto com casca (RFCC) e sem casca (RFSC), rendimento de suco (RS), sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT), *ratio* e eficiência do uso de água (EUA). O tratamento irrigado por gotejamento superficial apresenta produtividade 6,13 t ha⁻¹ maior que o tratamento subsuperficial e promove área e comprimento de raízes com 53 e 54% maiores em relação, ao gotejamento subsuperficial, respectivamente. Com relação à profundidade, as raízes apresentaram maior área e comprimento na camada de 0 a 10 cm, com valores de 49 e 52% maiores que os obtidos na camada de 10 a 20 cm. Para a massa média do fruto, com e sem coroa, verifica-se que não houve diferença significativa entre as lâminas de irrigação aplicadas, porém, quanto à posição de instalação do tubogotejador a irrigação por gotejamento superficial apresentou diferença significativa obtendo massa média de fruto, com e sem coroa maior que o tratamento subsuperficial. As lâminas de reposição da evapotranspiração e posição do tubogotejador não influenciaram o DMF, DMP, DMC, RFCC, RFSC, RS, SS, pH, AT e *ratio*. A lâmina de reposição de 25% da evapotranspiração da cultura proporcionou maior eficiência do uso da água para produção de abacaxi.

Palavras-chave: *Ananas comosus*, irrigação subsuperficial, SAFIRA® 1.1, área e comprimento de raízes.

YIELD, ROOT GROWTH AND FRUIT QUALITY OF PINEAPPLE IN DRIP IRRIGATION

ABSTRACT - This research aimed to analyze productivity, root distribution, fruit quality and water use efficiency of the pineapple cv. Smooth Cayenne. The experiment was conducted at the Instituto Federal do Triângulo Mineiro, campus of Uberaba, city, MG state Brazil, consisting of five irrigation (25, 50, 75, 100 and 125% of crop evapotranspiration) and two positions of drips: surface and subsurface (10 cm depth). It was used the trench method for quantification of the root system by digital images with the SAFIRA[®] 1.1 software. It was evaluated the following parameters: average fruit weight with and without crown (AFWWC, AFWOC), average fruit, stalk and stem diameter (AFD, AAD and AED), fruit resistance with and without shell (FRWC, FROC), juice yield (JY), total soluble solids (TSS), pH, total titratable acidity (TTA), *ratio* (TSS / TTA) and water use efficiency (WUE). The surface drip irrigated productivity features 6.13 t ha⁻¹ higher than the subsurface drip and promotes area and root length with 53 and 54% higher than the subsurface, respectively. As to the roots depth showed larger area and length at the 0 to 10 cm layer, with values 49 and 52% higher than those obtained in the 10 to 20 cm layer. As to the average fruit weight with and without crown, there is no significant difference between irrigation depths applied, however, the surface drip line irrigation showed significant difference obtained with average fruit weight higher than the subsurface drip. The depth and the position of the drip line don't influenced AFD, AAD, AED, FRWC, FROC, JY, TSS, pH, TTA, SST / ATT. The depth replacement of 25% of crop evapotranspiration provided greater efficiency of water use for pineapple production.

Keywords: *Ananas comosus*, subsurface drip, SAFIRA[®] 1.1, roots length and surface.

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1. Introdução

O abacaxizeiro [*Ananas comosus* (L.) Merrill] é uma autêntica fruta das regiões tropicais e subtropicais, originária da América do Sul e uma das frutíferas mais cultivadas no Brasil. Pertencente à família Bromeliaceae, o abacaxizeiro é uma planta com metabolismo ácido das Crassuláceas (CAM), sendo uma estratégia de sobrevivência à seca e não necessariamente para alta produtividade. Por outro lado, em consequência da irrigação, ocorre uma resposta expressiva na produção de matéria seca (LÜTTGE, 2010).

A participação do Brasil no mercado de frutas tropicais vem aumentando significativamente, apresentando crescimento contínuo, tornando o Brasil o terceiro produtor mundial, atrás apenas da China e da Índia que, juntos, respondem por 43,6% do total mundial. No mundo, os principais países produtores de abacaxi são a Tailândia, respondendo por 12,29% do total produzido em 2011, Brasil 10,8% e Costa Rica 10,4%. No Brasil, os maiores estados produtores foram a Paraíba, Pará e Minas Gerais, com 17,52; 17,16 e 14,50% da produção em 2011 (FAO, 2013).

A produção de abacaxi, tanto para o Brasil, quanto para Minas Gerais, é muito importante, pois abastece o mercado interno e externo, gerando economia principalmente para o agricultor familiar. Em 2011, Minas Gerais contou com área de aproximadamente 7.810 ha colhidos com abacaxi, com produção estimada de 228.703 mil frutos e rendimento de 29.283 frutos ha⁻¹. Nesse estado, a produção se concentra na região do Triângulo, que responde por mais de 90% da produção, com sistema de sequeiro e irrigado (IBGE, 2011).

Contudo, tem-se observado que a expansão da cultura do abacaxizeiro, na maioria das áreas produtoras, ocorre no período seco, ocasionando déficit hídrico e no Brasil, tanto em regiões tradicionalmente produtoras como em novas áreas de plantio, vem gerando crescentes demandas por novas tecnologias, entre as quais a irrigação torna-se primordial para possibilitar a elevação da produtividade e melhorar a qualidade dos frutos.

A utilização da irrigação passou a ser frequente em abacaxizeiros, pois, além de atender às necessidades das plantas, durante as fases críticas da cultura que, concentram-se no período do crescimento vegetativo e floração, quando o déficit hídrico pode afetar o peso dos frutos e sua qualidade e, conseqüentemente, a produção.

Devido a essas características, a irrigação possibilita dirigir a produção para períodos de entressafra, com preços mais favoráveis dos frutos tornando mais uniforme a oferta de abacaxi ao longo do ano, facilitando a conquista e manutenção de novos mercados do produto. Para as regiões semiáridas e as de cerrado, em que há maior irregularidade na distribuição das chuvas e diminuição da disponibilidade de água nas nascentes, rios e represas no período seco, o cultivo do abacaxi irrigado sob gotejamento pode ser uma alternativa para projetos agroindustriais por proporcionar maior economia de água.

Diante do crescente aumento da escassez de água que já é notada em várias regiões do Brasil e do mundo, faz-se necessário levar em consideração a eficiência com a qual as plantas utilizarão esse recurso, tanto quanto a definição da quantidade de água a ser aplicada, quanto ao manejo correto adotado.

A carência de informações sobre o comportamento do abacaxizeiro irrigado nas condições edafoclimáticas, no Brasil e no mundo, evidencia a necessidade de intensificar as pesquisas sobre a cultura. Faltam informações e pesquisas em diversos temas que abordam relação água-solo-planta em determinados locais, devendo ser realizados trabalhos para estudar a quantidade de água a ser aplicada de acordo com cada cultivar e solo, resposta da cultura ao déficit e ao excesso de água e distribuição do sistema radicular sob diferentes lâminas irrigação e posição superficial e subsuperficial das linhas de gotejadores. Esses estudos, preferencialmente, deverão estar ligados à realidade do produtor.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade, distribuição do sistema radicular do abacaxizeiro, cv. Smooth Cayenne, sob níveis de irrigação e posição de instalação das linhas de gotejadores, qualidade do fruto e eficiência do uso da água.

2. Revisão de Literatura

2.1. Aspectos gerais da cultura do abacaxizeiro

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* (L.) Merrill) é originário da América do Sul, provavelmente das regiões Sul e Sudeste do Brasil, Argentina e Uruguai. (MELO et al., 2006). O Brasil é um dos grandes e tradicionais produtores de abacaxi no mundo, sendo a cultura explorada economicamente na maioria dos estados brasileiros, contribuindo na geração de renda e emprego.

Atualmente, a cultura do abacaxizeiro se estende por todas as regiões intertropicais quentes e úmidas, particularmente onde a altitude é baixa, ao longo das planícies costeiras dos oceanos, cujo clima é regularmente mais favorável do que o interior dos continentes.

A cultura é explorada no Brasil há muitas décadas, de forma predominante em pequenas propriedades, com áreas médias inferiores a cinco hectares, onde se emprega mão de obra familiar e, na maioria das vezes, recursos próprios para implantação e manutenção da lavoura. O agronegócio de abacaxi cresce de modo expressivo, transformando-se no principal sustentáculo econômico de várias regiões onde é cultivado (CUNHA et al., 2005).

O abacaxizeiro é uma planta herbácea, semi-perene, pertencente à família Bromeliaceae, que apresenta aproximadamente 2.700 espécies, herbáceas, epífitas ou terrestres, distribuídas em 56 gêneros, originárias das Américas (BEGOZI et al., 2000). É muito importante economicamente, existindo várias espécies ornamentais que compõem essa família, enquanto outras são também utilizadas como matéria-prima em tecidos, fibras, fibras para confecção de cordas, linha de pesca, rede de pesca e outros artigos similares (LEAL, 1995).

O ciclo médio do abacaxizeiro pode variar de 14 a 21 meses em condições climáticas favoráveis e tecnologia empregada, podendo alongar até 36 meses em condições inaptas (SILVA, 2001). Segundo Ponciano et al. (2006), o ciclo do abacaxizeiro é dividido em três fases: a primeira, fase vegetativa ou de crescimento vegetativo (folhas), vai do plantio ao dia do tratamento da indução floral (TIF) ou da

iniciação floral natural. Se após o plantio as condições para o crescimento forem favoráveis, inicia-se o crescimento de raízes seguido do aparecimento de novas folhas. Entre o plantio e a iniciação da inflorescência, o crescimento ocorre nas raízes, no caule e no meristema foliar. A segunda, fase reprodutiva ou de formação do fruto, tem duração bastante estável para cada região, sendo de cinco a seis meses; a terceira fase do ciclo é denominada propagativa ou de formação das mudas que tem início ainda durante a fase reprodutiva, mas que se segue à colheita do fruto, abrangendo o desenvolvimento e a colheita da muda.

As folhas do abacaxizeiro, 70 a 80 por planta, são rígidas, cerosas na superfície e protegidas por uma camada de pelos (os tricomas), encontrados na superfície inferior, que auxiliam na redução da transpiração (CUNHA; CABRAL; SOUZA, 1999). As folhas são inseridas no caule e dispostas em forma de roseta, onde as folhas mais velhas localizam-se na parte externa da planta e as mais novas, no centro (MANICA, 1999).

O fruto é normalmente cilíndrico ou ligeiramente cônico, constituído por 100 a 200 pequenas bagas ou frutinhos fundidos entre si sobre o eixo central ou coração, em que cada “olho” ou “escama” da casca do abacaxi é um fruto verdadeiro que cresceu a partir de uma flor, e estes se fundem em um grande corpo, chamado infrutescência, no topo do qual se forma a coroa (SILVA e TASSARA, 2001). A polpa apresenta cor branca, amarela ou laranja-avermelhada, sendo 1 kg o peso médio, dos quais 25% são representados pela coroa (Giacomelli e Py, 1981), que é um tufo de folhas localizadas no ápice dos frutos. Os rebentos ou mudas desenvolvem-se a partir de gemas axilares localizadas no caule (rebentões) e no pedúnculo (filhotes). Os plantios de abacaxizeiros são feitos com mudas de vários tipos, tais como coroa (brotação do fruto), filhotes, filhotes-rebentões e rebentão. Cada tipo possui características vantajosas ou não, que devem ser consideradas na escolha e manejo do material de plantio (GIACOMELLI e PY, 1981).

O abacaxizeiro apresenta melhor crescimento e qualidade do fruto na faixa de temperatura de 22 a 32 °C, com amplitude térmica, entre o dia e a noite, variando de 8 a 14 °C. Desenvolve-se melhor em regiões com alta incidência de radiação solar, sendo a faixa ótima de 2500 a 3000 horas de sol ano⁻¹ (CUNHA; CABRAL; SOUZA, 1999; REINHARDT, 2002).

O abacaxizeiro cresce em ampla faixa de solos, mas prefere os solos de textura média (15% a 35% de argila e mais de 15% de areia), que não apresentam problemas de encharcamento e sem impedimento a uma livre drenagem do excesso de água e os solos de textura arenosa (até 15% de argila e mais de 70% de areia), requerendo quase sempre a incorporação de resíduos vegetais e adubos orgânicos, que melhorem as suas capacidades de retenção de água e de fornecimento de nutrientes são os mais indicados para essa cultura (REINHARDT et al., 2000). Em trabalho conduzido com a cultivar Smooth Cayenne, foi observado que ela é bastante tolerável ao alumínio trocável presente no solo e bem adaptado à faixa de pH entre 4,2 e 7,1, preferindo uma faixa entre 5,0 e 6,0 (SOUZA et al., 1986).

Os solos para a cultura do abacaxizeiro devem ser de textura média ou arenosa, com boas condições de aeração e de drenagem, por favorecer o desenvolvimento do sistema radicular da planta, normalmente frágil e concentrado nos primeiros 15 a 20 cm do solo. As condições de má drenagem favorecem o apodrecimento de raízes, pois a planta é muito sensível ao encharcamento do solo prejudicando crescimento, produção e acarretando morte de plantas (REINHARDT et al., 2000).

A planta apresenta metabolismo ácido das crassuláceas (CAM), estratégia de sobrevivência de vegetais adaptados ao déficit hídrico. No entanto, maiores rendimentos e qualidade de frutos são obtidos, com precipitações anuais entre 1.000 a 1.500 mm anuais bem distribuídos, tolerando, no entanto, precipitações anuais de 600 até 2.500 mm. Em regiões que apresentam períodos secos prolongados, a prática da irrigação é indispensável (REINHARDT, 2002). Em regiões com pluviosidade média abaixo de 500 mm Neild e Boshell (1976) recomendam o cultivo com irrigação principalmente para as condições semiáridas de Minas Gerais, a fim de, promover retorno financeiro para o produtor rural, permitindo desenvolvimento regional e melhoria da qualidade de vida na região.

Por ser uma planta CAM embora se desenvolva com a via C3, sob estímulos de déficit hídrico, salinidade, fotoperíodo ou termoperíodo passa a apresentar metabolismo CAM (PIMENTEL, 1998). Este se caracteriza pelo fechamento dos estômatos durante o dia, impedindo a transpiração, a captação do CO₂ e do ar atmosférico. Dessa forma, o CO₂ e o ar atmosférico são absorvidos durante a noite,

sendo que o CO₂ é armazenado na forma de ácido málico nos vacúolos e em seguida, descarboxilado liberando CO₂ para então ser transformado em carboidrato através do ciclo de Belson-Calvin (TAIZ e ZEIGER, 2008). Porém, se houver água disponível no solo, o abacaxizeiro funcionará através do metabolismo C3 realizando tanto a captação do CO₂, quanto a fotossíntese durante o dia. Segundo esses mesmos autores, o metabolismo CAM não permite grande acúmulo de matéria seca, por ser a única via fotossintética que confere adaptação à seca possuindo alta eficiência do uso da água. Pimentel (1998) afirma que plantas com metabolismo CAM facultativo podem atingir grande produtividade quando passam ao metabolismo C3, acumulando aproximadamente 16 μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹ de matéria seca. Todavia, quando em metabolismo CAM, devido a algum estresse ambiental, acumulam pouca matéria seca, tendo sua absorção máxima de CO₂ em 7,6 μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹.

Dentre as cultivares de abacaxi, as mais plantadas no mundo são: Gold, Smooth Cayenne, Singapore Spanish, Queen, Spañola Roja, e Perolera. No Brasil as cultivares de abacaxi de maior importância econômica mais plantadas é a Pérola que possui plantas vigorosas, folhas com espinhos nos bordos e produzem de 5 a 15 mudas tipo filhote. O fruto tem forma cônica, casca verde ou amarelada quando completamente maduro, polpa branca e sabor agradável (ALMEIDA e OLIVEIRA, 2001) e a cultivar Smooth Cayenne que possui folhas sem espinhos, facilitando o manejo da cultura, fruto tem forma cilíndrica, com casca de cor amarelo-alaranjada na maturação, polpa amarela, rica em açúcares e acidez, maior do que o fruto da cv. Pérola. É adequada para industrialização, principalmente para a fabricação de compotas, e para exportação como fruta fresca (REINHARDT; CUNHA; MENEGUCCI, 2001). Para a industrialização, os melhores frutos são aqueles com peso em torno de 1,8 a 2 kg (RUGIERO, 1982), ao passo que para a exportação de frutos frescos, se busca o mais elevado rendimento de frutos médios de 1,3 a 1,5 kg, com coroa pequena e que naturalmente chegue à sua completa maturação um pouco antes da temporada de maior demanda e Abreu et al. (1998) consideram o peso ideal para exportação ao natural entre 1,5 a 2 kg.

2.2. Necessidades hídricas do abacaxizeiro

Quando se fala em sistema de produção irrigado, não se deve esquecer o principal fator que é a água. Este recurso é cada vez mais escasso e limitado, tanto em quantidade quanto em qualidade e utilizar equipamentos e métodos de irrigação mais eficiente para suprir necessidade hídrica das plantas, mesmo que falte chuva, o risco de quebra de safra é minimizado, com maior garantia de produção.

O abacaxizeiro é uma planta que possui alguns mecanismos fisiológicos e morfológicos que reduzem suas necessidades hídricas, conferindo-lhe alta eficiência no uso da água, destacando-se entre eles, além do metabolismo CAM, a capacidade de armazenar água no tecido da hipoderme foliar; a capacidade de coletar água da precipitação pluvial, pois as folhas possuem formato de calha, e toda a água que cai na área de projeção das mesmas, seja por chuva, orvalho ou irrigação, é conduzida até as raízes da planta; a baixa taxa de transpiração, devido os estômatos situados no lado inferior das folhas estarem protegidos por pelos (tricomas) de cor prateada, que refletem a luz solar e minimizam as perdas de água (CARVALHO, 1998).

As fases críticas para a cultura concentram-se no período do crescimento vegetativo e floração, quando o déficit hídrico pode afetar o peso dos frutos e sua qualidade e conseqüentemente a produção (SOUZA et al., 2009). O uso da irrigação também possibilita plantios adensados do abacaxizeiro, que é um dos fatores de produção mais importantes desta cultura e tem como consequência positiva o aumento da produtividade e da rentabilidade (BENGOZI et al., 2007). Além disso, ela possibilita a produção de frutos com melhor padrão e qualidade, permitindo a disponibilização no mercado durante período de entressafra e a exploração de uma segunda safra, o que aumenta em até 30% a produtividade (SOUZA et al., 2007).

O abacaxizeiro necessita de 1000 a 1500 mm ano⁻¹ de chuvas bem distribuídas. Se ocorrerem três meses consecutivos com índices pluviométricos inferiores a 15 mm, ou quatro meses inferiores a 40 mm, deve-se fazer uma suplementação via água de irrigação. Dessa forma, o uso da irrigação pode tornar a oferta de abacaxi mais uniforme ao longo do ano, o que é fundamental para a conquista e a manutenção de novos mercados do produto. Um período de deficiência de água, durante a fase de

desenvolvimento do fruto, pode afetar seriamente o peso do fruto, podendo diminuir em até 750 g na cv Smooth Cayenne. (ALMEIDA e OLIVEIRA, 2001).

Nas áreas de maior concentração de produção de abacaxi no Triângulo Mineiro, a estação chuvosa concentra-se de outubro a março. Entretanto, ocorre período seco de abril a setembro, o que leva as lavouras de sequeiro a apresentarem baixo rendimento e frutos de qualidade inferior. As fases críticas para a cultura se concentram no período vegetativo e reprodutivo, e o déficit hídrico pode afetar a produção, reduzindo o peso do fruto e produtividade (CARVALHO et al., 2005).

Aplicação de maiores lâminas de irrigação permite distribuição mais equitativa da colheita (ALMEIDA et al., 2002). Boa distribuição de água, ao longo do ciclo da cultura, é imprescindível para satisfazer as exigências do abacaxizeiro de modo a permitir produções econômicas. Coelho et al. (2000) relatam a “importância do suprimento adequado de água, para o crescimento e desenvolvimento dessa cultura, com reflexo positivo na produção, tanto qualitativamente como quantitativamente”. Nesse sentido, torna-se necessário mensurar a quantidade de água que promoverá o máximo crescimento e rendimento do abacaxizeiro.

Souto et al. (1998) e Almeida et al. (1999), em trabalhos realizados, respectivamente, com as cultivares Pérola e Smooth Cayenne em Jaíba, MG, verificaram que a parcela irrigada com cerca de 780 mm durante o ano, mas recebendo lâminas de água menores que 15 mm durante 6 meses, não produziu ou os frutos produzidos não tinham nenhum valor comercial. Numa outra parcela, que recebeu 980 mm de água, porém com ocorrência de cinco meses com lâminas menores que 40 mm, a produção foi, para as cultivares Pérola e Smooth Cayenne, respectivamente, 133% e 106% menor que as parcelas que não tiveram problemas de déficit hídrico.

Melo et al. (2006), no município de São Cristóvão-SE, com o abacaxizeiro cultivar Pérola, estudando quatro tratamentos (lâminas de água): 100%; 75%; 50% e 0% da evaporação do tanque Classe A, concluíram que a irrigação contribui de forma positiva no desenvolvimento vegetativo e no rendimento do fruto do abacaxizeiro. O comprimento máximo da folha D do abacaxizeiro de 88,9 cm foi constatado na lâmina de irrigação de 523,7 mm ano⁻¹. A lâmina de irrigação de 356,4 mm ano⁻¹ promoveu massa média do fruto de 1,7 kg.

