

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

**BALANÇO DE ÁGUA NO SOLO EM POMAR DE
LARANJEIRA 'PÊRA' COM E SEM ADENSAMENTO DE
PLANTIO SOB DIFERENTES PORTA-ENXERTOS**

KARLA SILVA SANTOS ALVARES DE ALMEIDA

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
2016**

**BALANÇO DE ÁGUA NO SOLO EM POMAR DE
LARANJEIRA 'PÊRA' COM E SEM ADENSAMENTO DE
PLANTIO SOB DIFERENTES PORTA-ENXERTOS**

**Karla Silva Santos Alvares de Almeida
Engenheira Agrônoma
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2009**

**Tese apresentada ao Colegiado do Programa
de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia,
como requisito parcial para obtenção do Título
de Doutor em Engenharia Agrícola, área de
concentração em Agricultura Irrigada e
Recursos Hídricos.**

Orientador: Prof. Dr. Vital Pedro da Silva Paz
Coorientador: Prof. Dr. Luciano da Silva Souza
Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Holzapfel Hoces

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
2016**

FICHA CATALOGRÁFICA

A447b	<p>Almeida, Karla Silva Santos Alvares de. Balanço de água no solo em pomar de laranjeira 'pêra' com e sem adensamento de plantio sob diferentes porta enxertos / Karla Silva Santos Alvares de Almeida._ Cruz das Almas, BA, 2016. 98f.; il.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Vital Pedro da Silva Paz. Co-Orientador: Prof. Dr. Luciano da Silva Souza Co-Orientador: Prof. Dr. Eduardo Holzapfel Hoces</p> <p>Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Doutorado em Engenharia Agrícola</p> <p>1.Solo – Agricultura Irrigada. 2.Solo – Recursos Hídricos. 3.Solo – Plantas Ananicanas. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas – CCAAB. II.Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD: 631.8</p>
-------	--

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas - UFRB.

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

**BALANÇO DE ÁGUA NO SOLO EM POMAR DE
LARANJEIRA 'PÊRA' COM E SEM ADENSAMENTO DE
PLANTIO SOB DIFERENTES PORTA-ENXERTOS**

**Comissão Examinadora da Defesa de Tese de
Karla Silva Santos Alvares de Almeida**

Aprovada em 19 de agosto de 2016

Prof. Dr. Vital Pedro da Silva Paz
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Orientador
Examinador Interno

Prof. Dr. Maurício Antonio Coelho Filho
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Examinador Interno

Prof. Dr. Francisco Adriano de Carvalho Pereira
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Examinador Interno

Prof. Dr. Alexsandro dos Santos Brito
IF Baiano
Examinador Externo

Dr. Laercio Duarte de Souza
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Examinador Externo

DEDICATÓRIA

Pessoas essenciais e especiais em minha vida

Meus pais

Arivaldo e Maria Josidete

Meu esposo

Otávio Filho

Meus irmãos

Priscila, Vivian, Maiara e Arivaldo Júnior

Meus sobrinhos e afilhado

Yago, Maria Luiza e João Pedro

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser minha Luz Maior, por ser a luz a me guiar noite e dia, por ser o meu ideal, pois sem Ele eu sei que não sou nada!

A meus pais, Arivaldo e Maria Josidete, por serem os meus exemplos de ser pessoa, por acreditarem em mim, por sempre me apoiarem nos meus sonhos, por sempre me mostrarem o caminho certo e, acima de tudo, pelo amor incondicional. Amo vocês!

A meu esposo, Otávio Filho, pelo amor, pela paciência, pela compreensão, pela amizade, por sempre acreditar em mim, pela cumplicidade, pelo companheirismo. Amo-te! Essa vitória também é sua!

A minhas irmãs Priscila, Vivian e Maiara, e a meu irmão Arivaldo Júnior, pelo amor, união e amor fraterno.

A meus sobrinhos Yago, Maria Luiza e João Pedro por alegrarem os meus dias.

A minha avó Domingas Moura e a todos os meus familiares pelo carinho e atenção.

A meus padrinhos Antonia Fonseca e Themístocles Soares, exemplos de profissionais dedicados.

Ao professor Vital pela atenção, paciência, pela amizade e confiança em mim para a realização desse trabalho.

Ao professor Luciano pela paciência, pelos ensinamentos, pela amizade, e por sempre acreditar em mim. O senhor é um exemplo a ser seguido.

Ao professor Eduardo Holzapfel pelo acolhimento quando estive no Chile, no período do Doutorado Sanduíche, por seu apoio e amizade.

Ao professor Maurício Coelho pelas valiosas contribuições no desenvolvimento desse trabalho.

Ao professor Francisco Adriano pela amizade e pelos conselhos sempre muito sábios.

Ao professor Joelito Rezende por ter sido o meu exemplo de mestre durante o meu curso de graduação em Agronomia, e a todos os professores que contribuíram na minha formação profissional.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pelos ensinamentos e pela atenção durante o curso de Doutorado.

Aos professores Lucas Velame e Alisson Jadavi pelos ensinamentos valiosos durante a execução desse trabalho.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e a todos os professores que fizeram parte da minha formação pela oportunidade da realização do curso de Doutorado.

À Universidad de Concepción – Facultad Ingeniería Agrícola, pela parceria que permitiu a realização do Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE – CAPES).

A Mirna Schafer e Maria Eugenia, amigas que conquistei no período em que estive no Chile e que levarei por toda a minha vida.

A todos os meus colegas da turma de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, e em especial a Nara, pela sua amizade e carinho, e Mairton por sempre me ajudar e por sua amizade; a Karol Gonçalves, por sua atenção e carinho.

Aos funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Mairi, Edilson (Boi), Lene, D. Celina pela amizade sincera e acolhimento.

Aos motoristas da Embrapa, seu Ademar, Juracy, seu Antônio, seu Jair pela companhia e cuidado durante as viagens.

A seu Jair e Reinaldo pela ajuda durante os trabalhos realizados na Embrapa, e todo apoio nos trabalhos de campo.

À Agropecuária Gavião pela colaboração e todo apoio na realização desse trabalho.

A Mateus e Elaine, colegas de Pós-Graduação, que conduziram meu trabalho no período que estive no Chile.

A Fagner Taiano, Davi, Juliana, Vitor, que me ajudaram nas análises de laboratório e de campo no período que estive no Chile, e Carol pela amizade.

À Embrapa pela parceria e apoio na realização dessa pesquisa.

À FAPESB pela concessão da bolsa de estudos.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos no período do Doutorado Sanduíche, em Chillán, Chile.

A todos que de forma direta ou indireta me apoiaram, me incentivaram, enxugaram minhas lágrimas e me ajudaram na conclusão desse trabalho.

EPÍGRAFE

Eu sei, seus pensamentos são mais altos que os meus,
O teu caminho é melhor do que o meu,
Tua visão vai além do que eu vejo,
O Senhor sabe exatamente o que é melhor pra mim
E mesmo que eu não entenda o seu caminho, eu confio.

Porque tu, ó Senhor, és o meu refúgio; no Altíssimo fizeste a tua habitação.

Salmo 91, 9

BALANÇO DE ÁGUA NO SOLO EM POMAR DE LARANJEIRA 'PÊRA' COM E SEM ADENSAMENTO DE PLANTIO SOB DIFERENTES PORTA-ENXERTOS

RESUMO: A citricultura baiana, segunda maior do país, possui algumas peculiaridades quanto às condições climáticas e de solo. Os pomares cítricos estão implantados principalmente na faixa litorânea do Estado, denominada de Tabuleiros Costeiros. Essas regiões se caracterizam por apresentarem um período seco e outro úmido, dividindo o ano agrícola praticamente pela metade. Além desse aspecto, os solos dessas regiões são representados, em quase sua totalidade, por Latossolos e Argissolos Amarelos Distrocosos, os quais apresentam uma camada coesa que imprime alta resistência à penetração radicular e modifica o movimento da água no perfil do solo. O adensamento do plantio vem sendo estudado como estratégia para melhorar a produtividade e a lucratividade na citricultura. Porta-enxertos que induzam à copa eficiência de produção equivalente ou superior e que apresentem menor volume de copa podem ser tão ou mais interessantes que aqueles com maior volume de copa e com maior produção de frutos por planta, indicando que essa produção pode ser compensada com o aumento da densidade de plantas por área. Considerando ser o fator água no solo a principal limitação aos citros no ecossistema dos Tabuleiros Costeiros e considerando as pesquisas direcionadas para a avaliação de novas interações copas/porta-enxertos, voltadas para o adensamento do plantio, o estudo do balanço de água no solo, monitorando todos os processos de entrada e saída de água no sistema solo-planta-atmosfera, torna-se uma ferramenta muito útil na caracterização dos processos hídricos e avaliação das interações copa/porta-enxertos. Portanto, o trabalho foi conduzido na Agropecuária Gavião, Município de Inhambupe-BA, numa quadra constituída por laranja 'Pêra' enxertada nos seguintes porta-enxertos: TSKC x (LCR x TR)-059, LVK x LCR-038, TSKC x CTSW-041, limão 'Cravo Santa Cruz', tangerina 'Sunki Tropical', Citrandarin Riverside e Trifoliata Flying Dragon. Os resultados obtidos permitem concluir que a evapotranspiração real (ET) da cultura da laranja, durante o período de um ano, variou de 1.270 mm a 1.306 mm em função dos porta-enxertos avaliados, e os valores diários variaram de 0,95 a 8,63 mm para os períodos de menor e maior necessidade de água; a armazenagem de água no solo refletiu as variações da precipitação pluviométrica ao longo do período monitorado. Durante o período chuvoso, as médias de evapotranspiração foram maiores, mostrando que o suprimento das chuvas foi considerável, mantendo o solo úmido, e, portanto, com maior disponibilidade de água durante este período; não foi verificada diferença significativa da evapotranspiração nos diferentes porta-enxertos, seja em espaçamento adensado ou convencional, indicando que o uso da técnica de adensamento de plantio e porta-enxertos ananícantes e semi-ananícantes é vantajosa, à medida que se tem um aumento na densidade de plantio e consequente aumento de produtividade.

Palavras-chave: água; citros; evapotranspiração; plantas ananícantes; precipitação

WATER BALANCE IN SOIL IN ORANGE ORCHARD 'PEAR' WITH AND WITHOUT DENSIFICATION UNDER DIFFERENT PLANTING ROOTSTOCKS

ABSTRACT: Bahia's citrus industry, second largest in the country, has some peculiarities as climate and soil conditions. The citrus orchards are deployed mainly along the coast of the state, called the tableland. These regions are characterized by presenting a dry period and another humid, dividing the agricultural year almost by half. Apart from this, these regions soils are represented almost entirely by Latosols and Argissolos Yellow Distrocoesos, which present a cohesive layer that prints high resistance to root penetration and changes the water movement in the soil profile. The density of planting is being studied as a strategy to improve productivity and profitability in the citrus industry. Rootstocks to induce the canopy equivalent or higher production efficiency and which have lower canopy volume may be as or more interesting than those with the greatest canopy and greater production of fruits per plant, indicating that this production can be compensated with increasing plant density per area. Considering that the water factor in the soil the main limitation to citrus in the ecosystem of the Coastal Tablelands and considering the research directed to the evaluation of new hearts interactions / rootstock aimed at densification planting, the study of the water balance in the soil, monitoring all incoming processes and water outlet in the soil-plant-atmosphere system, it becomes a very useful tool in the characterization of water and evaluation processes of canopy interactions/rootstock. Therefore, the study was conducted in Agricultural Sparrowhawk, Municipality of Inhambupe-BA, a block consists of 'Pera' orange grafted on the following rootstocks: TSKC x (CSF x TR)-059, LVK x LCR-038, TSKC x CTSW-041, 'Rangpur lime Santa Cruz', tangerine 'Sunki Tropical', Citrandarin Riverside and Trifoliata Flying Dragon. The results showed that actual evapotranspiration (ET) of the orange crop during the period of a year, ranging from 1.270 mm to 1.306 mm depending on the assessed rootstock, and daily values ranged from 0.95 a 8.63 mm for periods of lesser and greater need for water; the water storage in soil reflected variations in rainfall throughout the monitored period. During the rainy season, average evapotranspiration were higher, showing that the supply of rainfall was great, keeping the soil moist, and therefore with greater availability of water during this period; there was no significant difference of evapotranspiration in different rootstocks, either dense or conventional spacing, indicating that the use of planting density technique and dwarfing rootstocks and semi-dwarfing is advantageous, as it has an increase in planting density and consequent increase in productivity.

Keywords: water; citros; evapotranspiration; dwarfing plants; precipitation

SUMÁRIO

RESUMO	iv
ABSTRACT.....	v
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. HIPÓTESES E OBJETIVOS	4
3. REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1. A citricultura no Brasil	5
3.2. Tabuleiros Costeiros	6
3.3. Porta-enxertos de citros.....	7
3.4. Plantas ananizantes	9
3.5. Adensamento de pomares na citricultura	10
3.6. Requerimento hídrico do citros.....	11
3.7. Movimento de água no sistema solo-planta-atmosfera.....	12
3.8. Água disponível no solo.....	14
3.9. Curva de retenção de água no solo.....	15
3.10. Balanço hídrico no solo	17
3.11. Uso da reflectometria no domínio do tempo.....	22
4. MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1. Caracterização da área experimental	25
4.2. Caracterização das plantas.....	25
4.3. Coleta e preparo das amostras de solo	26
4.4. Análises físicas.....	27
4.5. Construção e calibração das sondas de TDR	30
4.6. Determinação da umidade do solo	33
4.7. Avaliação das plantas	35
4.8. Componentes do balanço hídrico no solo	35
4.9. Análise estatística dos dados	38
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1. Aspectos climáticos.....	39
5.2. Atributos físicos do solo da área experimental	40
5.3. Balanço hídrico climatológico	47
5.4. Balanço hídrico no solo	48
5.5. Drenagem interna e ascensão capilar.....	62
6. CONCLUSÕES.....	64
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

1. INTRODUÇÃO

A citricultura tropical litorânea se consolidou com grande destaque no agronegócio, mesmo atravessando períodos críticos motivados por crises econômicas locais e mundiais, aparecimento de novas pragas ou doenças e mesmo pela competição com outras frutas. No setor agrícola, essas fases críticas impactam todo o sistema de produção, demandando esforços conjuntos das esferas política, comercial, produtiva e científica. O Sudeste é o principal eixo de desenvolvimento da citricultura brasileira, porém ela vem sendo explorada em uma diversidade de solos e climas em várias regiões do país. Para o sucesso do pomar cítrico, um fator decisivo dentro da cadeia produtiva é a utilização de mudas de qualidade. A importância da muda está relacionada à produtividade e longevidade do pomar, sendo que o potencial máximo de produção ocorre entre o sexto e oitavo anos após o plantio da muda.

O sistema radicular das plantas cítricas se distribui principalmente entre 0,40 a 0,60 m de profundidade, podendo aprofundar-se até 5 m (MALAVOLTA; VIOLANTE NETTO, 1989). O desenvolvimento e crescimento das raízes podem ser limitados pela baixa disponibilidade de água, insuficiente disponibilidade de nutrientes (NEL, 1984) e presença de camadas adensadas de origem pedogenética ou antrópica, o que reflete no desenvolvimento e produção da planta (DEMATTÊ, 1981; OLIVEIRA, 1991).

A variação de água na planta é consequência da defasagem temporal entre a absorção e a perda pela planta, que conduz ao desenvolvimento de déficits hídricos a curto e em longo prazo. As variações de armazenagem e déficit hídrico dependem de um conjunto de fatores que afetam a absorção e a transpiração. Dentre os fatores que afetam a absorção tem-se: os fatores ambientais (disponibilidade hídrica, temperatura do solo, aeração do solo e concentração da solução do solo) e os fatores da planta (sistema radicular). A extensão e a ramificação do sistema radicular variam enormemente entre as espécies e com as diferentes condições físicas do solo. Já a transpiração é afetada por fatores ambientais (energia radiante, umidade do ar e do vento, temperatura do ar e disponibilidade hídrica), e fatores das plantas (tamanho e forma das folhas, bem como sua orientação e exposição, área e característica foliar, estrutura anatômica e relação área foliar/sistema radicular) (ANGELOCCI, 2002).

Em trabalho realizado com citros na região dos Tabuleiros Costeiros, Cintra, Libardi & Saad (2000) verificaram que a maior necessidade hídrica da atmosfera aconteceu nos meses de outubro a novembro e que, com base na taxa de evapotranspiração, a tangerina 'Cleópatra' foi o porta-enxerto que menos se adaptou à área estudada em relação ao limão 'Cravo'. Para as espécies de citros cultivadas nos Tabuleiros Costeiros, a baixa produtividade está relacionada à distribuição irregular das chuvas, as quais se concentram, em torno de 80%, nos meses de abril a setembro. Entre seus efeitos mais importantes encontram-se as alterações no potencial mátrico da água, na aeração, na temperatura do solo e na resistência do solo à penetração de raízes.

Durante o desenvolvimento de uma cultura, o conhecimento detalhado da dinâmica da água fornece elementos essenciais ao estabelecimento ou aprimoramento de práticas de manejo agrícola que visam otimizar a produção.

Estudos de dinâmica da água em condições de campo, que enfatizem os fluxos de água na zona radicular da cultura, muitas vezes são escassos e incompletos, e se faz necessária uma avaliação que englobe o sistema solo-planta-atmosfera, observando os processos de entrada e saída de água no solo, as interações copa/porta-enxertos mais tolerantes às adversidades do ambiente edafoclimático, otimização das fertilizações e potencialidades de poluição do lençol freático nos pomares cítricos. Para tanto, o monitoramento e avaliação por longo tempo é muito importante, pois possibilita englobar a variabilidade temporal das condições climáticas, as quais influenciam fortemente os processos do balanço de água no solo e os processos fisiológicos das plantas.

Considerado um método direto, o balanço de água no solo é importante para os estudos de dinâmica de absorção da água pelas culturas agrícolas. São calculados sistematicamente todos os fluxos positivos (entrada de água no solo: precipitação, irrigação, ascensão capilar, escoamento superficial e subsuperficial) e negativos (saída de água no solo: evapotranspiração, drenagem profunda, escoamento superficial e subsuperficial), até as profundidades exploradas pelas raízes. A soma algébrica destes componentes resulta na variação de armazenagem de água no solo (CRUZ, 2003).

Em sua grande maioria a exploração de citros é realizada em condições de sequeiro, e a deficiência hídrica é um dos fatores mais limitantes à produção (Cruz, 2003). O déficit hídrico é produzido quando a absorção de água pelas raízes não é

suficiente para atender de forma completa a demanda transpiratória da planta. Se a ocorrência de deficiência hídrica ocorre durante a floração e início da frutificação pode provocar a queda das flores e frutos, reduzindo consideravelmente a produtividade das plantas cítricas (BERTONHA et al., 2004).

A água é um fator de produção agrícola que influencia em todos os processos fisiológicos, sem a qual as plantas não conseguem expressar o seu potencial genético, exercendo também grande influência na resistência do solo à penetração radicular, que é função do conteúdo de água. Como nas principais regiões produtoras de citros na Bahia e em Sergipe existe um período de praticamente seis meses de baixo suprimento de água, esse fator de produção atinge as plantas pela questão física, restringindo o crescimento radicular, bem como pela nutrição mineral, pois sem água as plantas não conseguem absorver os nutrientes do solo.

O município de Inhambupe é um dos maiores produtores de laranja do estado da Bahia. É uma região com umidade relativa do ar média de 74%, precipitação mensal média de 76,4 mm e temperaturas que variam de 18 a 27°C.

Diante do exposto, o estudo do sistema solo-planta-atmosfera em citros, por meio do balanço de água no solo, com a utilização de porta-enxertos ananizantes potenciais para a diversificação desses materiais na citricultura e para o adensamento de plantas e, por conseguinte, o estabelecimento da cultura com vistas à exploração de um maior volume de solo, é uma ferramenta muito valiosa na avaliação e na adequação dos manejos do solo e da cultura.

2. HIPÓTESES E OBJETIVOS

Nesse estudo pressupõe-se que a presença de horizontes coesos em solos de Tabuleiros Costeiros restringe a dinâmica da água no perfil e o aprofundamento do sistema radicular das plantas, sendo então possível minimizar o efeito negativo de tais problemas em citros por meio da identificação de porta-enxertos mais eficientes no uso da água, sendo indispensável o conhecimento do balanço de água no solo ao longo do tempo, contribuindo para melhorias na produtividade e longevidade das plantas cítricas.

O presente estudo teve como objetivos:

a) Caracterizar o balanço de água no solo ao longo do tempo em pomares de diferentes idades, para as combinações da laranja 'Pêra' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) com os porta-enxertos: híbridos TSKC x (LCR x TR) – 059, LVK x LCR – 038, TSKC x CTSW – 041; limão 'Cravo Santa Cruz'; tangerina 'Sunki Tropical'; Citrandarin Riverside e Trifoliata Flying Dragon, em função do adensamento de plantas (espaçamento 4,0 x 1,5 m) pelo uso de porta-enxertos ananicantes e semi-ananicantes; e em plantas cuja copa utilizada foi laranja 'Pêra' (L.) Osbeck), enxertada em limão 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck) com espaçamento convencional (6,5 x 3,0 m).

b) Definir as combinações da laranja 'Pêra' com os porta-enxertos citados mais susceptíveis e tolerantes às condições edafoclimáticas do Litoral Norte da Bahia.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. A citricultura no Brasil

A laranjeira é uma das árvores frutíferas mais conhecidas, cultivadas e estudadas em todo o mundo. Os citros tem origem nas regiões subtropicais e tropicais do sul e sudeste da Ásia, incluindo áreas da Austrália e África, e atualmente são cultivadas mundialmente, em diversos tipos de solos e climas.

No Brasil, a cadeia citrícola detém a liderança mundial e tem se destacado pela promoção do crescimento socioeconômico, contribuindo com a balança comercial nacional e, principalmente, como geradora direta e indireta de empregos na área rural. As laranjeiras, as tangerineiras, as limeiras ácidas e os limões verdadeiros são os principais tipos de citros cultivados no Brasil (LOPES et al., 2011).

A citricultura brasileira apresenta números expressivos que traduzem a grande importância econômica e social que a atividade tem para a economia do país. A área cultivada no Brasil, no ano de 2014, foi de 689,05 mil hectares, e a produção foi de aproximadamente 17 milhões de toneladas, com produtividade média de 24,7 t ha⁻¹. O Estado de São Paulo é o primeiro produtor nacional de citros, com área plantada de 430,9 mil hectares e produção de 12,3 milhões de toneladas, com produtividade média de 28,5 t ha⁻¹. O Estado da Bahia é o segundo maior produtor nacional de citros, com área plantada de 62,3 mil hectares e produção de 1 milhão de toneladas, com produtividade média de 16,1 t ha⁻¹ (IBGE, 2016).

Em grande parte do Brasil, o cultivo do citros é conduzido em condições de sequeiro e ocorre em todos os estados brasileiros, com maior área plantada nos estados de São Paulo, Bahia, Sergipe, Minas Gerais, Paraná e Rio Grande do Sul (IBGE, 2016). As grandes variações climáticas ocorridas nos últimos anos tem ocasionado um déficit no suprimento de água, provocando assim redução na produtividade dos pomares.

As tecnologias propostas para a sobrevivência da citricultura exigem mudanças no sistema de produção agrícola, sendo de grande importância o estudo de práticas como preparo do solo, adensamento, utilização de mudas sadias, adubação, controle fitossanitário com utilização de fertilizantes, manejo da parte aérea, manejo de plantas invasoras, utilização de matéria orgânica e uso de

reguladores vegetais, biorreguladores, irrigação e fertirrigação, avaliando seus efeitos na produtividade e qualidade dos frutos (GRIZOTTO et al., 2012).

Estas tecnologias utilizadas em pomares de citros vêm proporcionando bons resultados, particularmente a elevação da produtividade dos pomares (DONADIO, 2011), melhoria da qualidade dos frutos (DUENHAS et al., 2002) e a possibilidade de produção precoce e fora de época (GARCÍA-TEJERO et al., 2010), antes que seja necessária a reforma da área, ação hoje considerada precoce em relação às décadas passadas. No entanto, essas tecnologias nem sempre estão disponíveis para toda a classe citrícola de forma aplicável, razão pela qual estão sendo pouco avaliadas e comparadas cientificamente.

3.2. Tabuleiros Costeiros

Os Tabuleiros Costeiros representam o principal berço da citricultura baiana (REZENDE, 2011). Estão localizados na faixa litorânea e vão desde o Estado do Rio de Janeiro até o Amapá, onde predominam os Latossolos e Argissolos Amarelos, que são solos que se caracterizam pela presença de horizontes subsuperficiais coesos. Nesse ambiente, os solos apresentam baixa qualidade e sérias limitações, tanto químicas quanto físicas, à produção agrícola. Em geral, os horizontes coesos apresentam consistência muito dura quando secos, o que dificulta a penetração das raízes e a armazenagem de água ao longo do perfil (JACOMINE, 1996; CINTRA et al., 2000; REZENDE, 2002; MELO FILHO et al., 2007).

A citricultura baiana está estabelecida em um sistema solo-planta-atmosfera que exige tratamento específico, quanto ao manejo do solo, uma vez que os solos cultivados com citros apresentam uma camada coesa que imprime condição estressante à planta cítrica, principalmente no período seco, que se estende por seis meses. O impedimento físico ao desenvolvimento do sistema radicular e a produção de mudas, muitas vezes sem dar a atenção necessária à qualidade do sistema radicular nessa fase da planta cítrica, contribuem sinergicamente para aumentar o estresse à planta cítrica.

A importância do conhecimento dos atributos físico-hídricos do solo se dá pela influência direta na armazenagem de água no solo e sua disponibilidade às plantas. Nos solos coesos esse fator tem sua influência potencializada, pois também tem influência na condição física. A resistência do solo à penetração radicular é

função do conteúdo de água e, como nas principais regiões baianas produtoras de citros, existe um período de praticamente seis meses de seca, o fator de produção água atinge as plantas tanto pela influência na nutrição mineral, como também pela questão física do solo.

