

IRRIGAÇÃO EM CITROS NAS CONDIÇÕES DO NORDESTE DO BRASIL

EUGÊNIO FERREIRA COELHO¹, MAURICIO ANTÔNIO COELHO FILHO²
WELSON LIMA SIMÕES³ e YGOR SILVA COELHO⁴

RESUMO

Na maior parte do território brasileiro, a distribuição anual das chuvas não atende às necessidades hídricas das plantas cítricas durante todo o ano. No Nordeste, isso se observa no Oeste da Bahia, no Meio-Norte e na faixa próxima do litoral (tabuleiros costeiros). Na parte semi-árida, há ainda o problema de o total anual das chuvas ser inferior a 800 mm. Sua distribuição irregular propicia a ocorrência de longos períodos de déficit hídrico no solo e conseqüente estresse hídrico às plantas, gerando decréscimo de produtividade e de produção. Neste contexto, a irrigação constitui uma ferramenta indispensável para o incremento da produtividade. O presente trabalho objetiva expor os métodos de irrigação, as relações hídricas e as formas de manejo de irrigação, para culturas cítricas, principalmente laranja [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] e lima ácida Tahiti [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka)]. Apresentam-se resultados de pesquisas obtidos em condições edafoclimáticas do semi-árido, de forma a contribuir para a decisão da escolha do método e do sistema de irrigação e sugerir opções de manejo da irrigação, com vista à sustentabilidade dos recursos hídricos e maximização de produtividade.

Termos de indexação: manejo de irrigação, irrigação localizada, laranja, limão.

¹ Engenheiro Agrícola, Pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Caixa Postal 007, 44380-000 Cruz das Almas (BA). E-mail: ecoelho@cnpmf.embrapa.br.

² Engenheiro Agrônomo, Pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura. E-mail: macoelho@cnpmf.embrapa.br

³ Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Irrigação e Drenagem – Universidade Federal de Viçosa. E-mail: welsimoes@yahoo.com.br.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura. E-mail: ygor@cnpmf.embrapa.br.

SUMMARY

IRRIGATION FOR CITRUS IN THE NORTHEAST OF BRAZIL

The volume of rain throughout the year has not been enough to supply water needs for citrus crops in most of the Brazilian territory. In the Northeast, the problem is even more critical due to the limitation of rains (maximum of 800 mm per year), which is characteristic of part of the region (thus classified as semi-arid), and the water deficits that occur at west of Bahia State, at North and at the coastal tableland zones. The long periods of water deficits in the soil result in low yields for citrus crops. Irrigation is an important tool for increasing and keeping good levels of yields for that region. This work had as objective to investigate the soil-water-plant-atmosphere relationships for citrus crops, mainly sweet orange [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] and Tahiti lime [*C. latifolia* (Yu. Tanaka)]. Results of research developed under semi-arid conditions are shown as a way to give to users conditions for decision in choosing the irrigation method and system as well as the conditions for an efficient irrigation management with water resource sustainability and optimization of yields.

Index terms: irrigation management, trickle irrigation, orange, lemon.

1. INTRODUÇÃO

Citros compreende um grupo de fruteiras dos mais importantes para o Brasil, não somente devido ao valor nutritivo dos frutos como, também, ao papel social e econômico que desempenha como produto de exportação. O Brasil colheu, aproximadamente, 17,7 milhões de toneladas de laranja em 2005, numa área de 810.426 ha (FNP, 2006). A produção de lima ácida Tahiti, no mesmo período, foi de 981,000 toneladas, numa área de 50.950 ha. O Nordeste brasileiro tem sido a segunda região produtora de laranja e de lima ácida Tahiti do País, tendo contribuído com 9,3% da produção de laranja e 7,6% da de lima ácida Tahiti (FNP, 2006).

A grande maioria dos pomares brasileiros, no entanto, apresenta baixa produtividade (duas caixas por planta), em vista da combinação de diversos

fatores (AMARO et al., 1997). É relevante citar a implantação de pomares em solos com baixos teores em nutrientes, agravados por adubações insuficientes e em épocas inadequadas, bem como deficiência hídrica, decorrente de precipitações aquém do necessário e/ou distribuídas irregularmente durante o ano.

Essa distribuição irregular propicia a ocorrência de longos períodos de déficit hídrico no solo e conseqüente estresse hídrico às plantas, decréscimos de produtividade e de produção. Neste contexto, a irrigação deve constituir ferramenta indispensável para o incremento da produtividade.

O uso racional da irrigação em pomares cítricos assegura maiores floradas e retenção de frutos, proporcionando inúmeros benefícios. Considerando-se a produtividade média em pomares de sequeiro e produtividade observada em propriedades irrigadas (FNP, 2006), observa-se que, enquanto o aumento da produção de frutos nos pomares do Sudeste é de, pelo menos, 45%, no Nordeste o incremento na produção é de, pelo menos, 100%.

2. NECESSIDADE DE IRRIGAÇÃO NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL

A aptidão agroclimática de uma região para determinada cultura verifica-se mediante o estudo da disponibilidade energética, traduzida nas variações térmicas ao longo do ano e de análises de extratos de balanços hídricos climatológicos que informam, a partir do conhecimento da evapotranspiração potencial (demanda atmosférica), do suprimento natural de água (chuva) e da capacidade de água disponível do solo (CAD) para uma cultura de interesse, as variações do armazenamento da água no solo, os valores do excedente hídrico (EXC) e de deficiência hídrica (DEF), geralmente em escala mensal. A partir dessa análise, pode-se recomendar uma região para o plantio de uma espécie frutífera, indicando as necessidades de complementação das chuvas em cada período do ano, sendo essa uma boa base para o planejamento das irrigações.