Almeida et al. (1999), Almeida (2001) e Almeida et al. (2003) verificaram, respectivamente, na área “F” do Projeto Jaíba, MG e em Cruz das Almas, BA, área de tabuleiros costeiros que a massa da folha “D” verde e seca foram influenciados pelo aumento das lâminas de irrigação.

Na região do Triângulo Mineiro com o uso da irrigação observou-se produção de abacaxi de 61,5 t ha⁻¹, superior às quantidades registradas na literatura para a região em áreas de sequeiro (30,0 a 35,0 t ha⁻¹) (GRANADA et al., 2004). Ainda na mesma região alguns estudos têm relacionado o uso da irrigação com respostas positivas na qualidade do fruto e na produtividade do abacaxi (Souza et al. 2009; 2010; 2011) e em outras regiões produtoras do país (Santana et al. (2001); Almeida et al. (2002); Thé et al. (2003); Carvalho et al. (2005); Melo et al. (2006); Bengozi et al. (2007), a irrigação durante a fase de frutificação proporcionou plantas maiores e mais nutridas, o que resultou em ganhos expressivos na produtividade e rendimento da cultura, contudo, ainda existe carência de informações em diversos temas relacionados à relação água-solo-planta em determinados locais.

2.3. Sistema radicular do abacaxizeiro

O sistema radicular do abacaxizeiro é do tipo fasciculado, superficial e fibroso, encontrando a maior parte das raízes nos primeiros 10 a 20 cm de profundidade (REINHARDT et al., 2000). Portanto, em condições ideais, quanto mais desenvolvidas forem as raízes por área ou volume de solo, melhor será o resultado do cultivo, sendo a caracterização do crescimento e distribuição das raízes fundamental para explicar a resposta da cultura e praticar um adequado manejo de irrigação (SANTOS, 2010).

A importância do estudo do sistema radicular das espécies vegetais utilizadas na agricultura, sua distribuição, extensão e atividade, é incontestável e fundamental para o entendimento científico da produção agrícola. As raízes das plantas têm distribuição variável com as espécies e cultivares, idade da planta e as características químicas e físicas do solo, os tratos culturais e as condições fitossanitárias (FRACARO; PEREIRA, 2004). O conhecimento do sistema radicular em culturas (irrigadas por gotejamento superficial e subsuperficial) é importante na produção

agrícola por definir o volume de solo que será explorado para absorção de água e nutrientes, localização de adubos, espaçamento, manejo do solo e irrigação.

Conforme Machado e Oliveira (2005), a eficiência do uso da água na produção agrícola depende da dinâmica do enraizamento da cultura a ser irrigada. Para o fornecimento racional da água, é fundamental que se tenha as informações adequadas em relação onde e como as raízes se encontram dispostas no perfil do solo, pois é necessário estabelecer um sincronismo entre o crescimento e desenvolvimento radicular com a disponibilidade de água e nutrientes no solo. O comprimento radicular total por unidade de área de solo está diretamente relacionado com a quantidade e a taxa de absorção de água pelas plantas (HAMBLIN; TENNANT, 1987).

O enraizamento está diretamente ligado à capacidade fotossintética, uma vez que o abastecimento de água em resposta à demanda hídrica atmosférica é proveniente do meio radicular (ITOH et al., 2009). Portanto, é relevante que seja conhecida a dinâmica do crescimento radicular, tanto em relação à profundidade efetiva das raízes, quanto à distribuição horizontal, principalmente onde se faz uso de irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial porque existem significativas variações entre espécies, cultivares, fases de desenvolvimento, forma de condução das plantas e espaçamento entre os mesmos.

No entanto, a compreensão sobre a fisiologia e a bioquímica da raiz ainda é pequena, principalmente devido a razões metodológicas (STRACK et al., 2001). A avaliação do volume explorado, do comprimento de raiz e da atividade radicular é tarefa difícil, encontrando-se grandes dificuldades nas técnicas de amostragem, como no dispêndio do tempo necessário, a pouca informação e a grande variabilidade dos resultados (MACHADO; OLIVEIRA, 2003).

Nos estudos sobre as raízes e suas interações com o solo, não existe um método de quantificação capaz de atender a todas as expectativas do estudo de raízes sendo o principal fator limitante, a grande variabilidade espacial e temporal inerente aos sistemas radiculares, custo, precisão e tempo para análise. Nas análises de campo, o estudo do sistema radicular é um trabalho considerado tedioso e que consome muito tempo. Na literatura há quantidade significativa de trabalhos que abordam a necessidade de aperfeiçoar os métodos existentes e aproveitar as

ferramentas disponibilizadas pela tecnologia digital e informática para obter resultados rápidos e precisos na avaliação do sistema radicular das plantas (PIVETTA, 2010).

Trabalho realizado por Cintra e Neves (1996) relatam dificuldades inerentes aos métodos de amostragem para o pleno conhecimento do sistema radicular, especialmente de plantas perenes. Newman (1966) aborda a dificuldade encontrada por diversos pesquisadores em estabelecer a melhor maneira de conseguir expressar os valores de raízes coletadas por amostragem de solo. Kücke, Schmid e Spiess (1995) afirmam que o uso de metodologias distintas pode levar a resultados discrepantes, indicando que não podem ser comparados diretamente. Isso se deve ao fato de que os resultados são influenciados pela cultura, tipo de solo, época de amostragem, variabilidade de cada esquema de amostragem e tamanho das amostras, não existindo uma única forma de se avaliar raízes e sim a adequação de um método às condições locais.

A análise do sistema radicular pode ser realizada por métodos destrutivos e não destrutivos. Nos métodos destrutivos a amostragem do sistema radicular é feita com base em observações das raízes *in situ* ou com retiradas de amostras para posterior análise em laboratório. São considerados diretos e com elevado nível de confiabilidade, porém, são demorados e exigem a destruição da amostra. Foram os métodos precursoros, mais acessíveis e de simples execução, porém mais trabalhosos demandando mais tempo e mão de obra. Nos métodos destrutivos baseados na amostragem encontra-se a maior diversidade de metodologias, cuja avaliação da estrutura e padrões morfológicos das raízes, em condições de campo são baseadas na lavagem e separação das raízes do solo no ambiente onde crescem (KUMAR; PRIHAR; GAJRI, 1993). Na categoria dos destrutivos, destacam-se os métodos do trado, do cilindro amostrador, do bloco ou monólito e da trincheira ou paredes de perfil de solo (BÖHM, 1979; VASCONCELOS et al., 2003; FARONI; TREVILIN, 2006; COELHO et al., 2008 e SOUZA et al., 2008).

Os métodos não destrutivos usam os princípios de determinação das mudanças da umidade ou dos níveis de nutrientes no solo, que ocorrem devido à distribuição das raízes ou pelo uso de traçadores, radioativos ou não, que são aplicados para serem absorvidos pelas raízes ou caule (COELHO et al., 2008). As principais dificuldades encontradas no estudo do sistema radicular ainda é de

natureza prática, já que as metodologias que envolvem estudo de raízes de plantas são geralmente trabalhosas e pouco difundidas. Segundo Brasil et al. (2002), tradicionalmente, as técnicas destrutivas de solos + raíz, mediante uso do trado, monólito, escavação do sistema radicular e abertura de trincheiras, têm sido as mais utilizadas na investigação da morfologia radicular.

O método do perfil permite analisar em conjunto o sistema radicular e o perfil do solo, através da exposição das raízes em trincheira ou em parede vertical, com a ajuda de ferramentas mecânicas, água ou ar pressurizado, podendo-se visualizar o número e o comprimento das raízes. Nesse método há possibilidade de se fazer mais de uma repetição em uma mesma trincheira, porém o mesmo fornece apenas uma análise qualitativa das raízes e expõe apenas parte do sistema radicular (BÖHM, 1979).

Outras metodologias mais recentes, que utilizam equipamentos associados ao processamento de imagens, foram adicionadas aos sistemas de análises nos métodos destrutivos e não destrutivos, permitindo fornecer rápida determinação de parâmetros morfológicos de raízes. Esses softwares de processamento de imagens são capazes de medir comprimento, diâmetro e área de raiz e podem ser utilizados nos métodos da trincheira ou parede de perfil de solo ou aos de lavagem de raízes (BASSOI et al., 1994; CRESTANA et al., 1994; FANTE JR. et al., 1999; KIMURA; YAMASAKI, 2001; SOUSA et al., 2002; ARAÚJO et al., 2004; HIMMELBAUER; LOISKANDL; KASTANEK, 2004; NEVES et al., 2004; COELHO; SANTOS; COELHO FILHO, 2005; LIMA et al., 2006; ELOI et al., 2007). Dentre os softwares usados nas análises de raízes podemos destacar o GSRoot Guddanti e Chambers (1993), WinRhizo Régent Instruments (1999), SIARCS (Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo), e SAFIRA (Sistema de análise de fibras e raízes) além de outros (COELHO et al., 2008), possibilitando desta forma maior precisão na estimativa de dados referentes ao sistema radicular (ORTIZ-RIBBING; EASTBURN, 2003; HIMMELBAUER; LOISKANDL; KASTANEK, 2004). Para que as imagens sejam processadas pelos softwares, necessita-se que tenha disponível câmera digital ou filmadora e que se faça a devida limpeza e preparação do perfil do solo ou das raízes para fazer as imagens.

Fante Junior e Reichardt (1994), avaliando o sistema radicular na cultura do milho pelos métodos do trado, cilindro volumétrico e processamento de imagens, concluíram que o método do trado foi o mais adequado para avaliações simples, rápidas e baratas, permitindo a possibilidade de realizar grande número de amostragens, além de não haver a destruição de toda a área amostrada, quando comparado com métodos de escavação, porém não sendo suficiente para a caracterização completa do sistema radicular. O método do cilindro volumétrico é mais apropriado para casos de amostragens localizadas, ou seja, permite um estudo quase pontual da distribuição radicular e agrega a vantagem de permitir correlacionar a densidade radicular e densidade do solo. Já o método de processamento de imagens apresentou-se como ferramenta eficaz, rápida e precisa no estudo detalhado do sistema radicular dessa cultura.

Ferreira (2004), estudando a distribuição radicular auxiliada pela análise de imagens digitais, encontrou que a distribuição percentual dos valores acumulados de comprimento de raízes presentes nos perfis de solo e nos monólitos coletados nas mesmas distâncias do tronco apresentaram alta correlação, permitindo recomendar o uso do sistema SIARCS para a quantificação da distribuição espacial do sistema radicular da goiabeira no campo.

2.4. Irrigação localizada

Dos sistemas de irrigação localizados, o gotejamento é o mais utilizado na cultura do abacaxi, principalmente onde a disponibilidade de água é limitada, os custos de mão de obra são altos e as técnicas culturais são avançadas (ALMEIDA e SOUZA, 2011). A irrigação localizada possibilita a aplicação direta de água no solo numa zona restrita ao sistema radicular de forma pontual, operando com baixa vazão dos emissores e baixa pressão sob curto intervalo de rega, mantendo níveis de umidade ideais para a cultura e reduzindo as perdas por evaporação, deriva e escoamento superficial. A possibilidade de aplicação de produtos como fertilizantes e defensivos na água de irrigação é mais uma facilidade para adoção do sistema.

Os efeitos positivos da irrigação por gotejamento comparada com outros sistemas de irrigação são atribuídos à alta uniformidade de aplicação da água e

controle da zona de desenvolvimento radicular, garantindo crescimento da planta sob adequada umidade de solo (HANSON et al., 2005).

O uso da irrigação localizada vem aumentando cada vez mais, devido ao avanço da tecnologia na agricultura irrigada, buscando métodos de irrigação com maior eficiência aliada à redução nos custos de produção e no consumo de água e energia. Isso tem causado grande crescimento no desenvolvimento de materiais e equipamentos para melhorar o desempenho dos sistemas de irrigação localizada (RIBEIRO et al., 2005).

Os sistemas de irrigação localizada podem ser classificados de várias formas, entretanto um critério mais usado para classificação tem como base a vazão por unidade de emissor ou por metro linear de tubulação. De acordo com Pizzaro (1996) a norma ISO (International Standard Organization), classifica os sistemas de irrigação localizada em sistema de baixa vazão ($< 16 \text{ L h}^{-1}$) e de alta vazão (16 a 150 L h^{-1}).

Aplicação de água e nutrientes através da irrigação localizada é uma técnica já utilizada com sucesso nos países onde a agricultura irrigada é desenvolvida e por produtores de algumas regiões brasileiras, especialmente naquelas produtoras de frutas e hortaliças. Devido às suas vantagens referentes à economia de água e de fertilizantes, formas de aplicação de água e nutrientes de maneira pontual junto à planta, a fertirrigação por gotejamento vem crescendo e despertando cada vez mais o interesse de produtores agrícolas em diversas regiões do Brasil (VÁSQUEZ, 2003).

O sistema de irrigação por gotejamento pode ser classificado, de acordo com a posição de instalação da linha de emissores, junto ao solo das culturas a serem irrigadas: superficial, quando os emissores se encontram sobre o solo, e subsuperficial, quando os emissores se localizam abaixo da superfície do solo. A eficiência da irrigação localizada por gotejamento pode ser maior, se a localização for abaixo da superfície, isto é, gotejamento subsuperficial (NOGUEIRA et al., 2000).

A incorporação de áreas dominadas pelo método de irrigação localizada (gotejamento, microaspersão, etc.) elevou-se de 112.730 ha (1996), para 327.866 ha (2006) (CHRISTOFIDIS, 2013). Em Minas Gerais, Saraiva e Souza (2012) analisando isoladamente cada método de irrigação utilizada nesse estado, verificaram que o método mais utilizado é o da aspersão (334.750 ha), seguido por outros métodos (100.919 ha), e localizada (66.330 ha), compreendendo 63,73%, 19,21% e 12,63%. É

importante ressaltar que com o advento da tecnologia no campo a irrigação na região está se modernizando cada vez mais. Os levantamentos das áreas irrigadas, no Censo Agropecuário 2005-2006, melhorou no aspecto da irrigação, pois incluiu a irrigação localizada em seus levantamentos, o que não havia sido feito no Censo 1995-1996 devido a área não ser representativa. A Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil observou que todas as regiões hidrográficas apresentaram incremento da área irrigada, o que levou a sinalizar para a necessidade de serem adotadas técnicas de irrigação que primem pelo uso eficiente da água no sentido de evitar conflitos futuros pelo uso da água (CHRISTOFIDIS, 2013)

2.4.1 Gotejamento superficial

Sendo a água um recurso natural em escassez, em muitas regiões do planeta e do Brasil, um dos sistemas mais apropriados e em notável expansão é o sistema de irrigação por gotejamento, o qual apresenta algumas vantagens, sendo a economia de água e energia as mais citadas na atualidade, frente à situação da disponibilidade de água no planeta. Segundo Bernardo; Soares e Mantovani (2006), a irrigação por gotejamento superficial é realizada a partir da instalação das estruturas de distribuição de água de irrigação (emissores), na superfície do solo, ao lado das plantas da cultura, a qual é objeto alvo das irrigações. Têm-se como equipamento tradicionalmente usado para essa forma de irrigação, tubogotejadores.

No sistema de irrigação localizado por gotejamento a liberação da água é realizada através de orifícios pequenos denominados emissores, e estes emissores são construídos nos mais diferentes tipos, modelos e características. O gotejamento é considerado como o primeiro sistema de irrigação localizada instalada no Brasil (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

Dentre os sistemas empregados na irrigação, a irrigação por gotejamento superficial é a que mais se desenvolveu e expandiu nos últimos anos em razão da sua alta eficiência no uso da água. A utilização do gotejamento superficial, evita que a demanda evaporativa da atmosfera interfira na distribuição de nutrientes no bulbo molhado reduzindo o acúmulo de sais fertilizantes na superfície do solo em torno do

ponto de emissão, propiciando, desta forma, melhor produtividade das culturas em função da melhor distribuição espacial desses íons no sistema radicular da planta (MONTEIRO et al., 2007).

Dentre as vantagens da irrigação por gotejo, Silva, Faria e Reis (2003), citam: controle rigoroso da quantidade de água a ser fornecida para a planta; baixo consumo de energia elétrica; facilidade de funcionamento 24 horas por dia; elevada eficiência potencial de aplicação de água; manutenção da umidade próxima à capacidade de campo; menor desenvolvimento de plantas invasoras entre as linhas de plantio; facilidade de distribuição de fertilizantes e outros produtos químicos junto à água de irrigação; pouca mão de obra e facilidade de automação. Outra grande vantagem é a possibilidade de automação e fertirrigação, duas práticas que fazem deste sistema o mais eficiente, reduzindo os custos com mão de obra e tornando mais preciso o manejo da água e da nutrição das culturas. Além disso, apresenta baixo risco de contaminação de operadores em campo e do produto agrícola final, o que possibilita o uso de água residuária na produção agrícola (COELHO, 2007).

Apesar de inúmeros benefícios providos pelos sistemas localizados, existem também limitações inerentes a este tipo de equipamento, destacando-se a sensibilidade a entupimentos, o que exige um sistema de filtragem altamente eficiente, e o seu alto custo de implantação. Skaggs (2001) cita como desvantagens a necessidade de consistente manutenção e monitoramento do equipamento e o aparecimento de vazamentos devidos a danos ocasionados por animais e pelos tratos culturais inerentes. As causas de obstrução de emissores variam de localidade para localidade e, de forma geral, são de natureza física (partículas inorgânicas em suspensão como areia, argila, silte, plásticos, etc.; materiais orgânicos como resíduos animais e vegetais; detritos microbiológicos como algas, entre outros), química (sólidos dissolvidos que interagem entre si formando precipitados) e biológica (algas e outros microrganismos) (HERNANDEZ, 2010).

Segundo Combres (1983), a utilização do gotejamento promove alguns inconvenientes, tais como necessidade de água limpa de impurezas, a qual deve ser submetida, geralmente, a filtrações sucessivas, demandando ainda rigorosa manutenção e a limpeza frequente do equipamento. Custo excessivamente elevado em razão da alta densidade de plantio da cultura do abacaxi. No sistema de irrigação

por gotejamento, o contato da água com a planta ocorre apenas pelas raízes, necessitando, portanto, que o seu sistema radicular esteja bem desenvolvido e livre de pragas e doenças para que ocorra a eficiência desejada. As mudas convencionais de abacaxi são normalmente plantadas antes do enraizamento, dependendo fundamentalmente da água para a emissão de raízes.

2.4.2. Gotejamento Subsuperficial

A irrigação por gotejamento subsuperficial deriva do gotejamento superficial, sendo constituída por emissores instalados na subsuperfície enterrados no solo, com aplicação da água na zona radicular da cultura. É um sistema de irrigação que apresenta características próprias, no manejo das irrigações e ao longo dos anos de funcionamento (BARROS et al., 2009).

De acordo com Gornat e Nogueira (2003), o interesse por esse sistema cresce devido ao aumento de produção, da eficiência do uso da água e dos nutrientes. Entretanto, ainda não foi pesquisado de forma abrangente e detalhada, apesar de já haver milhares de hectares irrigados com esse tipo de sistema. Em função disso, as decisões a respeito da instalação, operação e manejo desse sistema são tomadas sem o embasamento em informações oriundas de pesquisa.

Este método de irrigar é estudado por pesquisadores como: Camp (1998), Ayars et al. (1999), Enciso, Jifon e Wiedenfild (2007), Souza, Coelho e Paz (2007), Barros et al. (2009), Souza et al. (2012) que buscam estabelecer a melhor forma de instalar e manejar a irrigação subsuperficialmente. Observam como causas das variações da eficiência de irrigar por gotejamento em subsuperfície as formas de localização dos equipamentos (emissores) no interior do perfil do solo (profundidade), a distância entre plantas e equipamentos, distribuição de água no solo e buscam soluções para o entupimento dos emissores por intrusão radicular.

Em região semiárida, Nogueira, Coelho e Leão (2000) fizeram comparações entre os bulbos molhados originados da ação de gotejadores localizados na superfície do solo e enterrados, num solo Podzólico Vermelho Amarelo, sob uma vazão de $2,6 \text{ Lh}^{-1}$. Observaram que a disponibilidade de água (entre 29 a 44%) foi maior no caso do emissor enterrado. Souza, Coelho e Paz (2007), avaliando

gotejamento subsuperficial, verificaram que os valores de umidade dentro do perfil, ficaram mais restritos e próximo ao tronco da planta, indicando a possibilidade da sobreposição entre os bulbos dos dois gotejadores, com deslocamento descendente das isolinhas de maior umidade; já para o gotejamento superficial a distribuição da umidade ocorreu de forma uniforme e integral dentro do perfil, obedecendo ao processo de redistribuição, uma vez que a água tende a se deslocar das regiões mais úmidas para aquela de menor umidade.