Atualmente, pesquisas desenvolvidas junto à citricultura baiana tem se dedicado à implementação de um novo sistema de manejo da cultura, principalmente na fase de muda, com a semeadura do porta-enxerto no local definitivo, o que tem proporcionado melhor desenvolvimento do sistema radicular. Com esse manejo as plantas cítricas têm sua raiz pivotante intacta e vigorosa, possibilitando exploração mais efetiva do solo. Quanto à produtividade, esse manejo proporcionou aumento significativo, igualando-se ao manejo com a utilização de subsolagem, o que pode trazer mais um ponto positivo que é a redução do custo de implantação de novos pomares, pela dispensa da prática da subsolagem, a qual tem alto custo (BRITO et al., 2006).

O uso adequado e o manejo consciente do solo promovem o sucesso de muitos empreendimentos agrícolas em solos coesos; para tanto, os cuidados recomendados não devem ser ignorados (REZENDE et al., 2002).

3.3. Porta-enxertos de citros

Mundialmente, o histórico da citricultura deixa bem estabelecidas as vantagens do uso de porta-enxertos, entre elas a rentabilidade do pomar. Além disso, a união entre copa e porta-enxerto reduz o estado juvenil das plantas, podendo conferir maior adaptação a ambiente limitante, seja por fatores bióticos ou abióticos (SAMPAIO, 2014).

A diversificação de porta-enxertos é muito importante, pois é uma ferramenta que visa melhorar a qualidade da citricultura, atendendo assim as expectativas do produtor e do mercado consumidor. Uma das formas de garantir a sobrevivência das plantas, no caso do surgimento de enfermidades, é o aumento da diversidade genética. Entretanto, é importante que se tenha cuidados na fase de produção de mudas, sobre o comportamento das combinações entre copa/porta-enxerto, tendo em vista que suas interações interferem no desenvolvimento da muda, podendo acelerar ou retardar, além de apresentar compatibilidades divergentes de acordo com cada variedade enxertada (MEDINA et al., 1998; SCHÄFER, 2004).

A enxertia é um método de propagação que une partes de plantas de tal maneira que se cria uma associação benéfica entre dois indivíduos geneticamente diferentes, que passam a se comportar como uma planta só (POMPEU JÚNIOR, 2005; STUCHI, 2004).

A enxertia é uma técnica muito antiga; porém, foi a partir do início do século XX, que coincidiu com o período de grande crescimento da indústria de citros, que essa técnica passou a ter importante significado.

A citricultura tem se beneficiado das vantagens da enxertia há mais de um século. A planta cítrica comercial é formada pelo enxerto ou copa e pelo porta-enxerto, agregando os benefícios de cada uma dessas partes e da sua interação (BASTOS et al., 2014).

Os porta-enxertos são capazes de influenciar várias características hortícolas e fitopatológicas nas árvores e nos frutos cítricos, podendo refletir na aptidão do pomar em relação ao destino da produção, em função da qualidade da mesma.

Os efeitos do porta-enxerto sobre o tamanho da árvore, precocidade, produção e maturação dos frutos são causados por complexas interações entre a copa e as raízes, que variam para cada tipo de combinação genética.

Foram enumeradas 25 características positivas que os porta-enxertos podem agregar a uma variedade copa, entre elas o rendimento, precocidade, eficiência produtiva, qualidade dos frutos e tolerância aos estresses da planta (CASTLE, 2010).

O crescimento, tamanho, precocidade de produção, maturação e peso dos frutos, coloração da casca e do suco, composição química das folhas, entre outras, são alterações induzidas pelo porta-enxerto. As influências da copa sobre o porta-enxerto não são tão visíveis, mas ocorrem no desenvolvimento radicular e estão relacionadas também com a resistência ao frio, à seca e a pragas e doenças (POMPEU JUNIOR, 2005).

Existe grande variedade de cultivares; entretanto, nas principais regiões citrícolas do país, ainda há o predomínio de reduzido número de cultivares, para a copa e o porta-enxerto. Esse fato é consequência da vulnerabilidade das plantas ao ataque de fitopatógenos e também da competitividade do setor (BASTOS et al., 2014).

No Brasil, o limoeiro 'Cravo' é o porta-enxerto mais utilizado em São Paulo, Bahia e Sergipe, que são, nessa ordem, os maiores produtores de laranja do país. Como características encontradas na literatura, este porta-enxerto induz maior tolerância à seca nas diversas copas cultivadas no Brasil (POMPEU JÚNIOR, 1991; MEDINA et al., 2005). É também considerado como indutor de boa qualidade aos frutos das variedades nele enxertadas, mas não satisfaz a todas as variedades, pois é intolerante ao declínio (POMPEU JÚNIOR, 1991) e à morte súbita dos citros, sendo necessária a diversificação do uso de porta-enxertos.

3.4. Plantas ananicantes

A utilização de porta-enxertos ananicantes ou semi-ananicantes é um método que vem sendo utilizado no controle do tamanho das plantas, sendo ele atraente, pois não envolve o uso de podas periódicas ou de viróides ananicantes (BLUMER, 2005). Ainda segundo este autor, o mecanismo indutor do nanismo é ainda desconhecido, mas parece estar relacionado com o grau de afinidade entre copa e porta-enxerto.

Já na década de 1950, Mendel (1956) considerou que a produção das plantas cítricas é proporcional ao tamanho da copa; porém, as plantas nanicas geralmente produzem maior quantidade de frutos por metro cúbico de copa, permitem elevadas densidades de plantio e, em consequência, possibilitam maior produção por área.

Os chamados porta-enxertos ananicantes induzem a planta a menor porte, o que possibilita maior eficiência produtiva pelo aumento na densidade do plantio e, conseqüentemente, maior produção por unidade de área (BASTOS et al., 2014).

A citricultura deste milênio deverá ser formada por plantas nanicas com alta eficiência produtiva e que, plantadas em elevadas densidades, permitirão a obtenção de uma maior produtividade (POMPEU JUNIOR, 2001).

No passado, buscava-se porta-enxertos com maior tamanho de copa e, conseqüentemente, maior produtividade por planta. Atualmente, o surgimento das novas tendências na citricultura, incluindo a opção por plantios adensados, causou o aparecimento da demanda de busca por porta-enxertos que produzam plantas com menor porte, porém com alta eficiência produtiva (POMPEU JÚNIOR, 2001). Ainda segundo este autor as plantas nanicas permitirão maior eficiência nas inspeções fitossanitárias e na aplicação de defensivos, resultando na redução dos custos e,

consequentemente, menor agressão ao meio ambiente. A facilidade e segurança nas colheitas favorecerão o trabalho humano.

O tamanho das plantas cítricas é influenciado por uma série de fatores tais como: variedade copa, porta-enxerto, condições de solo, poda, tratos culturais, reguladores vegetais e agentes biológicos (DONADIO; STUCHI, 2001). O ananicamento induzido pelos trifoliatas pode se expressar com maior ou menor intensidade, sendo influenciado pelo clima, solo, variedade de copa, viroses e irrigação (POMPEU JUNIOR; BLUMER, 2008).

3.5. Adensamento de pomares na citricultura

O espaçamento pode ser definido como a prática agrícola que estabelece a distância e delimita a área a ser ocupada pelas plantas no que se refere à luz, água e nutrientes. O espaçamento a ser usado na instalação de um pomar de citros se reveste de grande importância, devido ao caráter perene das plantas cítricas e também por ser uma planta constituída de copa e porta-enxerto (TEÓFILO SOBRINHO, 2012).

A necessidade do aumento na produção por unidade de área e o consequente aumento na rentabilidade das explorações no cenário citrícola têm sido considerados há muito tempo, devido à disponibilidade e custo das terras, energia, aumento dos custos fixos e problemas fitossanitários.

A adoção de plantios mais adensados tem-se tornado uma tendência na citricultura moderna, pois proporciona retorno mais rápido dos investimentos, compensando o maior custo de implantação do pomar. Considera-se necessário um elevado nível tecnológico no manejo para sustentar a posição de destaque que o setor citrícola brasileiro vem ocupando. O adensamento de cultivo tem sido apontado como estratégia para o aumento da rentabilidade dos pomares (BELASQUE JUNIOR et al. 2010; AZEVEDO et al., 2015).

As vantagens do plantio mais adensado para os citros são: maior produtividade por área, retorno mais rápido do capital investido, facilidade de colheitas, maior aproveitamento dos adubos e tratamentos fitossanitários, estabilidade de produção mais cedo do pomar. Além disso, a qualidade da fruta não é afetada pelo adensamento (TEÓFILO SOBRINHO et al., 1984).

No plantio em espaçamento mais adensado, a produtividade por planta é menor, porém, por área é maior, de modo geral, quando comparado com os espaçamentos tradicionais. O fato da planta produzir um pouco menos no plantio adensado tem também o seu lado positivo: pode evitar estresse ou esgotamento que, muitas vezes, consegue até matar a árvore pela excessiva produção. Além disso, outro fator favorável ao adensamento de plantio, que ocorrerá em breve na citricultura, será a colheita mecanizada que dará preferência às plantas menores, geralmente encontradas nos plantios mais adensados em vista da concorrência entre elas (TEÓFILO SOBRINHO et al., 2012). Diante de desafios, tais como doenças emergentes, encurtamento da longevidade do pomar e maiores demandas sociais e ambientais por parte dos consumidores, práticas como diversificação de porta-enxerto, irrigação e plantio de alta densidade, tornaram-se relevantes para a citricultura brasileira (ESPINOZA-NÚÑEZ et al., 2011).

3.6. Requerimento hídrico do citros

A produção citrícola no Nordeste do Brasil se concentra na região dos Tabuleiros Costeiros, onde a distribuição das chuvas é irregular, propiciando a ocorrência de longos períodos de déficit hídrico, que coincide com as temperaturas mais elevadas, o que causa prejuízos aos agricultores, em virtude de um decréscimo na produtividade (COELHO et al., 2006; PEIXOTO et al., 2006).

As plantas cítricas transpiram durante todo o ano e, de acordo com Donato et al. (2007), o requerimento hídrico para uma boa produção de frutos em citros varia em uma faixa de 900 a 1.200 mm por ano e varia com a demanda atmosférica local, solo, copa e, principalmente, com o porta-enxerto utilizado. Longos períodos de deficiência hídrica em citros podem reduzir a qualidade e a produtividade dos frutos. A má distribuição de chuvas, mesmo em regiões com regime de chuvas de 1.200 mm anuais, ocasiona longos períodos sem água disponível para as plantas até a profundidade de 1,50 m (PAIVA et al., 1998).

O déficit hídrico em citros afeta severamente o crescimento e a produtividade; embora os mecanismos moleculares envolvidos na resposta à seca sejam pouco conhecidos, diferenças substanciais de tolerância a esse estresse são observadas entre as diversas espécies do gênero e espécies afins (OLIVEIRA et al., 2008).

Um dos principais fatores limitantes à produção é o suprimento de água para as culturas. A exploração de citros é, em sua maioria, desenvolvida em condições de sequeiro, e tem sido uma constante busca nas diversas regiões produtoras, por alternativas de baixo custo que permitam melhor uso dos recursos naturais. Uma das alternativas é o uso de porta-enxertos adaptados e compatíveis com as variedades utilizadas comercialmente (CINTRA, 1997).

Em geral, os períodos de maior demanda hídrica dos citros são a fase de brotação, emissão dos botões florais, frutificação e início de desenvolvimento dos frutos, e os de menor demanda vão da maturação à colheita, seguidos da fase de semi-dormência que sobrevém à colheita (VIEIRA, 1991). Nas regiões tropicais, a exemplo dos Tabuleiros Costeiros, os citros podem florescer várias vezes ao ano, após períodos prolongados de estiagem (CINTRA, 1997).

Quando a absorção de água pelas raízes é insuficiente para atender de forma completa a demanda transpiratória da planta ocorre o déficit hídrico. A evapotranspiração é automaticamente reduzida pelas plantas cítricas, quando a água do solo começa a ficar menos disponível às raízes (CASTEL; BUJ, 1990; GINESTAR; CASTEL, 1996). Esse processo reduz a transpiração até níveis críticos. A água é transportada por meio do sistema solo-planta-atmosfera e é largamente controlada pelas resistências que são impostas pela raiz, caule, folha e pelos estômatos, as quais são variáveis dependendo da resposta das plantas aos efeitos do ambiente e produção do ácido abscísico (NEVES et al., 2013).

O conhecimento, a partir do balanço hídrico, de como as plantas utilizam a água no solo e respondem aos níveis de armazenagem (CINTRA et al., 2000), pode subsidiar o estabelecimento de estratégias eficazes de manejo das culturas visando ao melhor uso possível das reservas de água no solo.

3.7. Movimento de água no sistema solo-planta-atmosfera

O conhecimento e o monitoramento da dinâmica da água no solo são fundamentais para o manejo racional dos recursos hídricos, sendo o adequado suprimento de água às plantas o fator mais importante para a maximização da produção agrícola.

O principal fator de crescimento é a água, que responde pelas oscilações na produção e produtividade de regiões agrícolas. A água é, ao mesmo tempo, o fator

mais importante e mais limitante à produtividade das culturas. Devido à sua importância no sistema agrícola, ultimamente muita atenção tem sido dada aos problemas envolvendo os limites de disponibilidade de água para as plantas. Considerando a atual preocupação mundial com a escassez dos recursos hídricos e o seu alto custo em determinadas situações, a busca pelo aumento da eficiência no uso da água pelas culturas tem sido motivo de preocupação pela pesquisa, extensão e produtores rurais, uma vez que esse componente da produção cada vez mais ocupa importante parcela nos custos de produção (ROZA, 2010).

O suprimento de água para uma cultura é resultado das interações que se estabelecem ao longo do sistema solo-planta-atmosfera. As influências recíprocas entre esses componentes básicos tornam o sistema dinâmico e fortemente interligado, de tal forma que a condição hídrica da cultura é dependente da combinação desses três segmentos. À medida que o solo seca torna-se mais difícil a absorção de água pelas plantas, pois aumenta a força de retenção e diminui a disponibilidade de água no solo às plantas. Quanto maior for a demanda evaporativa da atmosfera maior será a necessidade de fluxo de água no sistema solo-planta-atmosfera (SANTOS; CARLESSO, 1998).

O déficit hídrico induz respostas fisiológicas e bioquímicas nas plantas, dentre elas o fechamento estomático, repressão do crescimento celular, diminuição da taxa fotossintética, ajustamento osmótico, redução da área foliar por meio do decréscimo do tamanho da folha e abscisão das folhas velhas e o aumento da densidade e profundidade de raízes (SANTANA, 2012).

A disponibilidade de água às plantas não depende somente da facilidade com que a planta tem para extraí-la do solo, mas também da permanência da água na zona radicular (DE JONG VAN LIER, 2010).

As condições físicas do solo adequadas ao crescimento das plantas resultam de complexas interações entre resistência do solo à penetração, aeração e disponibilidade de água, as quais afetam diretamente o crescimento das plantas (TORMENA et al., 2007).

É importante ressaltar que, no estudo da dinâmica da água no solo, quanto maior for o número de fatores envolvidos maior será a aproximação com as condições de campo. Entre os diversos métodos existentes para se avaliar a dinâmica da água no solo e o seu volume disponível para uma determinada cultura,

em um ecossistema e em um determinado período de tempo, um dos mais utilizados é o balanço de água no campo.

3.8. Água disponível no solo

O principal fator que interfere no desenvolvimento e produção das culturas agrícolas é a disponibilidade de água. A água das chuvas varia em intensidade e distribuição, conforme o ciclo hidrológico e o solo possibilita sua retenção, armazenagem e disponibilidade para as plantas (SILVA, 2014).

A quantidade de água absorvida pelas plantas não depende apenas do conteúdo ou potencial da água no solo, mas também de sua capacidade em transmitir a água para as plantas (HILLEL, 1970).

Plantas mais jovens armazenam menor quantidade de água que as plantas adultas e também apresentam menor capacidade de fechamento estomático, para reduzir a perda de água, e menor cerosidade das folhas, além de possuírem sistema radicular menos volumoso, tornando-as mais sensíveis aos déficits de água no solo (COELHO et al., 2004).

A água disponível à planta é considerada como a água retida no solo entre o limite superior, a capacidade de campo (-10 a -33 kPa) até um limite inferior, o ponto de murchamento permanente (-1.500 kPa). A capacidade de campo refere-se às condições hídricas (conteúdo de água – θ_{cc} – ou potencial matricial – ϕ_m , cc) em que a drenagem é considerada desprezível (SILVA, 2006). Klein (2008) define o ponto de murchamento permanente como o teor de água do solo no qual as plantas experimentam perdas de turgescência das folhas e não se recuperam do murchamento quando colocadas em um ambiente escuro e saturado, representando assim o teor de água mínima disponível no solo para o desenvolvimento das plantas.

A capacidade de campo é um termo muito útil, pois se refere a um grau aproximado de umidade no solo, no qual algumas propriedades importantes estão em estado de transição: na capacidade de campo, o solo retém a quantidade máxima de água útil para as plantas; o solo está próximo ao limite de plasticidade; a porosidade de aeração é adequada para a maioria dos microrganismos aeróbios e para o crescimento da maioria das plantas (SILVA, 2006).

Alguns autores relatam que não há uma única medida indicadora da qualidade física do solo, porém a integração entre alguns indicadores pode ser útil

na sua identificação (DEXTER, 2004). Nesse contexto, o Intervalo Hídrico Ótimo (IHO) caracteriza-se por ser indicador da qualidade do solo, por integrar suas propriedades físicas essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas, com a vantagem de relacionar as limitações desse, diretamente relacionadas com os fatores de resposta das culturas (SILVA et al., 1994; TORMENA et al., 1998).

O IHO incorpora informações úteis na identificação de processos ligados às mudanças na estrutura do solo (KLEIN; CAMARA, 2007), tornando-se capaz de identificar a ocorrência da degradação física do solo, capaz de interferir negativamente no crescimento de planta, sendo uma importante variável para avaliar a qualidade estrutural do solo e o impacto das práticas de manejo sobre a produtividade sustentável do solo, com a vantagem de relacionar as limitações do solo diretamente com os fatores de resposta das culturas (TORMENA et al., 1998).

A água é fundamental para o desenvolvimento das funções vitais dos vegetais e, por este motivo, a ocorrência de déficit hídrico afeta o crescimento e o desenvolvimento das culturas em todo o mundo.

As classes de solos do ecossistema dos Tabuleiros Costeiros apresentam várias limitações agrícolas, entre as quais se destaca a baixa capacidade de retenção de água que, associada à má distribuição das chuvas e, em especial, à presença de horizontes coesos prejudicam a dinâmica da água no perfil, e promove, com frequência, sérios problemas no suprimento de água para as plantas (Cintra, 1997), e por esta razão, é importante o conhecimento da flutuação estacional da água no solo, nesse ecossistema.

3.9. Curva de retenção de água no solo

A curva de retenção de água no solo (CRAS) é um dos atributos físico-hídricos relacionados à armazenagem de água no solo e ao desenvolvimento das plantas. A CRAS é específica para cada solo e expressa a capacidade que um determinado solo possui em reter água; permite rápida avaliação da disponibilidade de água dos solos para as plantas, o que é de fundamental importância no manejo de irrigação e para o desenvolvimento de estudos relacionados com a dinâmica da água, a modelagem de processos físico-hídricos do solo e o crescimento das plantas (TORMENA; SILVA, 2002).

A retenção de água no solo, a baixas tensões, está relacionada com a geometria e o tamanho dos poros sendo, neste caso, função da estrutura do solo ou estado de agregação das partículas (macroporos) do solo. No caso das altas tensões esta está relacionada com a textura do solo e a superfície específica. De acordo com Libardi (2012), a retenção de água nos microporos dos agregados está associada às forças capilares e de adsorção às quais juntas denominam-se forças mátricas e que dão origem ao potencial mátrico.

Outra importância da CRAS é poder utilizá-la para calcular a distribuição dos poros do solo por tamanho. Para alguns trabalhos, a porosidade do solo foi classificada de acordo com o diâmetro dos poros a partir da curva de retenção da água no solo (KIEHL, 1979; KLEIN; LIBARDI, 2002).

Para obtenção da curva de retenção tradicionalmente utiliza-se a câmara de pressão de Richards. Esse método, entretanto, apresenta algumas dificuldades: a determinação do ponto de equilíbrio entre a pressão aplicada e a água retida no solo, o contato amostra-placa, o longo tempo exigido para as medidas e o custo do equipamento (TAVARES et al., 2008).

A quantidade de água total disponível no solo é a diferença entre as umidades na capacidade de campo (CC) e no ponto de murchamento permanente (PMP) (REICHARDT, 1990). A definição da tensão matricial de água no solo entre 10 kPa e 33 kPa como correspondente à capacidade de campo, tem encontrado resistência entre pesquisadores. Vários autores têm postulado que a capacidade de campo para solos tropicais corresponderia a tensões variando de 6 a 10 kPa (FERREIRA; MARCOS, 1983; REICHARDT, 1988; ANDRADE et al., 1991; MELLO et al., 2002). A adoção de certa tensão representativa da capacidade de campo é de interesse geral, dado à praticidade de se caracterizar rapidamente a sua umidade correspondente, por meio de curvas características de retenção de água.

A curva de retenção de água é usada em vários estudos como o balanço de água no solo, disponibilidade de água às plantas, dinâmica da água e solutos no solo, infiltração e manejo de irrigação. A CRAS pode fornecer tanto o momento quanto a quantidade de água a aplicar para um manejo correto e adequado de irrigação (SOUZA et al., 2014).

3.10. Balanço hídrico no solo

Para se estudar a dinâmica de absorção da água pelas culturas agrícolas, um dos métodos utilizados é o balanço hídrico no solo. Para sua utilização é necessário computar as entradas de água no solo via pluviosidade ou irrigação, a partir da sua infiltração, e ascensão capilar, e as saídas representadas pela drenagem interna, evapotranspiração e deflúvio superficial num volume de solo estabelecido com base na configuração do sistema radicular da cultura em estudo, em determinado período de tempo; se a quantidade de água que entra no tempo considerado for maior que a quantidade que sai durante o mesmo período, o saldo será positivo; caso contrário, será negativo. Tanto o saldo positivo como o negativo serão medidos pela variação de armazenagem de água no perfil do solo, no intervalo de tempo considerado (LIBARDI, 2012).

Estudo prévio, para cada cultura e para cada tipo de solo, possibilita o conhecimento do volume de solo explorado pelo sistema radicular. Dessa forma, esse volume, denominado volume de controle de solo (LIBARDI, 2012), deve englobar 95% ou mais do sistema radicular ativo (REICHARDT; TIMM, 2004), possuindo a superfície do solo como limite superior.

Uma saída viável para o estabelecimento de estratégias eficazes de manejo visando ao melhor uso possível das reservas de água no solo pelas culturas é o conhecimento de como as plantas utilizam a água retida no solo e de como respondem aos níveis de armazenagem no perfil. O movimento cíclico da água na lavoura começa com sua penetração no solo por meio da infiltração, continua com sua armazenagem temporária na zona do sistema radicular e termina com sua remoção do solo por meio da drenagem, da evaporação e da absorção pelas raízes (HILLEL, 1970).

O balanço de água no solo realizado em um sistema agrícola é um estudo muito importante, pois engloba as fases solo, planta e condições atmosféricas, além das intervenções antrópicas relacionadas ao manejo do solo e da cultura agrícola. As especificidades de cada fase são preponderantes para o comportamento hídrico desse sistema, como, por exemplo, a qualidade física do solo relacionada principalmente à textura e estrutura, a qualidade química e biológica do solo e suas interações com o desenvolvimento vegetal, a morfologia vegetal e as condições atmosféricas relacionadas, principalmente, à distribuição temporal das precipitações

pluviais e radiação solar. Para o estudo detalhado desse sistema complexo é necessário que o balanço hídrico integre todos os processos que ocorrem de forma significativa.

O estudo do balanço hídrico no solo serve como ferramenta para avaliar as saídas e entradas de água no solo e a definição dos períodos mais prováveis de déficit hídrico para a cultura, além de estar relacionada não só ao conhecimento dos fatores que o compõem (evapotranspiração, precipitação, drenagem, ascensão capilar, escoamento superficial), mas também ao conhecimento de características da planta, principalmente da sua fenologia, que representa o ponto de partida para a interpretação coerente dos resultados do balanço (CINTRA et al., 2000).

O método do balanço hídrico no solo vem sendo muito utilizado para se estimar a evapotranspiração e a eficiência no uso de água de várias culturas (CRUZ et al., 2005b; LIMA et al., 2006b; MOROKE et al., 2011; WARD et al., 2012).

O planejamento do balanço de água no solo passa pela verificação dos processos a serem monitorados, aspecto esse relacionado principalmente à morfologia do terreno. Os limites do volume elementar de controle de solo estão ligados à morfologia e extensão do sistema radicular da cultura. Existem culturas agrícolas com sistemas radiculares do tipo fasciculado ou pivotante, de pequeno ou grande porte. Cada um desses dois tipos de configuração radicular possibilita a exploração de certo volume de solo (mais ou menos profundo), ideal para o perfeito desenvolvimento vegetativo e conclusão do ciclo da cultura, quando as condições físicas, químicas e biológicas do solo não são restritivas.

Para os citros, apesar do sistema radicular ser pivotante, o manejo dispensado às plântulas na fase de muda, restringindo e prejudicando a conformação do sistema radicular, e o seu cultivo em solos coesos de Tabuleiros Costeiros, provocam modificações fisiológicas e impedimento físico ao desenvolvimento efetivo da raiz principal. Esses dois fatores ocasionam o desenvolvimento superficial do sistema radicular e expõem as plantas a duas situações hídricas encontradas nas regiões produtoras dos Tabuleiros Costeiros: um período seco, compreendido por parte do inverno, toda a primavera e parte do verão, e um período úmido, compreendido por parte do verão, todo o outono e parte do inverno (D'ANGIOLELLA et al., 1999), ou seja, são praticamente cinco meses de seca.