No Nordeste, há o problema do total anual das chuvas, abaixo de 800 mm, na parte semi-árida, e da má distribuição anual, no Oeste da Bahia, no Meio-Norte e na faixa próxima do litoral. THORNTON & MATHER (1955) apresentaram extratos de balanço hídrico climatológico para algumas localidades representativas do Nordeste (Figura 1), onde se verifica grande variabilidade climática, enfatizando a necessidade de irrigação em toda a

região. A Figura 1 mostra que na área dos tabuleiros costeiros, no Nordeste do Estado da Bahia e parte do Estado de Sergipe, que, pela ausência de dados, é representado por uma localidade próxima (Alagoínhas, BA), onde se insere a maior produção de citros, principalmente laranjas, ocorre maior precipitação anual entre abril e outubro. A cultura da lima ácida Tahiti, por sua vez, tem-se expandido no semi-árido, onde sucede déficit de água no solo durante todo o ano.

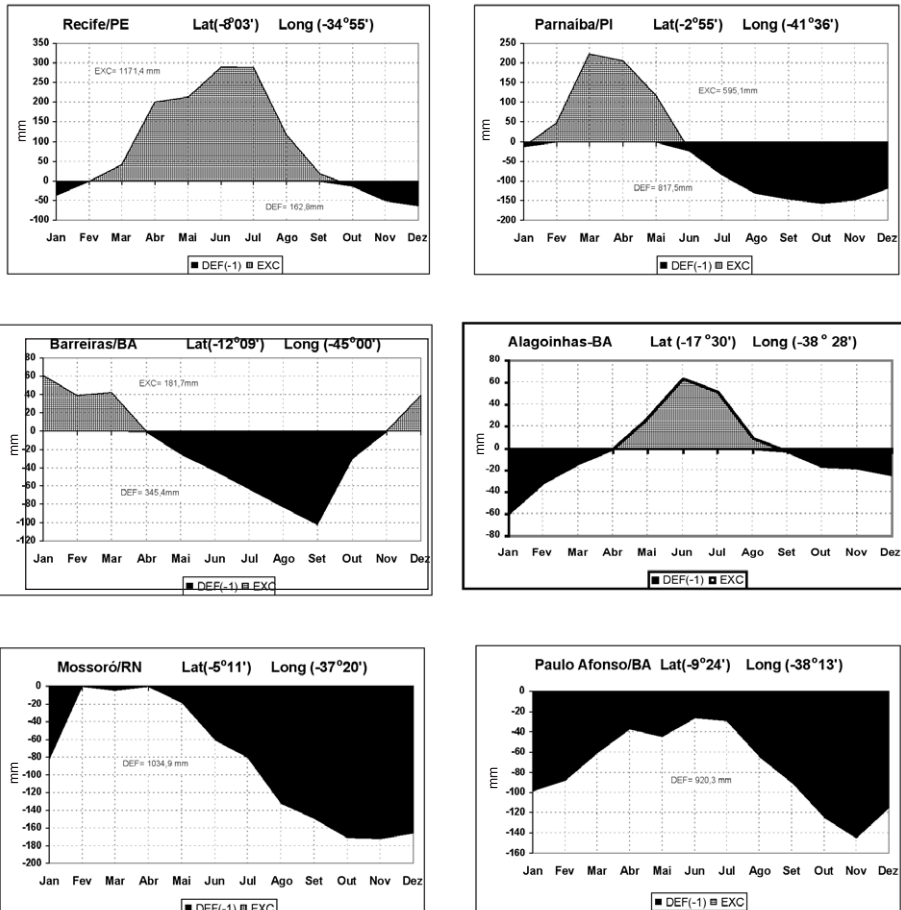


Figura 1. Extratos de balanços hídricos climatológicos, segundo Thornthwaite & Mather (1955), considerando uma capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm, para as localidades de Recife (PE), Parnaíba (PI), Barreiras (BA), Alagoínhas (BA), Mossoró (RN) e Paulo Afonso (BA).

Pelas características macroclimáticas do Nordeste, existe a necessidade de os citricultores dominarem as técnicas de irrigação para maximizar sua produtividade. Também é necessária a conscientização das reais necessidades de utilização dessa técnica em zonas que, apesar de seus bons regimes hídricos durante parte do ano, estão sujeitas a pequenos períodos de deficiência hídrica (veranicos) que contribuem para redução da produtividade e da qualidade do fruto. É imprescindível, portanto, o bom planejamento da irrigação, considerando as diferenças macroclimáticas existentes, para que o uso de água seja racionalizado, elevando a produtividade e a qualidade dos frutos.

3. NECESSIDADES HÍDRICAS DOS CITROS

O aporte de água às plantas cítricas é necessário para assegurar a floração, o pegamento e o crescimento dos frutos. A irrigação, por sua vez, pode proporcionar maior pegamento de flores e frutos, aumentando a produtividade, melhorando a qualidade dos frutos e elevando a quantidade de óleo na casca (VIEIRA 1991, citado por PIRES, 1992).

As plantas cítricas apresentam a capacidade de conservação de água nos seus tecidos, dada a elevada resistência dos seus estômatos e a cerosidade das folhas. Além disso, quando a demanda evapotranspirométrica aumenta, isto é, quando ocorre uma mudança nas condições do ambiente, em termos de aumento do saldo de radiação e das diferenças entre a pressão de vapor das folhas e do ar, a planta responde, aumentando a resistência estomática e reduzindo, assim, a transpiração (BOMAN, 1996). A elevada resistência foliar ao fluxo de vapor d'água, apresentada pelos citros, torna-se um fator limitante da transpiração, fazendo com que a planta apresente valores máximos similares em regiões úmidas e secas.

As plantas jovens armazenam menor quantidade de água que as adultas e apresentam menor capacidade de fechamento dos estômatos para reduzir a perda de água e menor cerosidade nas folhas, além de um sistema radicular menos volumoso, o que as torna mais sensíveis a déficits de água no solo (KRIEDEMANN & BARRS, 1981).