Barros et al. (2009), avaliando a distribuição de água aplicada pelo sistema de gotejamento enterrado e convencional no solo de classe textural argilosa, verificaram que em relação a irrigação superficial, o gotejo enterrado apresentou as maiores concentrações de água próximas ao ponto de emissão na região do sistema radicular. A este respeito, Assouline (2002) indica que sob irrigação por gotejamento a zona de encharcamento que se desenvolve em torno do emissor é fortemente afetada pela taxa de aplicação e pelas propriedades do solo (o padrão de molhamento, durante a aplicação de água geralmente, consiste de duas regiões: (i) região saturada perto do emissor e (ii) região onde o conteúdo de água diminui em direção à frente de molhamento).

São poucas as informações sobre o uso do sistema de irrigação subsuperficial, embora contemplados com a referência de alta eficiência de uso da água, há, dificuldade de monitoramento de vazão dos emissores devido as dificuldade de acesso aos emissores enterrados e alto risco ao entupimento por intrusão radicular. Estes fatos evidenciam, que a pesquisas para desenvolver formas de proteção ao entupimento por sólidos em suspensão na água de irrigação e intrusão radicular são de fundamental importância para que a tecnologia da irrigação subsuperficial saia dos campos de pesquisa e seja incentivada junto aos pomares produtivos. Neste panorama, torna-se evidente a importância de apresentar ao agricultor, metodologias confiáveis, de baixo custo, de fácil acesso e que possibilitem, além de funcionalidade, maior durabilidade do sistema de irrigação instalado (HERNANDEZ, 2010).

Diante da carência de pesquisas em relação à irrigação por gotejamento enterrado, informações sobre respostas fisiológicas das plantas quanto ao desenvolvimento das raízes são importantes, uma vez que estimativa errada da profundidade do emissor no solo influencia o crescimento e desenvolvimento

do sistema radicular podendo levar a déficit ou a excesso do valor da lâmina de irrigação.

Em função da irrigação localizada por gotejamento em subsuperfície ser de baixa vazão, alta frequência de aplicação e, o emissor estar localizado junto ao perfil do solo (enterrado), resultados indicam a possibilidade não somente de reduzir volumes de água, mas também conseguir alta eficiência de aplicação da água de irrigação (ENCISO; JIFON; WIEDENFELD, 2007). Segundo esses autores, a irrigação por gotejamento subsuperficial pode contribuir imensamente para a melhoria da eficiência na utilização da água de irrigação pelas plantas, constituindo componente importante da produção agrícola sustentável. Resultados semelhantes foram comprovados por Assouline (2002), Souza, Coelho e Paz (2007), Barros et al. (2009), através de avaliações de gotejadores superficiais e enterrados, onde em relação aos sistemas de irrigação superficiais, os sistemas enterrados apresentaram menor área superficial molhada, maior largura e profundidade da frente de umedecimento e também disponibilizaram água a uma distância maior, partindo do ponto de emissão. Constataram ainda, que os sistemas enterrados tenderam a melhorar a uniformidade de umidade do solo com o aumento do volume de água aplicado, enquanto os sistemas superficiais apresentaram efeito inverso.

Oron et al. (1991), avaliando a distribuição do bulbo úmido em solo franco-arenoso (40% de areia, 51% de silte e 9% de argila) utilizando sistema de irrigação subsuperficial apresentou o formato de pêra na camada subsuperficial do solo, mostrando-se o sistema mais adequado, quando comparado ao perfil de molhamento mais desuniforme da irrigação por gotejamento superficial.

Confirmando pesquisas que atribuem vantagens ao sistema de gotejamento em subsuperfície, Ayars et al. (1999), Suarez-Rey, Choi e Waller (1999), Sandri Matsura e Testezlaf (2007) e Lamm, Ayars e Nakayama (2007), confirmam maior eficiência do uso da água e a grande possibilidade de uso de águas residuais nas culturas, além do uso de químicos e fertilizantes junto às irrigações. Esses autores ressaltam que, aplicar água diretamente no sistema radicular, possibilita a utilização de águas residuárias, pois reduz o risco de transmissão de doenças além de minimizar as perdas de água por evaporação. Burt, O'Connor e Ruehr (1995) e Ludwick (2002), observaram resultados positivos em estudos sobre fertirrigação em irrigação

subsuperficial, onde o fracionamento e a inserção do fertilizante na região das raízes possibilitaram aumentar a eficiência das adubações.

Ao comparar a irrigação por gotejamento superficial com a irrigação subsuperficial Nogueira, Coelho e Leão (2000), verificaram que o espaçamento entre emissores apresenta resultados de uniformidade de distribuição da água no perfil do solo diferentes, sendo maior a umidade disponível de água no solo às plantas no sistema enterrado. Além das vantagens já consagradas da irrigação de gotejamento, o fornecimento de água por gotejamento em irrigação subsuperficial reduz, segundo autores como Santos et al. (2001), as perdas por evaporação, pois atinge diretamente a zona radicular. Por ocasião de não haver o molhamento e impacto de gotas nas partes aéreas das plantas proporciona menor dano mecânico a cultura, contribui para maior desenvolvimento de raiz, reduz a umidade na superfície do solo, o que reduz a incidência de doenças e possibilita o uso de águas residuárias (CAMP, 1998).

Alguns aspectos podem ser limitantes a adoção do sistema de gotejamento subsuperficial. Segundo Charlesworth e Muirhead (2003), um dos aspectos mais observados é a profundidade adequada de instalação dos emissores, a qual requer considerações a respeito da estrutura e textura do solo, bem como o padrão de desenvolvimento das culturas e de seu sistema radicular.

Segundo Lamm, Ayars e Nakayama (2007), o sistema de irrigação subsuperficial instalado em solos de textura grossa apresenta, menor padrão de molhamento e a redistribuição de água é muito baixa, resultando em uma zona muito restrita de umedecimento, sendo importante levar em consideração, ao seu uso, cuidados quanto a aspectos da cultura a ser irrigada com esse sistema, como espaçamento entre plantas, e desenvolvimento radicular das culturas, entre outros. É importante, ainda, ser analisada a posição de instalação dos emissores em relação às plantas, a água a ser usada na irrigação, a concentração e tipo de nutrientes a serem usados no processo de fertirrigação e dispositivos de proteção aos emissores no sistema de irrigação subsuperficial, pois, face às características constituintes desses sistemas, há grandes possibilidades de entupimento dos emissores.

O fato de não se poder detectar facilmente problemas como entupimento, faz com que a manutenção na subsuperfície do solo seja mais difícil; necessitando medidas preventivas, como, monitoramento da qualidade física e química da água,

cuidado com os resíduos de PVC e ou cola gerados na montagem dos sistemas, limpeza periódica da tubulação e filtragem eficiente reduz a possibilidade de entupimento nos sistemas de gotejo enterrados. Silva et al. (2011) verificou que a vazão de cada emissor pode ser afetada pelo entupimento por partículas de solo, precipitados químicos, sólidos suspensos, raízes e algas e bactérias. Esses são os principais problemas operacionais que devem ser confrontados uma vez que as propriedades do solo não analisadas no dimensionamento hidráulico, partículas biológicas como algas e lodo de bactéria são eliminadas pela injeção de cloro (LEMOS FILHO et al., 2011); precipitação química pode ser evitada pela aplicação de ácidos e controle do pH enquanto sólidos suspensos podem ser evitados com sistemas de filtragem adequados.

O entupimento causado por partículas e ou algas e bactérias, provenientes da água de irrigação, geralmente ocorre nas extremidades da linha lateral, sendo a limpeza no final da linha a técnica mais recomendada. Por outro lado, entupimentos ocasionados por intrusão radicular e partículas sólidas do solo, podem ocorrer de maneira geral, comprometendo todo o sistema de irrigação pelo aumento do grau de entupimento e redução da vazão relativa dos emissores (SOUZA et al., 2012). Em pesquisas realizadas com entupimentos decorrentes de partículas sólidas na malha hidráulica, Coelho et al. (2007) observaram que a obstrução total foi predominante em relação à parcial.

O estudo sobre o desenvolvimento do sistema radicular em irrigação subsuperficial merece destaque neste trabalho, pois, há necessidade do conhecimento sobre as distâncias e profundidade de localização dos emissores a serem enterrados no solo em relação às plantas, para que os resultados de produtividade não sejam prejudicados. Devido a forma de distribuição da água no solo, pelo gotejamento subsuperficial, problemas no desenvolvimento em profundidade e densidade do sistema radicular podem ocorrer, já que, a tendência das raízes é se concentrarem junto ao bulbo úmido gerado pelo emissor.

Poucos estudos sobre respostas das culturas perenes no caso, abacaxizeiro (*Ananas comosus* (L.) ao uso da irrigação subsuperficial evidencia a necessidade de se fazer pesquisas com diferentes tipos de solos, lâminas de irrigação, resposta da cultura ao déficit e ao excesso de água, posição de instalação das linhas de

gotejadores, monitoramento dos emissores em subsuperfície e desenvolvimento do sistema radicular são pontos importantes no sucesso do uso da irrigação subsuperficial. Na irrigação subsuperficial há certa preocupação com os tubogotejadores enterrados no solo após final da sua vida útil ou desativação do sistema, na prática, para maiores profundidades de enterrio (acima de 0,4 m) torna-se difícil a remoção das laterais já instaladas, resultando em problema adicional, uma vez que origina resíduos plástico no campo, com impacto visual e ambiental.

2.5 Referências

ABREU, C. M. P; CARVALHO, V. D.; GONÇALVES, B. N. Cuidados pós-colheita e qualidade do abacaxi para exportação. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.19, n.195, p.70-72, 1998.

ALMEIDA, O. A.; OLIVEIRA, L. A.; SOUTO, R. F.; SOUZA, L. F. S.; CALDAS, R. C.; MENEGUCCI, J. L. P. Efeito da irrigação sobre a produção e a qualidade do abacaxi no semiárido de Minas Gerais. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGACAO E DRENAGEM, 13., 2003, Juazeiro. **Anais...** Brasília, DF: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 2003. 1 CD-ROM.

ALMEIDA, O. A.; SOUZA, L. F. S. Irrigação e fertirrigação na cultura do abacaxi. In: SOUSA, V. F. de; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, cap. 11, 2011. p. 339-368.

ALMEIDA, O. A.; SOUZA, L. F. S.; SOUTO, R. F.; CALDAS, R. C. Niveles de humedad del suelo y de fertilizante en pina en semiárido de Brasil. In CONGRESO NACIONAL DE RIEGOS, 17, 1999, Murcia. **Actas...** Murcia: AERYD, 1999. p. 27-34.

ALMEIDA, O.; SOUZA, L. F. S.; REINHARDT, D. H.; CALDAS, R. C. Influência da irrigação no ciclo do abacaxizeiro cv Pérola em área do tabuleiro costeiro da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 24, n. 2, p. 431-435, 2002.

ALMEIDA, O. A.; OLIVEIRA, L. A.; Irrigação. In: REINHARDT, D.H.; SOUZA, L.F. S.; CABRAL, J.R.S. **Abacaxi Irrigado em Condições Semiáridas**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2001. p. 25-26.

ARAÚJO, A.P.; FERNANDES, A.M.; KUBOTA, F.Y.; BRASIL, F.C; TEIXEIRA, M.G. Sample size for measurement of root traits on common bean by image analysis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 313-318, abr. 2004.

ASSOULINE, S. The effects of microdrip and conventional drip irrigation on water

distribution and uptake. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 66, n. 5, p.1630-1636, Sept. 2002.

AYARS, J. E. PHENE, C.J.; HUTMACHER, R.B.; DAVIS, K.R.; SCHONEMAN, R.A.; VAIL, S.S.; MEAD, R.M. Subsurface drip irrigation of row crops: a review of 15 years of research at the Water Management Research Laboratory **Agricultural Water Management**, v. 42, p. 1-27, 1999.

BARROS, A. C.; FOLEGATTI, M. V.; SOUZA, C. F.; SANTORO, B. L. Distribuição de água no solo aplicado por gotejamento enterrado e superficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 6, Campina Grande, nov./dez. 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662009000600006>>. Acesso em 04 jun 2014.

BASSOI, L. H.; FANTE JÚNIOR, L.; JORGE, L. A. C.; CRESTANA, S.; REICHARDT, K. Distribuição do sistema radicular do milho em terra roxa estruturada latossólica: II - Comparação entre cultura irrigada e fertirrigada. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 51, n. 3, p. 541- 548, 1994.

BENGOZI, F. J.; SAMPAIO, A. C.; GUTIERREZ, A.D. de S.; RODRIGUES, V. M.; PALLAMIN, M. L. Qualidades físicas e químicas do abacaxi comercializado na Ceagesp - São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, p.540-545, 2007.

BENGOZI, F. J.; SAMPAIO, A. C.; SPOTO, M. H. F.; MISCHAN, M. M.; PALLAMIN, M. L. BENZING, D. H. **Bromeliaceae: profile of an adaptive radiation**. New York: Cambridge University, 2000. 690 p.

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

BÖHM, W. Methods of studying root systems. Berlin: **Springer-Verlag**, 188p.1979.

BRASIL, F. C.; ROSSIELLO, R. O. P.; PACIORNIK, S.; ABREU, J. B. R. Distribuição vertical de características morfológicas do sistema radicular de *Brachiaria humidicola*. **Pasturas Tropicales**, Colômbia, v. 24, n. 3, p.14-20, 2002

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica. Departamento de Desenvolvimento Hidroagrícola. **Melão**. 12 p. (FrutiSéries. Ceará. Melão, 2). 2003.

BURT, C.; O'CONNOR, K.O.; RUEHR, T. **Fertigation**. San Luis Obispo: California Polytechnic State University 1995. 320 p.

CAMP, C. R. Subsurface drip irrigation: a review. **Transactions of the ASAE**, v. 41, n. 5, p. 1353-1367, Sept/Oct 1998.

CARVALHO, A. M. Irrigação no abacaxizeiro. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.19, n.195, p. 58-61, 1998.

CARVALHO, S. L. C.; NEVES, C. S. V. J.; BÜRKLE, R.; MARUR, C. J. Épocas de indução floral e soma térmica do período do florescimento à colheita de abacaxi 'Smooth Cayenne'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, p. 430-433, 2005.

CHARLESWORTH, P. B.; MUIRHEAD, W. A. Crop establishment using subsurface drip irrigation: a comparison of point and area sources. **Irrigation Science**, v. 22, p. 171–176, 2003.

CHRISTOFIDIS, D. Água, irrigação e agropecuária sustentável. **Revista de Política Agrícola**, v. 22, n. 1, p. 115-127, 2013.

CINTRA, F.L.D.; NEVES, C.S.V.J. **Aspectos metodológicos do estudo do sistema radicular de plantas perenes através de imagens**. Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, v. 21, n. 3, p. 91-94, 1996.

COELHO, E. F.; SOUSA, V. F.; AGUIAR NETO, A.; OLIVEIRA, A. S. **Manejo de irrigação em fruteiras tropicais**. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA-CNPMF, 2000. 48p. (EMBRAPA-CNPMF, Circular Técnica, 40).

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, Abr. 2005.

COELHO, E.F.; SIMÕES, W.L.; CARVALHO, J.E.B.; COELHO FILHO, M.A; SOUZA, L. S. **Distribuição de raízes e extração de água do solo em fruteiras tropicais**. Cruz das Almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical, 2008. 80 p.

COELHO, R. I.; LOPES, J. C.; CARVALHO, A. J. C. de; AMARAL, J. A. T.; Resposta à adubação com ureia, cloreto de potássio e ácido bórico em mudas do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, v. 29. n. 1, p. 161-164, 2007.

COELHO, R.D. **Contribuições para a irrigação pressurizada no Brasil**. 2007. 192 f. Tese (Livre-Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

COMBRES, J. C. **Bilan énergétique et hydrique de l'ananas, utilisation optimale des potentialités climatique**: compte-rendu d'ativites. Auquededou: IRFA, 1983, 108 p.

CRESTANA, S.; GUIMARÃES, M. F.; JORGE, L. A. C.; RALISH, 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**, Campinas, v.18, p.365-371, 1994.

CUNHA, G.A.P. da. Implantação da cultura. In: CUNHA, G.A.P.; CABRAL, J.R.S.; SOUZA, L.F. (organizadores). **O abacaxizeiro – cultivo, agroindústria e economia**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. p.139-167

CUNHA, G.A.P.; REINHARDT, D.H.; MATOS, A.P.; SOUZA, L. F. S.; SANCHES, N. F.; CABRAL, J. R. S.; ALMEIDA, O.A. **Recomendações Técnicas para o Cultivo do Abacaxizeiro**. Cruz das Almas – BA: EMBRAPA, 2005. 11p. (EMBRAPA. Circular Técnica 73).

ELOI, W. M.; VIANA, T. V. A.; SOUSA, V. F.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; AZEVEDO, B. M. Efeitos da fertirrigação de N e K₂O na distribuição do sistema radicular da gravioleira. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 2, 2007.

ENCISO, J., JIFON, J. L., WIEDENFELD, B. Subsurface drip irrigation of onions: Effects of drip tape emitter spacing and installation depth on yield and quality. **Agricultural Water Management**, Weslaco Texas, 126-130. 2007.

FANTE JR., L.; REICHARDT, K. Distribuição do sistema radicular do milho em terra roxa estruturada latossólica: I. Comparação de metodologias. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 51, n. 3, p. 513-518, 1994.

FANTE JR., L.; REICHARDT, K.; JORGE, L. A. C.; BACCHI, O. O. S. Distribuição do sistema radicular de uma cultura de aveia forrageira **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1091-1100, 1999.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Roma: **FAOSTAT Database Gateway 2013** – FAO. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>> Acesso em: 1 dez. 2013.

FARONI, C. E.; TRIVELIN, P. C. O. Quantificação de raízes metabolicamente ativas de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 1007-1013, jun. 2006.

FERREIRA, M. N. L. **Distribuição radicular e consumo de água de goiabeira (*Psidium guajava* L.) irrigada por microaspersão em Petrolina-PE**, 2004. 106p. Tese (Doutorado em Agronomia), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

FRACARO, A.A.; PEREIRA, F.M. Distribuição do sistema radicular da goiabeira 'Rica' produzida a partir de estaquia herbácea. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n.1, Apr. 2004.

GIACOMELLI, E. J.; PY, C. O. **O abacaxi no Brasil**. Campinas: fundação Cargill, 1981.101 p.

GORNAT, B.; NOGUEIRA, L.C. **Avaliação da economia de água com irrigação localizada convencional e subterrânea em fruteiras tropicais**. Disponível em: <<http://www.iica.org.uy/p2-4.htm>>. Acesso em 04 jun 2014.

GRANADA, G. G.; ZAMBIAZI, R. C.; MENDONÇA, C. R. B. **Abacaxi: produção, mercado e subprodutos**. v. 22, 2004. p. 405-422, (Boletim do CEPPA).

GUDDANTI, S.; CHAMBERS, J.L. **GSRoot automated root length measurement program**, version 5.0; user's manual. Louisiana, Louisiana State University, 1993. 40p

HAMBLIN, A. P.; TENNANT, D. Root length density and water uptake in cereals and grain legumes: how well are they correlated. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v. 38, n. 3, p. 513-527, maio/jun. 1987.

HANSON, R.; ROBERT, B.; DONALD, M. Drip irrigation of tomato and cotton under shallow saline ground water condition. **Irrigation and Drainage**. Dordrech, v. 20, p. 155- 175, 2005.

HERNANDEZ, M. G. R. **Proteção de gotejadores a obstrução por intrusão radicular em irrigação subsuperficial em figueiras**. 2010. 136 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

HIMMELBAUER, M.; LOISKANDL, W.; KASTANEK, F. Estimating length, average diameter and surface area of roots using two different Image analysis systems. **Plant and Soil**, The Hague, v. 260, n. 1-2, p. 111-120, Mar. 2004.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro, v. 24, p. 7-8, 2011. on-line. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_est/>. Acesso em: 21 dez. 2013.

ITOH, H.; HAYASHI, S.; NAKAJIMA, T.; HAYASHI, T.; YOSHIDA, H.; YAMAZAKI, K.; KOMATSU, T. Effects of Soil Type, Vertical Root Distribution and Precipitation on Grain Yield of Winter Wheat. **Plant Production Science**, Tokyo, v. 12, n. 4, p. 503-513, Out/Dez. 2009.

KIMURA, K.; YAMASAKI, S. Root length and diameter measurement using NIH Image: application of the line-intercept principle for diameter estimation. **Plant and Soil**, The Hauge, v. 234, n. 1, p. 37-46, 2001.

KÜCKE, M.; SCHMID, H.; SPIESS, A. A. comparison of four methods for measuring roots in field crops in three contrasting soils. **Plant Soil**, The Hauge, v. 172, n. 1, p. 63-71, May 1995.

KUMAR, K.; PRIHAR, S. S.; GAJRI, P. R. Determination of root distribution of wheat by auger sampling. **Plant Soil**, The Hauge, v. 149, n. 2, p. 245-253, Feb. 1993.

LAMM, F. R.; AYARS, J. E; NAKAYAMA, F. S.(Ed.). **Microirrigation for Crop Production – Developments in Agricultural Engineering**. 2007. 618 p.

LEAL, F. Pineapple – *Ananas comosus* (Bromeliaceae). In: SMARTT, J.; SIMMONDS, N.W. **Evolution of crop plants**. Nova York: Longman Singapore, p.19-22, 1995.