Em estudo para observação do comportamento de cinco porta-enxertos de citros em ecossistema de tabuleiro localizado em Umbaúba-SE, Cintra (1997), utilizou a copa laranja 'Pêra' em combinação com os porta-enxertos: limão 'Volkameriano Palermo' e 'Catânia' (*Citrus volkameriana* Pasquale), limão 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck), limão 'Rugoso da Flórida' (*Citrus jambhiri* Lush) e tangerina 'Cleópatra' (*Citrus reshni* Hort. ex Tan). Como resultados o autor observou que, apesar de restringir o sistema radicular a um pequeno volume de solo próximo à superfície, a camada coesa exerce importante ação benéfica nesse ecossistema, por atuar como barreira física às perdas de água e permitir uma zona de armazenagem que supre, em parte, a grande demanda das plantas no início da estação seca, diminuindo o estresse a que são submetidas.

Em estudo com citros realizado durante o ano de 1996, em área de tabuleiro com pomar de laranjeira 'Hamlin' enxertada em limoeiro 'Cravo', com 15 anos de idade, em topossequência, localizada em Sapeaçu (BA), formada por Latossolo Amarelo Argissólico-LAx (terço superior), Argissolo Amarelo-PAx (terço médio), ambos coesos, e Argissolo Acinzentado-PAC (terço inferior), não coeso, Paiva; Souza (1998) observaram períodos de seis quinzenas em 1996 sem água disponível para as plantas (água retida abaixo de -1,5 MPa) até a profundidade de 1,50 m no LAx e de 10 quinzenas no PAx; já o PAC, não coeso, apresentou água disponível durante todo o período considerado. As plantas cítricas localizadas nesse último solo apresentaram crescimento vegetativo (diâmetro do caule, altura da planta e circunferência da copa) estatisticamente superior ao daquelas localizadas nos outros dois solos. Nos perfis de solo examinados, observaram-se raízes de citros até 1,50 m de profundidade no PAC, pelo fato de não apresentar restrição física ao aprofundamento do sistema radicular, o que não ocorreu nos outros dois solos.

Em continuidade a esse trabalho, Souza et al. (2008), com o objetivo de avaliar a distribuição vertical e horizontal do sistema radicular de citros em solos coesos e não coesos dos Tabuleiros Costeiros nessa mesma área, observaram que as raízes de laranjeira 'Hamlin', enxertada em limoeiro 'Cravo', apresentaram grande sensibilidade à presença da coesão, a densidade das raízes encontradas nos horizontes superficiais do LAx e do PAx foi próxima daquela do horizonte mais profundo do PAC. A profundidade efetiva do sistema radicular, até onde se encontraram 80 % das raízes, foi maior no PAC não coeso, e a distância efetiva do

sistema radicular, até onde se encontraram 80 % das raízes a partir do tronco, foi maior no PAX coeso, que foi o solo que apresentou a menor profundidade efetiva.

Em solos coesos, a utilização de subsolagem promoveu uma melhor distribuição do sistema radicular de laranja 'Pêra', enxertada em limão Cravo, em profundidade, sobretudo na camada coesa, em comparação ao solo não subsolado (CARVALHO et al., 2001). Entretanto, nesses dois sistemas de manejo o sistema radicular efetivo não ultrapassou 1,0 m de profundidade.

A arquitetura radicular e sua capacidade de exploração das camadas mais profundas e úmidas do solo, juntamente com a maior razão entre a raiz e a parte aérea, podem ser um mecanismo importante de escape aos déficits hídricos. A relação copa/porta-enxerto desempenha papel de destaque para a forma final do sistema radicular.

No sistema solo-planta-atmosfera, o solo tem uma função preponderante, servindo como meio para o crescimento do sistema radicular, sendo que, para isso, deve possuir atributos com bons níveis de qualidade e que possibilitem o fornecimento de nutrientes, oxigênio, calor e, sobretudo, água disponível na quantidade e no momento certo. A posição que o solo detém nesse sistema o torna peça importantíssima nas interações hídricas.

O balanço hídrico de uma cultura agrícola é a contabilização das entradas e saídas de água num dado volume de solo, durante certo período de tempo.

A representação matemática do balanço hídrico pode ser expressa pela Equação 1 (LIBARDI, 2012):

$$\Delta h = P + I \pm D - ET \pm R \quad (1)$$

em que:

Δh – balanço propriamente dito de água no volume de controle, no período, sendo denominado variação de armazenagem;

P e I – quantidade de água que entra no período pela precipitação pluvial ou irrigação;

D – quantidade de água que sai (drenagem interna) ou que entra (ascensão capilar), através do limite inferior;

ET – quantidade de água que sai por evapotranspiração;

R – deflúvio superficial e/ou subsuperficial, que é a quantidade de água que pode entrar ou sair no volume pelo escoamento sobre a superfície do solo e/ou subsuperficialmente.

O ideal, para a obtenção de D, é calcular a densidade de fluxo de água diariamente e depois integrar para cada período de tempo selecionado (LIBARDI, 2012).

Todos os termos da equação podem ser medidos, com exceção da evapotranspiração, que pode ser obtida indiretamente por métodos climatológicos ou por diferença, explicitando-a na equação anterior, a qual passará a ser representada por:

$$ET = P + I \pm D \pm R - \Delta h \quad (2)$$

Geralmente, a evapotranspiração é posicionada como a incógnita do balanço de água no solo, podendo a variação da armazenagem ser feita por vários métodos de determinação do conteúdo de água no solo: gravimétrico, com a utilização de trados (BRITO et al., 2009); sonda de nêutrons (TIMM et al. 2002; CRUZ et al., 2005; ROCHA et al., 2005) e com auxílio de TDR (MELO FILHO; LIBARDI, 2005).

A evapotranspiração é um importante processo de saída de água do solo e da planta para a atmosfera. Quando existe água disponível no solo, o aumento da evapotranspiração proporciona melhores condições de desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar (ALLEONI; BEAUCLAIR, 1995).

Em estudo dos componentes do balanço hídrico em Argissolo Acinzentado de Tabuleiro Costeiro, Cintra et al. (2000) concluíram que a maior demanda hídrica da laranjeira aconteceu nos meses de outubro e novembro, e que a taxa de evapotranspiração apresentada pelo porta-enxerto limoeiro 'Cravo' foi, comparativamente a outros porta-enxertos (limão 'Volkameriano Palermo' e 'Catania', limão 'Rugoso da Flórida' e tangerina 'Cleópatra'), a que apresentou melhores características de adaptação para região de Umbaúba-SE.

Em estudo do balanço de água no volume de solo explorado pelo sistema radicular de uma planta de citros, em Latossolo Vermelho-Amarelo no Município de Piracicaba-SP, Cruz et al., 2005, concluíram que o método do balanço de água no solo, considerando diversas profundidades de solo, diversas distâncias horizontais e duas direções a partir do tronco de uma planta de citros, mostrou-se adequado para

avaliar a contribuição de cada uma das camadas de solo estudadas para o consumo de água da planta. Eles ainda afirmam que a camada de solo de 0-0,60 m de profundidade foi a que teve maior contribuição para o consumo de água nos dois períodos avaliados e, conseqüentemente, deve concentrar o maior volume de raízes ativas.

Portanto, o estudo dos processos do balanço de água no solo é uma ferramenta muito importante na caracterização do comportamento hídrico e da influência do tipo de manejo do solo no sistema solo-planta-atmosfera, auxiliando na adequação do manejo de solo e da cultura de forma eficiente. No caso dos citros, cuja planta envolve a variedade copa e o porta-enxerto, é importante avaliar as diferentes capacidades dessa combinação em utilizar a água do solo.

3.11. Uso da reflectometria no domínio do tempo

Em qualquer estudo que envolva as propriedades do sistema solo-água-planta, o conhecimento do teor de água no solo é imprescindível. A sua determinação pelo uso da técnica da TDR (Reflectometria no Domínio do Tempo) é uma das mais exatas (SANT'ANA et al., 2012).

A TDR é um método para estimar o conteúdo de água, em volume, em meios porosos (DALTON et al., 1984). Tem como base a emissão/reflexão de um pulso elétrico, que se propaga ao longo de uma sonda (hastes paralelas) inserida no solo, para determinar a constante dielétrica aparente do solo, que sofre uma variação expressiva com o conteúdo de água (SALA; TORRENTS, 1997).

Na técnica da reflectometria no domínio do tempo, o conteúdo de água no solo é determinado a partir dos valores da constante dielétrica do solo, correlacionados aos dados de conteúdo de água por meio de curvas de calibração obtidas a partir dos dados de campo ou laboratório. Os baixos valores da constante dielétrica do ar ($K_{a_a} = 1$) e da matriz sólida ($K_{a_s} = 30$, comparados ao da água ($K_{a_w} = 80$), tornam o método pouco sensível à textura e estrutura do solo (OR; WRAITH, 1997).

O uso da TDR determina a constante dielétrica, K_a , medindo o tempo de propagação de uma onda eletromagnética, através de um cabo coaxial até a sonda no final do cabo, que deve estar imersa em um meio. Assim, o sinal emitido pela TDR percorre o cabo coaxial de impedância constante até chegar à sonda no final

do cabo, onde, pelas alterações no início da mesma, sofre uma reflexão, continuando o percurso nas hastes da sonda até o seu final, onde é definitivamente refletido de volta ao TDR. O tempo de ida e de volta do sinal eletromagnético no comprimento da haste da sonda irá variar conforme a impedância do meio que a envolve. Portanto, o tempo que leva o pulso eletromagnético para percorrer a haste da sonda pode ser descrito pela constante dielétrica do material circundante, juntamente com o comprimento da haste, conforme a Equação 3 (FELLNER-FELDEGG, 1969):

$$t = \frac{2L\sqrt{Ka}}{c} \quad (3)$$

em que:

t – é o tempo dado em segundos;

L – é o comprimento da haste da sonda;

Ka – é a constante dielétrica aparente do meio;

c – é a velocidade da luz.

Essa metodologia permite o conhecimento das variações de armazenagem de água no solo no espaço e no tempo na região explorada pelas raízes das plantas, o que é de suma importância para orientar estudos que visam determinar o balanço de água no solo com fins de determinação da evapotranspiração, verificar a zona efetiva de extração de água no solo e indicar a correta região para manejo de água, fertilizantes e pesticidas.

Muitas pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de encontrar uma relação entre a umidade do solo e a leitura obtida pela TDR; entretanto, nenhuma ainda é utilizável universalmente sem um procedimento de verificação, tornando-se necessária a calibração local do equipamento, utilizando método que sirva de referência.

Existem vantagens e desvantagens no uso da técnica de TDR: para Tommaselli; Bacchi (2001), a vantagem é a rapidez na obtenção da umidade e as desvantagens são a dependência do tipo de solo (mineral ou orgânico), a presença de materiais magnéticos e a calibração trabalhosa. O fato de as sondas TDR

poderem ser acopladas a multiplexadores (COELHO et al., 2006) ou a outros tipos de sensores, tais como penetrômetros (MANIERI et al., 2007), constituem excepcional vantagem dessa técnica. Segundo Noborio (2001), a TDR proporciona a repetitividade das leituras, a não destruição da região amostrada, a não emissão de radiações ionizantes, portabilidade e facilidade de acoplamento a dispositivos coletores de dados, tendo como desvantagem o custo elevado.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na Fazenda Gavião (Figura 1) (coordenadas geográficas: 11°55'00" de latitude Sul e 38°15'01" de longitude Oeste, altitude de 182 m), Município de Inhambupe, Litoral Norte da Bahia, aproximadamente a 150 km distante do Município de Cruz das Almas-BA. A Fazenda Gavião está inserida na faixa zonal de baixa latitude, fator fundamental que lhe confere o caráter tropical.



Figura 1. Vista da entrada da Fazenda Gavião.

Após abertura de perfil de solo na área experimental, o mesmo foi classificado como Argissolo Amarelo, com os horizontes: A: 0-0,17 m, AB: 0,17-0,50 m, Bt1: 0,50-0,80 m e Bt2: 0,80-1,20 m.

4.2. Caracterização das plantas

O estudo foi desenvolvido em um experimento para avaliação do desempenho de sete porta-enxertos ananizantes e semi-ananizantes de citros e com espaçamento adensado, juntamente com a avaliação de experimentos conduzidos em área próxima com plantas de tamanho e espaçamento convencionais (Figura 2).

A copa utilizada no experimento com plantas ananizantes e semi-ananizantes foi de laranja 'Pêra' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) em combinações com os porta-enxertos: híbridos TSKC x (LCR x TR)–059, LVK x LCR–038, TSKC x CTSW–041;

limão 'Cravo Santa Cruz'; tangerina 'Sunki Tropical'; Citrandarin Riverside e Trifoliata Flying Dragon. Esse experimento foi implantado em agosto de 2012, no delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições e espaçamento de 4,0 m x 1,5 m.

No experimento convencional a copa utilizada foi laranja 'Pêra' (L.) Osbeck), enxertada em limão 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck), o qual foi implantado em agosto de 2011, no espaçamento de 6,5 m x 3,0 m.

As avaliações tiveram início no mês de setembro de 2014, a partir da avaliação do solo e da implantação das sondas para medição da umidade do solo.



Figura 2. Vista da área do experimento.

4.3. Coleta e preparo das amostras de solo

Para identificação da classe de solo da área experimental foi aberta trincheira ao lado do experimento, para classificação e descrição morfológica do perfil, além da coleta de amostras, por horizonte, para caracterização física.

Nessa trincheira foram coletadas seis amostras com estrutura indeformada em cilindros metálicos medindo aproximadamente 5 cm de altura e 5 cm de diâmetro, por horizonte, visando à elaboração da curva de retenção de água, da curva de resistência do solo à penetração em função da umidade e à determinação da condutividade hidráulica do solo saturado. Foram também coletadas amostras de

solo com estrutura indeformada em cilindros metálicos com 0,81 m de altura e 0,70 m de diâmetro para a determinação da densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade.

As amostras deformadas foram coletadas também por horizonte, para a obtenção da densidade de partículas e da distribuição do tamanho das partículas do solo, além da realização da curva de calibração do solo para as sondas TDR. Todas as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e transportadas para o Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB).

4.4. Análises físicas

As frações granulométricas foram determinadas pelo método da pipeta (GEE; OR, 2002), usando como dispersante o hidróxido de sódio ($\text{NaOH } 1 \text{ mol L}^{-1}$); após a separação das areias por peneiramento, a suspensão (fração silte + fração argila) foi agitada e determinada sua temperatura para estabelecer o tempo de sedimentação, após o qual foi realizada a coleta da suspensão da fração argila; a proporção da fração silte foi calculada por subtração das outras frações em relação à amostra original.

A densidade de partículas (D_p) foi determinada pelo método do balão volumétrico, utilizando álcool etílico como líquido penetrante, e a densidade do solo (D_s) pelo método do cilindro volumétrico (GROSSMAN; REINSCH, 2002), com base nas seguintes relações:

$$D_p = \left(\frac{a}{50 - b} \right) \quad (4)$$

em que:

D_p – densidade de partículas em kg dm^{-3} ;

a – massa da amostra seca a 105°C em kg;

b – volume de álcool gasto em m^{-3} .

$$D_s = \frac{m}{V} \quad (5)$$

em que:

D_s – densidade do solo em kg dm^{-3} ;

m – massa do solo seco em kg;

V – volume do cilindro em dm^3 .

Em seguida foi obtida a porosidade total (PT), pela relação:

$$PT = \left(\frac{D_p - D_s}{D_p} \right) \times 100 \quad (6)$$

em que:

PT – porosidade total calculada;

D_p – densidade de partículas em kg dm^{-3} ;

D_s – densidade de solo em kg dm^{-3} .

A microporosidade foi determinada pelo método da mesa de tensão (OLIVEIRA, 1968), sendo representada pela umidade volumétrica na amostra após ser submetida à tensão de 60 cm de coluna de água. A macroporosidade foi obtida pela diferença entre a porosidade total (PT) e a microporosidade.

A condutividade hidráulica do solo saturado foi determinada pelo método de carga hidráulica decrescente, utilizando amostras coletadas em cilindros coletores de 5 cm de altura e 5 cm de diâmetro, seguindo método proposto por Libardi (2012).

A curva de retenção de água no solo foi elaborada com base em metodologia descrita por Richards; Fireman (1943), utilizando amostras com estrutura indeformada por horizonte, coletadas em cilindros volumétricos com diâmetro interno e altura média de 0,5 m, para as tensões de 10, 33, 100, 300 kPa. Para a tensão de 1.500 kPa utilizou-se a TFSA acondicionada em anel de borracha de aproximadamente 1 cm de altura. O equipamento utilizado na determinação foi a câmara de Richards (RICHARDS, 1949). Ao final da aplicação das tensões, cujo momento era definido quando se constatava completo cessamento da drenagem, as amostras eram secas em estufa a 105°C por 48 horas, para a determinação da umidade gravimétrica (kg kg^{-1}), sendo, então, transformada em umidade volumétrica ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) multiplicando-se pela D_s . A partir dos valores de umidade associados às

tensões aplicadas em laboratório foram obtidos os parâmetros empíricos da equação proposta por van Genuchten (1980):

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha|\phi_m|^n)\right]^m} \quad (7)$$

em que:

θ – umidade volumétrica em $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$;

θ_r – umidade residual em $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$;

θ_s – umidade de saturação em $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$;

ϕ_m – potencial mátrico em kPa;

α , m e n – parâmetros empíricos da equação.

O ajuste das curvas foi feito utilizando programa de computador SWCR desenvolvido por DOURADO NETO et al., (1990).

As mesmas amostras de solo utilizadas para a elaboração da curva de retenção de água, após equilíbrio no aparelho extrator de Richards, foram submetidas à avaliação da resistência do solo à penetração em um penetrógrafo de bancada composto por um atuador linear elétrico com motor de passo, um painel para controle da velocidade, uma base metálica para sustentação do conjunto mecânico e da amostra durante o teste e uma célula de carga com capacidade nominal de 20 kg acoplada na extremidade do braço mecânico do atuador. Uma haste metálica com diâmetro de 4 mm, com um cone na sua extremidade, foi utilizada para determinar a resistência do solo à penetração, a uma velocidade de penetração de 1 cm min^{-1} (Figura 3).

Um sistema automatizado de aquisição de dados foi utilizado para registrar as medidas obtidas. Com base na curva de resistência versus umidade foi estimada a umidade em que foi atingida a resistência crítica de 2,0 MPa (TAYLOR et al., 1966).

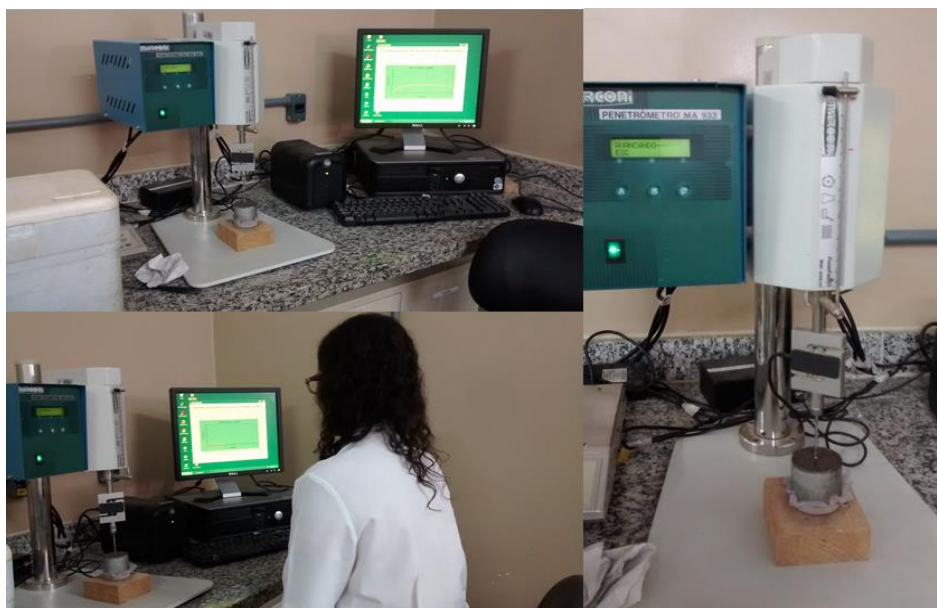


Figura 3. Determinação da resistência do solo à penetração.

O IHO foi calculado como a diferença entre os limites superior e inferior dos conteúdos de água em que ocorrem os parâmetros físicos considerados limitantes. O limite superior é o menor valor de umidade volumétrica considerado na capacidade de campo ou na porosidade de aeração mínima de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, e o limite inferior é o maior valor de umidade volumétrica para resistência à penetração máxima de 2,0 MPa ou no ponto de murchamento permanente (DIAS, 2012).

4.5. Construção e calibração das sondas de TDR

As sondas de TDR foram construídas artesanalmente no Laboratório de Irrigação e Fertirrigação da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, em Cruz das Almas-BA, $12^\circ 48' \text{ S}$; $39^\circ 06' \text{ W}$ e 225 m. As sondas foram construídas com três hastes de aço inoxidável de 0,003 m de diâmetro, com comprimento de 0,13 m e espaçadas de 0,022 m, isoladas com resina de poliéster, com cabos coaxiais RG58 (50 ohms) de comprimentos de cabo variáveis (0,35; 0,55; 0,75; 1,0; 1,25; e 1,50 m). Foram ainda utilizados os seguintes materiais: catalisador de resina, solda elétrica e alicate.

Uma vez construídas as sondas, foi feita a calibração quanto às leituras de umidade dos sensores mediante a coleta de amostras de solo com estrutura deformada e indeformada. O solo foi coletado em função dos horizontes identificados no perfil do solo, nas profundidades de 0-0,17; 0,17-0,50; 0,50-0,80; e

0,80-1,20 m. Para as duas primeiras profundidades foram coletadas amostras deformadas de solo, o qual foi seco ao ar e passado em peneira de 4,76 mm, sendo então acondicionado em tubos de PVC. Para as duas últimas profundidades foram coletadas amostras indeformadas em tubo de PVC rígido com diâmetro interno de 14,4 cm e altura de 20 cm. Para cada profundidade foram utilizadas três repetições. Na parte inferior do tubo foram colocadas telas finas com a função apenas de permitir a passagem de água para o exterior do tubo. Imediatamente após essa etapa foram inseridas as guias de onda no solo até cobrir completamente as hastes dos sensores. Depois disso os tubos com solo foram imersos por 24 horas em um recipiente com água, de forma que a altura da lâmina alcançasse dois terços da altura do solo para saturação do mesmo (Figura 4).



Figura 4. Calibração das sondas de TDR construídas. Saturação do solo e determinação do peso e da constante dielétrica.

Realizou-se uma série de leituras do peso do conjunto tubo+sonda+solo+tela feita com balança de precisão e estimou-se o conteúdo de água no solo por meio da equação de Ledieu et al., (1986):

$$\theta = 0,1138\sqrt{Ka - 0,1758} \quad (8)$$

em que:

θ – conteúdo de água no solo, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$;

Ka – constante dielétrica do solo, adimensional.

A constante dielétrica foi determinada substituindo o valor de umidade, explicitando-a da Equação 9 como representado a seguir:

$$Ka = \left(\frac{\theta}{0,1138} \right)^2 + 0,1758 \quad (9)$$

No início as leituras foram feitas de cinco em cinco minutos, pois a perda de água por percolação nesse período é muito elevada. À medida que ocorreu a redução na percolação, as leituras passaram a ser feitas em maiores intervalos de tempo. A umidade gravimétrica referente a cada pesagem do conjunto foi determinada pela Equação 10:

$$\theta = \left(\frac{P_1 - P_2}{P_2 - P_3} \right) \times D \quad (10)$$

em que:

θ – umidade volumétrica do solo ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$);

P_1 – massa do conjunto tubo+solo úmido+sonda+tela (kg);

P_2 – massa do conjunto tubo+solo seco+sonda+tela (kg);

P_3 – massa do tubo+sonda+tela (kg);

D – densidade relativa (kg dm^{-3}).

4.6. Determinação da umidade do solo

Obtidos os valores de θ e da constante dielétrica (K_a) foi possível estabelecer a curva de calibração de cada uma das profundidades analisadas, mediante o ajuste de uma equação polinomial cúbica (Figura 5).

As sondas TDR foram cuidadosamente introduzidas no solo nas diferentes profundidades, procurando-se evitar a formação de lacunas de ar entre as hastes e o solo, o que poderia comprometer as leituras. Foram instaladas a uma distância de 0,75 m entre uma planta e outra. As profundidades de instalação das sondas foram: 0,15; 0,30; 0,50; 0,70; 1,00 e 1,20 m (Figura 6).

Para efeito de comparação dos resultados foram instaladas sondas de TDR em dois experimentos localizados próximos à área com porta-enxertos ananícantes e semi-ananícantes, sendo um ao lado e o outro em frente. Nesses experimentos as plantas não são ananícantes e o espaçamento é convencional (6,5 m x 3 m). O porta-enxerto de ambos os experimentos (ao lado e em frente) é o limão 'Cravo' e a copa é a laranja 'Pêra'.