À semelhança do que ocorre com as culturas agrícolas em geral, as necessidades de água dos citros variam conforme o período do ano e estágio

fenológico das plantas. CINTRA et al. (2000), em trabalho realizado em Sergipe com laranja Pêra (*C. sinensis*) enxertada sobre limão 'Volkameriano' (*Citrus volkameriana* Pasquale), limão Cravo (*Citrus limonia* Osbeck), limão 'Rugoso da Flórida' (*Citrus jambhiri* Lush) e tangerina Cleópatra (*Citrus reshni* hort. ex Tan), observaram que a maior demanda hídrica dessas culturas ocorre de outubro a novembro, época de emissão dos botões florais e no período seco, durante o desenvolvimento dos frutos. Ainda segundo esses autores, o período de menor demanda sucede de abril a setembro, quando ocorrem o início da maturação e a colheita dos frutos.

O consumo anual de água pelas plantas cítricas varia de 600 a 1.200 mm. Os dados de diferentes regiões do mundo mostram que o consumo dos citros no inverno é de 1,5 mm dia⁻¹ e, verão, de 3,2 a 4,7 mm dia⁻¹. A transpiração de árvores de lima ácida Tahiti, estimada pelo Método do Balanço de Calor no caule, nas condições de Piracicaba (SP), foi, em média, de 90 L planta⁻¹ dia⁻¹, no verão, e 36 L planta⁻¹ dia⁻¹, no inverno, para plantas com área foliar total de 90 m² (MARIN et al., 2002). Em condições de clima subtropical, o consumo anual de água da laranja Valência varia, conforme o ano, de 11.733 a 16.030 L árvore⁻¹, sendo o consumo médio de plantas adultas e sadias de 50 a 90 L planta⁻¹ dia⁻¹, no inverno, e de 90 a 150 L planta⁻¹ dia⁻¹, no verão.

Essas variações no consumo de água de um pomar cítrico dependem da demanda de água pela atmosfera, que cresce, principalmente, com o aumento da radiação solar, da temperatura e da velocidade do vento. Outros fatores que também influenciam o consumo de água é a variação do espaçamento de plantio e o tipo de porta-enxerto utilizado, que afetam o tamanho e o vigor das plantas, proporcionando maior ou menor superfície transpirante (área foliar).

O excesso de água no solo ou seu encharcamento causa redução no crescimento e desenvolvimento das plantas em consequência dos danos às raízes. O efeito do encharcamento depende, principalmente, da temperatura do solo, sendo que durante três dias consecutivos, em temperaturas na faixa de 30-35°C, é suficiente para matar as raízes dos citros, que podem, por sua vez, sobreviver durante meses a temperaturas do solo inferiores a 15°C (SYVERTSEN & LLOYD, 1994).

4. RESPOSTA DAS PLANTAS CÍTRICAS À IRRIGAÇÃO

A produtividade dos citros está ligada à disponibilidade de água à cultura. Dependendo da região de cultivo, as necessidades de irrigação serão maiores ou menores, como se verificou nos extratos do balanço hídricos (Figura 1). Espera-se, portanto, que as necessidades e respostas à irrigação sejam maiores em regiões semi-áridas, onde a viabilidade do pomar só é possível com a prática da irrigação, menores em regiões sub-úmidas, onde a prática da irrigação será realizada para complementar a deficiência hídrica em períodos específicos do ano, e inviáveis, economicamente, em regiões úmidas, com pequena ou nenhuma deficiência hídrica ao longo do ano.

Como exemplo, COELHO et al. (2003), utilizando um pomar de laranja Pêra com quatro anos de idade, no município de Inhambupe, região subúmida do litoral Norte da Bahia, avaliaram a aplicação de cinco níveis de irrigação, via microaspersão, correspondentes às lâminas anuais de 174 mm, 261 mm, 347 mm, 487 mm e 608 mm. A deficiência hídrica no solo, acumulada, chegou a 521 mm, segundo o balanço hídrico seqüencial para o ano do estudo, bem superior ao normalmente observado na região (170 mm). Nessas condições, as curvas de resposta mostraram que a produtividade e o número de frutos por planta tiveram um comportamento quadrático, com um máximo de produtividade de 35,1 t ha⁻¹, ou 351 frutos por planta (Figura 2).

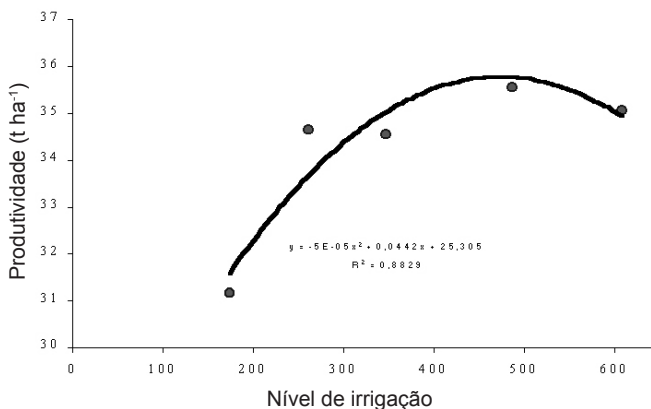


Figura 2. Curva de resposta da laranja 'Pêra' com 4 anos de idade a diferentes níveis de irrigação na região de Inhambupe (BA).

A máxima produtividade ocorreu para uma lâmina de 442 mm ano⁻¹ e a taxa de aumento da produtividade foi maior até o nível de irrigação, aproximado, de 250 mm ano⁻¹, reduzindo-se, em seguida, com menores incrementos de produtividade por milímetro de água aplicado. Isso mostra que, nas condições edafoclimáticas da região estudada a aplicação de 250 mm é suficiente para um aumento relevante na produtividade.

5. MÉTODOS E SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

Todos os métodos de irrigação têm sido usados na citricultura; entretanto, nas condições do Nordeste brasileiro, devem-se evitar aqueles de elevado dispêndio de água, ou de menor eficiência. Dessa forma, não se deve adotar a irrigação por superfície, exceto com o uso de pulsos (“surge flow”), bem como a aspersão convencional, menos nos sistemas de pivô central adaptados para alta eficiência. No caso do pivô central, recomenda-se seu emprego com os aspersores adaptados à meia altura, entre a superfície do solo e a linha principal (MESA – *medium elevation spray application*); com os aspersores mantidos de 0,30 a 0,90 m da superfície do solo, dentro da cultura (LPIC – *low pressure in canopy*); ou com os aspersores colocados a 0,45 m da superfície do solo (LESA – *low elevation spray application*). Com esses arranjos, obtêm-se eficiências entre 80 e 90%, podendo aumentar para 90 a 95%, quando se usam aspersores tipo LEPA – *low energy precision application*, a 0,20 m da superfície e com sulcos no solo (COELHO et al., 2005).