LEMOS FILHO, M. A. F.; ZANINI, J. R., SILVA, E. R.; CAZETTA, J. O.; FERRAUDO, A. S. Sistema com aeração, decantação e filtração para a melhoria da qualidade de água em irrigação localizada. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 506-519, 2011.

LIMA, W.L.; OLIVEIRA, J.R.; SAGGIN JÚNIOR, O.J.; RAPOSO, T.P.; ALVES, G.C.; SILVA, E.M.R.; BERBARA, R.L.L. **Editoração de imagens para avaliação de crescimento de plantas ou microrganismos com o programa SIARCS**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2006. 32 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 14).

LUDWICK, A. Principios de la fertigación. **Agricultura de las Américas**, New York, v. 51, n. 4, p. 223, 2002.

LÜTTGE, U. Ability of crassulacean acid metabolism plants to overcome interacting stresses in tropical environments. **AoB PLANTS**, Darmstadt, 2010. Disponível em: <doi:10.1093/aobpla/plq005>. Acesso em: 21 dez. 2013.

MACHADO, R. M. A.; OLIVEIRA, R. M. Comparison of tomato root distributions by minirhizotron and destructive sampling. **Plant and Soil**, The Hauge, v. 255, n. 1, p. 375-385, Aug. 2003.

MACHADO, R. M. A.; OLIVEIRA, R. M. Tomato root distribution, yield and fruit quality under different subsurface drip irrigation regimes and depths. **Irrigation Science**, New York, v. 24, n. 1, p. 15-24, Oct. 2005.

MANICA. I. **Fruticultura tropical**: 5. Abacaxi, Porto Alegre: Cinco Continentes, 1999. p. 41-52, 253-254.

MELO, A.S.; NETTO, A.O.A.; NETO, J.D.; BRITO, M.E.B.; VIÉGAS, P.R.A.; MAGALHÃES, L.T.S.; FERNANDES, P. D. Desenvolvimento vegetativo, rendimento da fruta e otimização do abacaxizeiro cv. Pérola em diferentes níveis de irrigação. **Revista Ciência Rural**, v.36, n.1, p. 93-98, 2006.

MONTEIRO, R. O. C.; COELHO, R. D.; MELO, P. C. T.; FERRAZ, P.; CHAVES, S. W. P. Aspectos produtivos e de qualidade do melão sob gotejo subterrâneo e mulching plástico. **Revista Acta Science**, v.29, p.453-457, 2007.

NEILD, R. E.; BOSHELL, F. An agroclimatic procedure and survey of the pineapple production potential of Colombia. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.17, p.81-82, 1976.

NEVES, C. S. V. J.; STENZEL, N. M. C.; MEDINA, C. C.; MURATA, I. M.; BORGES, A. V. Sistema radicular de aceroleiras propagadas por sementes e por estacas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 25, n. 3, p. 193-196, 2004.

NEWMAN, E. I. A method of estimating the total root length in a sample. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 3, n. 1, p. 139-145, 1966.

NOGUEIRA, C. C. P.; COELHO, E. F.; LEÃO, M. C. S. Características e dimensões do volume de um solo molhado sob gotejamento superficial e subsuperficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p.315-320, set./dez. 2000.

ORON, G.; DEMALACH, Y.; GILLERMAN, L.; DAVID, I. Pear response to saline water application under subsurface drip irrigation. In: International Microirrigation Congress, 5, 1991. St. Joseph. **Proceedings...** St. Joseph: ASAE, 1991. p. 97-103.

ORTIZ-RIBBING, L. M.; EASTBURN, D. M. Evaluation of digital image acquisition methods for determining soybean root characteristics. **Crop Management**. Online, p 1-9. 2003.

PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. Seropédica: Edur, 1998, 159 p.

PIVETTA, C. P. **Posição dos gotejadores e cobertura do solo com plástico, crescimento radicular, produtividade e qualidade do melão**. 2010. 96 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

PIZARRO, F. C. **Riegos localizados de alta frequência**. Madrid: Mundi-Prensa, p.46, 1996.

PONCIANO, N. J.; CONSTANTINO, C. O. R.; SOUZA, P. M.; DETMANN, E. Avaliação econômica da produção de abacaxi (*Ananas comosus* L.) cultivar Pérola na região Norte Fluminense. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.19, p.82-91, 2006.

RÉGENT INSTRUMENTS. W. In: MacRHIZO v.4.1c Reference. Régent Instruments Inc., Québec, Canada. 51p., 1999.

REINHARDT, D. H. R.; SOUZA, L. F. S.; CUNHA, G. A. P. Exigências edafoclimáticas. In: REINHARDT, D. H.; SOUZA, L. F. S.; CABRAL, J. R. S. (Ed.) **Abacaxi produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência Tecnológica, 2000. 77p. (Frutas do Brasil, 7).

REINHARDT, D. H.; CUNHA, G. A. P; MENEGUCCI, J. L. P. Indução Floral. In: REINHARDT, D.H.; SOUZA, L. F. DA S.; CABRAL, J. R. S. **Abacaxi irrigado em condições semi-áridas**. 1ª Edição. Cruz das Almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, 2001, p. 60-63.

REINHARDT, D. H. **Técnicas de produção e pós-colheita do abacaxi**. Fortaleza, FRUTAL/SINDIFRUTA, 2002. 72 p.

RIBEIRO, T. A. P.; AIROLDI, R. P. S.; PATERNIANI, J. E. S.; SILVA, M. J. M. Efeito da qualidade da água na perda de carga em filtros utilizados na irrigação localizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p 1-6, 2005.

RUGGIERO, C. Análise comparativa entre alguns aspectos de abacaxicultura desenvolvida no Havaí (EUA) e Brasil. In: RUGGIERO, C. ed. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ABACAXICULTURA, 1, Jaboticabal, SP. 1982. **Anais...** Jaboticabal, SP, FCAV, 1982. p.3-13.

SANDRI D.; MATSURA E. E.; TESTEZLAF R. Manejo de água e solo: desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 1, n. 1, jan./fev., 2007.

SANTANA, L. L. de A.; REINHARDT, D. H.; CUNHA, G. A. P. da; CALDAS, R. C. Altas densidades de plantio na cultura do abacaxi cv. Smooth cayenne, sob condições de sequeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v.23, p.353-358, 2001.

SANTOS, D. **Distribuição do sistema radicular e produtividade de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) fertirrigada por gotejamento subsuperficial**. 2010. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2010.

SANTOS, R. A.; HERNANDEZ. F. B. T.; ALVES JR, J.; LIMA, R.C.; LOPES, A.S. Avaliação do desempenho de dois sistemas de irrigação localizada: microaspersão e gotejamento subsuperfície durante o primeiro ano de produção de palmito pupunha (*bactris gasipaes* h.b.k.) na região noroeste paulista. In: **Anais...** do XXX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. Foz do Iguaçu – 2001.

SARAIVA, K. R.; SOUZA, F. S. Estatísticas Sobre Irrigação nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil Segundo o Censo Agropecuário 2005-2006. **Irriga**, v. 17, n. 2, 2012.

SILVA, A. L.; FARIA, M. A.; REIS, R. P. Viabilidade técnico-econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 37-44, 2003.

SILVA, C. R. R. **Fruticultura tropical**, UFLA/FAEPEP, Lavras, 2001. 230 p.

SILVA, E. R. da; ZANINI, J. R.; CAZETTA, J. O.; FERRAUDO, A. S.; LEMOS FILHO, M. A. F. Uniformidade de distribuição de água em irrigação localizada com sistema de aeração, decantação e filtragem. Científica: Revista de Ciências Agrárias, Jaboticabal, v.39, n. 1/2, p. 7-17, 2011.

SILVA, S.; TASSARA, H. Abacaxi. In: SILVA, S.; TASSARA, H. **Frutas no Brasil**. São Paulo: Nobel, 2001. p. 25-26.

SKAGGS, R. K. Predicting drip irrigation use and adoption in a desert region. **Agricultural Water Management**, n. 51, p. 125–142, 2001.

SOUTO, R. F.; ALMEIDA, O. A.; SOUZA, L. F. S.; CALDAS, R. C.; FARIA, F. H. S. Níveis de umidade do solo e de adubação para o abacaxizeiro “Pérola” no Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 20, n. 3, p. 332-342, 1998.

SOUSA, V. F.; FOLEGATTI, M.V; COELHO FILHO, M.A; FRIZZONE, J. A. Distribuição radicular do maracujazeiro sob diferentes doses de potássio aplicadas por fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 51-56, 2002.

SOUZA, C. B.; SILVA, B. B.; AZEVEDO, P.V. Crescimento e rendimento do abacaxizeiro nas condições climáticas dos Tabuleiros Costeiros do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, p.134-141, 2007.

SOUZA, E. A.; COELHO, E. F.; PAZ, V. P. S. Distribuição da umidade num perfil de solo irrigado por gotejamento superficial e subsuperficial. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras. v. 31, n. 4, 2007. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542007000400032>.> Acesso em 04 jun 2014.

SOUZA, L. F. S.; DUETE, R. R. C.; RODRIGUES, E. M.; CUNHA, G. A. P. Tolerância do abacaxizeiro “Smooth Cayenne” a acidez do solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 8, n. 2, p. 13-19. 1986.

SOUZA, L. S.; SOUZA, L. D.; PAIVA, A. Q.; RODRIGUES, A. C. V.; RIBEIRO, L. S. Distribuição do sistema radicular de citros em uma toposseqüência de solos de tabuleiro costeiro do Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 503-513, mar./abr. 2008.

SOUZA, O. P.; COUTINHO, A.C.; TORRES, J. L. R. Avaliação econômica da produção do abacaxi irrigado cv Smooth cayenne no Cerrado, em Uberaba-MG. **Revista Universidade Rural, Série Ciências da Vida**. Seropédica, RJ, EDUR, v. 30, n. 1, p. 9-10 2010.

SOUZA, O. P.; TEODORO, R. E. F.; MELO, B.; TORRES, J. L.R. Qualidade do fruto e produtividade do abacaxizeiro em diferentes densidades de plantio e lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, p.475-476. 2009.

SOUZA, O. P.; TORRES, J. L. R. Caracterização física e química do abacaxi sob densidades de plantio e laminas de irrigação no Triângulo Mineiro. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 23, n. 4, p. 175-185, out./dez., 2011.

SOUZA, O. P.; ZANINI, J. R.; TORRES, J. L. R.; BARRETO, A. C.; SOUZA, E. L. C. Produção e qualidade física dos frutos do abacaxi sob diferentes lâminas e frequências de irrigação. **Revista Irriga**, v.17, p.534-546, 2012.

SOUZA, W. J., BOTREL, T. A., COELHO, R. D., NOVA, N. A. V. Irrigação localizada subsuperficial: gotejador convencional e novo protótipo. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.16, n.8, p. 811-819, 2012.

STRACK, D. Book Reviews: Root Methods: A Handbook: In: SMIT, A. L.; BENGOUGH, A. G.; ENGELS, C.; VAN NOORDWIJK, M.; PELLERIN, S.; VAN DE GEIJN, S. C. 2000, 587 p. **Phytochemistry**, Berlin, v. 57, n. 1, p. 143-144, Maio, 2001.

SUAREZ-REY, E.; CHOI, C.Y.; WALLER, P.M. **Feasibility of subsurface drip irrigation on turf in Arizona**. In: ASAE Annual International Meeting 1999. Toronto, St. Joseph: ASAE, 1999. (Paper 992251).

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4ª ed. Porto Alegre: Arned, 2008. 819 p.

THÉ, P. M. P.; GONÇALVES, N. B.; NUNES, R. P.; MORAIS, A. R.; PINTO, N. A. V. D.; FERNANDES, S. M.; CARVALHO, V. D. Efeitos de tratamentos pós-colheita sobre fatores relacionados à qualidade de abacaxi cv. Smooth cayenne. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.9, n.2, p.163-170, 2003.

VASCONCELOS, A.C.M.; CASAGRANDE, A.A.; PERECIN, D.; JORGE, L.A.C.; LANDELL, M.G.A. Avaliação do sistema radicular da cana-de açúcar por diferentes métodos. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 849-858, 2003.

VÁSQUEZ, A. M. N. **Fertirrigação por gotejamento superficial e subsuperficial no meloeiro (*Cucumis melo* L.) sob condições protegidas**. 2003. 152 f. Tese (Doutorado)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

CAPÍTULO 2 – Produtividade e desenvolvimento radicular do abacaxizeiro cv. Smooth Cayenne irrigado por gotejamento superficial e subsuperficial

RESUMO – Objetivou-se analisar a produtividade e a distribuição do sistema radicular do abacaxizeiro cv. Smooth Cayenne, sob diferentes lâminas de irrigação e posição superficial e subsuperficial das linhas de gotejadores. O experimento foi realizado no Instituto Federal do Triângulo Mineiro, campus Uberaba, MG, constituído por cinco níveis de reposição de água (25, 50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração da cultura) e duas posições do tubogotejador: superficial e subsuperficial (10 cm de profundidade). Utilizou-se o método da trincheira para avaliação do sistema radicular e a quantificação das raízes foi feita em imagens digitais com o programa SAFIRA® 1.1. O tratamento irrigado por gotejamento superficial apresenta produtividade 6,13 t ha⁻¹ maior que o tratamento subsuperficial e promove área e comprimento de raízes com 53 e 54% maiores em relação ao gotejamento subsuperficial, respectivamente. Com relação à profundidade, as raízes apresentaram maior área e comprimento na camada de 0 a 10 cm, com valores de 49 e 52% maiores que os obtidos na camada de 10 a 20 cm.

Palavras chaves: *Ananas comosus*, gotejamento enterrado, SAFIRA® 1.1, área e comprimento de raízes.

2.1. Introdução

O abacaxi [*Ananas comosus* (L.) Merrill] é uma autêntica fruta das regiões tropicais e subtropicais, originária da América do Sul e uma das frutíferas mais cultivadas no Brasil. Pertencente à família Bromeliaceae, o abacaxizeiro é uma planta com metabolismo ácido das crassuláceas (CAM), sendo uma estratégia de sobrevivência à seca e não necessariamente para alta produtividade. Por outro lado, em consequência da irrigação, ocorre uma resposta expressiva na produção de matéria seca (LÜTTGE, 2010).

A participação do Brasil no mercado de frutas tropicais vem aumentando significativamente, apresentando crescimento contínuo, tornando o Brasil o terceiro produtor mundial, atrás apenas da China e da Índia que, juntos, respondem por 43,6% do total mundial. No mundo, os principais países produtores de abacaxi são a Tailândia, respondendo por 12,3 % do total produzido em 2011, Brasil 10,8% e Costa Rica 10,4%. No Brasil, os maiores estados produtores foram a Paraíba, Pará e Minas Gerais, com 17,52; 17,16 e 14,50% da produção em 2011 (FAO, 2013).

A produção de abacaxi, tanto para o Brasil, quanto para Minas Gerais, é muito importante, pois abastece o mercado interno e externo, gerando economia principalmente para o agricultor familiar. Em 2011 Minas Gerais contou com área de aproximadamente 7.810 hectares colhidos com abacaxi, tendo produção estimada de 228.703 mil frutos e rendimento de 29.283 frutos por hectare. Nesse estado, a produção se concentra na região do Triângulo, que responde por mais de 90% da produção, com sistema de sequeiro e irrigado (IBGE, 2011).

A irrigação do abacaxizeiro facilita o manejo cultural, permitindo conduzir a produção para períodos de entressafra, tornar mais uniforme a oferta de abacaxi ao longo do ano, facilitando a conquista e manutenção de novos mercados com preços mais favoráveis dos frutos, possibilita plantios adensados e, como consequência positiva, o aumento da produtividade e frutos com melhor padrão e qualidade (BENGOZI et al., 2007; SOUZA et al., 2007).

Para as regiões semiáridas e do cerrado, em que há maior irregularidade na distribuição das chuvas e diminuição da disponibilidade de água nas nascentes, rios

e represas no período seco, o cultivo do abacaxi irrigado sob gotejamento pode ser uma alternativa para projetos irrigados.

O conhecimento sobre a quantidade e distribuição do sistema radicular é útil na produção agrícola para fornecer informações sobre localização de adubos, espaçamento, manejo do solo, irrigação, crescimento e frutificação das espécies vegetais, sendo um fato incontestável por ser este órgão a sede de alguns dos principais processos metabólicos que atuam no funcionamento geral da planta (CINTRA et al., 1999), o que torna imprescindível a realização de estudos para melhoria do nível de produtividade dessa cultura (FRACARO e PEREIRA, 2004).

Normalmente, os estudos do sistema radicular das culturas são voltados para as condições de sequeiro, quando não são direcionados para irrigação por aspersão. Na irrigação localizada, como gotejamento, apenas o conhecimento da profundidade efetiva do sistema radicular não é suficiente para inferir as zonas de absorção de água e nutrientes, uma vez que a geometria de distribuição de água no solo nesse tipo de irrigação é de caráter multidimensional, diferindo do caráter unidimensional da irrigação por aspersão. Assim, é importante conhecer o desenvolvimento do sistema radicular das culturas irrigadas por gotejamento superficial e subsuperficial (Coelho et al., 2005).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade, área e comprimento radicular do abacaxizeiro cv. Smooth Cayenne em relação ao posicionamento superficial e subsuperficial das linhas de gotejadores e cinco lâminas de irrigação.

2.2. Material e Métodos

O trabalho foi conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), localizado no município de Uberaba – MG, situado a 19°39' S e 47°57' W e 790 m acima do nível do mar, no período de novembro/2010 a dezembro/2011. Nesse local o clima é tropical quente, classificado como AW, segundo a classificação de Köppen, apresentando inverno frio e seco, com pluviosidade média anual de 1600 mm, temperatura média anual de 22,6 °C e umidade relativa média de 68%.

O solo é um Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 2006), textura franco-argilo-arenosa, relevo suave ondulado com as seguintes características na camada arável (0–20 cm): 200 g kg⁻¹ de argila, 720 g kg⁻¹ de areia e 80 g kg⁻¹ de silte, pH H₂O (1 : 2,5) 6,3; 11,7 mg dm⁻³ de P (Mehlich); 55 mg dm⁻³ de K; 1,5 cmolc dm⁻³ de Ca²⁺; 0,9 cmolc dm⁻³ de Mg²⁺; 2,1 cmolc dm⁻³ de H+Al e 1,4 dag kg⁻¹ de matéria orgânica. A densidade média do solo para as camadas de 0-20 e 20-40 cm, obtida pelo método do cilindro de Uhlend, forneceu valores de 1,15 e 1,2 kg dm⁻³, respectivamente. A umidade correspondente à capacidade de campo foi de 0,23 cm³ cm⁻³ (potencial mátrico de água no solo médio de 13 kPa na camada de 0-20 cm) e porosidade de 51%.

O solo foi preparado de forma convencional (uma aração a 30 cm de profundidade, seguida de duas gradagens) e o plantio feito manualmente em novembro de 2010. Foram utilizadas mudas da cultivar Smooth cayenne do tipo rebentão, pesando aproximadamente 600 g e altura entre 30 cm a 40 cm. Todas as mudas passaram por tratamento em solução aquosa de fungicida Thiophanate methyl (100 g p.c. /100 L de água) e mais inseticida Midacloprido (30 g p. c. /100 L água), como medida preventiva contra o fungo *Fusarium subglutinans* (fusariose) e *Dysmicoccus brevipes* (cochonilha). Durante o ciclo da cultura foram realizadas 10 adubações, sendo três em cobertura (aplicadas nas axilas das folhas mais velhas), quatro via fertirrigação (com ureia e cloreto de potássio) e mais três adubações foliares com formulações contendo N, K, Ca, Mg, Zn, Fe, S, B aos 6, 8 e 12 meses após plantio. Foram aplicadas doses totais de 10 g de N e 14 g de K₂O por planta, conforme

recomendações para a cultura no Estado (Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999). O primeiro controle das plantas invasoras foi realizado logo após o plantio, aplicando-se $3,0 \text{ kg ha}^{-1}$ do herbicida Diuron e a segunda aplicação aos três meses após plantio com dose de $2,0 \text{ kg ha}^{-1}$ do mesmo herbicida. Além da utilização do controle químico, foram realizadas quatro capinas manuais.

A indução floral foi realizada aos 265 dias após plantio, no final da tarde, utilizando Etefom na dosagem de $1 \text{ L } 1000 \text{ L}^{-1}$ de água, sendo aplicados 30 mL da solução na roseta foliar de cada planta mais adição de ureia (2%) com um pulverizador costal, visando à uniformização da floração. Os frutos foram cobertos por folhas de jornal em setembro de 2011, com objetivo de evitar queimaduras nas cascas causadas por insolação e a colheita foi realizada no dia 20 de dezembro de 2011.

A parcela experimental (Figura 1) foi constituída de fileiras duplas, com 4 m de comprimento, 2,8 m de largura e com densidade de 53 plantas por parcela. Foram utilizadas 20 plantas como plantas úteis (coleta de dados). No plantio foi usado o espaçamento de $0,9 \times 0,5 \times 0,3 \text{ m}$, totalizando 47.143 plantas por hectare.