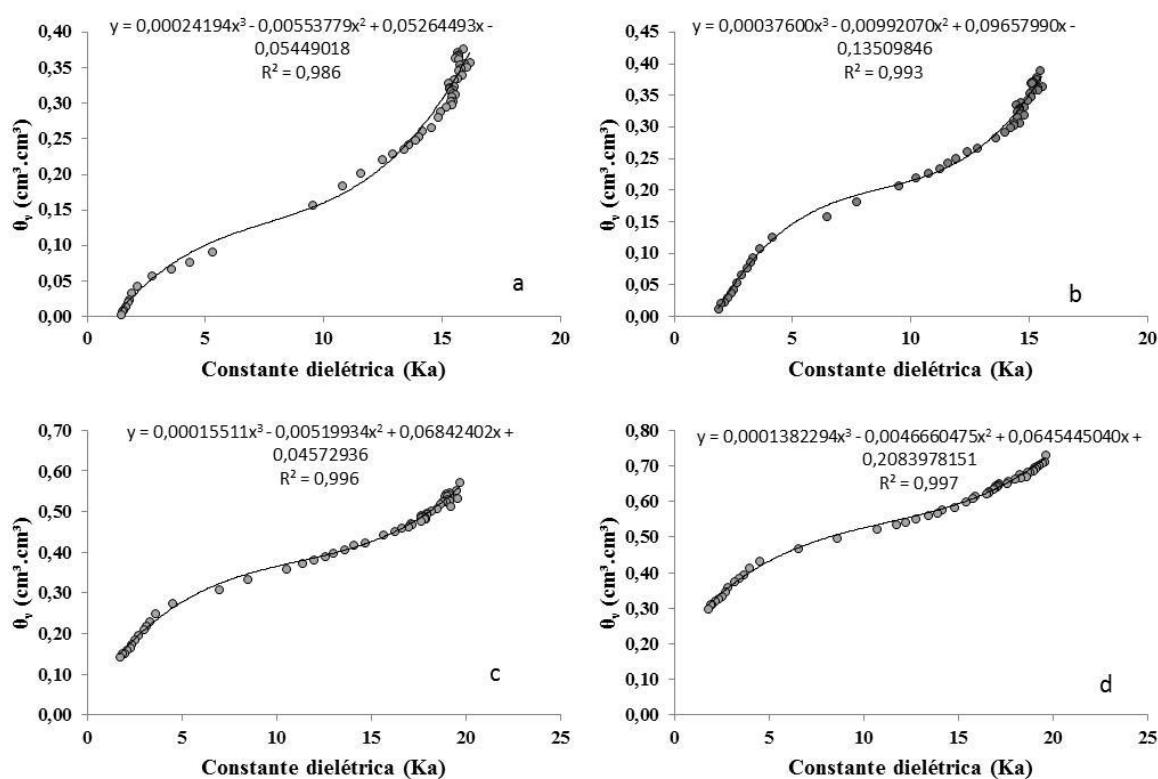


Figura 5. Relações entre constante dielétrica (K_a) e umidade volumétrica (θ_v) para os diferentes horizontes do solo utilizado no experimento (a: 0,00-0,17 m; b: 0,017-0,50 m; c: 0,50-0,80 m; d: 0,80-1,20 m).



Figura 6. Instalação das sondas TDR.

Foi instalado um total de 162 sondas, no sentido vertical (Figura 7).

As leituras de umidade tiveram início no mês de setembro de 2014 e foram feitas utilizando-se equipamento TDR 100, fabricado pela Campbell Scientific.

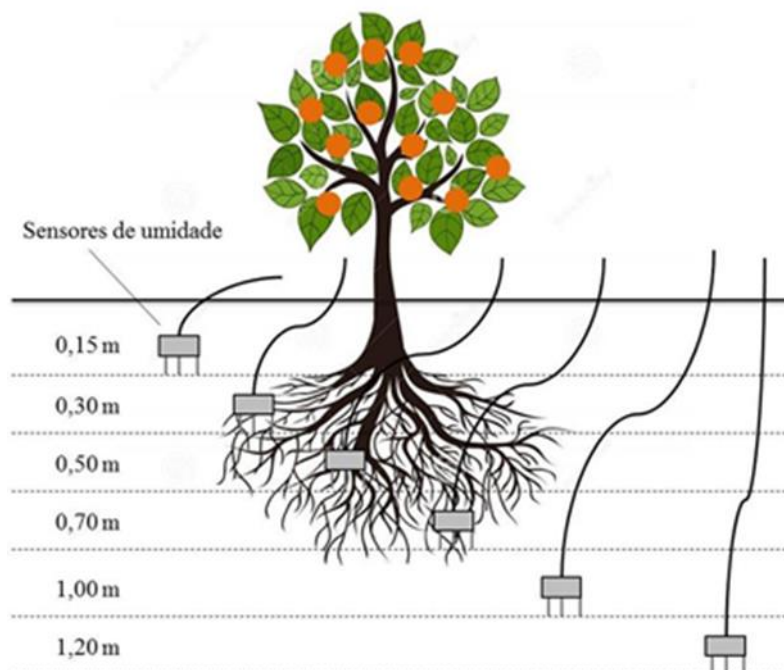


Figura 7. Imagem da distribuição esquemática das sondas TDR no campo.

4.7. Avaliação das plantas

Foram avaliadas as plantas de laranjeira para todos os porta-enxertos. As avaliações foram realizadas a cada seis meses entre maio de 2014 e janeiro de 2016. Das 18 árvores de cada cultivar em estudo foram medidos a altura da planta desde o solo até o topo da mesma; o diâmetro da copa em duas posições, perpendicular às linhas de plantio e no sentido da linha de plantio, para o cálculo do diâmetro médio; e o diâmetro do caule, acima do ponto de enxertia.

O volume da copa foi calculado pela equação proposta por Mendel (1956):

$$V = \frac{2}{3} \pi r^2 h \quad (11)$$

em que:

v – volume em m³;

r – raio médio da copa (m);

h – corresponde à altura da planta (m).

4.8. Componentes do balanço hídrico no solo

O balanço hídrico no solo nada mais é do que a soma algébrica dos processos de entrada e saída de água num volume de controle de solo durante determinado período de tempo.

No solo onde se encontravam os diferentes porta-enxertos, o balanço hídrico foi estimado com base no princípio da conservação das massas, o qual pode ser representado pela relação matemática das entradas e saídas de água em determinado volume de solo e pode ser descrito pela equação:

$$\Delta h = P \pm D - ET \quad (12)$$

em que:

Δh – variação de armazenagem de água no perfil do solo durante o período considerado;

P – precipitação pluvial;

D – drenagem interna ou a ascensão capilar;

ET – evapotranspiração.

O parâmetro D não foi mensurado devido à inexistência da função condutividade hidráulica x umidade para o solo da área experimental, de modo a possibilitar a estimativa da densidade de fluxo de água no limite inferior do volume de controle de solo. Por questões operacionais não foi possível obter tal função localmente.

Todos os componentes da equação foram medidos, com exceção da evapotranspiração, a qual foi calculada explicitando-a da Equação 12, como representado a seguir:

$$ET = \Delta h - P \quad (13)$$

Os parâmetros I (irrigação) e R (deflúvio superficial e subsuperficial), que normalmente fazem parte da equação do balanço hídrico do solo, não foram considerados neste trabalho em virtude do experimento ter sido realizado sob condições de sequeiro e em solo com relevo praticamente plano, onde o deflúvio foi considerado nulo.

O balanço foi realizado em um volume de solo na profundidade $0 < z < L$ durante o intervalo de tempo $t_1 - t_0$. A profundidade z considerada foi de 1,20 m e o intervalo de tempo foi semanal no período total de um ano e seis meses de acompanhamento, para todos os sete porta-enxertos e para os experimentos localizados ao lado e em frente.

O componente variação de armazenagem foi determinado utilizando-se os dados de umidade obtidos pelas leituras semanais com a TDR até a profundidade de 1,20 m. Como as sondas foram instaladas em diferentes profundidades, a armazenagem foi calculada para a profundidade de 0-120 cm por meio da seguinte equação:

$$h_{(120)} = (\theta_{15} \times 17) + ((\theta_{30} + \theta_{50}) \div 2 \times 33) + (\theta_{70} \times 30) + ((\theta_{100} + \theta_{120}) \div 2 \times 40) \quad (14)$$

em que:

$h_{(120)}$ – armazenagem na profundidade expressa em centímetros (cm);

θ – umidade volumétrica, com o subíndice indicando a profundidade (cm) de medição.

A variação de armazenagem na profundidade de 120 cm (Δh_{120}) foi calculada pela diferença entre os valores de armazenagem obtidos no perfil no momento atual e na semana anterior para cada período considerado, podendo ser expressa pela equação:

$$\Delta h_{(120)} = h_{(f)} - h_{(i)} \quad (15)$$

em que:

$\Delta h_{(120)}$ – é a variação de armazenagem na profundidade de 120 cm;

h_f – armazenagem obtida no momento atual;

h_i – armazenagem obtida na semana anterior.

Os intervalos de tempo segmentados do período total de um ano e seis meses de acompanhamento, para todos os porta-enxertos, foram: 1) 17/09/2014 a 22/12/2014 = 96 dias; 2) 23/12/2014 a 25/03/2015 = 92 dias; 3) 26/03/2015 a 17/06/2015 = 83 dias; 4) 18/06/2015 a 27/08/2015 = 70 dias; 5) 28/08/2015 a 28/12/2015 = 122 dias e 6) 29/12/2015 a 23/03/2016 = 85 dias. Os intervalos foram estabelecidos considerando a precipitação pluvial mensal registrada na área, sendo que o 3 e o 4 correspondem a períodos de maiores precipitações e os demais intervalos correspondem a períodos de menores precipitações.

Os dados de precipitação, temperatura e umidade relativa do ar foram registrados por meio de estação meteorológica instalada na área do experimento (Figura 8).



Figura 8. Estação meteorológica na área de estudo.

4.9. Análise estatística dos dados

Para cada porta-enxerto foram avaliadas três repetições.

Foi realizada também análise estatística descritiva dos valores médios de evapotranspiração por período considerando-se a média, mediana, máximo, mínimo, amplitude total, desvio-padrão, assimetria, curtose, normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk a 5 % e coeficiente de variação (CV). Foram utilizados os critérios descritos por Gomes; Garcia (2002) para classificação dos valores de CV: baixa variabilidade ($\leq 10\%$), média variabilidade (10% a 20%), alta variabilidade (20% a 30%) e variabilidade muito alta ($> 30\%$).

Foi calculada a média ponderada de armazenagem de água no perfil e da evapotranspiração, sendo o número de dias de cada período, os ponderadores.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparação das médias para as variáveis armazenagem de água no solo, evapotranspiração e crescimento vegetativo das plantas. Foi realizada também a análise de correlação de Pearson entre a armazenagem de água e a evapotranspiração.

A análise estatística foi realizada por meio do software SAS 9.0 (SAS INSTITUTE, 2004).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Aspectos climáticos

Os dados climáticos do município que inclui a área experimental demonstram a existência de condições bastante favoráveis à maioria das culturas tropicais, com temperatura média anual de 27°C, com máximas e mínimas variando de 29°C e 21°C, respectivamente. A precipitação média anual é de 1045 mm e o período mais chuvoso de abril a junho. Segundo Benvington; Castle (1985), o ritmo mais intenso de crescimento das raízes de citros é, em geral, obtido com temperaturas em torno de 27°C, e mais limitado abaixo de 22°C. Com base nessas informações pode-se concluir que, sob condições normais de suprimento de água e manejo da cultura, as temperaturas registradas nesse ecossistema não são limitantes ao desenvolvimento das plantas cítricas.

Apesar de apresentar condições climáticas favoráveis no município para a exploração dos citros, principalmente a temperatura, a má distribuição da precipitação pluvial pode gerar prejuízos ao desenvolvimento dessa cultura.

Observa-se a existência de dois períodos climáticos bem definidos no período do experimento, uma estação mais chuvosa, entre abril e agosto, e uma estação mais seca, entre setembro e março, no período da experimentação (Figura 9). Este fato reflete a condição normalmente observada no município e região.

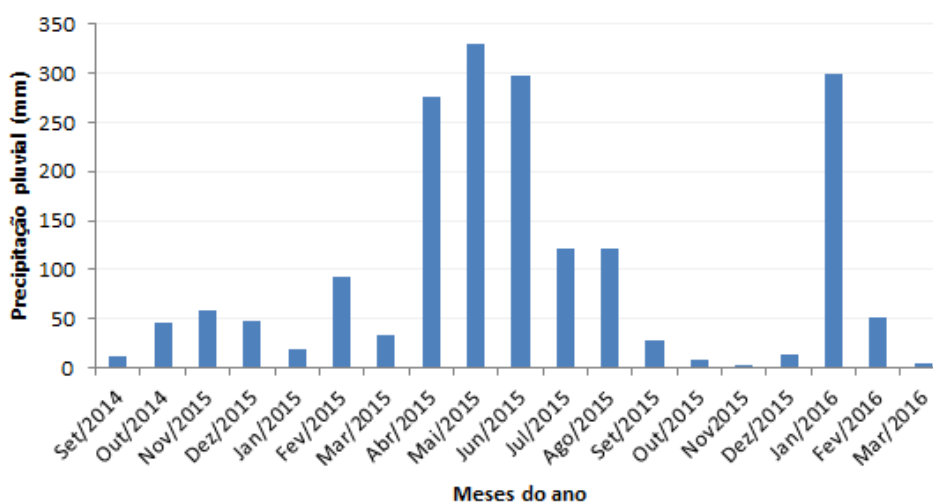


Figura 9. Distribuição mensal da precipitação pluvial durante o período do experimento.

A Figura 10 mostra a precipitação pluvial para os períodos analisados durante os dezoito meses de estudo. Embora o último período tenha apresentado precipitação total semelhante à do quarto período, isso se deveu à ocorrência excepcional de 299,98 mm de chuva em janeiro de 2016, com 96,27 mm num único dia.

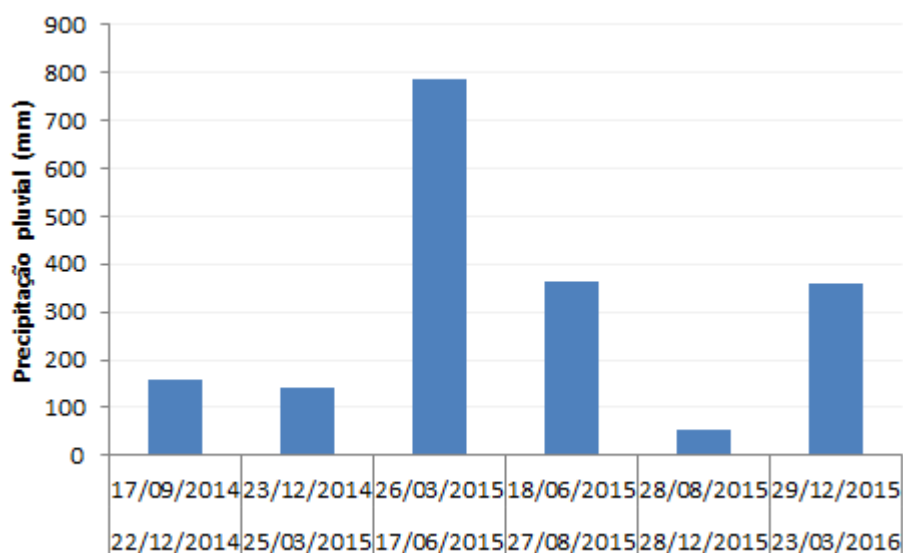


Figura 10. Distribuição da precipitação pluvial para os períodos analisados.

Em condições de falta de água ocorrem muitas alterações químicas e principalmente hormonais na planta cítrica. A perda de reservas energéticas é a alteração mais importante. Este processo é iniciado com o fechamento dos estômatos, o que provoca a paralisação da fotossíntese; com o aumento da desidratação ocorre o aumento acentuado no consumo de reservas da planta e no potencial osmótico das células, o que pode provocar a morte das folhas, ramos e radículas e, conseqüentemente, prejudicar a planta, muitas vezes de forma irreversível (LIMA, 1995).

5.2. Atributos físicos do solo da área experimental

A análise granulométrica mostrou que a profundidade de 0-0,17 m apresentou textura mais arenosa, com classe textural franco-argiloarenosa; as demais profundidades apresentaram textura argilo-arenosa (Tabela 1).

Nos perfis estudados pôde-se observar claramente o aumento do teor de argila à medida que os horizontes assumem maiores profundidades. Dessa forma, pode-se inferir que há influência dos minerais de argila sobre o elevado grau de floculação do solo nesses horizontes. Em geral, espera-se diminuição dos teores de argila dispersa em água com o aumento da profundidade dos solos, conforme observado por Alleoni; Camargo (1995), devido à maior contribuição dos óxidos de ferro em maiores profundidades nos solos mais intemperizados, como os Latossolos. Além disso, esse comportamento pode ser atribuído ainda à redução natural dos teores de matéria orgânica, que normalmente são maiores na superfície (Tabela 1).

Os percentuais de areia muito grossa e areia grossa são baixos e praticamente não sofrem alteração ao longo do perfil. Houve, portanto, predomínio de areia fina e muito fina na fração areia total, com valores intermediários para a areia média (Tabela 1).

Tabela 1. Análise granulométrica do solo da área de estudo.

Frações de areia*									
Horiz.	Prof.	AMG	AG	AM	AF	AMF	Areia total	Silte	Argila
	(m)	g kg ⁻¹							
A	0-0,17	13	38	153	336	125	665	68	267
AB	0,17-0,50	7	35	107	230	142	521	66	413
Bt1	0,50-0,80	7	30	86	211	156	490	71	439
Bt2	0,80-1,20	10	32	84	181	139	446	85	469

Argila dispersa em H ₂ O				
Horiz.	Prof.	Classe Textural	Argila dispersa em H ₂ O	Grau de floculação
	(m)		(g kg ⁻¹)	(%)
A	0-0,17	Franco-argiloarenosa	61	77
AB	0,17-0,50	Argilo-arenosa	31	93
Bt1	0,50-0,80	Argilo-arenosa	10	98
Bt2	0,80-1,20	Argilo-arenosa	41	91

* AMG - Areia muito grossa (2 a 1 mm), AG - Areia grossa (1 a 0,5 mm), AM - Areia média (0,5 a 0,25 mm), AF - Areia fina (0,25 a 0,1), AMF - Areia muito fina (0,1 a 0,05)

A densidade de partículas (D_p) apresentou menor valor no horizonte superficial (Tabela 2), podendo indicar a presença de material orgânico na composição granulométrica do solo, uma vez que a densidade da matéria orgânica varia de $0,60 \text{ kg dm}^{-3}$ a $1,0 \text{ kg dm}^{-3}$, o que leva à redução da (D_p) (KIEHL, 1979).

A porosidade total (Tabela 2) constitui-se num atributo bastante influenciado pelo uso e manejo do solo, e se enquadrando na faixa mais observada na maioria dos solos, que deve variar entre 0,30 e 0,70 m³m⁻³ (FERREIRA, 2010).

A macroporosidade apresentada pelo solo nos horizontes A e AB foi mais baixa, enquanto que nos horizontes mais profundos a macroporosidade apresentou valores acima de 0,20 m³m⁻³; os valores de microporosidade foram maiores que 0,20 m³m⁻³ em todos os horizontes, ocorrendo assim predominância de microporos sobre macroporos. Souza et al. (2008), em estudo da distribuição do sistema radicular de citros em topossequência de solos de Tabuleiro Costeiro em Sapeaçu-BA, também encontraram predominância de microporos sobre macroporos em Argissolo Amarelo coeso, com a maioria dos valores de macroporos inferior a 0,10 m³ m⁻³.

Tabela 2. Atributos físicos do solo da área de estudo.

Horiz.	Prof. (m)	PT (m ³ m ⁻³)			Ds (kg dm ⁻³)	Dp (g cm ⁻³)
		Total	Mp	mp		
A	0,00-0,17	0,3336	0,1000	0,2336	1,51	2,27
AB	0,17-0,50	0,4102	0,1381	0,2721	1,42	2,40
Bt1	0,50-0,80	0,4888	0,2107	0,2781	1,25	2,45
Bt2	0,80-1,20	0,5502	0,2575	0,2927	1,12	2,48

* PT = porosidade total, Mp = macroporos, mp = microporos

A aplicação da teoria do fluxo de água no solo, tanto no campo como em laboratório, requer o conhecimento da condutividade hidráulica e das características de retenção da água no solo (KLUTE, 1972). Dentre as alternativas para medição do fluxo proposto pelo autor, encontra-se a utilizada neste trabalho onde o teor de água no solo foi estimado com base na curva de retenção de água a partir dos potenciais mátricos obtidos em laboratório. Além desta utilização, primordial para caracterização do movimento de água no solo, as curvas de retenção permitem realizar inferências importantes sobre as características do solo e seu comportamento hidráulico.

Na Tabela 3 e na Figura 11 é possível observar o comportamento diferenciado entre os horizontes quanto à retenção de água. Para todas as profundidades observou-se queda mais acentuada no teor de água com o aumento da tensão aplicada até 100 kPa; a partir daí as curvas são mais suaves, o que denota redução gradual da umidade com o aumento da tensão. Resultados similares

foram encontrados por Cintra (1997) em estudo realizado em Umbaúba-SE, em área cultivada com citros em Argissolo Acinzentado.

Tabela 3. Valores medidos da curva de retenção de água, por horizonte.

Horizontes	Prof. (m)	Tensão (kPa)					AD
		10	33	100	300	1500	
		m ³ m ³					
A	0 - 0,17	0,248	0,183	0,174	0,174	0,128	0,120
AB	0,17 - 0,50	0,258	0,216	0,181	0,169	0,165	0,093
Bt1	0,50 - 0,80	0,257	0,192	0,166	0,155	0,154	0,103
Bt2	0,80 - 1,20	0,240	0,180	0,166	0,155	0,148	0,092

Na Tabela 4 são apresentados os parâmetros obtidos da equação de van Genuchten (1980), utilizando o programa computacional Soil Water Retention Curve SWRC versão 3.0 beta (DOURADO NETO et al., 1990).

Tabela 4. Equação de van Genuchten (1980) ajustada aos dados de retenção de água de Argissolo Amarelo da área de estudo, localizada na fazenda Gavião, município de Inhambupe-BA.

Horizonte	Profundidade	Equação ¹	R ²
A	0-0,17	$\theta = 0,130 + \frac{0,250 - 0,130}{\left[1 + (0,1090 \times \Psi_m)^{14,1690}\right]^{0,0344}}$	0,911
AB	0,17-0,50	$\theta = 0,170 + \frac{0,260 - 0,170}{\left[1 + (0,0430 \times \Psi_m)^{5,3324}\right]^{0,2910}}$	0,999
Bt1	0,50-0,80	$\theta = 0,150 + \frac{0,260 - 0,150}{\left[1 + (0,0897 \times \Psi_m)^{19,5444}\right]^{0,0463}}$	0,993
Bt2	0,80-1,20	$\theta = 0,150 + \frac{0,240 - 0,150}{\left[1 + (0,0986 \times \Psi_m)^{14,4007}\right]^{0,0543}}$	0,983

¹ Ψ_m em kPa.

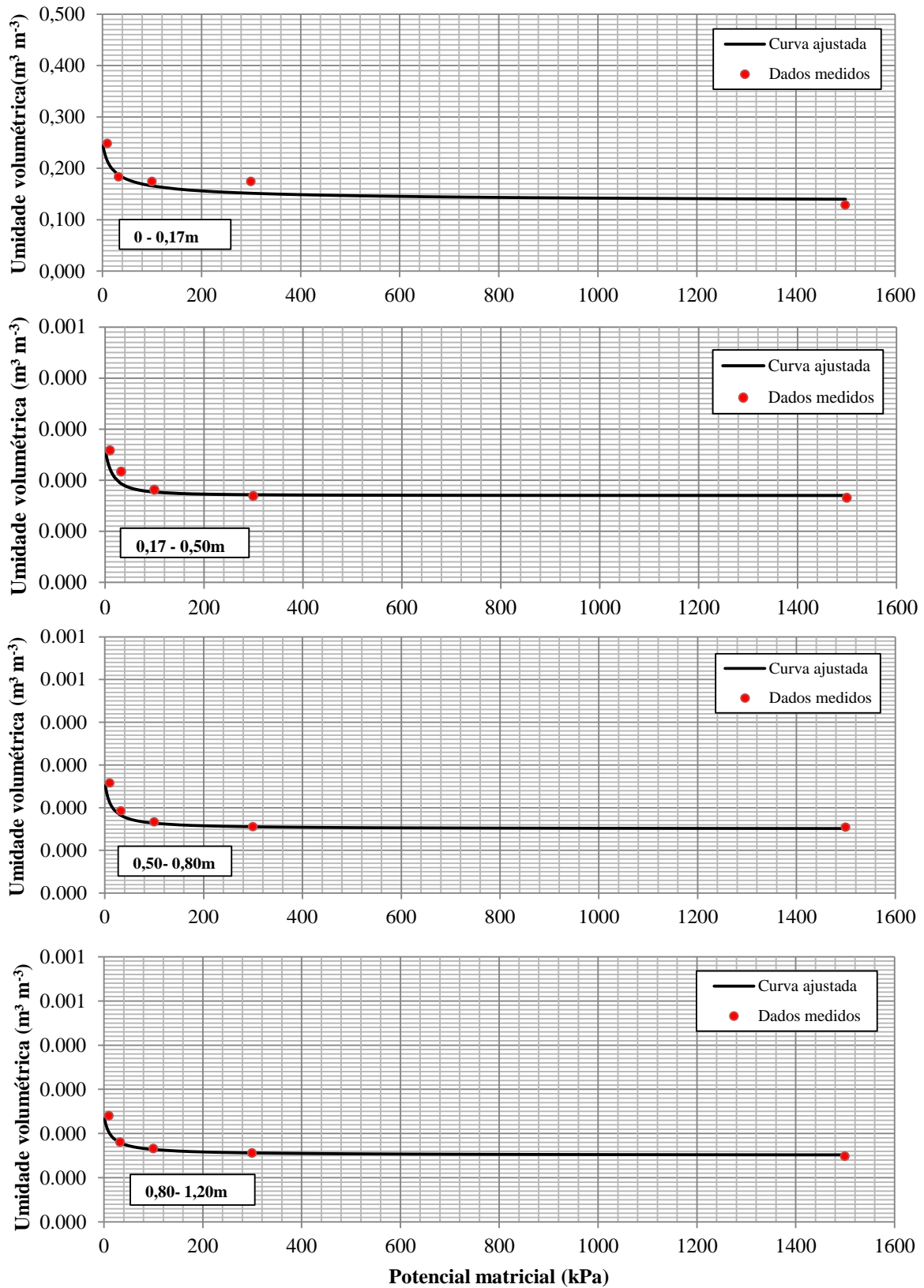


Figura 11. Curvas de retenção de água, por horizonte do solo da área experimental.