Os sistemas de irrigação localizada, gotejamento (superficial e sub-superficial) e microaspersão, são os mais adequados para irrigação de citros, em condições semi-áridas, pela alta eficiência de aplicação, baixa pressão de serviço, menor dispêndio de água e energia e facilidade de operação.

KELLER & BLIESNER (1990) recomendaram como porcentagem de área molhada (Pm), para irrigação localizada, valores entre 33 e 67% para culturas largamente espaçadas, como os citros. O valor de Pm deve ser maior onde a precipitação é menor, como é o caso do semi-árido. Os autores ainda sugeriram que, em regiões de considerável precipitação, valores de Pm inferiores a 33% podem ser aceitáveis quando em solos de textura média a fina, ou seja, solos siltosos a argilosos, o que pode ser aplicado às condições dos tabuleiros costeiros do Nordeste brasileiro.

Os solos com textura tendendo a média (francos) ou fina (argilosos) são mais propícios ao uso do sistema de irrigação do tipo gotejamento, por ser de maior capacidade de retenção de água e de maior difusividade, o que implica maior raio do volume molhado (bulbo molhado) ou maior Pm para o sistema em questão. Esse sistema se adapta muito bem à citricultura, principalmente por ser permanente, utilizando, portanto, pouca mão-de-obra, e por apresentar eficiência de aplicação até de 95% em zonas tropicais, especialmente quando os solos não são arenosos (VIEIRA, 1991).

Em pomares cítricos, recomenda-se instalar dois gotejadores por planta após o plantio e, pelo menos, quatro gotejadores quando as plantas estiverem mais desenvolvidas. Em solos de textura média a arenosa, deve-se instalar de cinco a seis gotejadores por planta, de acordo com INTRIGLIOLO et al., 1994. Segundo esses autores, o rendimento da laranja Valência foi maior quando se utilizaram cinco gotejadores por planta, dispostos ao longo da linha lateral, em comparação ao uso de três gotejadores por planta. O sistema com cinco gotejadores também foi melhor quando comparado ao da microaspersão.

Os gotejadores podem ser dispostos em uma ou duas linhas laterais por fileira de plantas ou, ainda, em uma linha lateral com ramificação ao redor do tronco (disposição em anel ou rabo-de-porco). SIMÕES et al. (2006a) avaliaram a produtividade e o peso médio dos frutos de um pomar de lima ácida Tahiti de quatro anos, submetido a três diferentes disposições de gotejadores em solo arenoso na região semi-árida do Norte de Minas Gerais. O trabalho envolveu três configurações de sistemas de gotejamento: T1 – uma linha lateral por fileira de plantas, passando próximo ao caule; T2 – uma linha lateral por fileira de plantas, com ramificação em forma de anel, de 0,80 m de raio em torno da planta; e T3 – duas linhas laterais por fileira de plantas, uma de cada lado delas. Em todos os casos, empregaram-se doze gotejadores. Não se observou diferença significativa entre os tratamentos quanto à produtividade (Figura 3), nem quanto ao peso médio dos frutos, entretanto, a configuração correspondente a uma linha lateral por fileira de plantas, com ramificação em forma de anel (T2), apresentou maior valor absoluto de produtividade média. Nesse trabalho, não se evidenciou necessidade de duas linhas laterais por fileira de plantas.

GERMANA et al. (1994) avaliaram os efeitos do número e da disposição de gotejadores num pomar cítrico, verificando que cinco gotejadores dispostos em torno da planta proporcionaram frutos maiores e maior produtividade do que três gotejadores dispostos ao longo da linha lateral. Esses

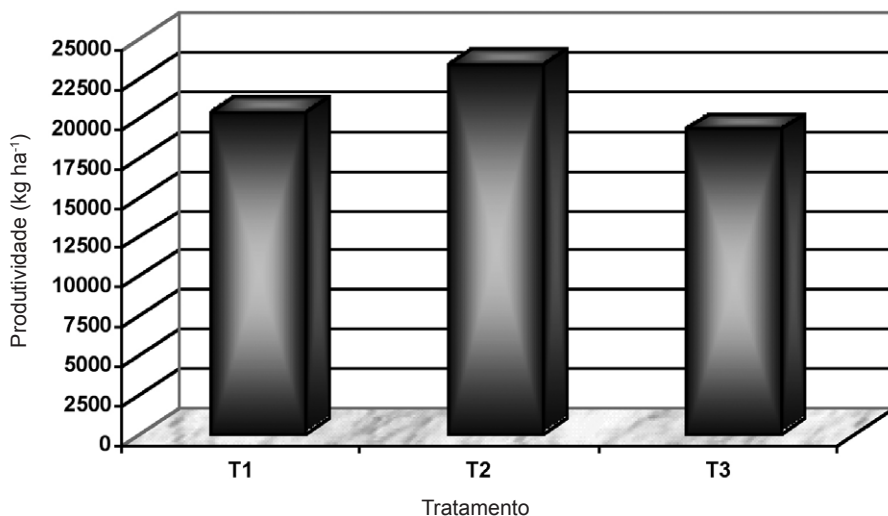


Figura 3. Produtividade média (kg/ha) da lima ácida Tahiti enxertada em limão Cravo e submetida a três disposições de gotejadores (T1, T2 e T3), no Norte de Minas Gerais. Fonte: SIMÕES et al. (2006a).

resultados dão vantagem para o sistema com uma linha lateral por fileira de plantas, com ramificação em forma de anel.