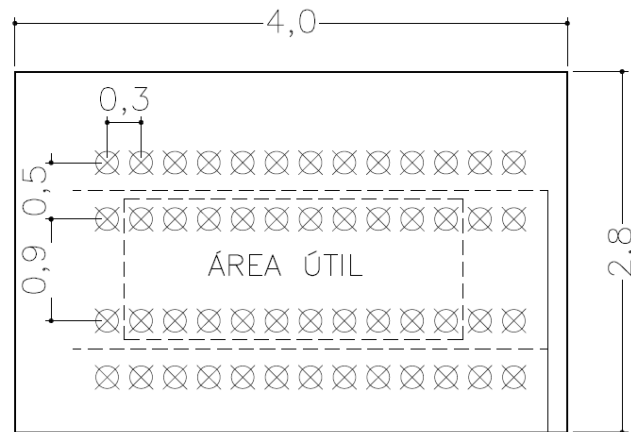


Figura 1. Croqui da parcela experimental com dimensões em m.

O experimento para quantificação do efeito das lâminas na produtividade da cultura foi conduzido no delineamento em blocos casualizados (DBC), esquema fatorial 5×2 , constituído por cinco lâminas de irrigação $L1 = 25\%$, $L2 = 50\%$, $L3 = 75\%$, $L4 = 100\%$ e $L5 = 125\%$ da reposição da evapotranspiração da cultura (ET_c) e duas posições de instalação do tubogotejador (superficial e subsuperficial, a 10 cm de profundidade), com 4 repetições. As lâminas foram aplicadas por meio de um sistema de irrigação por gotejamento, com emissores autocompensantes NaanPC com tubos

de 16 mm de diâmetro, espaçados a cada 30 cm, vazão de 3,75 L h⁻¹, pressão de serviço de 10 a 35 mca. O tubogotejador foi instalado a 0,25 m em relação à fileira de plantas, com base em recomendação de Goldberg et al. (1976).

O bombeamento foi realizado com um conjunto motobomba de 3 cv, com sistema de filtragem composto por um filtro de areia, com areia de quartzo arestado de granulometria de 1 a 2 mm e um de disco com seção de passagem de 120 mesh (130 µm). O controle do tempo da irrigação foi feito por meio de um controlador com 9 estações e válvula plástica 3/4", de comando elétrico e solenoide de duas vias com controle para abertura manual.

O manejo da irrigação foi realizado com intervalos entre irrigações a cada 3 dias, de forma a repor a evapotranspiração da cultura (ET_c). Para o cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o) foi utilizado método de Penman-Monteith, parametrizado pela FAO 56, expresso pela equação 1 (Allen et al., 1998):

$$ET_o = \frac{0,408 \cdot \Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{273 + T_m} \cdot u_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 - 0,34 \cdot u_2)} \quad (1)$$

em que:

ET_o - Evapotranspiração de referência, mm dia⁻¹;

Δ - Declividade da curva de pressão de vapor no ponto de T_m, kPa °C⁻¹;

R_n - Radiação líquida, MJ m⁻² dia⁻¹;

γ - Constante psicrométrica, kPa °C⁻¹.

G - Densidade do fluxo de calor no solo, MJ m⁻² dia⁻¹;

u₂ - Velocidade do vento média diária a 2 m de altura, m s⁻¹;

T_m - Temperatura média diária do ar a 2 m de altura, °C;

e_s - Pressão de saturação de vapor média diária, kPa;

e_a - Pressão atual de vapor média diária, kPa;

e_s-e_a - Déficit de saturação de vapor média diária, kPa.

A determinação da evapotranspiração da cultura (ET_c) foi realizada empregando-se a equação: ET_c = K_c ET_o K_r, em que: ET_c = evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹); K_c = coeficiente de cultivo, adimensional; ET_o = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); K_r = coeficiente de redução da evapotranspiração, adimensional, O K_r pode ser calculado pela seguinte equação, proposta por KELLER e KARMELI (1974), K_r = PAM/0,85; PAM = percentagem de área molhada (decimal),

o valor foi de 43%. O monitoramento, dos níveis de umidade no solo, foi realizado por meio de baterias de tensiômetros (tensímetro de punção) instaladas a 0,10 e 0,30 m de profundidade, em dez parcelas experimentais (cinco em cada forma de irrigação).

Durante o ciclo da cultura, de acordo com o estágio de desenvolvimento, foi utilizado o coeficiente de cultivo (K_c) conforme Figura 2, inicial de 0,4 do plantio até aos 54 dias, do 55º a 205º dia (estádio de desenvolvimento vegetativo) foi acrescido 0,004 diariamente ao valor do K_c , do 206º ao 296º dia (estádio intermediário de produção) foi acrescido 0,002222 diariamente ao valor do K_c , do 297º ao 357º dia (estádio intermediário final de produção) foi realizado um decréscimo de 0,002222 diariamente no valor do K_c e do 358º ao 418º dia (estádio final de maturação), foi realizado decréscimo de 0,00869 diariamente no valor do K_c , conforme o indicado por Allen et al. (1998).

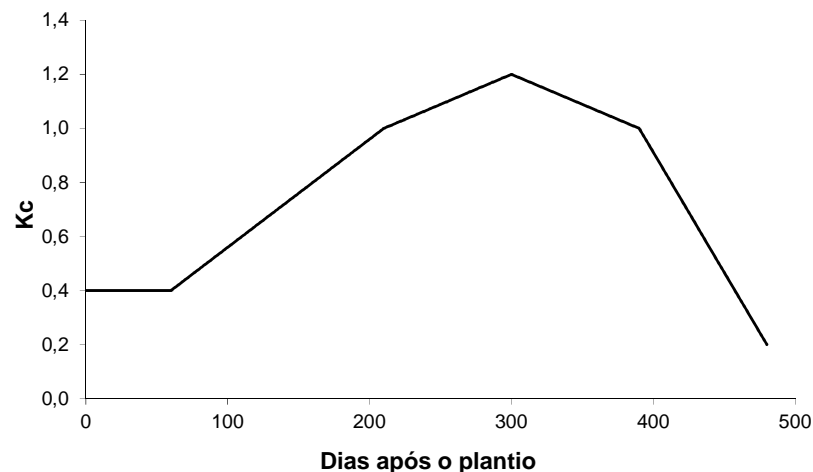


Figura 2. Curva do coeficiente de cultivo (K_c) do abacaxizeiro.

Fonte: FAO (2006, Boletim 56) – Adaptado

Próximo à área experimental foi instalada uma estação meteorológica automática, com sensores de velocidade do vento, precipitação pluvial, umidade relativa do ar, temperatura e radiação solar; a coleta diária dos dados foi realizada às 9 h. A produtividade foi calculada por meio do peso médio dos frutos com coroa multiplicando pela densidade de plantio.

O sistema radicular das plantas foi estudado, ao final do experimento após colheita dos frutos, pelo método da trincheira ou perfil (Böhm, 1979), com cinco repetições (trincheiras) ao acaso, para cada tratamento (posição do tubogotejador). As trincheiras, com 0,4 m de comprimento e 0,2 m de profundidade, foram abertas a partir de 0,10 m do caule da planta avaliada, na direção longitudinal à linha de plantio, para evitar danos ao sistema de irrigação, que tem linhas laterais enterradas (Figura 3).

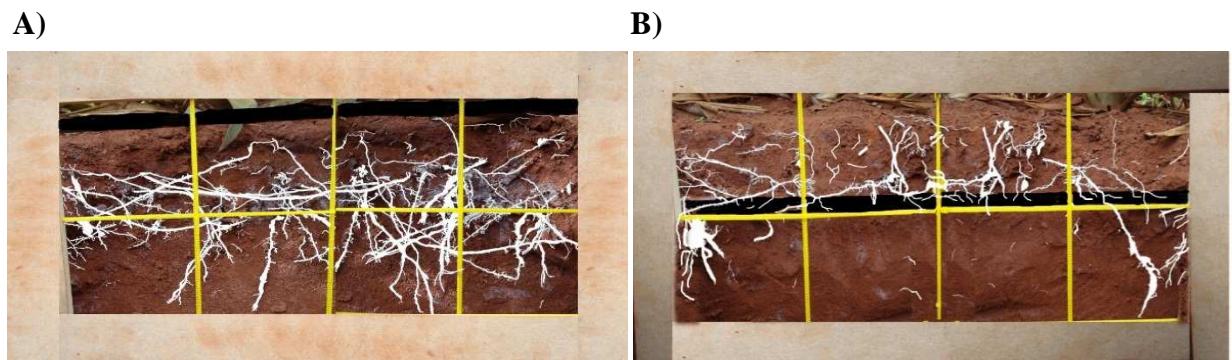


Figura 3. Trincheiras e quadrículas, indicando as posições de coleta de imagens do sistema radicular no sistema de irrigação superficial (A) e subsuperficial (B).

Após a abertura das trincheiras, as paredes dos perfis foram aplainadas, e as raízes foram expostas com escarificador para retirar a camada mais superficial do solo (em torno de 3 cm). Posteriormente, as raízes foram coloridas com tinta spray de látex branca, com a finalidade de se obter maior contraste entre o solo e as raízes. A delimitação da área fotografada foi feita com o auxílio de um quadro reticulado de madeira, dividida por fios de nylon em quadrículas de 10 x 10 cm (Cintra & Neves, 1996).

As imagens de cada quadrícula foram obtidas com câmera digital de resolução de 1024 x 768 pixels, sendo posteriormente analisadas pelo software SAFIRA 1.1 – Sistema de Análise de Fibras e Raízes, desenvolvido pela Embrapa Instrumentação Agropecuária, de São Carlos, SP (JORGE e RODRIGUES, 2008). Posteriormente, as imagens foram processadas para determinações de área (cm²) e comprimento (m) das raízes em cada quadrícula.

Para a avaliação do sistema radicular o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 2 x 2, constituído por duas

posições do tubogotejador (superficial e subsuperficial – 0,1 m) e duas profundidades de solo (0,00-0,10 e 0,10-0,20 m), com cinco repetições (trincheiras).

As avaliações foram submetidas à análise de variância, seguindo-se o esquema fatorial adotado, tendo as médias sido comparadas pelo teste de Tukey a 1 e 5% de probabilidade. O programa utilizado foi AgroEstat - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaio Agrônomicos, versão 1 (BARBOSA E MALDONADO JUNIOR, 2010).

2.3. Resultados e discussão

No período avaliado, os valores médios de temperatura máxima e mínima foram de 35,9 °C e 9,8 °C, respectivamente, enquanto que a máxima umidade relativa do ar atingiu 98,5% e a mínima 27,6% (Figura 4).

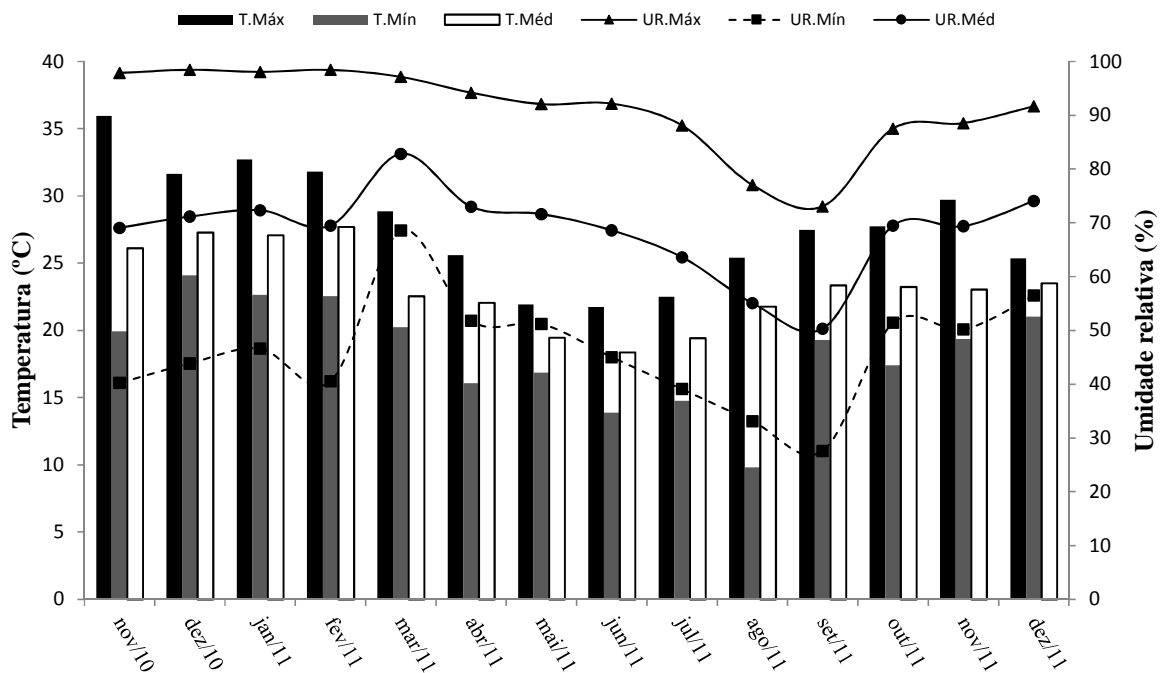


Figura 4. Temperatura e umidade relativa na Estação Meteorológica do IFTM, campus Uberaba-MG, 2011.

Os valores de precipitação, lâmina de água aplicada e evapotranspirada pela cultura da abacaxizeiro (ETc) durante a condução do experimento podem ser observados na Figura 5.

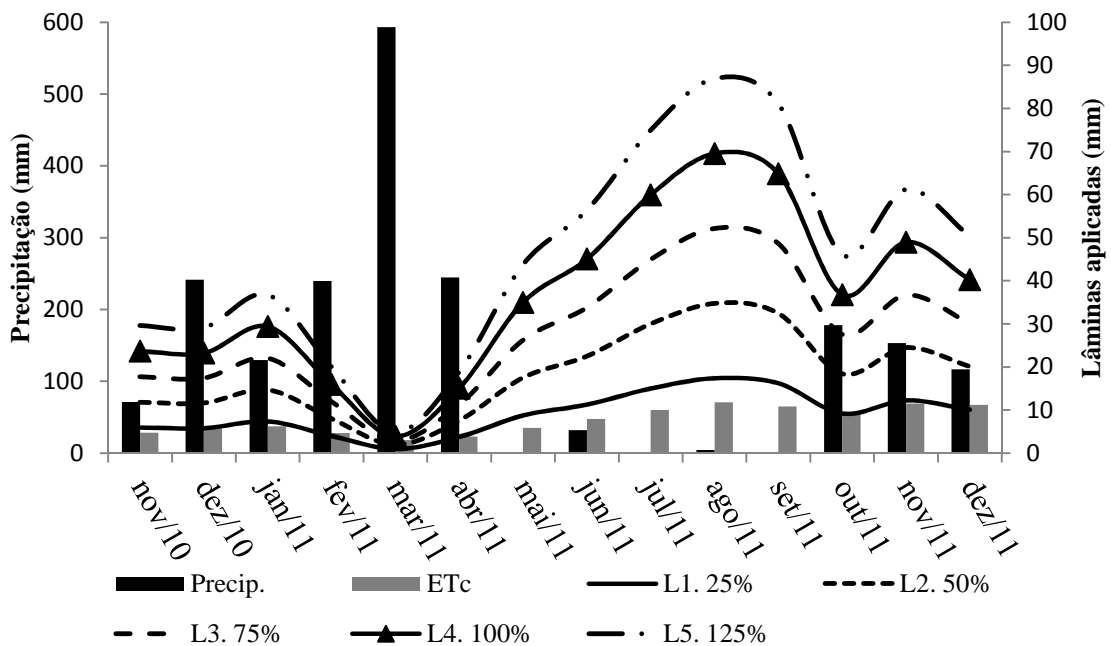


Figura 5. Precipitação, evapotranspiração e lâminas totais no período de condução do experimento obtidas na Estação Meteorológica do IFTM, campus Uberaba-MG.

A precipitação total durante o ciclo de cultivo foi de aproximadamente 2004 mm e a evapotranspiração total da cultura ETc foi de 512 mm. As lâminas totais de reposição de água no solo foram (L1 = 128; L2 = 256; L3 = 384; L4 = 512 e L5 = 640 mm).

A precipitação total foi maior do que as lâminas de irrigação nos seis meses iniciais de estabelecimento da cultura (novembro de 2010 a abril de 2011) e a partir de outubro de 2011 (estádio intermediário final de produção e estágio final de maturação). Verifica-se que a ETc foi superior à precipitação nos meses de maio até setembro (estádio intermediário de produção) (Figura 5), época em que as plantas encontravam-se no estágio final desenvolvimento vegetativo e iniciando o estágio intermediário de produção que ocorreu na primeira quinzena de julho.

Na Figura 6 encontram-se os valores médios de tensões da água no solo (kPa). Maiores valores de tensão da água no solo foram verificados a partir dos 160 dias após o plantio (DAP) tanto nas parcelas irrigadas com tubulação superficial quanto em tubulação enterrada. Em maiores profundidades (0,30 m) as tensões verificadas foram, em média, superiores às tensões registradas a 0,1 m. O enterrio dos gotejadores a 0,1 m fez com que a camada de (0 – 20 cm) do solo ficasse mais úmida

que a camada de (20 – 40 cm), favorecendo a conservação da umidade do solo nesse mesmo nível em relação à irrigação superficial.

Ainda, de 0 - 0,20 m de profundidade, é verificado que a irrigação subsuperficial passou a apresentar valores de tensão abaixo da umidade capacidade de campo (CC) (13 Kpa), possibilitando maior umedecimento superficial, pelo menos próximo aos gotejadores e conseqüente redução de oxigênio no solo e menor desenvolvimento do sistema radicular.

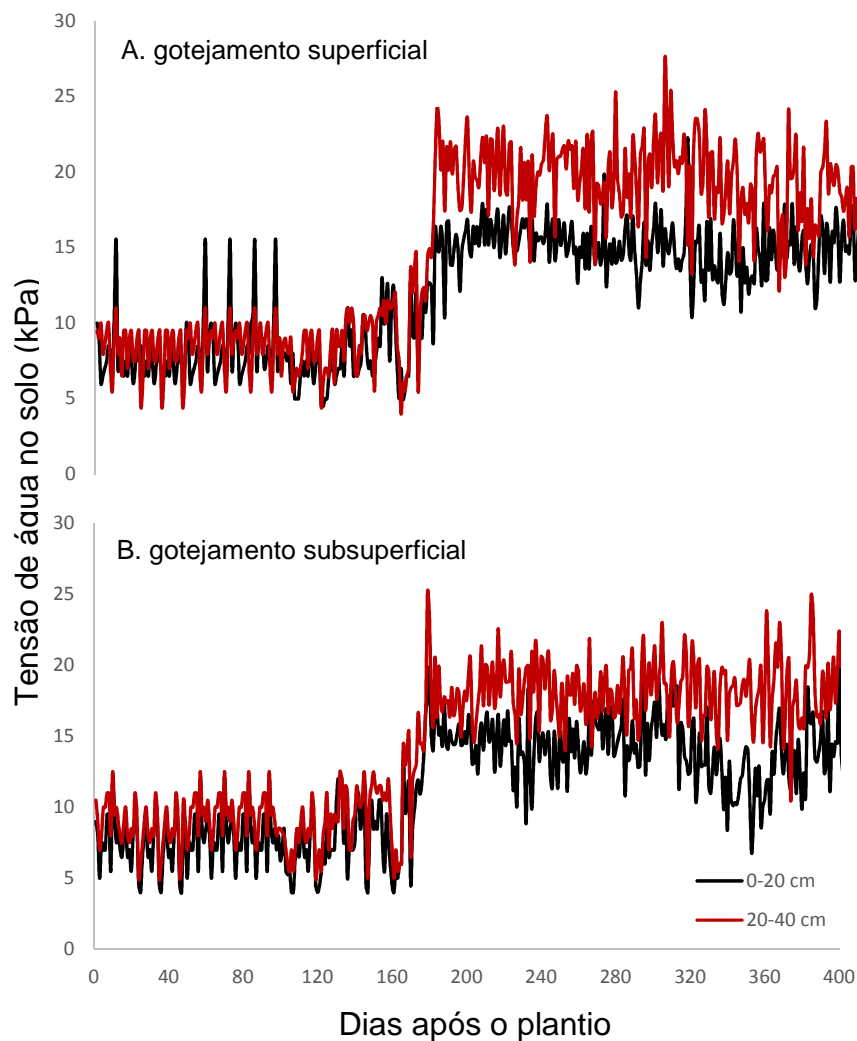


Figura 6. Tensão de água no solo (kPa) para gotejamento superficial (A) e subsuperficial (B)

Verificou-se na análise de variância (Tabela 1), a não significância da influência das lâminas de água aplicada na produtividade a 5% de probabilidade pelo teste F.

Resultados semelhantes foram encontrados por Souza et al. (2009) e Souza et al. (2010) estudando lâminas de reposição de irrigação por aspersão convencional na cultura do abacaxizeiro Smooth Cayenne, em Uberaba-MG, observando-se que a reposição de 100% e 120% da ETc não alterou na produtividade dos frutos. Em experimento realizado no Triângulo Mineiro, utilizando sistema de irrigação por gotejamento, Souza et al. (2012) não encontraram diferença significativa de produtividade do abacaxizeiro Smooth Cayenne entre as quatro lâminas de água aplicadas.

Tabela 1. Análise de variância e teste de médias para a produtividade em função da lâmina e posição de instalação do tubogotejador.