No ecossistema dos Tabuleiros Costeiros a dinâmica da água no solo assume características peculiares devido à restrição aos processos de drenagem e redistribuição impostas pela presença de adensamento em superfície, além do regime hídrico caracterizado pela má distribuição da precipitação pluvial.

O intervalo hídrico ótimo (IHO) é considerado um índice da qualidade estrutural do solo, sendo definido como a faixa de umidade do solo na qual as limitações ao desenvolvimento das plantas são mínimas, isto é, nessa faixa de umidade do solo é ótima a disponibilidade de água às plantas sem limitações devidas ao excesso de resistência à penetração e, ou à falta de aeração. É um importante indicador multifatorial das condições físico-hídricas do solo (KLEIN, 2008), tendo sido utilizado com essa finalidade em vários estudos (SILVA, 2006).

No solo da área em estudo, nos horizontes AB, Bt1 e Bt2, o limite superior do IHO foi a capacidade de campo (Figura 12), mostrando que a aeração não foi a condição física limitante para o crescimento das plantas, e o limite inferior foi definido pela umidade crítica de resistência à penetração, indicando restrição ao crescimento radicular, sendo também definido pelo ponto de murchamento permanente para o horizonte Bt2. Tormena et al., (1999), em estudos realizados em Latossolo Roxo observou similarmente que o limite superior do IHO foi a capacidade de campo. O IHO foi nulo no horizonte superficial (0-0,17 m), pois a umidade crítica de resistência à penetração foi superior à umidade na capacidade de campo. Para a umidade do solo retida na tensão de 10 kPa, na profundidade de 0-0,17 cm o valor de RP pode ser considerado alto, por estar acima de 2,0 MPa (Figura 13), que é considerado como limite crítico para o crescimento radicular (TAYLOR et al., 1966). É possível que isso seja resultado de compactação superficial causada por trânsito de máquinas ao longo do tempo.

A resistência do solo à penetração integra os efeitos da densidade do solo, da distribuição de tamanho dos poros e da umidade nas condições físicas do solo necessárias para o crescimento das raízes. Em trabalho realizado em Latossolo Vermelho, Klein et al. (1998) determinaram que a RP foi altamente influenciada pela umidade do solo, e afirma que a determinação da resistência do solo à penetração apenas quando o solo se encontra próximo à capacidade de campo não é recomendável, pois grandes variações de densidade poderão não ser detectadas.

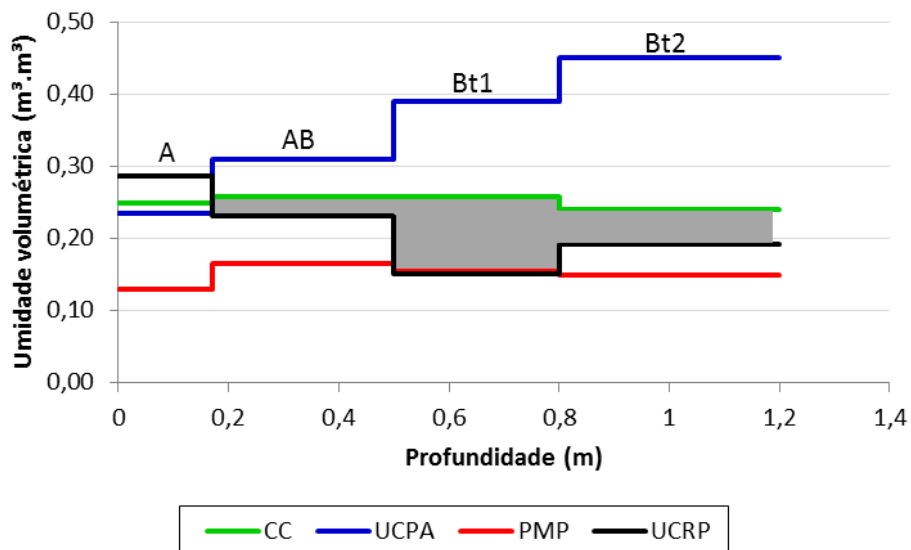


Figura 12. Intervalo hídrico ótimo do solo da área em estudo em função da profundidade. CC = umidade do solo na capacidade de campo (10 kPa); PMP = umidade do solo no ponto de murchamento permanente (1.500 kPa); UCRP = umidade crítica em que a resistência à penetração atingiu o valor de 2,0 MPa; e UCPA = umidade crítica para porosidade mínima de aeração de 0,10 m³ m⁻³. A área destacada indica o IHO.

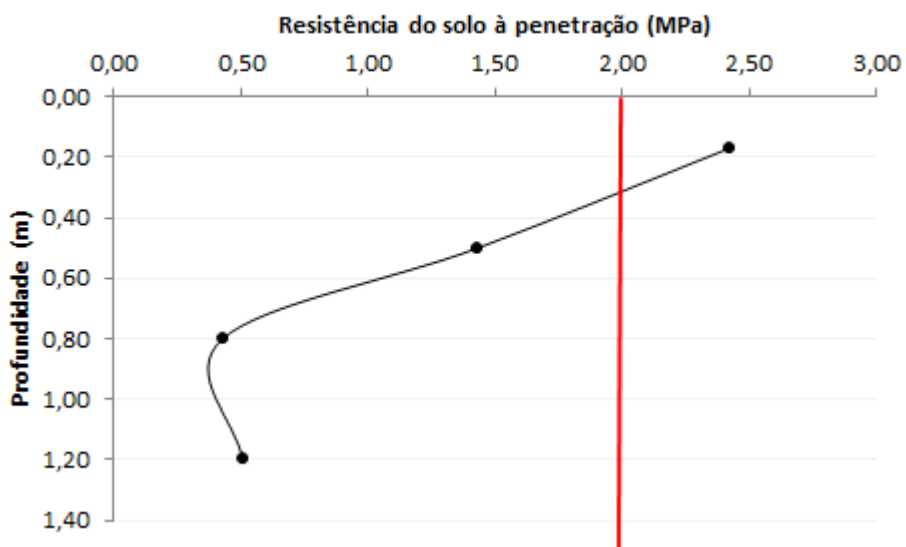


Figura 13. Resistência do solo à penetração em diferentes profundidades, avaliada sob a tensão de 10 kPa.

5.3. Balanço hídrico climatológico

Durante a realização do experimento, o período mais úmido ocorreu nos meses de abril a agosto de 2015, sendo observado balanço hídrico (BH) positivo, média diária de umidade relativa (UR) maior que 70% e temperatura menor que 27°C (Figuras 14 e 15). Observou-se um período intermediário nos meses de setembro/2014, quando tiveram início as coletas de dados de umidade a março/2015. Os períodos mais secos foram bem definidos nos meses de setembro a dezembro/2015 e fevereiro e março de 2016, com médias diárias de UR menores que 40% e temperatura maior que 30°C e BH negativo. No mês de janeiro/2016 ocorreu uma excepcionalidade com uma chuva intensa de aproximadamente 97 mm em apenas um dia.

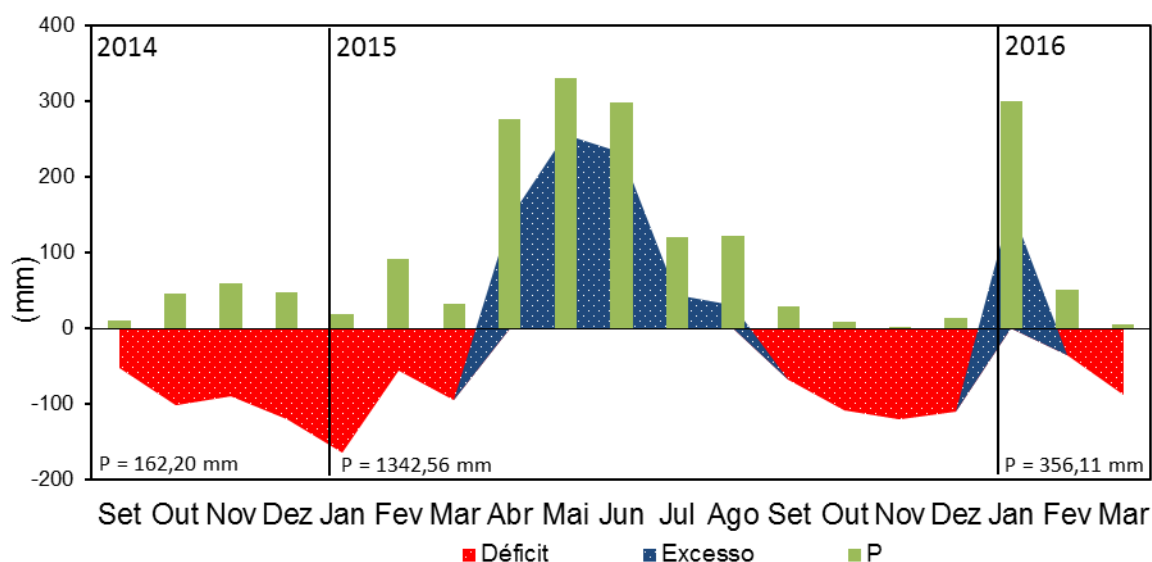


Figura 14. Balanço hídrico climatológico sequencial (BH) e precipitação pluvial (P) de diferentes meses dos anos de 2014, 2015 e 2016, a partir de dados da estação meteorológica instalada na área do experimento no município de Inhambupe, BA

O balanço hídrico climatológico é uma ferramenta importante no planejamento e na gestão ambiental de recursos hídricos. O planejamento hídrico é a base para se dimensionar qualquer forma de manejo integrado de recursos hídricos. Sendo assim, o balanço hídrico permite o conhecimento da necessidade e disponibilidade hídrica no solo ao longo do tempo.

Em estudo em Tabuleiro Costeiro, realizado por Paiva et al. (2000) foi verificado que as plantas cítricas passam por períodos de até cinco meses por ano

sem água disponível no solo até 1,50 m de profundidade, fato esse agravado em anos com precipitação abaixo da média.

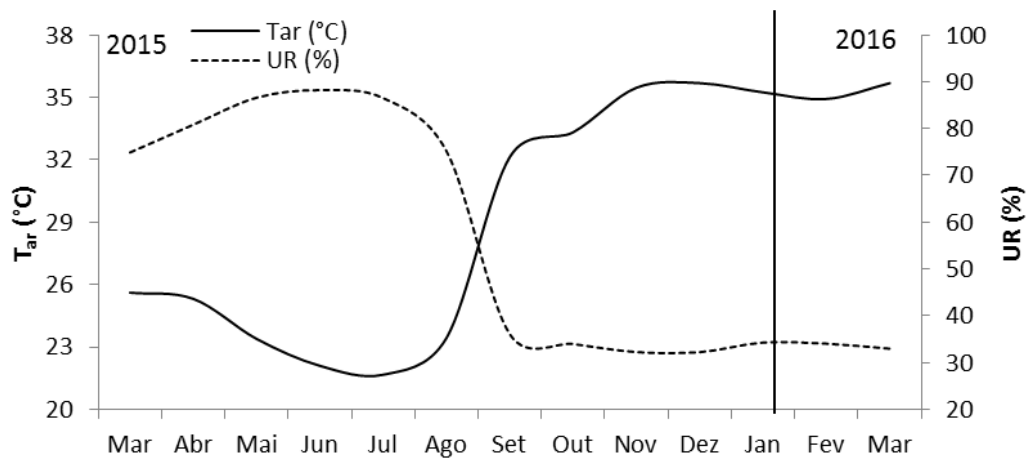


Figura 15. Temperatura do ar (Tar) e umidade relativa do ar (UR), medidas em diferentes meses dos anos de 2014, 2015 e 2016, obtidos da estação meteorológica instalada na área do experimento no município de Inhambupe, BA.

5.4. Balanço hídrico no solo

Na avaliação das entradas e saídas de água no solo, o balanço hídrico é uma importante ferramenta, na definição dos períodos mais prováveis para déficits hídricos para a cultura, que estão relacionados não só ao conhecimento dos fatores que o compõem, como também ao conhecimento das características da planta, principalmente sua fenologia. O balanço de água no solo foi realizado em seis períodos, com intervalo variável de tempo, tendo o primeiro período duração de 96 dias e os demais 92, 83, 70, 122 e 85 dias. Essa subdivisão teve como objetivo caracterizar períodos mais chuvosos e períodos mais secos, que são considerados importantes para a fenologia das plantas cítricas.

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados do balanço hídrico no solo para a profundidade de 0 a 1,20 m, para cada porta-enxerto, em 6 períodos ao longo de 18 meses de monitoramento da umidade do solo (setembro de 2014 a março de 2016), separados com base na precipitação pluvial (Figura 10).

Tabela 5. Balanço hídrico no solo para os porta-enxertos estudados (camada de solo: 0 a 1,20 m).

Porta-enxerto	Períodos		Número de dias	Variação de			ET (diária) mm dia ⁻¹
				P	armazenamento	ET	
				----- (mm) -----			
TSKC x (LCR x TR) - 059	17/09/2014	22/12/2014	96	157,20	-54,19	-211,39	-2,20
	23/12/2014	25/03/2015	92	141,81	8,15	-133,66	-1,45
	26/03/2015	17/06/2015	83	784,11	68,22	-715,89	-8,63
	18/06/2015	27/08/2015	70	363,98	-17,53	-381,51	-5,45
	28/08/2015	28/12/2015	122	53,59	-65,16	-118,76	-0,97
	29/12/2015	23/03/2016	85	360,18	-0,09	-360,27	-4,24
TOTAL			548	1860,88	-60,60	-1921,48	
LVK x LCR - 038	17/09/2014	22/12/2014	96	157,20	-39,02	-196,22	-2,04
	23/12/2014	25/03/2015	92	141,81	-26,33	-168,14	-1,83
	26/03/2015	17/06/2015	83	784,11	80,36	-703,75	-8,48
	18/06/2015	27/08/2015	70	363,98	-17,85	-381,83	-5,45
	28/08/2015	28/12/2015	122	53,59	-68,99	-122,59	-1,00
	29/12/2015	23/03/2016	85	360,18	-1,14	-361,31	-4,25
TOTAL			548	1860,88	-72,97	-1933,84	
TSKC x CTSW - 041	17/09/2014	22/12/2014	96	157,20	-51,88	-209,08	-2,18
	23/12/2014	25/03/2015	92	141,81	-9,51	-151,32	-1,64
	26/03/2015	17/06/2015	83	784,11	79,75	-704,37	-8,49
	18/06/2015	27/08/2015	70	363,98	-16,85	-380,84	-5,44
	28/08/2015	28/12/2015	122	53,59	-70,90	-124,50	-1,02
	29/12/2015	23/03/2016	85	360,18	-1,68	-361,86	-4,26
TOTAL			548	1860,88	-71,08	-1931,96	
Limão 'Cravo Santa Cruz'	17/09/2014	22/12/2014	96	157,20	-44,95	-202,15	-2,11
	23/12/2014	25/03/2015	92	141,81	3,45	-138,36	-1,50
	26/03/2015	17/06/2015	83	784,11	68,99	-715,13	-8,62
	18/06/2015	27/08/2015	70	363,98	-9,82	-373,81	-5,34
	28/08/2015	28/12/2015	122	53,59	-63,53	-117,13	-0,96
	29/12/2015	23/03/2016	85	360,18	-0,81	-360,99	-4,25
TOTAL			548	1860,88	-46,69	-1907,57	
Tangerina 'Sunki Tropical'	17/09/2014	22/12/2014	96	157,20	-40,93	-198,13	-2,06
	23/12/2014	25/03/2015	92	141,81	-9,10	-150,91	-1,64
	26/03/2015	17/06/2015	83	784,11	79,25	-704,86	-8,49
	18/06/2015	27/08/2015	70	363,98	-21,39	-385,37	-5,51
	28/08/2015	28/12/2015	122	53,59	-62,05	-115,65	-0,95
	29/12/2015	23/03/2016	85	360,18	0,72	-359,46	-4,23
TOTAL			548	1860,88	-53,50	-1914,38	

Tabela 5. Continuação.

Porta-enxerto	Períodos		Número de dias	P	Varição de armazenamento	ET	ET (diária)
Citrandarin Riverside	17/09/2014	22/12/2014	96	157,20	-61,24	-218,44	-2,28
	23/12/2014	25/03/2015	92	141,81	1,97	-139,84	-1,52
	26/03/2015	17/06/2015	83	784,11	70,40	-713,71	-8,60
	18/06/2015	27/08/2015	70	363,98	-7,49	-371,48	-5,31
	28/08/2015	28/12/2015	122	53,59	-72,47	-126,07	-1,03
	29/12/2015	23/03/2016	85	360,18	0,72	-359,46	-4,23
TOTAL			548	1860,88	-68,12	-1928,99	
Trifoliata Flying Dragon	08/10/2014	22/12/2014	75	123,20	-21,35	-144,55	-1,93
	23/12/2014	25/03/2015	92	141,81	-19,82	-161,63	-1,76
	26/03/2015	17/06/2015	83	784,11	73,53	-710,58	-8,56
	18/06/2015	27/08/2015	70	363,98	-6,50	-370,48	-5,29
	28/08/2015	28/12/2015	122	53,59	-87,12	-140,72	-1,15
	29/12/2015	23/03/2016	85	360,18	1,70	-358,48	-4,22
TOTAL			527	1826,88	-59,56	-1886,44	
Experimento ao lado	17/09/2014	22/12/2014	96	157,20	-51,03	-208,23	-2,17
	23/12/2014	25/03/2015	92	141,81	-4,94	-146,75	-1,60
	26/03/2015	17/06/2015	83	784,11	81,33	-702,78	-8,47
	18/06/2015	27/08/2015	70	363,98	-18,13	-382,11	-5,46
	28/08/2015	28/12/2015	122	53,59	-63,43	-117,02	-0,96
	29/12/2015	23/03/2016	85	360,18	-1,17	-361,35	-4,25
TOTAL			548	1860,88	-57,37	-1918,24	
Experimento em frente	17/09/2014	22/12/2014	96	157,20	-50,63	-207,83	-2,16
	23/12/2014	25/03/2015	92	141,81	0,57	-141,24	-1,54
	26/03/2015	17/06/2015	83	784,11	71,83	-712,28	-8,58
	18/06/2015	27/08/2015	70	363,98	-12,33	-376,32	-5,38
	28/08/2015	28/12/2015	122	53,59	-66,92	-120,51	-0,99
	29/12/2015	23/03/2016	85	360,18	-5,80	-365,97	-4,31
TOTAL			548	1860,88	-63,27	-1924,15	

Convertendo os valores totais para o período de um ano (12 meses), obtiveram-se os seguintes valores de evapotranspiração anual: 1.280, 1.288, 1.287, 1.270, 1.275, 1.285, 1.306, 1.278 e 1.281 mm, para os respectivos porta-enxertos: TSKC x (LCR x TR) – 059, LVK x LCR – 038, TSKC x CTSW – 041, limão ‘Cravo Santa Cruz’, tangerina ‘Sunki Tropical’, citrandarin Riverside, trifoliata Flying Dragon, experimento ao lado, experimento em frente (Tabela 5).

A evapotranspiração anual de laranjeiras ‘Salustiana’ irrigadas por gotejamento, na Espanha, foi de 840 mm ano⁻¹, em trabalho realizado por Castel; Buj (1990). No Estado de Sergipe, Cintra et al., (2000), em um estudo comparando diferentes porta-enxertos, encontraram valores anuais de evapotranspiração de 757

a 945 mm. Ainda no Brasil, no Estado de São Paulo, Cruz (2003) encontrou um valor de evapotranspiração anual de 1.271 mm para a cultivar Valência (*Citrus sinensis* L. Osbeck), em Latossolo Vermelho-Amarelo. Ortolani et al. (1991) citam uma evapotranspiração entre 600 e 1.300 mm anuais. Estudo realizado por Moreti et al. (2007) mostrou que a evapotranspiração anual para a cultura do citros foi de 1.341 mm.

A evapotranspiração anual estimada no presente estudo, está dentro dos valores de ET citados por Ortolani et al. (1991) e Cruz (2003). Rogers et al. (1983) também encontraram valores de ET semelhantes aos desse trabalho, para as condições da Flórida, em solo de textura média. Hoffman et al. (1982), no Arizona, local de clima semiárido, encontraram valores de ET superiores aos encontrados neste trabalho, da ordem de 1.470 mm anual.

É possível observar também que os valores médios de ET são similares para todos os porta-enxertos, porém bem distintos para os diferentes períodos, conforme pode ser visualizado na Figura 16. Ben Mechlia; Carroll (1989) estimaram, por modelagem, o intervalo de evapotranspiração entre 4 e 8 mm dia⁻¹ como limitante à produção de citros. Verifica-se que os valores máximos de evapotranspiração diária nos períodos de maior demanda hídrica são observados em todos os porta-enxertos, e estão acima dos limites estabelecidos por esses autores (Tabela 5).

É importante salientar que as comparações feitas com base na evapotranspiração diária são mais representativas, pois eliminam o efeito proveniente do intervalo variável de tempo entre os períodos em que foi realizado o balanço.

Segundo Cintra (1997), as informações existentes para as regiões produtoras de citros no Nordeste indicam que o período de maior demanda hídrica está entre os meses de agosto a novembro, momento em que as plantas iniciam a emissão dos botões florais, a frutificação e o desenvolvimento dos frutos. À semelhança do que ocorre com as culturas agrícolas, em geral, a necessidade de água dos citros varia conforme o estágio fenológico das plantas. Na brotação, na emissão de botões florais, frutificação e início de desenvolvimento dos frutos há uma maior demanda de água pelas plantas, que se tornam muito mais sensíveis ao déficit hídrico nesse período, sendo que o aumento no tamanho dos frutos está altamente relacionado com a absorção de água. Na fase de maturação, colheita e semi-dormência, a demanda hídrica é menor.

A Figura 16 mostra que independentemente do porta-enxerto, as maiores taxas de evapotranspiração ocorreram entre 26/03 e 27/08, onde foram registradas as maiores precipitações, e durante o período de 29/12 a 23/03 onde ocorreu alta e atípica precipitação. Em estudo do balanço hídrico no município de Umbaúba-SE, realizado por Cintra (1997), foi avaliado que as maiores taxas de evapotranspiração ocorreram no período de 26/03 e 15/05.

Nas condições deste estudo, esses resultados demonstram que a demanda hídrica entre os períodos citados existe, mas não supre, em função das condições climáticas, sobretudo a precipitação.

É importante salientar que, apesar de não ter sido computada, nos períodos onde são observados altos valores de evapotranspiração, especialmente de 26/03/15 a 17/06/15, pode ter ocorrido drenagem interna.

Com base na Figura 16 é possível ainda observar que os períodos considerados como de alta demanda hídrica são seguidos por períodos de baixa evapotranspiração (entre 17/09/14 a 25/03/15 e 28/08/15 a 28/12/15), o qual coincide com os meses mais secos do ano onde a atividade da planta é muito alta, podendo acarretar uma queda na produtividade.

Ao analisar as Figuras 10 e 16 observa-se que a evapotranspiração apresentou tendência de aumentar seus valores para os períodos em que ocorreu maior precipitação pluvial. Isso pode ter ocorrido provavelmente, pois a evapotranspiração é fortemente dependente de fatores climatológicos e da planta.

A Tabela 6 apresenta o resumo da estatística descritiva para os valores de evapotranspiração para os 6 períodos analisados durante os 18 meses de avaliação, revelando valores próximos para média e mediana, o que, associado ao teste de Shapiro-Wilk não significativo, indica que os dados seguem distribuição normal em todos os períodos avaliados.

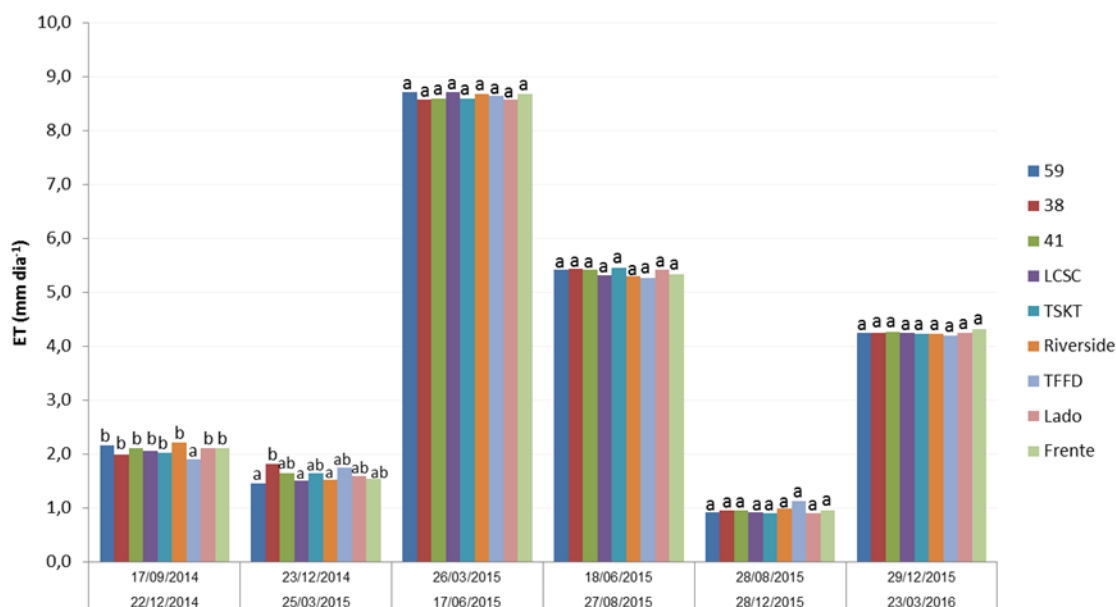


Figura 16. Evapotranspiração diária, por porta-enxerto, para cada período do balanço hídrico, e para os experimentos avaliados com plantas de tamanho e espaçamento convencionais, que se localizam em frente e ao lado. 59 = TSKC x (LCR x TR); 38 = LVK x LCR; 41= TSKC x CTSW; LCSC = limão ‘Cravo Santa Cruz’; TSKT = tangerina ‘Sunki Tropical’; Riverside = Citrandarin Riverside; TFFD = Trifoliata Flying Dragon; lado = experimento localizado ao lado com plantas adultas e espaçamento convencional; Frente = experimento localizado em frente com plantas adultas e espaçamento convencional.