A microaspersão se adapta melhor aos solos arenosos, pela maior percentagem de área molhada (P_m) que assegura à planta. A disposição dos microaspersores pode variar no pomar e influenciar a resposta da cultura à irrigação. SIMÕES et al. (2006b) avaliaram a produtividade e o peso médio dos frutos de um pomar de lima ácida Tahiti de quatro anos, submetido a três diferentes disposições de microaspersores, na região Norte de Minas Gerais. O trabalho envolveu três configurações do sistema: T1 – um micro por planta entre plantas ao longo da fileira; T2 – um micro para duas plantas ao longo da fileira, e T3 – um micro por planta a 0,3 m do caule. Houve diferença significativa entre os tratamentos, com superioridade do T2 seguido do T3, e com menor produtividade para o T1 (Figura 4). Quanto ao peso médio dos frutos, não se observou diferença significativa entre os tratamentos. Os resultados mostraram viabilidade da instalação de um microaspersor para duas plantas, posicionado entre plantas, ao longo da fileira. É necessário salientar que o microaspersor, no caso, deve ter raio de alcance do jato próximo ou acima de 3,0 m.

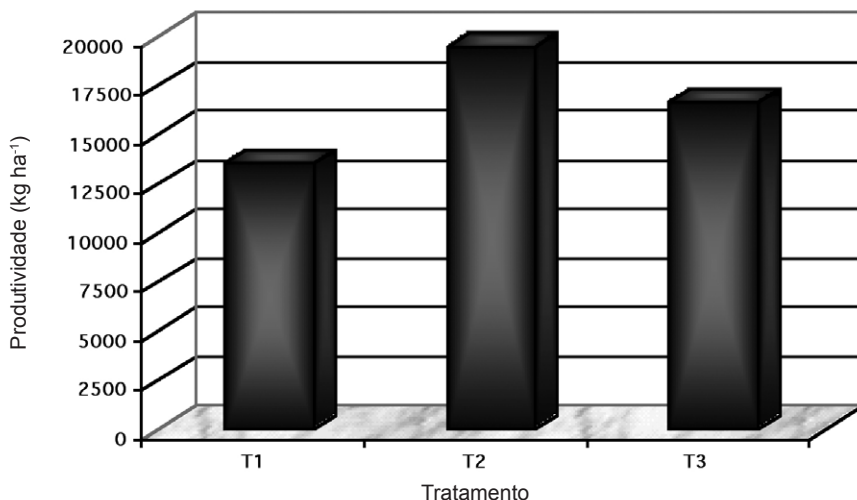


Figura 4. Produtividade média da lima ácida Tahiti, sob o porta-enxerto limão Cravo, submetida a três disposições de microaspersores, no Norte de Minas Gerais. Fonte: SIMÕES et al. (2006b).

6. MANEJO DA IRRIGAÇÃO

Esse manejo envolve a tomada de decisão sobre quando irrigar e quanto de água aplicar. Para auxiliar o produtor na decisão mais apropriada, desenvolveram-se diferentes métodos. Pode-se, portanto, programar a irrigação de uma área cultivada, adotando um método ou uma combinação de dois ou mais. Os mais usados métodos de manejo da irrigação disponíveis, na prática, baseiam-se em medidas do teor de água no solo, no uso de instrumentos que medem a evaporação de uma superfície de água livre e no balanço hídrico diário na zona radicular.

Medida do teor de água do solo

O conteúdo de água do solo, para definição do momento de irrigar, pode-se obter por métodos diretos, tal como o termogravimétrico, e indiretos. Os blocos de resistência elétrica, a TDR (*Time Domain Reflectometer* = Reflectometria no Domínio do Tempo), a sonda de capacitância e a sonda de nêutrons permitem a obtenção indireta do teor de água no solo, devendo ser previamente calibrados para cada tipo de solo. O tensiômetro também é

usado na obtenção indireta da umidade do solo, fornecendo seu potencial de água, estimando-se sua umidade pela curva de retenção de água do solo.

Os potenciais críticos para as culturas irão variar em função do método de irrigação adotado e do tipo de solo, podendo ser mantidos, para as culturas cítricas, entre -15 e -30 kPa a 0,30 m de profundidade, para solos de textura média, e entre -30 e -45 kPa, para solos argilosos (COELHO et al., 2004).

Para irrigação localizada, como a frequência de aplicação de água no solo é alta, para manter elevados níveis de umidade na zona radicular, o monitoramento dos potenciais é utilizado basicamente para checar se a umidade na zona de extração de água pelo sistema radicular está adequada e se está havendo perda de água abaixo dessa zona. No caso da irrigação por aspersão, os potenciais são, também, usados na tomada de decisão sobre o momento de irrigar, pois, nesse método, as frequências de irrigação não são elevadas. Na irrigação por gotejamento e microaspersão, o uso dos tensiômetros como indicador do momento de irrigação ocorrerá após períodos chuvosos.

A transformação da tensão de água no solo, obtida por meio do tensiômetro, para umidade atual do solo (θ_a), pode ser feita diretamente na curva de retenção de água do solo ou usando-se a equação de VAN GENUCHTEN (1980):

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha \cdot \psi_m)^n]^m} \quad (1)$$

em que θ é o conteúdo de umidade para certa tensão ou potencial matricial; θ_s , o conteúdo de umidade do solo na saturação; θ_r , o conteúdo de umidade residual do solo; e α , n e m , parâmetros da equação, sendo $m = 1 - \frac{1}{n}$; assim, os únicos parâmetros necessários para a equação 1 são θ_s , θ_r , α e n . Conhecendo-se a tensão crítica (ψ_c) e a correspondente umidade crítica (θ_c) do solo, pode-se verificar se há necessidade ou não de irrigação (Figura 5). No caso de ser necessário irrigar, pode-se determinar a lâmina real necessária (LRN) pela equação:

$$LRN = (\theta_{cc} - \theta_c) xz \quad (2)$$

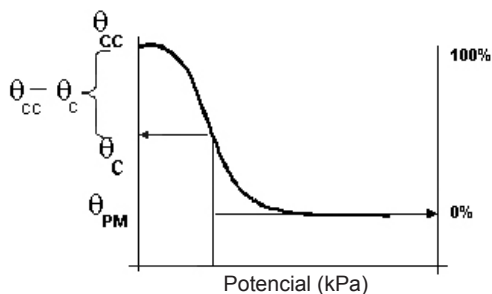


Figura 5. Curva característica de retenção de água do solo e cálculo da lâmina de irrigação real necessária.

em que θ_{cc} é a umidade do solo na capacidade de campo; z a profundidade efetiva do sistema radicular em mm, e θ_{cc} e θ_c são dados em $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$.