Fator de variação	GL	Produtividade ¹ (t ha ⁻¹)	Lâmina (%)	Produtividade (t ha ⁻¹)	Posição do Tubogotejador	Produtividade (t ha ⁻¹)
Lâmina (L)	4	1,18 ^{NS}	25	80,88 a	Superficial	80,00 a
Posição (P)	1	7,38*	50	76,07 a	Subsuperficial	73,87 b
L x P	4	1,74 ^{NS}	75	77,31 a		
Blocos	3	0,20 ^{NS}	100	74,55 a		
Erro	27	-	125	77,11 a		
Cv (%)		4,81				
Média Geral		77,42				

⁽¹⁾ valor de F, Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, dentro da mesma avaliação, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ^{NS} não significativo, * e ** representam significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo Teste de Tukey e Cv: coeficiente de variação.

A explicação para a não ocorrência de produtividades diferentes é que, durante a realização do experimento, as plantas não passaram por períodos de déficit hídrico. A produtividade média geral obtida, de 77,42 t ha⁻¹ foi 193 e 164% superior à média de produtividade nacional e de Minas Gerais, que em 2011 foi de 26,43 e 29,28 t ha⁻¹, respectivamente, segundo o IBGE (2011), mostrando que tecnicamente pode-se aumentar a produtividade brasileira de abacaxi, resultando maior retorno econômico ao produtor rural com uso eficiente da água.

O valor de produtividade média geral obtida no experimento foi de 77,42 t ha⁻¹; quando comparado a outros trabalhos realizados em áreas irrigadas, foi superior, a 57,0 t ha⁻¹ obtidas por Souza et al. (2007) utilizando sistema por aspersão móvel na Paraíba, a 43,7 t ha⁻¹ e inferior a 82 t ha⁻¹ com população de 71.429 plantas ha⁻¹ na reposição de 100% da ETc e superior a 42,6 e 74,2 t ha⁻¹ na reposição de 120% da ETc observados por Souza et al. (2009) em Uberaba-MG, a 22,54 t ha⁻¹ obtidas por Franco (2010), com diferentes lâminas de irrigação em Janaúba-MG, a 61,5 t ha⁻¹ obtidas por Souza et al. (2010) e semelhante a 77,2 t ha⁻¹ obtidas por Melo et al. (2006), com lâmina de irrigação de 356,4 mm ano⁻¹ e população de 55.555 plantas ha⁻¹, as 77,40 t ha⁻¹ utilizando sistema de irrigação por gotejamento em Uberaba-MG (Souza et al., 2012).

A produção obtida neste experimento foi o dobro da registrada por Granada et al. (2004), que variou de 30,0 a 35,0 t ha⁻¹, superior aos 55,2 t ha⁻¹ obtidas por Melo et al. (2004), com aproximadamente a mesma população de plantas. Entretanto, esses estudos foram conduzidos em áreas de sequeiro em outras regiões do país. A produtividade observada na região em que o presente estudo foi conduzido se deve principalmente às condições climáticas terem sido consideradas ideais à produção do abacaxi, com irrigação no período de estiagem que, apresentou cinco meses sem precipitação significativa. Neste caso, para as condições edafoclimáticas em que o experimento foi realizado, pode-se recomendar a menor lâmina (25% da reposição da ETc) que corresponde a 128 mm, sem redução na produtividade, que foi 80,88 t ha⁻¹, maior valor entre todas lâminas aplicadas. Essa lâmina possibilita fazer uso do recurso água com maior racionalidade e eficiência na irrigação localizada.

Quanto à posição de instalação do tubogotejador, a irrigação por gotejamento superficial apresentou diferença significativa, obtendo produtividade maior que o tratamento subsuperficial (Tabela 1).

No sistema de gotejamento superficial, o sistema radicular desenvolveu-se em relação a área, comprimento e profundidade de raízes, apresentando diferença significativa em relação ao gotejamento subsuperficial (Tabela 2). Verifica-se maior área de raízes na irrigação superficial com 116,78 cm², valor 53% maior ao obtido com gotejamento enterrado (62,30 cm²). O comprimento de raízes no gotejamento superficial foi 54% maior que o obtido com o gotejamento enterrado.

Tabela 2. Área e comprimento médio de raízes em 0,08 m², nas profundidades de 0 a 10 cm (0,04 m²) e 10 a 20 cm (0,04 m²) em função da posição de instalação do tubogotejador.

Fonte de variação	Área de raízes (cm ²)	Comprimento de raízes (m)	Posição do gotejador	Área de raízes (cm ²)	Comprimento de raízes (m)
Posição do gotejador (PG)	65,24**	49,22**	Superficial	116,78 a	2,76 a
Profundidade (P)	83,38**	53,76**	Subsuperficial	62,30 b	1,48 b
PG x P	0,69 ^{NS}	0,33 ^{NS}	Profundidade		
Cv (%)	16,84	19,34	0-10	120,33 a	2,79 a
Média Geral	84,94	2,00	10-20	58,74 b	1,45 b

⁽¹⁾ valor de F, Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, dentro da mesma avaliação, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ^{NS} não significativo, * e ** representam significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo Teste de Tukey e Cv: coeficiente de variação.

Devido ao fato de a irrigação por gotejamento subsuperficial aplicar a água diretamente na zona radicular, a área e comprimento de raízes observadas na região perto do emissor foram menores, o que pode ser atribuído à redução de oxigênio no solo, fornecida pela aplicação do excedente de lâmina, e em virtude das características do sistema radicular do abacaxizeiro, cujas raízes se concentram, predominantemente, entre 10 a 20 cm da superfície do solo, abrangendo a posição de instalação do tubogotejador. Sendo o abacaxizeiro muito sensível ao encharcamento do solo, isso ocorreu prejudicando o desenvolvimento do sistema radicular, resultando numa produtividade 6,13 t ha⁻¹ menor que a obtida com irrigação superficial (Tabela 1). Levando em consideração que o sistema radicular do abacaxizeiro é fasciculado, e sendo a distribuição de água no solo mais uniforme no gotejamento superficial a concentração de raízes estendeu-se mais horizontalmente do que em profundidade apresentando maior área e comprimento de raízes na camada superficial do solo (0- 10 cm).

Analisando os tratamentos com irrigação subsuperficial (Tabela 2), percebe-se que a tendência de expansão horizontal e em profundidade não se confirmou, pois os valores de área e comprimento de raízes nesses tratamentos foram sempre menores do que o tratamento superficial. Sob o gotejo subsuperficial, a conservação da umidade na camada superficial do solo proporcionou o encharcamento por mais

tempo próximo ao emissor, limitando fluxo de oxigênio para as raízes. De acordo com Klepper (1991), em condições de excesso de água, culturas como abacaxizeiro prejudicam seu crescimento pois, a taxa de difusão de oxigênio e o teor de água no solo limita o crescimento radicular, principalmente em profundidade.

Com relação à profundidade, as raízes apresentaram maior área e comprimento na camada de 0 a 10 cm, com valores de 49 e 52% maiores que os obtidos na camada de 10 a 20 cm. Isto pode ser explicado pela distribuição de água gerada pelo gotejador enterrado a 10 cm, reforçando o fato de as raízes do abacaxizeiro não tolerarem região com maior umidade, causando asfixia do sistema radicular e reduzindo assim o seu crescimento (Tabela 2).

A análise dos resultados, para a irrigação superficial e subsuperficial, tanto para o comprimento de raízes quanto para a área de raízes ao longo do perfil, permite constatar que, nas condições do presente experimento, o sistema radicular do abacaxizeiro é muito superficial (66 a 67% das raízes concentram-se nos primeiros 10 cm de solo). Portanto, boas condições de aeração e de drenagem são requisitos básicos para o desenvolvimento do abacaxizeiro irrigado por gotejamento superficial ou subsuperficial, favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular.

2.4. Conclusões

1. Utilizando lâminas de reposição de 25 a 125% da evapotranspiração da cultura, não houve diferença de produtividade entre esses tratamentos.
2. A irrigação por gotejamento superficial promove maior desenvolvimento de raízes e produtividade da cultura do abacaxi, comparada à irrigação por gotejamento subsuperficial.

2.5. Referências

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.P.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma, FAO, 1998, (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56), 300 p.1998.

BARBOSA, J.C.; MALDONADO JUNIOR, W. AgroEstat – **Sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos**, versão 1. Jaboticabal: FCAV – UNESP, 2010.

BENGOZI, F.J.; SAMPAIO, A.C.; GUTIERREZ, A.D. de S.; RODRIGUES, V.M.; PALLAMIN, M.L. Qualidades físicas e químicas do abacaxi comercializado na Ceagesp - São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, p.540-545, 2007.

BÖHM, W. Methods of studying root systems. Berlin: **Springer-Verlag**, 188p.1979.

CINTRA, F.L.D.; LIBARDI, P.L.; JORGE, L.A.C. Distribuição do sistema radicular de porta-enxertos de citros em ecossistema de tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal v.21, p.313-317, 1999.

CINTRA, F.L.D.; NEVES, C.S.V.J. Aspectos metodológicos do estudo do sistema radicular de plantas perenes através de imagens. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.91- 94, 1996.

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, Apr. 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452005000100047>>. Acesso em 15 Jan. 2014. .

CFSEMG (Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais). **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a Aproximação**. Viçosa, 359 p. 1999.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília. 2ª ed. Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Roma: **FAOSTAT Database Gateway 2013** – FAO. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>> Acesso em: 1 dez. 2013.

FRACARO, A.A.; PEREIRA, F.M. Distribuição do sistema radicular da goiabeira 'Rica' produzida a partir de estaquia herbácea. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n.1, Apr.2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452004000100049>> Acesso em 15 Jan. 2014.

FRANCO, L.R.L. **Crescimento, produção e qualidade do abacaxizeiro 'pérola' sob diferentes lâminas de irrigação por gotejamento**. 2010. p. 21- 41. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba-MG.

GOLDBERG, D.; GORNAT, B.; RIMON, D. Drip irrigation: principles design and agricultural practices. Telaviv: **Drip Irrigation Scientific Publications**, 1976. 296p.

GRANADA, G.G.; ZAMBIAZI, R.C.; MENDONÇA, C.R.B. **Abacaxi: produção, mercados e subprodutos**. Boletim do CEPPA, Curitiba, v.22, n.2, p. 405-422, jul./dez./2004.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.17, n.4 p.678-84, 1974.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro, v. 24, p. 7-8, 2011. on-line. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_est/>. Acesso em: 21 dez. 2013.

JORGE, L.A.C.; RODRIGUES, A.F.O. **Safira: sistema de análise de fibras e raízes**. São Carlos: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária, 21p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 24). 2008.

KLEPPER, B. Root-shoot relationships. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KADAFKI, V., (Eds.) **Plant roots: the hidden half**. New York: Marcel Decker, 1991. 1120 p.

LÜTTGE, U. Ability of crassulacean acid metabolism plants to overcome interacting stresses in tropical environments. **AoB PLANTS**, Darmstadt, doi:10.1093/aobpla/plq005, 2010. Disponível em: <<http://aobpla.oxfordjournals.org/content/2010/plq005.full.pdf+html>>. Acesso em: 21 dez. 2013.

MELLO, A.S.; VIÉGAS, P.R.A.; MELLO, D.L.M.F.; COSTA, L. A.S.; GÓIS, M.P.P. Rendimento, qualidade da fruta e lucratividade do abacaxizeiro cv. Pérola em diferentes espaçamentos. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n.41 p.9-222, 2004.

MELO, A.S.; NETTO, A.O.A.; NETO, J.D.; BRITO, M.E.B.; VIÉGAS, P.R.A.; MAGALHÃES, L.T.S.; FERNANDES, P. D. Desenvolvimento vegetativo, rendimento da fruta e otimização do abacaxizeiro cv. Pérola em diferentes níveis de irrigação. **Revista Ciência Rural**, v.36, n.1, p. 93-98, 2006.

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

SOUZA, C.B. de; SILVA, B.B. da; AZEVEDO, P.V. de. Crescimento e rendimento do abacaxizeiro nas condições climáticas dos Tabuleiros Costeiros do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, p.134-141, 2007.

SOUZA, O.P.; TEODORO, R.E.F.; MELO, B. de.; TORRES, J.L.R. Qualidade do fruto e produtividade do abacaxizeiro em diferentes densidades de plantio e lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, p.475-476. 2009.

SOUZA, O.P.; COUTINHO, A.C.; TORRES, J.L.R. Avaliação econômica da produção do abacaxi irrigado cv *Smooth cayenne* no Cerrado, em Uberaba-MG. **Revista Universidade Rural**, Série Ciências da Vida. Seropédica, RJ, EDUR, v.30, n.1, p. 9-10 2010.

SOUZA, O. P.; ZANINI, J. R.; TORRES, J. L. R.; BARRETO, A.C.; SOUZA, E. L. C. S. Produção e qualidade física dos frutos do abacaxi sob diferentes lâminas e frequências de irrigação. **Irriga**, v.17, p.534-546, 2012.

CAPÍTULO 3 – Qualidade do fruto e eficiência do uso da água do abacaxizeiro cv. Smooth Cayenne irrigado por gotejamento superficial e subsuperficial

RESUMO – Objetivou-se avaliar a qualidade do fruto e eficiência do uso da água do abacaxizeiro cv. Smooth Cayenne, sob cinco lâminas de irrigação e posição superficial e subsuperficial das linhas de gotejadores. O experimento foi realizado no Instituto Federal do Triângulo Mineiro, campus Uberaba, MG, constituído por cinco níveis de reposição de água (25, 50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração da cultura) e duas posições do tubogotejador: superficial e subsuperficial (10 cm de profundidade). Avaliaram-se os parâmetros: peso médio de fruto com e sem coroa (PMCC, PMSC), diâmetro médio do fruto, pedúnculo e caule (DMF, DMP e DMC), resistência do fruto com casca (RFCC) e sem casca (RFSC), rendimento de suco (RS), sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT), *ratio* e eficiência do uso de água (EUA). Para o peso médio do fruto com e sem coroa, verifica-se que não houve diferença significativa entre as lâminas de irrigação aplicadas, porém, quanto à posição de instalação do tubogotejador a irrigação por gotejamento superficial apresentou diferença significativa, obtendo peso médio de fruto com e sem coroa maior que o tratamento subsuperficial. As lâminas e posição do tubogotejador não influenciaram o DMF, DMP, DMC, RFCC, RFSC, RS, SS, pH, AT, *ratio*. A lâmina de reposição de 25% da evapotranspiração da cultura proporcionou maior eficiência do uso da água para produção de abacaxi.

Palavras chaves: *Ananas comosus*, gotejamento enterrado, manejo de irrigação, Evapotranspiração.

3.1. Introdução

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* (L.) Merrill) é originário da América do Sul, provavelmente das regiões Sul e Sudeste do Brasil, Argentina e Uruguai. (MELO et al., 2006). O Brasil é um dos grandes e tradicionais produtores de abacaxi no mundo, sendo a cultura explorada economicamente na maioria dos estados brasileiros, contribuindo na geração de renda e emprego. Segundo o IBGE (2011), no Brasil a produção está concentrada principalmente nas regiões Nordeste, Sudeste e Norte e os cultivares comerciais para consumo *in natura* mas produzido com predomínio do cultivar Pérola nos estados do Nordeste, e o Smooth Cayenne com grande importância econômica nos estados do Sudeste, especialmente em São Paulo e Minas Gerais (BENGOZI et al. 2007; SPIRONELLO, 2010).

A utilização da irrigação passou a ser frequente em abacaxizeiros, pois, além de atender às necessidades das plantas, durante as fases críticas da cultura que, concentram-se no período do crescimento vegetativo e floração, quando o déficit hídrico pode afetar o peso dos frutos e sua qualidade e conseqüentemente a produção. Devido a essas características, a irrigação possibilita dirigir a produção para períodos de entressafra, com preços mais favoráveis dos frutos tornando mais uniforme a oferta de abacaxi ao longo do ano, facilitando a conquista e manutenção de novos mercados do produto. Para as regiões semiáridas e as de cerrado, onde há maior irregularidade na distribuição das chuvas e diminuição da disponibilidade de água nas nascentes, rios e represas no período seco, o cultivo do abacaxi irrigado sob gotejamento pode ser uma alternativa para projetos agroindustriais.

Vários estudos têm relacionado o uso da irrigação localizada por gotejamento com alterações na qualidade do fruto no Triângulo Mineiro (SOUZA et al., 2009; 2010; 2011; 2012 e 2013) e em outras regiões produtoras do país (SANTANA et al., 2001; ALMEIDA et al., 2002; THÉ et al., 2003; CARVALHO et al., 2005; MELO et al. 2006; BENGOZI et al., 2007), contudo, ainda existe carência de informações em diversos temas relacionados à relação água-solo-planta em determinados locais. Neste trabalho objetivou-se avaliar a qualidade do fruto e eficiência do uso da água do

abacaxizeiro cv. Smooth Cayenne em relação ao posicionamento superficial e subsuperficial das linhas de gotejadores e cinco lâminas de irrigação.

3.2. Material e Métodos

O trabalho foi conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), localizado no município de Uberaba – MG, situado a 19°39' S e 47°57' W e 790 m acima do nível do mar, no período de novembro/2010 a dezembro/2011. Nesse local o clima é tropical quente, classificado como AW, segundo a classificação de Köppen, apresentando inverno frio e seco, com pluviosidade média anual de 1600 mm, temperatura média anual de 22,6 °C e umidade relativa média de 68%.

O solo é um Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 2006), textura franco-argilo-arenosa, relevo suave ondulado com as seguintes características na camada arável (0–20 cm): 200 g kg⁻¹ de argila, 720 g kg⁻¹ de areia e 80 g kg⁻¹ de silte, pH H₂O (1 : 2,5) 6,3; 11,7 mg dm⁻³ de P (Mehlich); 55 mg dm⁻³ de K; 1,5 cmolc dm⁻³ de Ca²⁺; 0,9 cmolc dm⁻³ de Mg²⁺; 2,1 cmolc dm⁻³ de H+Al e 1,4 dag kg⁻¹ de matéria orgânica. A densidade média do solo para as camadas de 0-20 e 20-40 cm, obtida pelo método do cilindro de Umland, forneceu valores de 1,15 e 1,2 kg dm⁻³, respectivamente. A umidade correspondente à capacidade de campo foi de 0,23 cm³ cm⁻³ (potencial mátrico de água no solo médio de 13 kPa na camada de 0-20 cm) e porosidade de 51%.

O solo foi preparado de forma convencional (uma aração a 30 cm de profundidade, seguida de duas gradagens) e o plantio feito manualmente em novembro de 2010. Foram utilizadas mudas da cultivar Smooth cayenne do tipo rebentão, pesando aproximadamente 600 g e altura entre 30 cm a 40 cm. Todas as mudas passaram por tratamento em solução aquosa de fungicida Thiophanate methyl (100 g p.c. /100 L de água) e mais inseticida Midacloprido (30 g p. c. /100 L água), como medida preventiva contra o fungo *Fusarium subglutinans* (fusariose) e *Dysmicoccus brevipes* (cochonilha). Durante o ciclo da cultura foram realizadas 10 adubações, sendo três em cobertura (aplicadas nas axilas das folhas mais velhas), quatro via fertirrigação (com ureia e cloreto de potássio) e mais três adubações foliares

com formulações contendo N, K, Ca, Mg, Zn, Fe, S, B aos 6, 8 e 12 meses após plantio. Foram aplicadas doses totais de 10 g de N e 14 g de K_2O por planta, conforme recomendações para a cultura no Estado (Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999). O primeiro controle das plantas invasoras foi realizado logo após o plantio, aplicando-se $3,0 \text{ kg ha}^{-1}$ do herbicida Diuron e a segunda aplicação aos três meses após plantio com dose de $2,0 \text{ kg ha}^{-1}$ do mesmo herbicida. Além da utilização do controle químico, foram realizadas quatro capinas manuais.

A indução floral foi realizada aos 265 dias após plantio, no final da tarde, utilizando Etefom na dosagem de $1 \text{ L } 1000 \text{ L}^{-1}$ de água, sendo aplicados 30 mL da solução na roseta foliar de cada planta mais adição de ureia (2%) com um pulverizador costal, visando à uniformização da floração. Os frutos foram cobertos por folhas de jornal em setembro de 2011, com objetivo de evitar queimaduras nas cascas causadas por insolação e a colheita foi realizada no dia 20 de dezembro de 2011.

A parcela experimental (Figura 1) foi constituída de fileiras duplas, com 4 m de comprimento, 2,8 m de largura e com densidade de 53 plantas por parcela. Foram utilizadas 20 plantas como plantas úteis (coleta de dados). No plantio foi usado o espaçamento de $0,9 \times 0,5 \times 0,3 \text{ m}$, totalizando 47.143 plantas por hectare.