Tabela 6. Resumo estatístico dos valores de evapotranspiração (mm) dos porta-enxertos para os períodos analisados durante os dezoito meses de estudo.

	Média	Mediana	Desvio padrão	Variância	Curtose
Per 1	194,889	202,387	20,827	433,753	6,626
Per 2	147,807	146,291	11,063	122,381	-0,454
Per 3	716,781	716,609	4,900	24,009	-2,045
Per 4	376,220	379,468	4,893	23,946	-1,835
Per 5	117,135	115,688	8,435	71,146	5,219
Per 6	361,015	360,913	2,311	5,340	3,857
	Assimetria	Mínimo	Máximo	CV (%)	Shapiro-Wilk
Per 1	-2,443	142,169	212,831	10,686	0,695**
Per 2	0,643	133,704	167,335	7,484	0,943 ^{NS}
Per 3	0,104	710,876	723,320	0,684	0,877 ^{NS}
Per 4	-0,373	369,042	382,119	1,301	0,866 ^{NS}
Per 5	2,141	110,476	137,735	7,201	0,753**
Per 6	1,616	358,185	366,369	0,640	0,854 ^{NS}

Os períodos 2, 3, 4, 5 e 6 apresentam desvio padrão relativamente baixo comparado com as respectivas médias, o que é um reflexo de pequena dispersão dos valores com relação à média. A observação é confirmada pelos valores de

coeficiente de variação, os quais podem ser classificados, segundo Gomes; Garcia (2002). como baixos. Já o período 1, que é considerado como seco, apresentou coeficiente de variação classificado como médio, evidenciando dispersão dos dados nesse período.

A Figura 17 resume graficamente os dados de evapotranspiração e armazenagem de água de todos os períodos caracterizados com relação aos diferentes genótipos, incluindo comparações estatísticas entre as médias.

No período 1, com duração de 96 dias, o único genótipo que diferiu estatisticamente dos demais foi trifoliata Flying Dragon (TFFD) tanto para a evapotranspiração, quanto para a armazenagem de água no solo. Este genótipo se caracteriza por ser de baixo porte, tendo altura de planta, diâmetro de caule e copa menores que os demais, especialmente no período 1; como o solo permaneceu mais descoberto nesse porta-enxerto, do que nos demais, isso é indício de que a evaporação do solo foi o processo dominante na redução da armazenagem de água no solo.

Para os demais períodos de avaliação com relação à evapotranspiração, observou-se diferença significativa entre os genótipos no período 2, sendo os porta-enxertos 059, limão 'Cravo Santa Cruz' e citrandarin Riverside os que apresentaram menor valor de ET. Comparando a variação de armazenagem entre os demais períodos e os diferentes porta-enxertos, pode-se destacar o porta-enxerto 41, que teve maior armazenagem em todos os períodos, em termos absolutos, e significativamente em relação ao Trifoliata Flying Dragon.

Para os experimentos com plantas adultas e espaçamento convencional (lado e frente), também não se observa uma diferença estatística significativa entre o plantio adensado e com plantas ananícantes e semi ananícantes. Isso pode ser justificado, pois também para estas plantas pode ter ocorrido mais evaporação da água do solo.

A adoção de 1,20 m como profundidade limite para o cálculo do balanço, sugerida pelos estudos realizados por Montenegro (1960), Kolesnikov (1971), Jones; Embleton (1973), Moreira (1983) e Nooling (1992), foi adequada e pôde-se estimar com segurança o consumo de água pela planta.

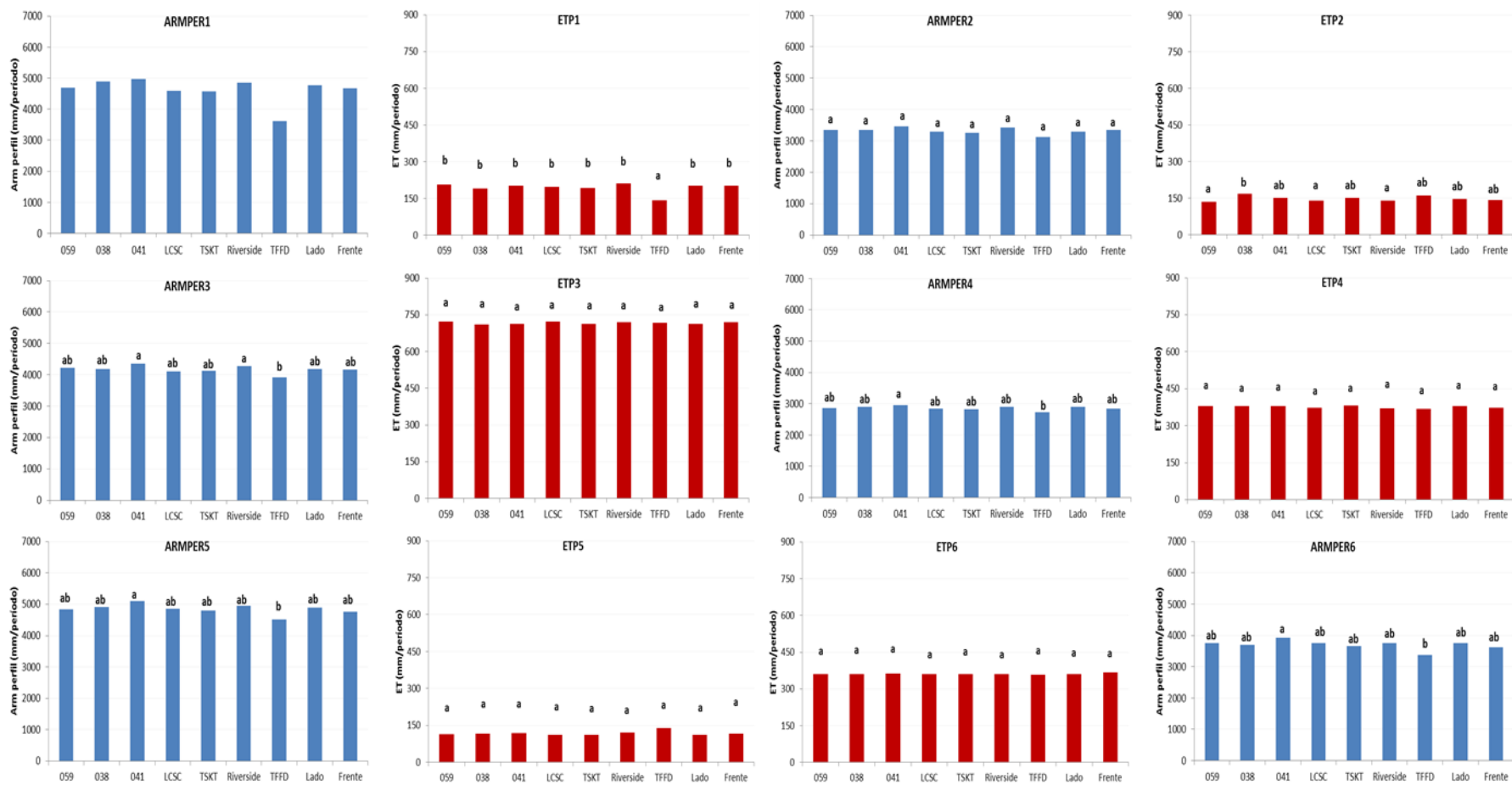


Figura 17. Análise estatística para os dados de evapotranspiração e armazenagem no perfil (0-1,20 m), por período comparando os diferentes porta-enxertos. (059 – TSKC x (LCR x TR); 038 – LVK x LCR; 041 – TSKC x CTSW; LCSC – limão ‘Cravo Santa Cruz’; TSKT – tangerina ‘Sunki Tropical’; Riverside – Citrandarin Riverside; TFFD – trifoliata Flying Dragon; experimento ao lado; experimento em frente). ARMPER = armazenagem no perfil; ETP = evapotranspiração.

Durante o período chuvoso, verificou-se maior umidade nas camadas superficiais do solo (Figura 18), apesar de uma maior demanda evapotranspirativa, e possivelmente uma maior drenagem nestas camadas, mostrando que o suprimento pelas chuvas foi grande, o que as manteve sempre úmidas, e conseqüentemente com maior disponibilidade de água durante este período. Estas inferências corroboram com os resultados encontrados por Cruz et al. (2005) em um estudo realizado com citros variedade Valência sobre porta-enxerto limão 'Cravo' no município de Piracicaba, SP, que durante o período chuvoso verificou maior umidade nas camadas superficiais do solo, mostrando que o suprimento pelas chuvas foi grande, mantendo-as sempre úmidas e, portanto, com maior disponibilidade de água durante este período.

Nos períodos considerados secos, a ET é reduzida, pois ocorrem alterações químicas, como a perda das reservas energéticas, processo iniciado no momento do fechamento dos estômatos e que representa a alteração mais importante. A armazenagem de água no solo reflete as variações da precipitação pluviométrica ao longo do período monitorado. Verificou-se nos períodos secos que as médias de evapotranspiração para os diferentes porta-enxertos foram menores, nesses períodos. Durante o período chuvoso, as médias de evapotranspiração foram maiores, mostrando que o suprimento das chuvas foi grande, mantendo o solo úmido, e, portanto, com maior disponibilidade de água durante este período.

Na Figura 19 é possível observar que o Trifoliata Flying Dragon (TFFD) foi o único genótipo que se diferenciou dos demais, no caso do 059, 038, 041, Riverside e do experimento localizado ao lado, em espaçamento convencional. Essa diferença pode ser explicada pelo porte das plantas que apesar de serem ananicas e semi-ananicas, variam entre si em altura, diâmetro de caule e copa, e aquele genótipo foi o que apresentou menores medidas. O TFFD se caracteriza por ser de baixo porte, tendo altura de planta, diâmetro de caule e copa menores que os demais, podendo ser um genótipo promissor, no sentido de adensar o pomar e obter aumento de produtividade, especialmente no período 1; como o solo permaneceu mais descoberto nesse porta-enxerto, do que nos demais, isso é indício de que a evaporação do solo foi o processo dominante na redução da armazenagem de água no solo. No entanto, não ocorreram diferenças estatísticas entre as médias de ET para os vários porta-enxertos.

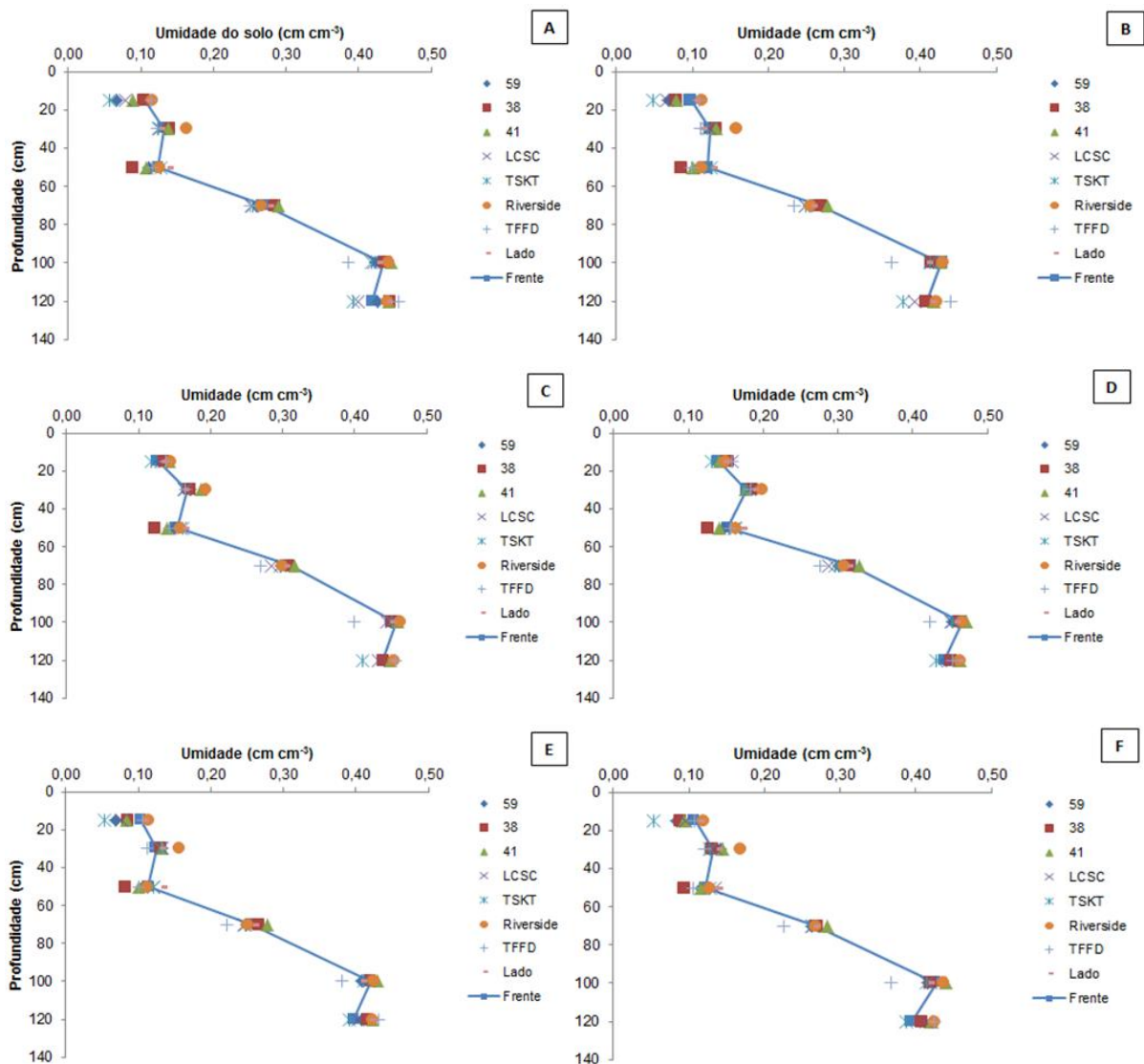


Figura 18. Média da umidade do solo, referente aos seis períodos caracterizados, no perfil de 0 a 1,20 m de profundidade por porta-enxerto e para os experimentos avaliados com plantas de tamanho e espaçamento convencionais, que se localizam em frente e ao lado. 59 = TSKC x (LCR x TR); 38 = LVK x LCR; 41= TSKC x CTSW; LCSC = limão 'Cravo Santa Cruz'; TSKT = tangerina 'Sunki Tropical'; Riverside = Citrandarin Riverside; TFFD = Trifoliata Flying Dragon; lado = experimento localizado ao lado com plantas adultas e espaçamento convencional; Frente = experimento localizado em frente com plantas adultas e espaçamento convencional.

O desempenho da copa na prevenção ao déficit hídrico pode ser controlado positivamente por meio do mecanismo de uso da água do porta-enxerto. As plantas podem evitar o estresse reduzindo a transpiração com o fechamento parcial dos estômatos, com conseqüente redução do crescimento da parte aérea e priorizando assim o crescimento do sistema radicular (TARDIEU, 2012).

Por meio do teste de correlação de Pearson (r) foi avaliado o grau de associação entre a armazenagem de água no perfil e a evapotranspiração nos seis períodos caracterizados neste estudo.

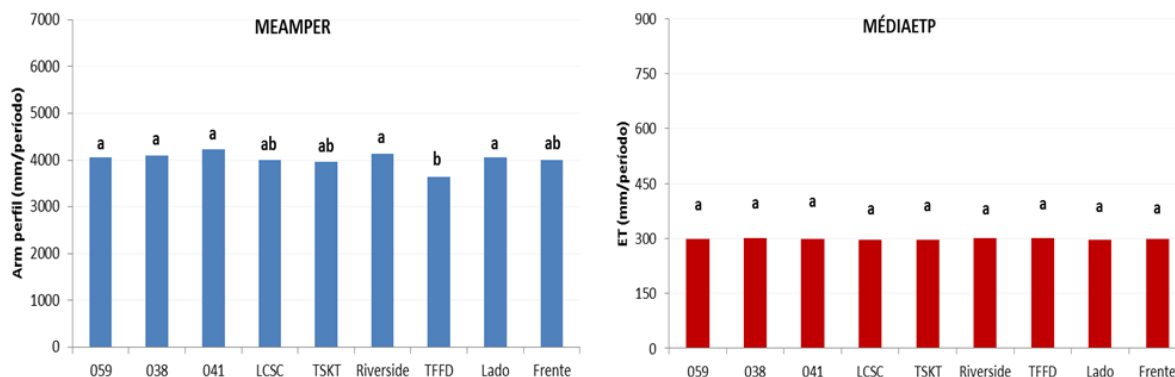


Figura 19. Análise estatística da média ponderada da evapotranspiração e da armazenagem para os diferentes porta-enxertos estudados, considerando os seis períodos de avaliação. (59 = TSKC x (LCR x TR); 38 = LVK x LCR; 41= TSKC x CTSW; LCSC = limão ‘Cravo Santa Cruz’; TSKT = tangerina ‘Sunki Tropical’; Riverside = Citrandarin Riverside; TFFD = Trifoliata Flying Dragon; lado = experimento localizado ao lado com plantas adultas e espaçamento convencional; Frente = experimento localizado em frente com plantas adultas e espaçamento convencional). MEAMPER = média ponderada do armazenamento no perfil; MÉDIAETP = média ponderada da evapotranspiração.

No teste de correlação de Pearson, se as variáveis apresentam uma perfeita relação linear, com declividade positiva da reta, então o coeficiente de correlação é igual ao valor 1, positivo. Se a relação linear ocorre, mas a declividade é negativa, então o valor do coeficiente é também 1, porém negativo. Se não há qualquer relação entre as variáveis, o coeficiente é nulo (FOLEGATTI, 1996). A correlação linear não implica causa-efeito; apenas expressa o grau de semelhança entre a distribuição do conjunto de dados de duas variáveis.

Na Tabela 7 são apresentadas as correlações entre os valores de armazenagem de água no perfil e a evapotranspiração por período com os dados originais, sendo que as correlações com r igual ou maior que 0,396 foram significativas para $p < 0,05$ e com r igual ou maior que 0,525 foram consideradas significativas para $p < 0,01$.

Observa-se que, pela Tabela 7, os valores de correlação se alteram, havendo redução nos valores em alguns momentos, voltando a apresentar coeficientes altos, no momento em que a armazenagem de água no solo aumenta em função da

precipitação ocorrida no período. Conseqüentemente, quanto maior uma armazenagem de água, maior será a evapotranspiração naquele período.

A estimativa da evapotranspiração é de grande relevância, e também a sua relação com as condições físicas do solo e outros processos de movimentação da água no sistema solo-planta-atmosfera, além dos processos fisiológicos ligados ao desenvolvimento radicular e foliar. É possível dizer que a evapotranspiração seguiu a tendência de distribuição temporal do conteúdo de água no solo, decorrente principalmente da distribuição das chuvas. Este fato foi também verificado por Brito et al. (2009), em estudo do balanço de água no solo com cana-de-açúcar.

Tabela 7 Correlações de Pearson obtidas entre a armazenagem de água no perfil e a evapotranspiração para cada período avaliado.

Armaz. Período	ETP1	ETP2	ETP3	ETP4	ETP5	ETP6	MEDIAETP
ARM PER1	-0,699**	0,178 ^{ns}	-0,108 ^{ns}	-0,353 ^{ns}	0,586**	-0,218 ^{ns}	0,125 ^{ns}
ARM PER2	-0,260 ^{ns}	0,029 ^{ns}	-0,449*	-0,300 ^{ns}	0,526**	-0,083 ^{ns}	0,170 ^{ns}
ARM PER3	-0,415*	0,072 ^{ns}	-0,182 ^{ns}	-0,396*	0,548**	-0,072 ^{ns}	0,193 ^{ns}
ARM PER4	-0,402*	-0,025 ^{ns}	-0,004 ^{ns}	-0,385 ^{ns}	0,548**	-0,059 ^{ns}	0,237 ^{ns}
ARM PER5	-0,316 ^{ns}	-0,053 ^{ns}	-0,179 ^{ns}	-0,370 ^{ns}	0,621**	-0,007 ^{ns}	0,337 ^{ns}
ARM PER6	-0,435*	0,071 ^{ns}	-0,107 ^{ns}	-0,304 ^{ns}	0,525**	0,032 ^{ns}	0,262 ^{ns}
MEDIA	-0,508**	0,075 ^{ns}	-0,180 ^{ns}	-0,376 ^{ns}	0,613**	-0,100 ^{ns}	0,227 ^{ns}

**($p < 0,01$); *($p < 0,05$) pelo teste t; ns: não significativo.

Os porta-enxertos afetam diretamente o vigor da variedade copa enxertada, estando relacionado diretamente ao genótipo e suas relações. Com isso, os porta-enxertos induzem diferenças marcantes no tamanho da copa e de sua produção.

Os porta-enxertos apresentam diferenças significativas no desenvolvimento do sistema radicular, determinando a maior ou menor quantidade de radículas no sistema radicular da planta e, também, a distribuição delas no solo (MOREIRA, 1992). Segundo Vitti (1992), a capacidade de um porta-enxerto vigoroso para absorver mais água e colocar a raiz em contato com os nutrientes propiciaria uma maior absorção destes, quer por interceptação radicular, fluxo de massa ou difusão, elevando os níveis nutricionais da planta e, com isso, aumentando seu crescimento e produtividade.

As medidas de desenvolvimento vegetativo das cultivares foram realizadas em quatro períodos durante a realização do estudo. Os períodos foram espaçados em aproximadamente seis meses um do outro.

A análise estatística do crescimento vegetativo mostrou diferenças significativas entre os valores comparáveis de altura de planta, diâmetro de copa e do caule e volume de copa. Estes dados foram submetidos a análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey para $p < 0,05$, considerando na primeira avaliação como parcelas perdidas para o porta-enxerto Trifoliata Flying Dragon, devido a esse porta-enxerto ter sido incluído após a primeira coleta de dados para ser avaliado.

A análise dos dados mostra proporcionalidade entre a altura e o diâmetro das copas. Os porta-enxertos que induziram as maiores alturas também proporcionaram os maiores diâmetros e, conseqüentemente, os maiores volumes às copas.

O menor volume de copa foi observado nas árvores enxertadas sobre Trifoliata Flying Dragon. Estes dados corroboram com estudo realizado por Cantuarias Avilés (2009), que também encontrou menor volume de copa em árvores enxertadas sobre Trifoliata Flying Dragon. O Flying Dragon se caracteriza por ter desenvolvimento lento no primeiro ano no campo, e por reduzir o porte das copas para 50% ou menos do tamanho normal, o que permite maior número de árvores por área, com conseqüente aumento de produção. Outro porta-enxerto que também conferiu menor crescimento vegetativo foi o LVK x LCR – 038.

Como era esperado, as plantas que apresentaram maiores dados vegetativos (Figura 20) foram as que se encontravam nos experimentos localizados ao lado e à frente do experimento com os porta-enxertos ananicantes e semi-ananicantes, com a laranja 'Pêra' enxertada em limão 'Cravo' e em espaçamento normal (6,5 m x 3,0 m).

A realização do monitoramento do consumo hídrico de uma cultura agrícola a partir das medidas de entrada e saída de água em uma camada de controle de solo, caracterizando o comportamento de determinada classe de solo, é de grande importância para o conhecimento da cultura em estudo, assim como para a adoção de possíveis projetos de irrigação.

Na região onde foi realizado o estudo, a produção de citros é em sua maioria conduzida em condições de sequeiro e representa uma de suas mais importantes atividades agrícolas.