Um ponto importante a observar é quanto à localização dos sensores no perfil do solo. Como regra geral, deve-se instalar os sensores no centro de atividade do sistema radicular, ou numa região do sistema radicular representativa do cenário geral de extração de água. Em plantas cítricas, 80% da extração de água ocorre entre 0 e 0,6 m de profundidade no perfil do solo. Estudos sobre a absorção de água pelas raízes de lima ácida Tahiti, sob microaspersão, em solo franco arenoso do semi-árido do Vale do Paraguassu (BA), mostraram que, no sentido longitudinal à fileira de plantas, ela ocorreu a distâncias horizontais da planta, inferiores a 1,5 m e profundidade até 0,5 m. Para distâncias da planta inferiores a 0,5 m, a absorção de água pelas raízes foi até a profundidade de 1,1 m. No perfil ortogonal à fileira de plantas, a extração de água pelas raízes localizou-se na região de profundidade de 0 a 0,5 m e, na distância horizontal da planta, de 0 a 1,2 m (Figura 6).

O número de baterias de tensiômetros em dada área depende da variabilidade espacial do solo, sendo necessitando-se, pelo menos, uma bateria para cada tipo de solo da área. Cada bateria deve ser composta por dois tensiômetros instalados nas profundidades de 0,3 e 0,6 m, entre 0,3 e 0,5 m do tronco (COELHO et al., 2004).

Balço de água na zona radicular

Para fins de manejo da irrigação de um pomar de plantas cítricas, o balanço hídrico no solo pode ser escrito como se segue:

$$D_i = D_{i-1} + ETc + Dr - I - Pe \quad (3)$$

em que D_i é o déficit atual de água no perfil do solo na profundidade z , até o dia i (mm); D_{i-1} o déficit de água no perfil do solo até o dia anterior ($i-1$); ETc , a evapotranspiração da cultura (mm); Dr , a drenagem (mm) além da profundidade z ; I é a lâmina líquida de irrigação e Pe , a precipitação efetiva

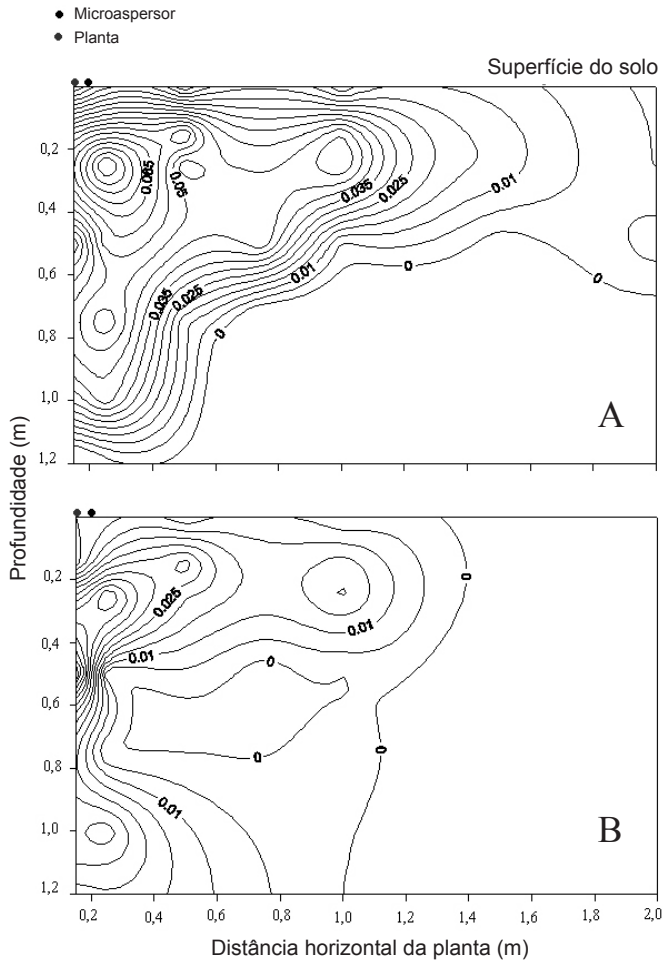


Figura 6. Estimativa da extração de água do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) pelo sistema radicular da lima ácida ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), nas direções longitudinal (A) e ortogonal (B) à fileira de plantas

Fonte: SANTOS et al. (2005).

(mm), ou seja, a fração da precipitação total (P) que contribui para atender às necessidades hídricas das plantas.

O balanço de água deve iniciar com o solo na capacidade de campo. A decisão de irrigar ou não dependerá das seguintes condições:

- (1) Se $D_i \geq \text{LRN}$, irrigar;
- (2) Se $D_i < \text{LRN}$, não irrigar.

em que LRN é dado pela equação 2 e representa o déficit total permissível na zona radicular.

Na equação 3, E_{Tc} e D_r têm sinais positivos, pois esses componentes do balanço hídrico contribuem para o déficit de água no solo. Os componentes I e P_e acrescentam água e, portanto, são negativos, pois reduzem o déficit. Na irrigação localizada, D_r pode ser considerada desprezível, uma vez que a irrigação objetiva unicamente elevar a umidade do solo à capacidade de campo. Após uma chuva (P), num dia i qualquer, usa-se o seguinte critério:

- (3) Se $P > D_i$, $P_e = D_i$ e $D_r = P - D_i$;
- (4) Se $P \leq D_i$, $P_e = P$ e $D_r = 0$.