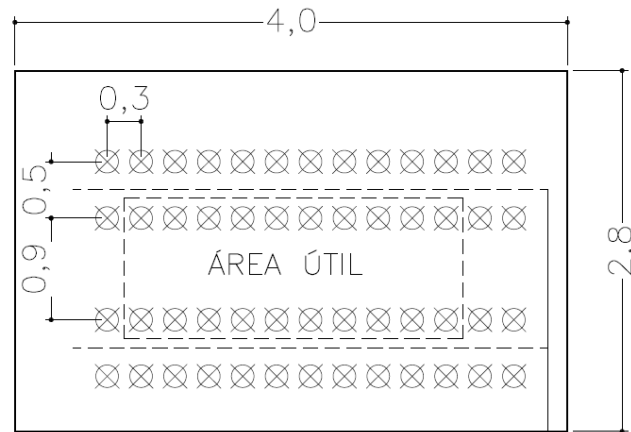


Figura 1. Croqui da parcela experimental com dimensões em m.

O experimento para quantificação do efeito das lâminas na qualidade do fruto e eficiência do uso da água foi conduzido no delineamento em blocos casualizados (DBC), esquema fatorial 5×2 , constituído por cinco lâminas de reposição de água no solo $L1 = 25\%$, $L2 = 50\%$, $L3 = 75\%$, $L4 = 100\%$ e $L5 = 125\%$ da reposição da evapotranspiração da cultura (ETc) e duas posições de instalação do tubogotejador

(superficial e subsuperficial, a 10 cm de profundidade), com 4 repetições. As lâminas foram aplicadas por meio de um sistema de irrigação por gotejamento, com emissores autocompensantes NaanPC com tubos de 16 mm de diâmetro, espaçados a cada 30 cm, vazão de 3,75 L h⁻¹, pressão de serviço de 10 a 35 mca. O tubogotejador foi instalado a 0,25 m em relação à fileira de plantas, com base em recomendação de Goldberg et al. (1976).

O bombeamento foi realizado com um conjunto motobomba de 3 cv, com sistema de filtragem composto por um filtro de areia, com areia de quartzo arestado de granulometria de 1 a 2 mm e um de disco com seção de passagem de 120 mesh (130 µm). O controle do tempo da irrigação foi feito por meio de um controlador com 9 estações e válvula plástica 3/4", de comando elétrico e solenoide de duas vias com controle para abertura manual.

O manejo da irrigação foi realizado com intervalos entre irrigações a cada 3 dias, de forma a repor a evapotranspiração da cultura (ET_c). Para o cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o) foi utilizado método de Penman-Monteith, parametrizado pela FAO 56, expresso pela equação 1 (Allen et al., 1998):

$$ET_o = \frac{0,408 \cdot \Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{273 + T_m} \cdot u_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 - 0,34 \cdot u_2)} \quad (1)$$

em que:

ET_o - Evapotranspiração de referência, mm dia⁻¹;

Δ - Declividade da curva de pressão de vapor no ponto de T_m, kPa °C⁻¹;

R_n - Radiação líquida, MJ m⁻² dia⁻¹;

γ - Constante psicrométrica, kPa °C⁻¹.

G - Densidade do fluxo de calor no solo, MJ m⁻² dia⁻¹;

u₂ - Velocidade do vento média diária a 2 m de altura, m s⁻¹;

T_m - Temperatura média diária do ar a 2 m de altura, °C;

e_s - Pressão de saturação de vapor média diária, kPa;

e_a - Pressão atual de vapor média diária, kPa;

e_s-e_a - Déficit de saturação de vapor média diária, kPa.

A determinação da evapotranspiração da cultura (ET_c) foi realizada empregando-se a equação: ET_c = K_c ET_o K_r, em que: ET_c = evapotranspiração da

cultura (mm dia^{-1}); K_c = coeficiente de cultivo, adimensional; E_{To} = evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}); K_r = coeficiente de redução da evapotranspiração, adimensional, O K_r pode ser calculado pela seguinte equação, proposta por KELLER e KARMELI (1974), $K_r = \text{PAM}/0,85$; PAM = percentagem de área molhada (decimal), o valor foi de 43%. O monitoramento, dos níveis de umidade no solo, foi realizado por meio de baterias de tensiômetros (tensímetro de punção) instaladas a 0,10 e 0,30 m de profundidade, em dez parcelas experimentais (cinco em cada forma de irrigação).

Durante o ciclo da cultura, de acordo com o estágio de desenvolvimento, foi utilizado o coeficiente de cultivo (K_c) conforme Figura 2, inicial de 0,4 do plantio até aos 54 dias, do 55º a 205º dia (estádio de desenvolvimento vegetativo) foi acrescido 0,004 diariamente ao valor do K_c , do 206º ao 296º dia (estádio intermediário de produção) foi acrescido 0,002222 diariamente ao valor do K_c , do 297º ao 357º dia (estádio intermediário final de produção) foi realizado um decréscimo de 0,002222 diariamente no valor do K_c e do 358º ao 418º dia (estádio final de maturação), foi realizado decréscimo de 0,00869 diariamente no valor do K_c , conforme o indicado por Allen et al. (1998).

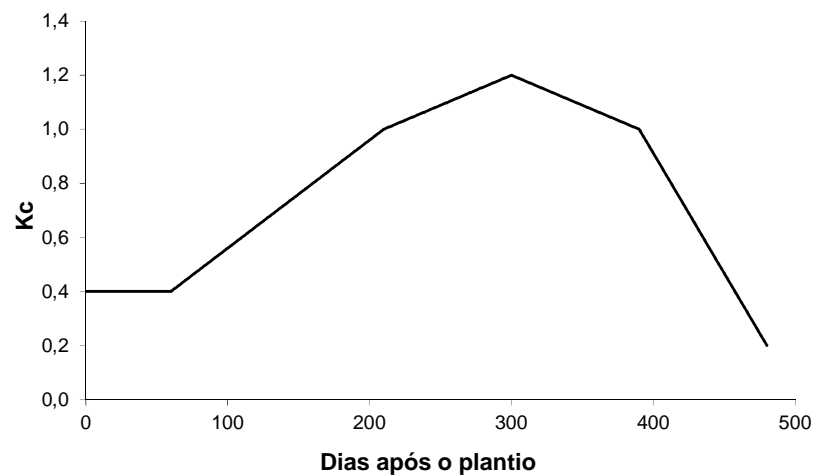


Figura 2. Curva do coeficiente de cultivo (K_c) do abacaxizeiro.

Fonte: FAO (2006, Boletim 56) – Adaptado

Próximo à área experimental foi instalada uma estação meteorológica automática, com sensores de velocidade do vento, precipitação pluvial, umidade

relativa do ar, temperatura e radiação solar; a coleta diária dos dados foi realizada às 9 h.

Os parâmetros avaliados no fruto foram:

1 - Peso médio dos frutos, determinado com o uso de balança semi-analítica com precisão de 0,001g em 10 frutos por parcela;

2- Diâmetro médio dos frutos, realizado com o uso de paquímetro digital em 10 frutos por parcela e tendo como resultado o valor médio obtido das medições da região mediana, apical e base dos frutos;

3- Diâmetro médio do pedúnculo, determinado com o uso de paquímetro digital em 10 frutos por parcela;

4- Diâmetro médio do caule: realizada com o uso de paquímetro digital em 10 plantas por parcela.

5- Resistência dos frutos com e sem casca, realizada com o aparelho penetrômetro para frutas FT 327, tendo como resultado o valor médio obtido das medições da região mediana, apical e base dos frutos, sendo expressa em kPa, utilizando 10 frutos por parcela.

6- Rendimento de suco (RS) - As determinações do rendimento de suco (RS) foram realizadas com 10 frutos por parcela sendo esses pesados. Os frutos foram descascados com faca inoxidável e colocados em despoldadeira, com capacidade para despoldar 450 kg de frutos por hora. Após o suco ter sido extraído, ele foi pesado e aferido a diferença entre os dois pesos a fim de determinar o rendimento de suco em kg e porcentagem (%).

7- Sólidos solúveis (SS)- Para determinação de sólidos solúveis totais (SST) utilizou-se um refratômetro digital REICHERT, com compensação automática de temperatura, sendo os conteúdos de SST expressos em graus Brix, realizada conforme normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 1985).

8- pH - para determinar foi utilizado o pHmetro digital PG2000, marca GEHAKA, de acordo com normas da AOAC (1994).

9- Acidez titulável (AT) – Para acidez titulável (AT) coletaram-se 10 mL de suco, ao qual foram adicionadas três gotas do indicador fenolftaleína (solução alcoólica). A seguir fez-se a titulação com solução de hidróxido de sódio 0,1N e os resultados foram

expressos em mg de ácido cítrico/100 g de suco, realizada conforme normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 1985).

10- *Ratio* - foi obtida pela divisão dos resultados dos SS pela AT (% Ácido cítrico).

11- Eficiência do uso da água (EUA) - calculada por meio da relação entre a produtividade média de frutos de cada parcela e o volume aplicado durante o ciclo conforme descrito por DOORENBOS e KASSAN (1998), utilizando a equação 2.

$$EUA = \frac{PC}{L} \quad (2)$$

Em que:

EUA - eficiência do uso da água, (kg m^{-3});

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

L - nível de água aplicado pela irrigação, ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$).

As avaliações foram submetidas à análise de variância, seguindo-se o esquema fatorial adotado, tendo as médias sido comparadas pelo teste de Tukey a 1 e 5% de probabilidade. O programa utilizado foi AgroEstat - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaio Agrônomico, versão 1 (BARBOSA E MALDONADO JUNIOR, 2010).

3.3 Resultados e discussão

No período avaliado, os valores médios de temperatura máxima e mínima foram de 35,9 °C e 9,8 °C, respectivamente, enquanto que a máxima umidade relativa do ar atingiu 98,5% e a mínima 27,6% (Figura 3).

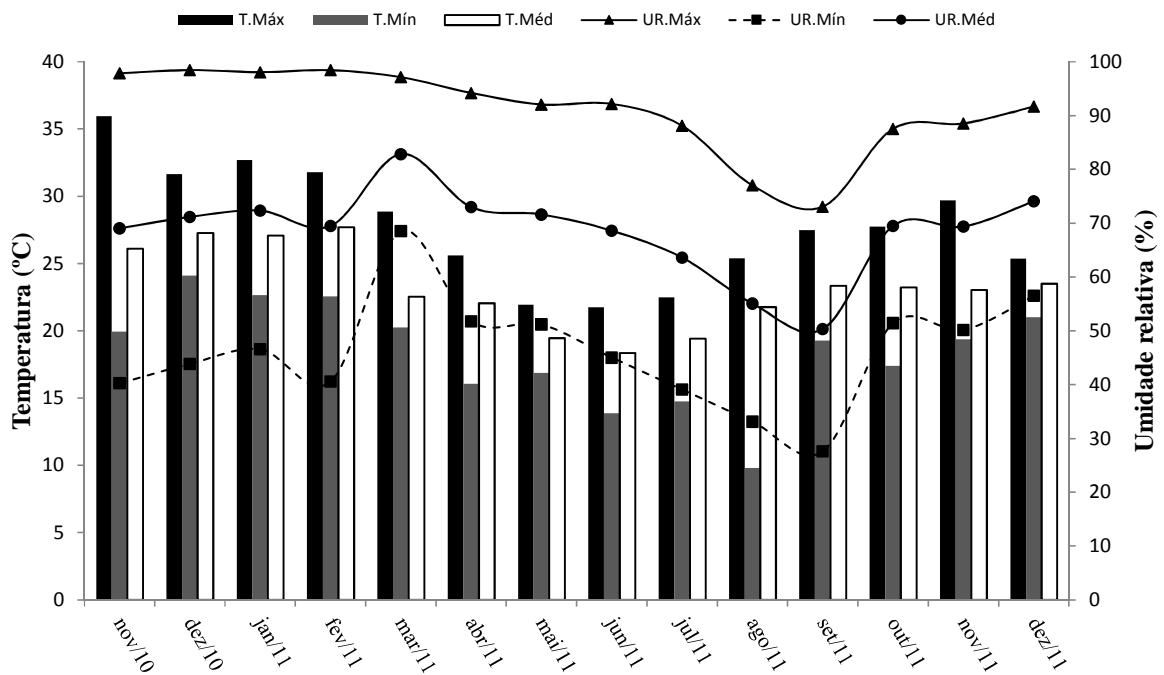


Figura 3. Temperatura e umidade relativa na Estação Meteorológica do IFTM, campus Uberaba-MG, 2011.

Os valores de precipitação, lâmina de água aplicada e evapotranspirada pela cultura da abacaxizeiro (ETc) durante a condução do experimento, podem ser observados na Tabela 1. A precipitação total durante o ciclo de cultivo foi de aproximadamente 2004 mm e a evapotranspiração total da cultura foi de 512 mm. As lâminas totais de reposição de água no solo foram (L1 = 128; L2 = 256; L3 = 384; L4 = 512 e L5 = 640 mm).

A precipitação total foi maior do que as lâminas de irrigação nos seis meses iniciais de estabelecimento da cultura (novembro de 2010 a abril de 2011) e a partir de outubro de 2011 (estádio intermediário final de produção e estágio final de maturação). Verifica-se que a ETc foi superior à precipitação nos meses de maio até setembro (estádio intermediário de produção) (Tabela 1), época em que as plantas

encontravam-se no estágio final desenvolvimento vegetativo e iniciando o estágio intermediário de produção que ocorreu na primeira quinzena de julho.

Tabela 1. Precipitação, evapotranspiração e lâminas totais aplicadas no período de condução do experimento, obtidas na Estação Meteorológica do IFTM campus Uberaba-MG, para o período de novembro/2010 a dezembro/2011.

Meses	P (mm)	ETc (mm)	L1 25%	L2 50%	L3 75%	L4 100%	L5 125%
nov/10	71,40	28,56	5,91	11,83	17,74	23,65	29,57
dez/10	241,40	37,67	5,81	11,62	17,43	23,23	29,04
jan/11	129,56	37,36	7,35	14,69	22,04	29,38	36,73
fev/11	239,91	28,19	4,00	7,99	11,99	15,99	19,98
mar/11	593,09	18,29	0,97	1,94	2,92	3,89	4,86
abr/11	244,61	23,11	3,77	7,54	11,31	15,07	18,84
mai/11	0,00	34,99	8,75	17,50	26,25	34,99	43,74
jun/11	31,85	47,41	11,26	22,53	33,79	45,05	56,32
jul/11	0,00	59,94	14,99	29,97	44,96	59,94	74,93
ago/11	4,21	70,96	17,38	34,76	52,14	69,53	86,91
set/11	0,00	64,87	16,22	32,44	48,65	64,87	81,09
out/11	178,02	55,69	9,20	18,39	27,59	36,79	45,98
nov/11	153,45	68,95	12,23	24,47	36,70	48,94	61,17
dez/11	116,89	67,34	10,06	20,12	30,18	40,24	50,30
Total	2004,39	644,34	127,89	255,79	383,68	511,58	639,47

Na Tabela 2 estão apresentados os dados obtidos com a análise de variância e valores médios das variáveis de resposta em função de cada nível de irrigação testado e posição do tubogotejador. Observa-se que não ocorreram diferenças significativas para a maioria das variáveis estudadas, com exceção da posição de instalação do tubogotejador no campo (superficial e enterrado) no peso médio de fruto com e sem coroa (PMCC, PMSC).

Tabela 2. Análise de variância para peso médio de fruto com e sem coroa (PMCC, PMSC), diâmetro médio do fruto, pedúnculo e caule (DMF, DMP e DMC), resistência do fruto com casca (RFCC) e sem casca (RFSC) do abacaxi cultivar Smooth Cayenne em cinco lâminas e duas posições do tubogotejador.

Fonte de variação	GL	F ¹						
		PMCC (kg)	PMSC (kg)	DMF (cm)	DMP (cm)	DMC (cm)	RFCC (kPa)	RFSC (kPa)
Lâmina (L)	4	1,18 ^{NS}	1,98 ^{NS}	0,61 ^{NS}	1,06 ^{NS}	2,04 ^{NS}	0,26 ^{NS}	0,29 ^{NS}
Posição (P)	1	7,38*	5,64*	3,22 ^{NS}	4,70 ^{NS}	0,11 ^{NS}	3,96 ^{NS}	2,96 ^{NS}
L x P	4	1,74 ^{NS}	1,12 ^{NS}	0,29 ^{NS}	0,88 ^{NS}	0,66 ^{NS}	2,51 ^{NS}	2,16 ^{NS}
Blocos	3	0,20 ^{NS}	0,22 ^{NS}	0,78 ^{NS}	1,09 ^{NS}	0,41 ^{NS}	1,14 ^{NS}	1,77 ^{NS}
Erro	27	0,038	0,042	0,092	0,062	0,32	0,60	0,31
Cv (%)		4,81	6,09	1,48	4,84	5,37	15	23,99
Média Geral		1,62	1,43	12,58	2,55	11,98	800	255
Posição do gotejador								
Superficial		1,64 a	1,44 a	-	-	-	-	-
Enterrado		1,55 b	1,36 b	-	-	-	-	-

⁽¹⁾ valor de F, Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, dentro da mesma avaliação, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ^{NS} não significativo, * e ** representam significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Peso médio de fruto com e sem coroa (PMCC, PMSC)

Para o peso médio do fruto com e sem coroa, verifica-se que não houve diferença significativa entre as lâminas de irrigação aplicadas. Resultados semelhantes foram encontrados por Souza et al. (2009), utilizando duas lâminas de irrigação (100% e 120% da ET_c), que verificaram a não influência das lâminas no peso médio dos frutos com e sem coroa da cultivar Smooth Cayenne.

Franco (2010), em Janaúba – MG, avaliando lâminas de irrigação aplicadas via gotejamento para a cultivar Pérola, observou que o peso médio do fruto, com e sem coroa não foi influenciado pelas lâminas de irrigação. Em experimento realizado no Triângulo Mineiro utilizando sistema de irrigação por gotejamento, Souza et al. (2012) não encontraram diferença significativa entre as quatro lâminas de água aplicadas e o peso médio de fruto com casca do abacaxizeiro Smooth Cayenne.

O peso médio de fruto com coroa foi de 1,62 Kg, superior ao peso médio de 1,56 e 1,50 kg obtido por Souza et al. (2009) e Souza et al. (2010) para a cultivar Smooth Cayenne. O peso médio obtido neste trabalho supera em 66,6% ao peso

médio obtido por Franco (2010) de 0,541 Kg e Cunha et al. (2007) que apresentaram medias de 1,31 Kg para frutos com coroa e 1,28 Kg para fruto sem coroa, em Coração de Maria – BA, para cultivar Pérola. Está dentro da faixa de 1,34 kg a 1,77 kg, destacados por Pereira et al. (2009) e igual a 1,62 kg obtido por Bezerra et al. (1981) em Pernambuco, nos Tabuleiros Costeiros e próximo a 1,64 Kg de Souza et al. (2012) em Uberaba-MG para a cultivar Smooth Cayenne.

O peso médio do fruto, obtido neste estudo (1,62 kg), foi inferior aos 1,74 kg citado por Melo et al. (2006), 1,77 kg por Souza et al. (2007) e abaixo dos 1,8 a 2,1 kg relatados por Thé et al. (2010), em áreas irrigadas; entretanto, está no limite da preferência dos mercados consumidores brasileiros, que são de frutos com peso acima de 1,50 kg e acima do mercado internacional, que exige fruto de 0,50 a 1,0 kg (SANTANA et al. 2001). Porém, Bengozi et al. (2007) destacam que no mercado brasileiro existe grande variação com relação ao peso médio dos frutos comercializados e de cultivares.

Quanto à posição de instalação do tubogotejador a irrigação por gotejamento superficial apresentou diferença significativa obtendo peso médio de fruto com e sem coroa maior que o tratamento subsuperficial (Tabela 2). Mesmo havendo diferença significativa entre o peso médio do fruto com coroa na irrigação por gotejamento superficial com 1,64 kg fruto⁻¹ e 1,55 kg fruto⁻¹ na irrigação por gotejamento enterrado, os valores adotados no Brasil para a classificação do abacaxi por peso separa-os em seis categorias, partindo dos mais leves (classe 1), com peso igual a 0,9 kg até 1,2 kg, aos mais pesados, com peso superior a 2,4 kg (classe 6). Segundo essa classificação os frutos desta pesquisa enquadram-se dentro da categoria 3, com peso entre 1,5 até 1,8 kg.

Diâmetro médio do fruto (DMF)

O diâmetro médio dos frutos (DMF), observado neste estudo, foi de 12,58 cm (Tabela 1), que é maior que os 8,8 cm encontrados por Franco (2010), com a cultivar Pérola e que a faixa de 9,8 a 10,5 cm por Pereira et al. (2009) com a cultivar Pérola e próximo aos 12,3 cm encontrados por Cunha et al. (2007), para a cultivar Gold, aos 12,40 cm encontrados por Souza et al. (2009) e aos 12,81 cm Souza et al. (2010).

Diâmetro médio pedúnculo (DMP)

Não houve diferença significativa entre as lâminas de água de irrigação quanto ao diâmetro médio do pedúnculo (DMP), os resultados assemelham aos de Souza et al. (2009) e Franco (2010), que avaliou lâminas de irrigação por gotejamento em abacaxizeiro cultivar Smooth Cayenne e Pérola não obtendo diferença significativa. O diâmetro de 2,55 cm é superior aos 2,34 cm observados por Souza et al. (2009) e inferior ao diâmetro de 5,7 cm de Franco (2010), que pode ter tido interferência do estágio de maturação dos frutos. Essa constatação está diretamente relacionada à competitividade das plantas por luminosidade e nutrientes por existir a mesma densidade em todos os tratamentos.