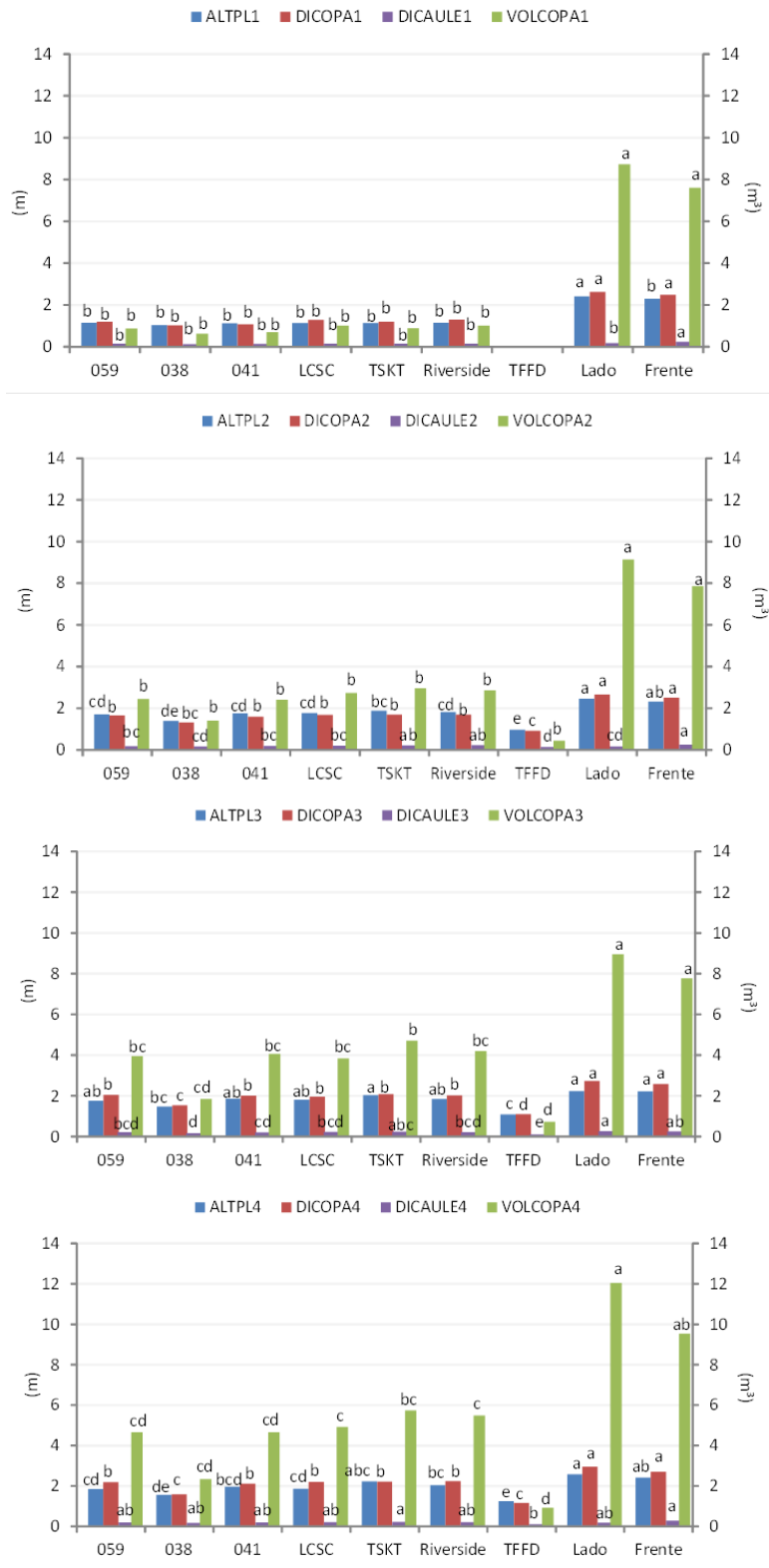


Figura 20. Altura de planta (m), diâmetro de copa (m), volume de copa (cm³) e diâmetro de caule (m) para os diferentes porta-enxertos, em diferentes períodos. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. 59 = TSKC x (LCR x TR); 38 = LVK x LCR; 41= TSKC x CTSW; LCSC = limão ‘Cravo Santa Cruz’; TSKT = tangerina ‘Sunki Tropical’; Riverside = Citrandarin Riverside; TFFD = Trifoliata Flying Dragon; lado = experimento localizado ao lado com plantas adultas e espaçamento convencional; Frente = experimento localizado em frente com plantas adultas e espaçamento convencional).

5.5. Drenagem interna e ascensão capilar

A drenagem interna e a ascensão capilar representam a saída (densidade de fluxo negativa) e a entrada (densidade de fluxo positiva) de água pelo limite inferior do volume de controle do solo, respectivamente.

Não foi possível determinar, no presente estudo, a condutividade hidráulica $K(\theta)$ pelo método do perfil instantâneo, porém foram estimados os gradientes de potencial, que fazem parte da equação de Darcy, nas diferentes profundidades: P1-P2 (0,0-0,15/0,20-0,30 m); P2-P3 (0,20-0,30/0,40-0,50 m); P3-P4 (0,40-0,50/0,60-0,70 m); P4-P5 (0,60-0,70/0,90-1,0 m); e P5-P6 (0,90-1,0/1,10-1,20 m).

Ao analisar a Figura 21, observaram-se valores negativos de gradiente de potencial da profundidade 2 para a 1; da 4 para a 3 e da 5 para a 4, indicando ascensão capilar, e valores positivos da profundidade 2 para a 3 e da 5 para a 6, indicando drenagem. Isso permite deduzir que, na maioria dos períodos, ocorreu movimento ascendente de água no perfil do solo, sem prejuízo à estimativa da evapotranspiração pelo balanço hídrico.

Para o balanço hídrico realizado, o dado mais importante seria a drenagem da profundidade 5 para a 6, cujos gradientes de potencial foram positivos, indicando drenagem no limite inferior do volume de controle. No entanto, mesmo com condutividade hidráulica do solo previsivelmente maior nos períodos mais chuvosos, os baixos gradientes de potencial observados permitiram presumir baixo movimento descendente e provavelmente pouco relevante no cômputo da evapotranspiração, mesmo nos períodos mais chuvosos.

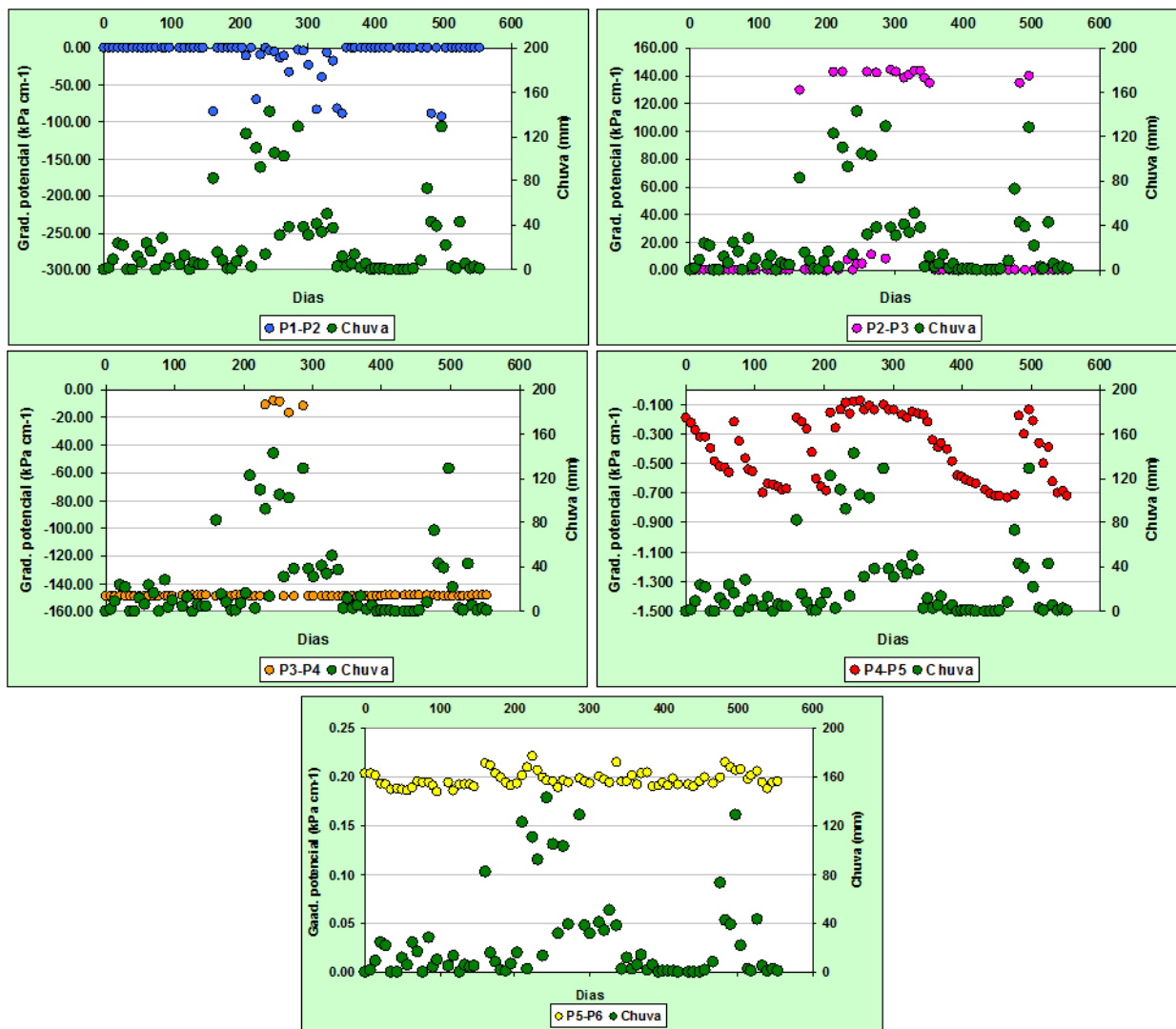


Figura 21. Gradiente de potencial total para os seis períodos de avaliação, envolvendo seis profundidades de Argissolo Amarelo em Inhambupe-BA.

6. CONCLUSÕES

1. A evapotranspiração real (ET) da cultura da laranja, durante o período de um ano, variou de 1.270 mm a 1.306 mm em função do porta-enxerto avaliado, e os valores diários variaram de 0,95 a 8,63 mm para os períodos de menor necessidade de água e maior necessidade de água;
2. A armazenagem de água no solo refletiu as variações da precipitação pluviométrica ao longo do período monitorado. Durante o período chuvoso, as médias de evapotranspiração foram maiores, mostrando que o suprimento das chuvas foi grande, mantendo o solo úmido, e, portanto, com maior disponibilidade de água durante este período;
3. Não se verificou diferença significativa da evapotranspiração nos diferentes porta-enxertos, seja em espaçamento adensado ou convencional, indicando que o uso da técnica de adensamento de plantio e porta-enxertos ananícantes e semi-ananícantes é vantajosa, à medida que se tem um aumento na densidade de plantio e conseqüente aumento de produtividade.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A hipótese do estudo teve como pressuposto que a presença de camadas coesas em solos de Tabuleiros Costeiros restringe a dinâmica da água no perfil e o aprofundamento do sistema radicular das plantas, resultando em frequentes déficits hídricos que contribuem para reduzir a produtividade e longevidade das plantas cítricas.

Neste estudo, o balanço de água no solo ao longo de 18 meses não permitiu confirmar a hipótese de existência de porta-enxertos mais eficientes no uso da água, no conjunto de porta-enxertos ananícantes avaliados em pomar adensado. Todos eles tiveram o mesmo comportamento com relação à evapotranspiração, não diferindo entre si e nem com plantas cultivadas em espaçamento convencional.

Considera-se, finalmente, que os objetivos do trabalho foram plenamente atingidos, mas é evidente que esses resultados são válidos até o atual estágio de desenvolvimento das plantas avaliadas.

Recomenda-se a continuidade da pesquisa por mais tempo, de forma a avaliar o comportamento dos porta-enxertos em maior espaço de tempo, o que certamente permitirá maior segurança quanto ao seu comportamento em relação aos déficits hídricos presentes no ecossistema considerado.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEONI, L. R. F.; BEAUCLAIR, E. G. F. Sugarcane cultivated after corn and peanut, with different fertilizer levels. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.52, n.3, p.409-415, 1995.

ALLEONI, L. R. F.; CAMARGO, O. A. Óxidos de ferro e de alumínio, e mineralogia da fração argila deferrificada de latossolos ácricos. *Scientia Agrícola*, v.53, p.416-421, 1995.

ANDRADE, C. L. T.; FREITAS, J. A. D.; LUZ, L. R. Q. P. Características físico-hídricas de solos arenosos de tabuleiro litorâneos. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 9, 1991, Natal. Anais... Natal: ABID, 1991. v.1, p.1069-1095.

ANGELOCCI, L. R. Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: introdução ao tratamento biofísico. LUIZ ROBERTO ANGELOCCI, ESALQ, Piracicaba, 2002, 272p.

AZEVEDO, F. A.; PACHECO, C. A.; SCHINOR, E. H.; CARVALHO, S. A.; CONCEIÇÃO, P. M. Produtividade de laranjeira Folha Murcha enxertada em limoeiro Cravo sob adensamento de plantio. *Bragantia*, Campinas, v.74, n.2, p.184-188, 2015.

BASTOS, D. C.; FERREIRA, E. A.; PASSOS, O. S.; SÁ, J. F.; ATAÍDE, E. M.; CALGARO, M. Cultivares copa e porta-enxertos para a citricultura brasileira. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 35, n. 281, p. 36-45, jul./ago. 2014.

BELASQUE JUNIOR, J.; BARBOSA, J. C.; BERGAMIN FILHO, A.; MASSARI C. A. Prováveis consequências do abrandamento da metodologia de erradicação do cancro cítrico no Estado de São Paulo. *Tropical Plant Pathology*, v.35, n.5, 2010.

BEN MECHLIA, N.; CARROLL, J. J. Agroclimatic modeling for the stimulation of phenology, yield and quality of crop production. I. Citrus response formulation. *International Journal of Biometeorology*, New York, v.33, n.1, p.36-51, 1989.

BERTONHA, A.; GONÇALVES, A. C. A.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R. Resposta da laranjeira pêra em níveis de irrigação. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 26, n. 2, p.185-191, 2004.

BEVINGTON, K. B.; CASTLE, W. S. Annual root growth pattern of young citrus trees in relation to shoot growth, soil temperature, and soil water content. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.110, p.840-845, 1985.

BLUMER, S. Citrandarins e outros híbridos de trifoliata como porta-enxertos nanicantes para a laranjeira 'Valência' (*Citrus sinensis* L. Osbeck). Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2005. 118p. (Tese de Doutorado).

BRITO, A. S.; LIBARDI, P. L.; GHIRBERTO, P. J. Water balance components in soils cropped to sugarcane, with and without nitrogen fertilization. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, p.295-303, 2009.

BRITO, A. S.; NEVES, P. M. ; REZENDE, J. O. ; MAGALHÃES, A. F. J.; SHIBATA, R. T.; COSTA, J. A. Lima da Pérsia com porta-enxerto semeado no local definitivo. *Bahia Agrícola*, v.7, p.61-71, 2006.

CANTUARIAS AVILÉS, T. E. Avaliação horticultural da laranjeira 'Folha Murcha', tangerineira 'Satsuma' e limeira ácida 'Tahiti' sobre doze porta-enxertos. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 2009. 129p. (Tese de Doutorado).

CARVALHO, J. E. B.; JORGE, L. A. C; RAMOS, W. F.; ARAÚJO, A. M. A. Manejo de cobertura do solo e desenvolvimento do sistema radicular da combinação Laranja Pêra/Limão Cravo na Bahia e em Sergipe. *Laranja, Cordeirópolis*, v.22, n.1, p.259-269, 2001.

CASTEL, J. R.; BUJ, A. Response of Salustiana oranges to high frequency deficit irrigation. *Irrigation Science*, v. 11, p. 121-127, 1990.

CASTLE, W. S. A Career perspective on citrus rootstocks, their development, and commercialization. *HortScience*, v. 45, n. 1, p. 11-15, 2010.

CINTRA, F. L. D. Disponibilidade de água no solo para porta-enxerto de citros em ecossistema de Tabuleiro Costeiro. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 1997. 90p. (Tese de Doutorado).

CINTRA, F. L. D.; LIBARDI, P. L.; SAAD, A. M. Balanço hídrico no solo para porta-enxertos de citros em ecossistema de Tabuleiro Costeiro. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 4. p.23-28, 2000.

COELHO, E. F., MAGALHÃES, A. F. J., FILHO, M. A. C. (2004) Irrigação e Fertirrigação em Citros. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Circular técnica, Cruz das Almas-BA, 16p.

COELHO, E. F.; VELLAME, L. M.; COELHO FILHO, M. A.; LEDO, C. A. S. Desempenho de modelos de calibração de guias de onda acopladas a TDR e a multiplexadores em três tipos de solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 30, p. 23-30, 2006.

CRUZ, A. C. R. Consumo de água por cultura de citros cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 2003. 92p. (Tese de Doutorado).

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

CRUZ, A. C. R.; LIBARDI, P. L.; ROCHA, G. C.; CARVALHO, L. A. Evapotranspiração real de uma cultura de laranja em produção num Latossolo Vermelho-Amarelo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.29, p.659-668, 2005b.

D’ANGIOLELLA, G. L. B.; CASTRO NETO, M. T.; COELHO, E. F. Balanço hídrico em solos de Tabuleiros Costeiros do Recôncavo Baiano. Revista Bahia Agrícola, v. 3, set/1999.

DALTON, F. N.; HERKELRATH, W. N.; RAWLINS, D. S.; RHOADES, J. D. Time domain reflectometry: simultaneous measurement of soil water content and electrical

conductivity with a single probe. American Association for the Advancement of Science, v. 224, p. 989-990. 1984.

DE JONG VAN LIER Q. Disponibilidade de água às plantas. In: DE JONG VAN LIER Q., editor. Física do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2010. p.283-298.

DEMATTÊ, J. L. I. Characteristics of Brazilian soils related to root growth. In: RUSSEL, R. S.; IGUE, K. & MEHTA, Y. R., eds. The soil/root system in relation to Brazilian agriculture. Londrina, Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1981. p.21-41.

DEXTER, A. R. Soil physical quality. Part I - Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. Geoderma, v.120, p.201-214, 2004.

DIAS, C. B. Propriedade físicas e intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Amarelo coeso sob diferentes usos no ecossistema Tabuleiro Costeiro. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa. 2012. 42p. (Dissertação de Mestrado).

DONADIO, L. C. Simpósio Internacional de Fruticultura. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 33, p.0-0, 2011.

DONADIO, L. C.; STUCHI, E. S. Adensamento de plantio e anançamento de citros. Jaboticabal: FUNEP, 2001. 70 p. (Boletim Citrícola, 16).

DONATO, S. L. R.; PEREIRA, C. S.; BARROS, Z. J.; SIQUEIRA, D. L.; SALOMÃO, L. C. C. Respostas de combinações de variedades copa e porta-enxerto de citros à deficiência hídrica. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, p.1507-1510, 2007.

DOURADO NETO, D.; JONG VAN LIER, Q. DE; BOTREL T. A.; LIBARDI, P. L. Programa para confecção da água no solo utilizando o modelo de Genuchten. Engenharia Rural, v.1, p.92-102, 1990.

DUENHAS, L. H.; VILLAS BÔAS, R. L.; SOUZA, C. M. P.; RAGOZO, C. R. A.; BULL, L. T. Fertirrigação com diferentes doses de NPK e seus efeitos sobre a produção e qualidade de frutos de laranja (*Citrus sinensis* O.) "Valência". Revista Brasileira de Fruticultura, v.24, p.214-218, 2002.

ESPINOZA-NÚÑEZ, E.; MOURÃO FILHO, F. A. A.; STUCHI, E. S.; CANTUARIAS AVILÉS, T. E.; DIAS, C. T. S. Performance of 'Tahiti' lime on twelve rootstocks under irrigated and non-irrigated conditions. *Scientia Horticulture*, v.129, p.227-231, 2011.

FELLNER-FELDEGG, H. The measurement of dielectrics in the time domain. *Journal of Physics Chemical*, v.73, p.616-623, 1969.

FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: LIER, Q. de J. V. (Ed.). *Física do Solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p.1-27.

FERREIRA, M. M.; MARCOS, Z. Z. Estimativa da capacidade de campo de Latossolo Roxo distrófico e regossolo através do ponto de inflexão da curva característica de umidade. *Ciência e Prática*, v.7, p.96-101, 1983.

FOLEGATTI, M. V. Estabilidade temporal e variabilidade espacial da umidade e do armazenamento de água em solo siltoso. Piracicaba. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 1996. 84p. (Tese Livre Docência).

GARCÍA-TEJERO, I.; JIMÉNEZ-BOCANEGRA, J. A.; MARTÍNEZ, G.; ROMERO, R.; DURÁN-ZUAZO, V. H.; MURIEL-FERNÁNDEZ, J. J. Positive impact of regulated deficit irrigation on yield and fruit quality in a commercial citrus orchard (*Citrus sinensis* (L) Osberck, cv Salustiano). *Agricultural Water Management*, v.97, p.614-622, 2010.

GEE, G. W.; OR, D. Particle size analysis. In: DANE, J. H.; TOPP, G. C. (Ed). *Methods of soil analysis; Part4 Physical methods*. Madison: Soil Science Society of America, 2002. p. 255-294. (SSSA Book Series, 5).

GINESTAR, C.; CASTEL, J. R. Response of young clementine citrus trees to water stress during different phenological periods. *Journal of Horticultural Science*, v.71, p.551-559, 1996.

GOMES, F. P.; GARCIA, C. H. *Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais*. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

GRIZOTTO, R. K.; SILVA, J. A. A.; MIGUEL, F. B.; MODESTO, R. T.; VIEIRA JUNIOR, J. B. Qualidade de frutos de laranjeira 'Valência' cultivado sob sistema

tecnificado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.16, n. 7, p.784-789, 2012.

GROSSMAN, R. B.; REINSCH, T. G. Bulk density and linear extensibility. In: DANE, J. H.; TOPP, G. C. (Ed). Methods of soil analysis; Part4 Physical methods. Madison: Soil Science Society of America, 2002. p. 201-228. (SSSA Book Series, 5).

HILLEL, D. Solo e água: Fenômenos e princípios físicos. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos, 1970. 231p.

HOFFMAN, G. J.; OSTER, J. D.; ALVES, W. J. Evapotranspiration of mature orange trees under drip irrigation in an arid climate. Transactions of the ASAE, v.25, p.992-996, 1982.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (Rio de Janeiro, RJ). Banco de dados agregados. Disponível: <
<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/Tabela/protabl.asp?c=1613&z=p&o=29&i=P>>
Acesso em: 12 de março de 2016.

JACOMINE, P. K. T. Distribuição geográfica, características e classificação dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: Reunião Técnica sobre Solos coesos dos Tabuleiros Costeiros, 1, 1996, Cruz das Almas. Anais... Aracaju: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1996. p.13-26.

JONES, W. W.; EMBLETON, T. W. Soil manegement and cover crops. In: REUTHER, W. (Ed.). The citrus industry. Berkeley: University of California. v.3, cap. 4, p.98-121, 1973.

KIEHL, E. J. Manual de edafologia. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1979. 262p.

KLEIN, V. A. Física do Solo. Passo Fundo: Editora Universitária, 2008. 212p.

KLEIN, V. A.; CAMARA, R. K. Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em Latossolo Vermelho sob plantio direto escarificado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, p.221-227, 2007.

KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L. Densidade e distribuição do tamanho de poros de um Latossolo Vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.26, n.4, p.857-867, 2002.

KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L.; SILVA, A. P. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes condições de densidade e teor de água. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.18, p.45-54, 1998.

KLUTE, A. The determination of the hydraulic conductivity and diffusivity of unsaturated soils. *Soil Science*, v.113, p.264-276, 1972.

KOLESNIKOV, V. The root system of fruit plant. Moscow: Mir Publ., 1971. 255p.

LEDIEU, J.; RIDDER, P.; CLERCK, P.; DAUTREBANDE, S. A method for measuring soil water moisture by time domain reflectometry. *Journal Hydrology*, v.88, p.319-328, 1986.

LIBARDI, P. L. Dinâmica da Água no Solo. 02. ed. São Paulo: EDUSP, 2012. v.01. 352p.

LIMA, J. E. O. A falta de água na planta cítrica. *Laranja & Cia*, v.40, p.5, 1995.

LIMA, J. R. S.; ANTONINO, A. C. D.; SOARES, W. A.; SOUZA, E. S.; LIRA, C. A. B. O. Balanço hídrico no solo cultivado com feijão caupi. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.1, p.89-95, 2006b.

LOPES, J. M. S.; DÉO, T. F. G.; ANDRADE, B. J. M.; GIROTO, M.; FELIPE, A. L. S.; JUNIOR, C. E. I.; BUENO, C. E. M. S.; SILVA, T. F.; LIMA, F. C. C. Importância econômica do citros no Brasil. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, n.20, 2011.

MALAVOLTA, E.; VIOLANTE NETTO, A. Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação dos citros. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 153p.

MANIERI, J. M.; VAZ, C. M. P.; de Maria, I. C. Sonda espiral de TDR para a medida da umidade no perfil do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.191-198, 2007.

MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C.; PINTO, J. M. Fotossíntese de laranja "Valência" enxertada sobre quatro porta-enxertos e submetida à deficiência hídrica. *Bragantia*. Campinas, v.57, n.1, 1998.

MEDINA, C. L.; RENA, A. B.; SIQUEIRA, D. L.; MACHADO, E. C. Fisiologia dos citros. In: MATTOS JÚNIOR, D.; NEGRI, J. D.; Pio, R. M.; POMPEU JÚNIOR, J (Ed.). *Citros*. Campinas: Instituto Agronômico; Fundag, 2005. p.148-195.

MELLO, C. R.; OLIVEIRA, G. C.; RESCK, D. V. S.; LIMA, J. M.; DIAS JÚNIOR, M. S. Estimativa da capacidade de campo baseada no ponto de inflexão da curva característica. *Ciência e Agrotecnologia*, v.26, p.835-841, 2002.

MELO FILHO, J. F.; LIBARDI, P. L. Estabilidade temporal de medidas do teor e do potencial mátrico da água no solo em uma transeção. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.29, n.4, p.497-506, 2005.

MELO FILHO, J. F.; SOUZA, A. L. V.; SOUZA, L. S. Determinação do índice de qualidade subsuperficial em um Latossolo Amarelo Coeso dos Tabuleiros Costeiros sob floresta natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.31, n.6, p.1599-1608, 2007.

MENDEL, K. Rootstock – scion relationship in Shamouti trees on light soil. *Katavim, Rehovt*, n.6, p.35-60, 1956.

MONTENEGRO, H. W. S. Contribuição ao estudo do sistema radicular das plantas cítricas. Piracicaba. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. 1960. 143p. (Tese Cátedra).