Balanço aproximado de água no solo

O balanço aproximado de água no solo, recomendado para sistemas de alta eficiência de irrigação, como a microaspersão e o gotejamento, consiste em fazer um balanço entre o que entra no sistema solo-planta, via precipitação pluvial efetiva e irrigação, e o que sai do sistema, no caso, a evapotranspiração, uma vez que se consideram desprezíveis as perdas por percolação e escoamento superficial. É um balanço aproximado porque não leva em conta a redução permissível da disponibilidade de água do solo, ou a lamina real necessária para os cálculos.

O cálculo da lâmina de irrigação nesse método segue os seguintes passos:

1. Coleta de dados da precipitação pluvial ou chuva (PT) e da evapotranspiração potencial (E_{To}), em mm. A E_{To} pode ser estimada por meio de diferentes equações, apresentadas em aplicativos (REF-ET, IRRIGA, CLIMA, além de outros) ou manipuladas diretamente em planilhas eletrônicas ou calculadoras programáveis, ou por meio de leituras diretas das principais variáveis climáticas (radiação solar, temperaturas máxima e mínima do ar, déficit de pressão de vapor de água, fluxo de calor no solo e velocidade

de vento) em estações meteorológicas automáticas ou não. A precipitação efetiva (PE), no caso, será aproximada e deduzida da precipitação total (PT) da seguinte forma:

1.1. Calcula-se a redução permissível da água disponível do solo para as plantas, por $(\theta_{CC} - \theta_{PM}) \cdot z \cdot f$, que será tomada como valor limite da PE, isto é, se $PT > (\theta_{CC} - \theta_{PM}) \cdot z \cdot f$, então $PE = (\theta_{CC} - \theta_{PM}) \cdot z \cdot f$. Se $PT < (\theta_{CC} - \theta_{PM}) \cdot z \cdot f$, então $PE = PT$. Para fins práticos, valores de PT abaixo de 5 mm podem ser desconsiderados em condições de clima semi-árido.

2. Calcula-se a evapotranspiração da cultura (ETc) em mm a partir da ETo e do coeficiente de cultura (Tabela 1), isto é, $ETc = ETo \cdot Kc$.

3. O cálculo do volume total necessário (VTN), em litros, pode ser realizado pela seguinte equação:

$$VTN = \frac{(ETc - PE) \cdot A_m}{Ea} \quad (4)$$

em que A_m é a área molhada pelo emissor em m²; Ea , a eficiência de irrigação, que pode ser tomada como 85%, na falta de dados disponíveis.

Na equação 4 a área molhada pode ser substituída pelo produto do coeficiente de redução da área total de cada planta (Kl) pela área ocupada pela cultura, em m². Segundo PIZARRO (1990), alguns métodos foram propostos para cálculo do Kl (Tabela 2), as quais são funções da percentagem de área molhada ou da área sombreada (P_s).

O tempo de irrigação é calculado dividindo o volume total necessário (VTN), pela vazão do emissor.

4. Se a precipitação efetiva for superior à evapotranspiração da cultura, isto é, $PE > ETc$, usa-se a diferença ($PE - ETc$) como precipitação para ser somada à precipitação total na próxima irrigação, obedecendo ao mesmo critério estabelecido em 1.1.

Esse método indica que o solo deve permanecer próximo da capacidade de campo e a irrigação consiste na reposição da água evapotranspirada. É necessário instalar em campo sensores de potencial ou de umidade do solo, de forma que se possa avaliar a precisão do método.

Uso do tanque classe A

Dentre os instrumentos de evaporação usados em manejo da irriga-

Tabela 1. Valores do coeficiente de cultura (Kc) para pomares cítricos. Adaptado de CASTEL (1996) e DOORENBOS & PRUITT (1977). Os dados da FAO referem-se a áreas de poucas chuvas, ventos moderados e grama como cultura de referência

Fonte	Jan.	Fev.	Mço.	Abril	Mai	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Castel (A)	0,66	0,65	0,66	0,62	0,55	0,62	0,68	0,79	0,74	0,84	0,73	0,60
FAO (A1)	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,65	0,65	0,65	0,65	0,70	0,70	0,70
FAO (A2)	0,90	0,90	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Castel (B)	0,55	0,71	0,54	0,52	0,44	0,53	0,63	0,69	0,68	0,66	0,72	0,79
FAO (B1)	0,65	0,65	0,60	0,60	0,60	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,60	0,60
FAO (B2)	0,90	0,90	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
FAO (C1)	0,55	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,50
FAO (C2)	1,00	1,00	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95

A = Plantas adultas cobrindo mais de 70% do terreno.

B = Plantas jovens cobrindo 50% do terreno.

C = Plantas jovens cobrindo 20% do terreno.

1 - Plantas em terreno limpo, 2 - Plantas em terreno com mato.

Tabela 2. Métodos para determinação do coeficiente de localização (Kl)

Método	Equações
DECROIX (1971)	$Kl = 0,1 + P_s$
ALJIBURY et al. (1974)	$Kl = 1,34 P_s$
KELLER (1974)	$Kl = 0,0085 P_s + 0,15$
FERERES (1981)	$Kl = 1$ se $P_s > 65$ $Kl = 0,0108667 P_s + 0,29988889$ se $P_s \leq 20$ $Kl = 0,0194 P_s + 0,1$ se $P_s > 20$ e $P_s \leq 65$
KELLER & KARMELI (1975)	$Kl = P_s/0,85$
KELLER & BLIESNER (1990)	$Kl = 0,1 \sqrt{P_s}$
HOARE et al. (1984)	$Kl = P_s + 0,5 (1 - P_s)$

Se percentagem de área sombreada (P_s) < percentagem de área molhada (P_m), substituir P por P_m . Fonte: PIZARRO (1990).