Diâmetro médio do caule (DMC)

Para o diâmetro médio do caule (DMC) não houve resposta das lâminas e posição do tubogotejador de reposição aos 255 dias após o plantio (Tabela 2). Resposta semelhante foi encontrada por Souza et al. (2007), os quais observaram que o DMC alcançou o maior valor aos 308 dias após o plantio com 5,5 cm e que a partir desse valor manteve-se constante. O diâmetro médio geral de 11,98 cm difere do diâmetro médio de 3,5 cm e 7 cm apresentados por Collins (1960) e Py et al. (1984) com a cultivar Smooth Cayenne.

Resistência do fruto com casca (RFCC) e sem casca (RFSC)

A resistência dos frutos, com e sem casca (RFCC e RFSC) não foi influenciada pelas lâminas de águas aplicada (Tabela 1). Este resultado para esta variável qualitativa, é positivo pois, normalmente o aumento das lâminas induz a frutos menos firmes e mais susceptíveis a danos mecânicos, por ocasião do transporte a granel, causando prejuízos para sua comercialização e industrialização (PINHEIRO et al., 2005).

Em trabalho realizado por Souza et al. (2012), no Triângulo Mineiro, a resistência dos frutos com casca (RFCC) foi negativamente influenciada pelo aumento nas lâminas de reposição da evapotranspiração da cultura, pois seu aumento tornou mais tenro e, portanto, mais susceptíveis aos danos mecânicos. Souza et al. (2009) obtiveram resultados semelhantes quando aumentaram a lâmina da ETc de 100% para 120%. Resultados divergentes foram observados por Franco (2010), pois não ocorreram diferenças significativas com o aumento das lâminas de irrigação para a

RFCC. Os valores médios de 800 kPa encontrados neste trabalho são próximos aos valores encontrados por Neto (2009), 887 e 925 kPa em área irrigada.

Rendimento de suco (RS)

Para a indústria de alimentos, o suco é o produto nobre do abacaxi, tanto para consumo in natura, quanto para fabricação de vários subprodutos e para exportação (Granada et al., 2004). Por isso, o suco é um dos parâmetros mais importantes de avaliação.

Para rendimento de suco (RS) verificou-se que não houve efeito significativo no aumento das lâminas de reposição nem da posição do tubogotejador (Tabela 3).

Tabela 3. Análise de variância para rendimento de suco (RS), sólidos solúveis (SS), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT), *ratio* e eficiência do uso de água (EUA) do abacaxi cultivar Smooth Cayenne em cinco lâminas de irrigação e duas posições do tubogotejador.

Fonte de variação	GL	F					
		RS %	SS °Brix	pH -	AT %	<i>ratio</i> -	EUA (kg m ⁻³)
Lâmina (L)	4	0,52 ^{NS}	0,52 ^{NS}	1,47 ^{NS}	1,58 ^{NS}	1,04 ^{NS}	1651,1 ^{**}
Posição (P)	1	2,30 ^{NS}	3,15 ^{NS}	3,62 ^{NS}	0,62 ^{NS}	2,07 ^{NS}	3,63 ^{NS}
L x P	4	1,93 ^{NS}	0,78 ^{NS}	1,07 ^{NS}	0,61 ^{NS}	0,48 ^{NS}	0,60 ^{NS}
Blocos	3	3,69 ^{NS}	1,46 ^{NS}	5,45 ^{NS}	0,90 ^{NS}	2,62 ^{NS}	0,35 ^{NS}
Erro	27	2,43	0,53	0,07	1,87	2,14	6,88
Cv (%)		11,08	7,20	3,53	10,15	13,15	5,07
Média Geral		48,72	14,75	4,09	0,59	25,14	27,11

(1) valor de F, ^{NS} não significativo, * e ** representam significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Os resultados obtidos neste trabalho diferem dos valores encontrados por Souza et al. (2009) e Souza e Torres (2011), em que maiores lâminas de irrigação e densidades, resultaram em maiores perda no rendimento de suco por fruto em relação a menor lâmina de reposição.

O valor médio geral de 48,72% obtido para RS foi inferior a 57,0% obtido por Pereira et al. (2009) e a 50,35% por Souza et al. (2013), contudo, está próximo a faixa de 49,1 a 56,0%, considerada ideal por Manica, (2000). Neste trabalho, como não ocorreram variações no rendimento de suco, a época da colheita foi realizada

corretamente. Havendo redução no peso e diâmetro médio do fruto, há também redução no rendimento de suco e isto pode influenciar na comercialização do fruto.

Sólidos solúveis (SS)

Pela análise de variância, observa-se que não houve diferença estatística na percentagem de sólidos solúveis totais entre os tratamentos (Tabela 3).

Os valores obtidos de SS são considerados satisfatório, pois estão acima de 12°Brix, valor mínimo exigido para a comercialização de abacaxi no Brasil, segundo as Normas de Classificação de Abacaxi (CEAGESP, 2003), que atendem ao mercado interno que preferem frutos com maiores teores de açúcares.

O valor médio de 14,75 °Brix para SS obtido neste trabalho é semelhante a faixa de 13,31 a 18,84 observada por Manica (2000); aos 12,4 e 15,7 estabelecidos por Pereira et al. (2009). Este resultado não difere dos obtidos por Melo et al. (2004), Bengozi et al. (2007), Cunha et al. (2007) e inferiores aos 16,2 °Brix encontrados por Franco (2010), todos para a cultivar Pérola.

Thé et al. (2010), Souza e Torres (2011) e Souza et al. (2013), trabalhando com a cultivar Smooth Cayenne, obtiveram valores médios de 11,50, 14,06 e 13,20 °Brix, inferiores aos 14,75 °Brix encontrado neste trabalho. Os valores aqui obtidos mostram qualidade dos frutos tanto para o consumo “in natura” quanto para o processamento industrial e, conseqüentemente, melhor aceitação do produto pelo consumidor.

Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH, assim como a acidez, está associado com o processo de amadurecimento dos frutos e pode ser utilizado na determinação do ponto de colheita. O valor médio do pH obtido neste estudo (4,09) está dentro da faixa de 3,44 e 4,11 para o Smooth Cayenne observada por Bengozi et al. (2007), 4,07 e 4,38 estabelecidas por Pereira et al. (2009) e maior que 3,96 por Franco (2010), 3,85 encontrado por Thé et al.(2010) e do valor de 3,57 registrado por Souza et al. (2013). O valor médio de 4,09 indica que a colheita foi realizada em época correta, pois o mesmo está associado ao processo de amadurecimento dos frutos. Segundo Py et al.(1984) os valores de pH em abacaxis oscilam de 3,0 a 4,0.

Acidez titulável (AT)

Verifica-se pela Tabela 2 que a acidez total titulável (AT) não foi influenciada pelas lâminas de reposição. A média geral de 0,59% de AT obtida neste trabalho é

superior aos resultados encontrados por Cunha et al. (2007), 0,37 a 0,43% Bengozi et al. (2007), 0,22 a 0,43%; Martins e Silva (2007), 0,40%; Pereira et al. (2009) e inferior às médias encontradas por Franco (2010), 0,76%; Jackix (2007), 0,96%; Manica (2000), Neto (2009), 7,7%; Thé et al. (2010), 1,05% e Souza et al. (2013), 0,68%. Essa variação de acidez pode ser devido à quantidade de adubo aplicado e época de colheita podendo gerar frutos com maior índice de SS e AT.

O valor médio 0,59 % de AT obtido neste trabalho mostra que a colheita foi realizada em época correta, pois o mesmo está associado ao processo de amadurecimento dos frutos.

Ratio

Ratio ou índice de maturação é o balanço entre a doçura e acidez do fruto e uma das melhores formas de avaliação do sabor, sendo mais representativa que a medição isolada de açúcares ou de acidez, pois reflete o balanço entre ambos indicando o grau de maturação do fruto.

O índice de maturação médio encontrado de 25,14 neste trabalho é superior aos 11,01, 15,85 e 19,66 obtidos por Thé et al. (2010), Souza e Torres (2011) e Souza et al. (2013), está entre os valores médios de 20,3 a 40,4 encontrados por Pereira et al. (2009), indo contra o *ratio* considerado ideal para consumo ao natural, segundo Fagundes et al. (2000) que é de 31,7 a 31,8.

Eficiência do uso da água (EUA)

A eficiência do uso da água foi significativamente afetada pelas lâminas de irrigação e posição do tubogotejador (Tabela 3). O valor máximo para EUA foi observado na lâmina de 25% da ET_c com 60,5 kg m⁻³, enquanto que o valor médio entre os tratamentos foi de 27,11 kg m⁻³. Fazendo-se uma análise geral do comportamento da eficiência do uso da água em função das lâminas de reposição nota-se decréscimo acentuado da EUA com o aumento da quantidade de água aplicada pela irrigação (Figura 4), evidenciando que o aumento do volume de água aplicada no abacaxizeiro reduz a eficiência do uso da água. Esse decréscimo pode ser causado pelas perdas de água que ocorrem, principalmente por percolação, quando se aumenta a quantidade de água aplicada.

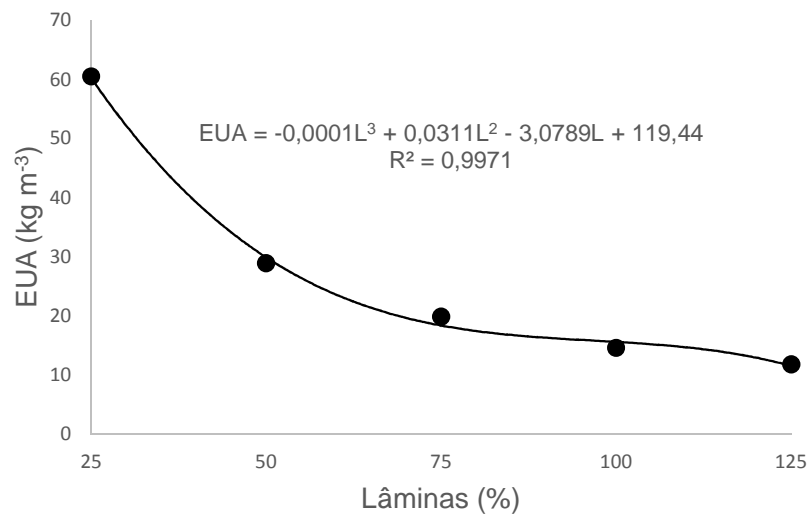


Figura 4. Eficiência do uso da água na produção de abacaxi da cultivar Smooth Cayenne cultivado com cinco lâminas de reposição da evapotranspiração da cultura e duas posições do tubogotejador.

O valor obtido neste trabalho na lâmina de 25% da ET_c foi 802% maior que o resultado apresentado por Souza et al. (2010) quando aplicaram 100% da ET_c durante o ciclo da cultura do abacaxizeiro cultivar Smooth Cayenne em Uberaba-MG obtendo 6,71 kg m⁻³ e superior ao valor encontrado por Souza et al., (2013) utilizando sistema de irrigação por gotejamento obtendo maior EUA com a lâmina de reposição de 50% da ET_c (21,84 kg m⁻³).

English (1990), Queiroz et al. (1996), Frizzone et al. (1997) e Srinivas et al. (1989) concluíram que a maior EUA pode aumentar a receita líquida proporcionada pelas culturas irrigadas, enquanto Srinivas et al. (1989) destacam que dentre os meios e técnicas adotados para aumentar a eficiência do uso da água, o sistema por gotejamento tem se mostrado adequado na elevação desse índice. O fato torna clara a necessidade de se fazer uso do recurso água com maior racionalidade, dentro das considerações econômicas inerentes a toda a atividade produtiva (LOPES et al., 1992), mediante o emprego de técnicas que permitam um aproveitamento adequado e eficiente da água nas mais diversas atividades do ser humano e entre elas a irrigação.

3.4 Conclusões

1. As lâminas de reposição da evapotranspiração e posição do tubogotejador não influenciaram o DMF, DMP, DMC, RFCC, RFSC, RS, SS, pH, AT, *ratio*.
2. A lâmina de reposição de 25% da evapotranspiração da cultura proporcionou maior eficiência do uso da água para produção de abacaxi.

3.5 Referências

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.P.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma, FAO, 1998, (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56), 300 p.1998.
- ALMEIDA, O.; SOUZA, L. F. S.; REINHARDT, D. H.; CALDAS, R. C. Influência da irrigação no ciclo do abacaxizeiro cv Pérola em área do tabuleiro costeiro da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 24, n. 2, p. 431-435, 2002.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. 1984. **Official methods of analysis**. 14 ed. Washington, 1994. 1141 p.
- BARBOSA, J.C.; MALDONADO JUNIOR, W. AgroEstat – **Sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos**, versão 1. Jaboticabal: FCAV – UNESP, 2010.
- BENGOZI, F.J.; SAMPAIO, A.C.; GUTIERREZ, A.D. de S.; RODRIGUES, V.M.; PALLAMIN, M.L. Qualidades físicas e químicas do abacaxi comercializado na Ceagesp - São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, p.540-545, 2007.
- CARVALHO, S. L. C.; NEVES, C. S. V. J.; BÜRKLE, R.; MARUR, C. J. Épocas de indução floral e soma térmica do período do florescimento à colheita de abacaxi 'Smooth Cayenne'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, p. 430-433, 2005.
- CEAGESP. **Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura: normas de classificação do abacaxi**. São Paulo: Central de Qualidade em Horticultura, 2003. (CQH. Documentos, 24).
- COLLINS, J. L. **The pineapple: botany, cultivation and utilization**. London: Leonard Hill, 1960. 294 p.
- CFSEMG (Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais). **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a Aproximação**. Viçosa, 359 p. 1999.

CUNHA, G. A. P.; CABRAL, J. R. S.; MATOS, A. P.; CALDAS, R. C. Avaliação de Genótipos de Abacaxi Resistentes à Fusariose em Coração de Maria, Bahia. **Magistra**, Cruz das Almas – BA, v. 19, n. 3, p. 219-223, 2007.

DORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos**. Roma: FAO, 1998. 212p. (FAO Boletim, 33).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília. 2ª ed. Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

ENGLISH, M.J. Deficit irrigation. 1: Analytical Framework. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**. New York, v.116, n.3, p.399-412, 1990.

FAGUNDES, G. R.; YAMANISHI, O. K.; BORGIO, L. A.; MANICA, I. Características físicas e químicas do abacaxi “Pérola” comercializado em 4 estabelecimentos de Brasília-DF. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, p. 22-25, 2000. Número especial.

FRANCO, L.R.L. **Crescimento, produção e qualidade do abacaxizeiro ‘pérola’ sob diferentes lâminas de irrigação por gotejamento**. 2010. p. 21- 41. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba-MG.

FRIZZONE, J. A.; COELHO, R.D; DOURADO NETO, D.; SOLIANI, R. Linear programming model to optimize the water resource use in irrigation projects: application to the Senador Nilo Coelho Project. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.54, p.136-148, 1997.

GOLDBERG, D.; GORNAT, B.; RIMON, D. Drip irrigation: principles design and agricultural practices. Telaviv: **Drip Irrigation Scientific Publications**, 1976. 296p.

GRANADA, G.G.; ZAMBIAZI, R.C.; MENDONÇA, C.R.B. **Abacaxi: produção, mercados e subprodutos**. Boletim do CEPPA, Curitiba, v.22, n.2, p. 405-422, jul./dez./2004.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro, v. 24, p. 7-8, 2011. on-line. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_est/>. Acesso em: 21 dez. 2013.

JACKIX, M. H. **Doces geléias e frutas em calda**. Campinas: Ícone, 1988. 172 p. João Pessoa. **Anais...Joao Pessoa**. 2007. 156 p.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.17, n.4 p.678-84, 1974.

MANICA, I. **Abacaxi: do plantio ao mercado**. Porto Alegre; Cinco Continentes, 2000. 122 p.

MARTINS, L. P.; SILVA, S. M. Qualidade do abacaxi 'Imperial' colhido em três estádios de maturação. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE ABACAXI, 6. 2007. João Pessoa. 2007. 56 p.

MELLO, A.S.; VIÉGAS, P.R.A.; MELLO, D.L.M.F.; COSTA, LA.S.; GÓIS, M.P.P. Rendimento, qualidade da fruta e lucratividade do abacaxizeiro cv. Pérola em diferentes espaçamentos. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n.41 p.9-222, 2004.

MELO, A.S.; NETTO, A.O.A.; NETO, J.D.; BRITO, M.E.B.; VIÉGAS, P.R.A.; MAGALHÃES, L.T.S.; FERNANDES, P. D. Desenvolvimento vegetativo, rendimento da fruta e otimização do abacaxizeiro cv. Pérola em diferentes níveis de irrigação. **Revista Ciência Rural**, v.36, n.1, p. 93-98, 2006.

NETO, G. P. **Crescimento, produção e qualidade do abacaxizeiro fertirrigado com diferentes fontes e doses de nitrogênio e potássio**. 2009. 131 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia: Área de concentração em Manejo de Água e Solos) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2009.

PEREIRA, M. A. B., SIEBENEICHLER, S. C.; LORENÇONI, R.; ADORIAM, G. C.; SILVA, J. C.; GARCIA, R. B. M.; PEQUENO, D. N. L.; SOUZA, C. M.; BRITO, R. F. F. Qualidade do fruto de abacaxi comercializado pela Cooperfruto – Miranorte – TO. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 31, p. 1048-1053, 2009.

PINHEIRO, A. C. M.; BOAS, E. V. B.; LIMA, L. C. Influência do CaCl₂ sobre a qualidade pós-colheita do abacaxi c. v. Pérola. **Ciência e tecnologia de alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 32-36, 2005.

PY, C.; LACOEUILHE, J. J. ; TEISSON, C. **L'ananas: la culture ses produits**. Paris: G. P. Maisonneuve et Larose, 1984. 562p.

QUEIROZ, J. E.; CALHEIROS, C. B. M.; PESSOA, P. C. S.; FRIZZONE, J.A. Estratégias ótimas de irrigação do feijoeiro: terra como fator limitante da produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.1, p.55-61, 1996.

SANTANA, L. L. A.; REINHARDT, D. H.; CUNHA, G. A. P.; CALDAS, R. C. Altas densidades de plantio na cultura do abacaxi cv. Smooth cayenne, sob condições de sequeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v.23, p.353-358, 2001.

SOUZA, C.B.; SILVA, B.B.; AZEVEDO, P.V. Crescimento e rendimento do abacaxizeiro nas condições climáticas dos Tabuleiros Costeiros do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, p.134-141, 2007.

SOUZA, O.P.; TEODORO, R.E.F.; MELO, B. de.; TORRES, J.L.R. Qualidade do fruto e produtividade do abacaxizeiro em diferentes densidades de plantio e lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, p.475-476. 2009.

SOUZA, O.P.; COUTINHO, A.C.; TORRES, J.L.R. Avaliação econômica da produção do abacaxi irrigado cv *Smooth cayenne* no Cerrado, em Uberaba-MG. **Revista Universidade Rural**, Série Ciências da Vida. Seropédica, RJ, EDUR, v.30, n.1, p. 9-10 2010.

SOUZA, O. P.; TORRES, J. L. R. Caracterização física e química do abacaxi sob densidades de plantio e lâminas de irrigação no triângulo mineiro. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 23, n. 4, p. 175-185, out./dez., 2011.

SOUZA, O.P.; ZANINI, J.R.; TORRES, J.L.R.; BARRETO, A.C.; SOUZA, E.L.C.S. Produção e qualidade física dos frutos do abacaxi sob diferentes lâminas e frequências de irrigação. **Irriga**, v.17, p.534-546, 2012.

SOUZA, O. P.; ZANINI, J. R.; TORRES, J. L. R.; BARRETO, A. C.; SOUZA, E. L. C. Rendimento do suco e qualidade química do abacaxi sob Lâminas e frequências de irrigação **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 6 p. 1971-1980, Nov./Dec. 2013.

SPIRONELLO, A. Abacaxi. In: DONADIO. L.C. (Org.). **História da fruticultura paulista**. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2010. 400p

SRINIVAS, K.; HEGEDE, D. M.; HAVANAGE, G. V. Plant water relations, canopy temperature, yield and water-use efficiency of water melon (*Citrullus linatus* (Tramb.) Matsum et Nakai) under drip end furrow. **Journal of Horticultural Sciency**, Ashford, v. 64, n. 1, p. 115-124, 1989.

THÉ, P. M. P.; GONÇALVES, N. B.; NUNES, R. P.; MORAIS, A. R.; PINTO, N. A. V. D.; FERNANDES, S. M.; CARVALHO, V. D. Efeitos de tratamentos pós-colheita sobre fatores relacionados à qualidade de abacaxi cv. *Smooth cayenne*. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.9, n.2, p.163-170, 2003.

THÉ, P. M. P.; NUNES, R. P.; MOREIRA da SILVA, L. I.; ARAÚJO, B. M. Características físicas, físico-químicas, químicas e atividade enzimática de abacaxi cv. *Smooth Cayenne* recém colhido. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, p. 273-28, 2010.

LOPEZ, J. R. et al. **Riego localizado**. 2 ed. Madrid: Centro Nacional de Tecnologia de Regadios, 1992. p. 217-229.