MOREIRA, C. S. Estudo da distribuição do sistema radicular da Laranja Pêra (*Citrus sinensis* Osbeck) com diferentes manejos de solo. Piracicaba. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. 1983. 143p. (Dissertação Mestrado).

MOREIRA, C. S. O sistema radicular das plantas cítricas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS - FISILOGIA, 2, 1992, Bebedouro-SP. Anais... Campinas, SP : Fundação Cargill, 1992. 226p. p.182-186.

MORETI, D.; LIBARDI, P. L.; ROCHA, G. C.; LOVATTI, M. J.; AGUIAR, L. I. G. Avaliação espaço-temporal das armazenagens gravimétricas e volumétricas da água num Latossolo com citros. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.1281-1290, 2007.

MOROKE, T. S.; SCHWARTZ, R. C.; BROWN, K. W.; JUO, A. S. R. Water use efficiency of dryland cowpea, sorghum and sunflower under reduced tillage. *Soil & Tillage Research*, v.112, p.76-84, 2011.

NEL, D. J. Soil requirements for citrus growing. Nelspruit, Citrus and Subtropical Fruit Research Institute, 1984. 3p. (Citrus B.4).

NEVES, D. M.; COELHO FILHO, M. A.; BELLETE, B. S.; SILVA, M. F. G. F.; SOUZA, D. T.; SOARES FILHO, W. S; COSTA, M. G. C.; GESTEIRA, A. S. Comparative study of putative 9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase and abscisic acid accumulation in the responses of Sunki mandarin and Rangpur lime to water deficit. *Molecular biology reports*, v.40, n.9, p.5339-5349, 2013.

NOBORIO, K. Measurement of soil water content and electrical conductivity by time domain reflectometry: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.31, p.213-237, 2001.

NOOLING, J. W. Citrus root growth and soil pest management practices. Gainesville: University of Florida, Entomology and Nematology Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, 1992. 37p.

OLIVEIRA, J. B. Solos para citros. In: RODRIGUES, O.; VIEGAS, F.; POMPEU Jr., J.; AMARO, A. A. eds. *Citricultura brasileira*. Campinas, Fundação Cargill, 1991. v.1, p.196-227.

OLIVEIRA, L. B. Determinação da macro e microporosidade pela mesa de tensão em amostras de solo com estrutura indeformada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Rio de Janeiro, v.39, p.197-200, 1968.

OLIVEIRA, T. M; VILLELA, D. C; MICHELI, F.; COSTA, M. G. C. Identificação de mecanismos de resposta adaptativa à seca em citros baseada em análise in silico do

transcriptoma. 54^o Congresso Brasileiro de Genética, 2008, Salvador – BA. ISBN 978-85-89109-06-2. Anais.

OR, D.; WRAITH, J. M. Agricultural and environmental soil physics. Logan, Utah State University, 1997. 218p.

ORTOLANI, A. A.; PEDRO Jr., M. J.; ALFONSI, R. R. Agroclimatologia e o cultivo de citros. In: RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU Jr., J.; AMARO, A. A. Citricultura brasileira, Campinas: Fundação Cargill, 1991. p.153-195.

PAIVA, A. Q.; SOUZA, L. S. Armazenamento e disponibilidade de água em solos de tabuleiro do Estado da Bahia, em dois anos de avaliação. In: REUNIÃO BRASILEIRA Resumos expandidos... Fortaleza, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Universidade Federal do Ceará, 1998. p.5-6.

PAIVA, A. Q.; SOUZA, L. S.; RIBEIRO, A. C.; COSTA, L. M. Propriedades físico-hídricas de solos de uma toposseqüência de tabuleiro do Estado da Bahia. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, vol.35, n.11, p.2295-2302, 2000.

PEIXOTO, C. P.; CERQUEIRA, E. C.; SOARES FILHO, W. S.; CASTRO NETO, M. T.; LEDO, C. A. S.; MATOS, F. S.; OLIVEIRA, J. G. Análise de crescimento de diferentes genótipos de citros cultivados sob déficit hídrico. Revista Brasileira de Fruticultura, v.28, p.439-443, 2006.

POMPEU JUNIOR, J. Porta-enxertos. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R.M.; POMPEU JUNIOR, J. Citros. Campinas: IAC; Fundag, 2005. cap.4, p. 61-104.

POMPEU JÚNIOR, J. Porta-enxertos. In: RODRIGUES, O.; POMPEU JUNIOR, J. The use of citrus rootstocks for control of tree size. Laranja, Cordeirópolis, v.22, n.1, p.147-155, 2001.

POMPEU JUNIOR, J. Porta-enxertos. In: RODRIGUEZ, O.; VIEGAS, F.; POMPEU JUNIOR, J.; AMARO, A. A. (Ed.). Citricultura brasileira. Campinas: Fundação Cargill, 1991. p.265-280.

POMPEU JUNIOR, J.; BLUMER, S. Laranjeiras e seus porta-enxertos nos viveiros de mudas cítricas do Estado de São Paulo em 2004-2007. Laranja, v.29, p.35-50, 2008.

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

REICHARDT, K. Capacidade de campo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.12, p.211-216, 1988.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. Solo, planta e atmosfera: Conceitos, processos e aplicações. São Paulo, Manole, 2004. 478p.

REZENDE, J. O. Um olhar sobre a citricultura do Estado da Bahia. Revista Bahia Agrícola, v.9, n.1, nov. 2011. p.72-83.

REZENDE, J. O.; MAGALHÃES A. F. J.; SHIBATA, R. T.; ROCHA, E. S.; FERNANDES, J. C.; BRANDÃO, F. J. C.; REZENDE, V. J. R. P. Citricultura nos solos coesos dos tabuleiros costeiros: análise e sugestões. Salvador: SEAGRI/SPA, 2002.

RICHARDS, L. A. Methods of measuring soil moisture tension. Soil Science of American Journal, Baltimore, v.68, n.1, p.95-112, 1949.

RICHARDS, L. A.; FIREMAN, M. Pressure-plate apparatus for measuring moisture sorption and transmission by soils. Soil Science, New Brunswick, v.56, p.395-404. 1943.

ROCHA, G. C.; LIBARDI, P. L.; CARVALHO, L. A.; CRUZ, A. C. R. Estabilidade temporal da distribuição espacial da armazenagem de água em um solo cultivado com citros. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.29, n.1, p.41-50, 2005.

ROGERS, J. S.; ALLEN, L. H.; CALVERT, D. V. Evapotranspiration from a humidregion developing citrus grove with grass cover. Transactions of the ASAE, v.26, n.6, p.1778-1783, 1983.

ROZA, F. A. Alterações morfofisiológicas e eficiência de uso da água em plantas de *Jatropha curcas* L. submetidas à deficiência hídrica. Ilhéus, BA: Universidade Estadual de Santa Cruz, 2010. 67f. (Dissertação de Mestrado).

SALA, D.; TORRENTS, J. M. Reflectometría, aplicación a la medida de humedad em suelos. Mundo Electrónico, n.281. 1997.

SAMPAIO, A. H. R. Avaliação de combinações copa-porta-enxerto de citros sob déficit hídrico no solo: estudo de mecanismo de prevenção ao déficit hídrico. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas-BA. 2014. 145f. (Tese de Doutorado).

SANT'ANA, J. A. V.; COELHO, E. F.; SILVA JUNIOR, J. J. S.; SANTANA JUNIOR, E. B.; VEINROMBER JUNIOR, L. A. A. Desempenho de sondas de TDR manufaturadas de diferentes comprimentos de hastes. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.36, p.1123-1129, 2012.

SANTANA, T. A. Relações hídricas e assimilação de carbono em plantas jovens de *Jatropha curcas* L. sob deficiência hídrica. Ilhéus/Bahia, Universidade Estadual de Santa Cruz, 2012. 60p. (Dissertação de Mestrado).

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.2, n.3, p.287-294, 1998.

SAS INSTITUTE Inc. SAS/STAT user's guide. 4.ed. Raleigh: SAS Institute Inc., 2004. v.9, 846p.

SCHÄFER, G. Produção de porta-enxertos cítricos em recipientes e ambiente protegido no Rio Grande do Sul. Programa de Pós-graduação em Fitotecnia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. 129f. (Tese Doutorado).

SILVA, A. P. Apostila Física do Solo (Parte I). Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz. 2006. 109p.

SILVA, A. P.; KAY, B. D. Estimating the least limiting water range of soil from properties and management. *Soil Science Society American Journal*, v.61, p.877-883, 1997.

SILVA, A. P.; KAY, B. D.; PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range of soils. *Soil Science Society American Journal*, v.58, p.1775-1781, 1994.

SILVA, B. M. Disponibilidade de água no solo: métodos de estimativa e implicações de manejo em cafeeiros na região do cerrado. Lavras-MG. Universidade Federal de Lavras. 2014. 133p. (Tese de Doutorado).

SOUZA, J. M.; BONOMO, R.; PIRES, F. R.; BONOMO, D. Z. Curva de retenção de água e condutividade hidráulica em lavoura de café conilon submetida à subsolagem. *Coffee Science*, Lavras, v.9, n.2, p.226-236, 2014.

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*, v.32, n.2, p.503-513, 2008.

STUCHI, E. S.; DONADIO, L. C.; SEMPIONATO, O. R.; DILERMANDO PERECIN. Produtividade e qualidade dos frutos da laranjeira 'Pêra' clone IAC em 16 porta-enxertos na região de Bebedouro-SP. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.26, n.2, p.359-362, 2004.

TARDIEU, F. Any trait or trait-related allele can confer drought tolerance: just design the right drought scenario. *Journal of Experimental Botany*, v.63, n.1, p.25-31, 2012.

TAVARES, M. H. F.; CARDOSO, D. L.; GENTELINI, D. P.; GABRIEL FILHO, A.; KONOPATSKI, E. A. Uso do forno de microondas na determinação da umidade em diferentes tipos de solo. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.29, n.3, p.529-538, 2008.

TAYLOR, H. M.; ROBERSON, G. M.; PARKER JR., J. J. Soil strength-root penetration relations to medium to coarse-textured soil materials. *Soil Science*, Baltimore, v.102, p.18-22, 1966.

TEÓFILO SOBRINHO, J.; POMPEU JUNIOR, J.; CAETANO, A. A.; BARBIN, D.; DEMETRIO, C. G. B. Estudo comparativo de cinco densidades de plantio para laranjeiras Valência enxertada sobre Trifoliata Limeira. In: Anais do VII Congresso Brasileiro de Fruticultura, Florianópolis (SC), v.2, p.605-611, 1984.

TEÓFILO SOBRINHO, J.; POMPEU JÚNIOR, J.; FIGUEIREDO, J. O. Adensamento de plantio da laranjeira Valência sobre trifoliata – Resultados de 18 anos de colheita. Citrus Research & Technology, Cordeirópolis, v.33, n.1, p.49-58, 2012.

TIMM, L. C.; OLIVEIRA, J. C. M.; TOMINAGA, T. T.; CÁSSARO, F. A. M.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S. Water balance of a sugarcane crop: Quantitative and qualitative aspects of its measurement. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.6, n.1, p.57-62, 2002.

TOMMASELLI, J. T. G.; BACHI, O. O. S. Calibração de um equipamento de TDR para medida de umidade de solos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.36, n.9, p.1145-1154, 2001.

TOPP, G. C.; GALGANOV, Y. T.; WIRES, K. C.; CULLEY, J. L. B. Non-limiting water range (NLWR): An approach for assessing soil structure. Ottawa, Soil Quality Evaluation Program, Agriculture and Agr-Food Canada, 1994. 36p. (Technical Report, 2).

TORMENA, C. A.; ARAÚJO, M. A.; FIDALSKI, J.; COSTA, J. M. Variação temporal do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférico sob sistemas de plantio. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, p.211-219, 2007.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L. Soil physical quality of a Brazilian Oxisol under two tillage system using the least limiting water range approach. Soil and Tillage Research, v.52, p.223-232, 1999.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Incorporação da densidade no ajuste de dois modelos à curva de retenção da água no solo. Revista Brasileira de Ciência do solo, Viçosa, v.26, n.2, p.305-314, 2002.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.22, p.573-581, 1998.

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

VIEIRA, D. B. Irrigação de citros. In: RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, J.; POMPEU JÚNIOR, J.; AMARO, A. S. (Ed.) *Citricultura brasileira*, 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991. v.2, p.153-195.

VITTI, G. C. Nutrição e crescimento de plantas cítricas. In: *Seminário Internacional de Citros - Fisiologia*, 2, 1992, Bebedouro-SP. Anais... Campinas, SP: Fundação Cargill, 1992. 226p. p.132-162.

WARD, P. R.; FLOWER, K. C.; CORDINGLEY, N.; WEEKS, C.; MICIN S. F. Soil water balance with cover crops and conservation agriculture in a Mediterranean climate. *Field Crops Research*, v.132, p.33-39, 2012.

ZOU, C.; SANDS, R.; BUCHAN, G.; HUDSON, I. Least limiting water range: A potential indicator of physical quality of forest soils. *Aust. Journal of Soil Research*, v.38,p.947-958,2000.

ANEXOS

Anexo 1. Precipitação pluvial entre setembro de 2014 e março de 2016 (mm).

Dias	Meses																			
	Set/2014	Out/2014	Nov	Dez	Jan/2015	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan/2016	Fev	Mar	
1			1,00				0,76	0,25	0,25	5,08	1,52	13,97	0,25	0,76					0,25	0,25
2			4,00				0,25		5,59	20,32	0,25	2,79	0,51				0,25	0,51	0,76	
3		15,00	1,00				0,25		27,69	3,56	4,83	7,62	5,33	0,25	0,25				0,25	
4		8,00	6,00			4,50	14,23	15,49	9,40	16,76	2,79	0,51	0,25	0,25			18,80			
5						5,00	0,76	0,51	23,37	16,00	2,29	11,68	0,25	0,25			1,02	0,25	0,51	
6			6,00				0,51		1,27	47,75	1,78	11,68	0,51	0,25			48,77	0,25		
7									0,25	8,64	23,37		0,25	1,52			0,51	0,25		
8		1,00			13,00				0,25	11,18	3,05	0,51	0,51	3,30					0,25	
9		14,00		28,00			6,86		0,25	0,51	9,14	14,22	0,51		0,25		3,56			
10								46,23	0,25	1,78	1,27	10,92	0,25				36,58	0,76		
11		2,50						28,70	11,94	11,43	0,25	1,52	0,25				1,02	0,25		
12		3,10						0,25	0,25	4,83	11,94	2,03	0,51				1,02	0,25		
13		2,00						5,08	0,25	4,83	1,02	3,30	0,25			0,25				
14							0,25	30,23	3,56	16,26	3,56	8,38	1,27			1,02			2,03	
15								12,20	57,41	0,25	4,06	9,65						0,25	0,25	
16			1,10					1,52	20,83	0,76	1,78	4,83							0,25	
17			2,00	4,00			0,51	0,25	15,49	0,25	12,19	2,54	3,30			0,25	18,80	0,51		
18			1,00	2,00		57,50	0,51	0,25	21,34	0,25	3,05	5,84	0,51	0,76		0,25		1,78		
19			20,00				0,25	0,25	23,88	11,18	4,83	1,02	6,60	0,25		2,54	0,25	36,83	0,25	
20			15,00					0,25	2,29	21,34	1,52	0,25	3,81				20,32	0,51		
21							0,25		17,53	8,13	0,25	0,25	2,03			2,79	96,27	0,25	0,25	
22			1,50	8,00	5,00	12,00	0,25	0,25	11,43	0,51	0,51	0,51	0,76			1,02	12,45	0,76		
23	2,00			5,00		5,30		0,25	6,35	14,48	9,14	0,25	0,25			0,25	19,05	0,25	0,25	
24						7,00		0,25	13,46	19,81	6,10	0,51	0,00			1,02		2,79		

Anexo 1. Continuação.

Dias	Meses																		
	Set/2014	Out/2014	Nov	Dez	Jan/2015	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan/2016	Fev	Mar
25					1,00	0,60	0,25	21,08	8,64	10,41	0,25	0,25				0,25	0,51	0,25	
26	7,00						6,10	50,29	43,94	3,05	0,51	0,51					0,25	0,25	
27	2,00							36,07	1,02	7,37	0,25	0,25		1,02				3,05	
28								1,78	0,51	1,27	0,51	0,25					0,25	0,25	
29								0,25	0,51	24,38	0,76	1,27				3,81		0,25	
30								0,25	24,90	0,25	5,08	7,62	0,25	0,51			11,68		
31								0,25		1,27		0,51	4,06	0,25		0,25	8,64		
Total/mês	11,00	45,60	58,60	47,00	19,00	91,90	32,51	276,62	330,71	297,43	120,90	121,67	28,70	8,89	0,51	13,72	299,98	51,31	4,83

Anexo 2. Média de armazenamento de água no solo no perfil para os sete genótipos avaliados, os experimentos comparativos ao lado e em frente, para os seis períodos caracterizados.

GEN	ARMPER1	ARMPER2	ARMPER3	ARMPER4	ARMPER5	ARMPER6	MEAMPER
059	4700,2 a	3359,6 a	4220,3 ab	2860,1 ab	4836,9 ab	3747,2 ab	4050,0 a
038	4887,9 a	3353,7 a	4192,6 ab	2891,2 ab	4903,1 ab	3704,3 ab	4089,8 a
041	4969,3 a	3469,3 a	4351,7 a	2960,3 a	5096,9 a	3927,2 a	4234,1 a
LCSC	4581,8 a	3288,5 a	4114,2 ab	2847,2 ab	4859,9 ab	3759,6 ab	4006,7 ab
TSKT	4562,2 a	3256,3 a	4134,2 ab	2826,6 ab	4801,2 ab	3650,5 ab	3968,2 ab
Riverside	4850,0 a	3418,1 a	4276,5 a	2905,0 ab	4942,3 ab	3759,6 ab	4125,8 a
TFFD	3624,1 b	3121,5 a	3916,0 b	2727,2 b	4516,1 b	3379,3 b	3630,2 b
Lado	4773,2 a	3289,5 a	4174,7 ab	2897,4 ab	4884,1 ab	3744,7 ab	4059,0 a
Frente	4676,7 a	3344,2 a	4163,6 ab	2843,8 ab	4753,9 ab	3612,1 ab	3993,2 ab
F	15,49**	1,34^{NS}	2,76*	2,79*	2,26^{NS}	3,29**	4,59**
CV (%)	3,80	4,52	3,02	2,35	3,72	3,83	3,33

As médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Anexo 3. Média de evapotranspiração para os sete genótipos avaliados, os experimentos comparativos ao lado e em frente, para os seis períodos caracterizados.

GEN	ETP1	ETP2	ETP3	ETP4	ETP5	ETP6	MÉDIAETP
059	-207,44 b	-133,70 a	-723,32 a	-379,48 a	-112,99 a	-360,26 a	-297,85 a
038	-191,30 b	-167,33 b	-710,87 a	-380,16 a	-116,98 a	-361,30 a	-299,92 a
041	-202,65 b	-151,36 ab	-712,34 a	-379,59 a	-117,30 a	-361,88 a	-299,54 a
LCSC	-198,35 b	-138,36 a	-722,34 a	-371,92 a	-111,87 a	-360,91 a	-295,76 a
TSKT	-193,71 b	-151,12 ab	-712,76 a	-382,11 a	-110,48 a	-359,52 a	-296,43 a
Riverside	-212,83 b	-139,83 a	-720,09 a	-370,58 a	-120,52 a	-359,48 a	-299,75 a
TFFD	-142,17 a	-161,07 ab	-716,61 a	-369,04 a	-137,74 a	-358,18 a	-299,89
Lado	-203,17 b	-146,29 ab	-712,05 a	-379,46 a	-110,65 a	-361,22 a	-297,14 a
Frente	-202,39 b	-141,16 ab	-720,73 a	-373,60 a	-115,69 a	-366,37 a	-298,62 a
F	6,34**	3,98**	0,84^{NS}	0,77^{NS}	1,27^{NS}	1,92^{NS}	1,49^{NS}
CV (%)	7,35	6,50	1,29	2,57	11,07	0,80	0,76

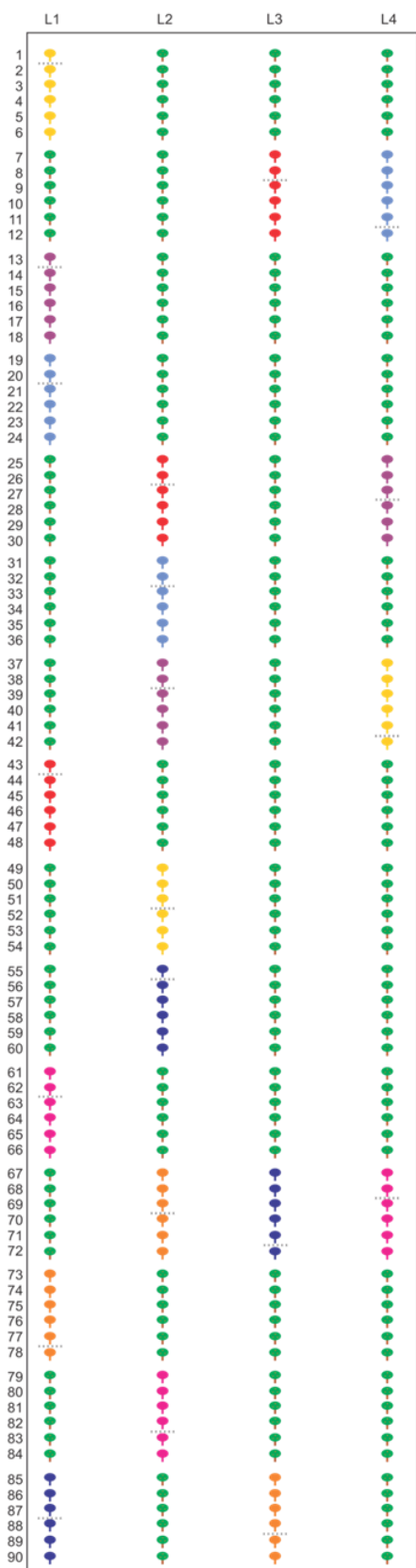
As médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Anexo 4. Altura de planta, diâmetro de copa, diâmetro de caule e altura de planta dos porta-enxertos no período de realização do experimento.

GEN	ALTPL 1	DICOPA 1	VOLCOPA 1	DICAULE 1	ALTPL 2	DICOPA 2	VOLCOPA 2	DICAULE 2
059	1,14 b	1,19 b	0,87 b	0,14 b	1,71 cd	1,65 b	2,45 b	0,18 bc
038	1,04 b	1,03 b	0,62 b	0,12 b	1,39 de	1,32 bc	1,41 b	0,16 cd
041	1,12 b	1,07 b	0,69 b	0,13 b	1,75 cd	1,59 b	2,40 b	0,19 bc
LCSC	1,14 b	1,28 b	1,02 b	0,14 b	1,76 cd	1,67 b	2,73 b	0,20 bc
TSKT	1,14 b	1,20 b	0,88 b	0,14 b	1,89 bc	1,70 b	2,96 b	0,21 ab
Riverside	1,15 b	1,29 b	1,02 b	0,14 b	1,82 cd	1,69 b	2,86 b	0,22 ab
TFFD					0,98 e	0,91 c	0,44 b	0,13 d
Lado	2,40 a	2,63 a	8,72 a	0,16 b	2,46 a	2,66 a	9,13 a	0,16 cd
Frente	2,30 a	2,48 a	7,61 a	0,24 a	2,33 ab	2,51 a	7,86 a	0,26 a
F	78,90**	75,97**	44,37**	17,22**	23,24**	39,00**	29,06**	16,46**
CV (%)	7,75	8,42	32,97	10,19	8,93	8,60	26,11	8,45
GEN	ALTPL 3	DICOPA 3	VOLCOPA 3	DICAULE 3	ALTPL 4	DICOPA 4	VOLCOPA 4	DICAULE 4
059	1,77 ab	2,04 b	3,95 bc	0,21 bcd	1,85 cd	2,18 b	4,66 cd	0,20 ab
038	1,46 bc	1,54 c	1,84 cd	0,17 d	1,57 de	1,59 c	2,34 cd	0,17 ab
041	1,86 ab	2,00 b	4,06 bc	0,20 cd	1,96 bcd	2,12 b	4,67 cd	0,19 ab
LCSC	1,81 ab	1,95 b	3,83 bc	0,22 bcd	1,87 cd	2,19 b	4,91 c	0,21 ab
TSKT	2,03 a	2,09 b	4,71 b	0,24 abc	2,22 abc	2,21 b	5,74 bc	0,23 a
Riverside	1,85 ab	2,02 b	4,19 bc	0,21 bcd	2,04 bc	2,24 b	5,49 c	0,21 ab
TFFD	1,08 c	1,10 d	0,73 d	0,10 e	1,25 e	1,16 c	0,91 d	0,10 b
Lado	2,23 a	2,72 a	8,96 a	0,27 a	2,58 a	2,96 a	12,04 a	0,18 ab
Frente	2,21 a	2,58 a	7,76 a	0,26 ab	2,42 ab	2,70 a	9,54 ab	0,28 a
F	11,65**	39,24**	24,75**	23,53**	19,17**	33,94**	19,43**	3,87**
CV (%)	10,08	6,69	19,78	8,27	8,22	7,34	23,81	20,76

ALTPL1 = altura de plantas no período 1; DICOPA1 = diâmetro de copa no período 1; VOLCOPA1 = volume de copa no período 1; DICAULE1 = diâmetro de caule no período 1. As médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Anexo 5. Croqui da área experimental.



CROQUI DA ÁREA EXPERIMENTAL

● TSKCxCTSW-041
● LVKxLCR-038
● TSKCx(LCRxTR)-059
● Citrandarin Riverside
● Tangerina Sunki Tropical
● Limão Cravo Santa Cruz
● Trifoliata Flying Dragon
● Planta Citrica

Espaçamento: 4,0x1,5 m