ção, destaca-se o tanque Classe A. Seu princípio parte do fato de que a evapotranspiração da cultura varia com os mesmos elementos meteorológicos que atuam na evaporação de água (temperatura do ar, velocidade de vento, radiação solar, umidade relativa). Por isso, como abordado anteriormente, a quantificação da lâmina evaporada (mm) permite a estimativa da ET_o (mm) e pode ser, também, usada como uma relação direta entre evaporação do tanque classe A (ECA) e ET_c por meio de um fator de conversão, como se segue:

$$ET_c = k \times ECA \quad (5)$$

Visando à segurança no manejo, sugere-se, em princípio, um valor de k de 0,6, que deverá ser ajustado pelo usuário, em função das condições de clima e solo da região e do método de irrigação adotado. Caso o usuário perceba sintomas de deficiência de água nas plantas ou no solo, por meio de sensores de umidade ou potencial, deverá acrescentar incrementos de 10% da quantidade calculada, até que se verifique adequação da quantidade aplicada às necessidades da planta. Se perceber excesso de água no solo, deverá reduzir, gradativamente, a quantidade de água aplicada, na mesma proporção.

Uso da transpiração e da área foliar

A transpiração, obtida a partir da área foliar média do pomar e da ET_o , pode ser diretamente usada na determinação da quantidade de água a

aplicar ao solo para suprimento das necessidades das plantas, principalmente quando se está irrigando com gotejamento, onde é minimizada as perdas de água por evaporação. Essa alternativa reduz a variação causada pelo tamanho das árvores e espaçamentos de plantios.

A estimativa da transpiração (T), conhecendo-se a área foliar da planta e ETo , pode-se determinar pela expressão:

$$T = K \times ETo \times AF \quad (6)$$

em que K é o coeficiente de ajuste da relação; AF , a área foliar total da planta (m^2), e a ETo representando a demanda atmosférica local ($mm \text{ dia}^{-1}$), que pode ser substituída, por exemplo, por medidas de evaporação do tanque classe A (ECA). As medidas de área foliar consomem trabalho e um tempo considerável; entretanto, não necessitam ser feitas continuamente, apenas nas mudanças significativas do tamanho e forma da copa das plantas.

COELHO FILHO et al. (2004) e MARIN (2002), trabalhando com ampla faixa de demanda atmosférica encontraram coeficientes de ajustes de 0,34 e 0,25, ao utilizaram a ETo (Penman Monteith), e 0,27 e 0,21, ao utilizar ECA, respectivamente, para duas plantas adultas com 64 e 87 m^2 de área foliar e plantas jovens com área foliar variando de 0,17 a 1,1 m^2 .

A Tabela 3 mostra os valores de transpiração por unidade área foliar ($L \text{ m}^{-2}$ de folha dia^{-1}) encontrados por esses autores para a lima ácida Tahiti.

Uso da regulação de déficit hídrico

Nas condições semi-áridas, onde a água é escassa, os sistemas de cultivo irrigados devem apresentar alta eficiência. Culturas de ciclos mais longos, como em fruteiras, apresentam necessidades diferenciadas de água durante o ano, especificamente, no período compreendido entre a floração e a frutificação. Pesquisas visando à economia de água têm sido desenvolvidas com espécies frutíferas, algumas inseridas no que é chamado de regulação do déficit de irrigação ou irrigação deficitária controlada. Essa tecnologia consiste no manejo da irrigação com déficits de irrigação em estádios de desenvolvimento dos frutos, nos quais o crescimento e a qualidade dos frutos têm baixa sensibilidade ao déficit hídrico (DOMINGO et al., 1996). No Norte de Minas Gerais, COELHO FILHO et al. (2004) avaliaram o uso dessa alternativa de manejo de irrigação em lima ácida Tahiti sobre porta-enxerto limão Cravo, por gotejamento, avaliando reduções de água de 15%,

Tabela 3. Evapotranspiração de referência segundo Penman-Monteith (ETo) e transpiração (Tr) da lima ácida Tahiti para duas plantas adultas (área foliar 64 e 87 m²) e plantas jovens (área foliar de 0,17 a 1,1 m²)

Plantas adultas		Plantas jovens	
ETo mm dia ⁻¹	Tr L m ⁻² folha dia ⁻¹	ETo mm dia ⁻¹	Tr L m ⁻² folha dia ⁻¹
1,34	0,29	1,23	0,49
1,37	0,74	1,69	1,20
3,62	1,08	2,53	0,85
3,62	0,64	2,98	1,38
4,02	1,38	3,29	1,41
4,10	1,11	3,71	1,62
4,14	1,13	3,90	1,38
4,26	1,23	3,90	1,40
4,63	1,19	3,91	1,54
4,69	1,27	4,04	1,73
4,71	1,22	4,04	1,83
4,88	1,20	4,42	1,34
5,01	1,32	4,53	1,39
5,10	1,14	4,53	1,41
5,17	1,94	4,53	1,89
5,79	1,14	4,58	1,57
5,83	1,02	5,06	1,94
5,92	1,09	5,46	2,49
6,53	1,06	5,98	2,42

Fonte: MARIN et al. (2002) e COELHO FILHO (2004).

25% e 50% nas fases de floração (I) crescimento dos frutos (II) e final de crescimento de frutos (III). Não se observaram diferenças significativas entre as produtividades alcançadas nos tratamentos aplicados, sendo um bom indicativo de que o uso regulado poderá ser aplicado com eficiência para Tahiti enxertada em limão Cravo irrigado por gotejamento em condições semi-áridas do Nordeste brasileiro. Os resultados mostraram que é possível reduzir os volumes irrigados de 6 a 23% na Fase I, de 4 a 15% na Fase II e de 2 a 8% na Fase III.

6. IRRIGAÇÃO EM CONDIÇÕES DE SOLOS SALINOS

As culturas cítricas são sensíveis à salinidade do solo, dependendo tal sensibilidade do porta-enxerto e da combinação do sistema de irrigação, tipo de solo e clima da região. A salinidade afeta o crescimento da cultura e provoca-lhe desordens fisiológicas (AL-YASSIN, 2004). Os porta-enxerto tangerina ‘Cleopatra’ (*Citrus reshni* Hort. ex Tan) e *Macrophylla* [*C. macrophylla* (Alemow)] apresentam considerável sensibilidade à salinidade comparados a outros porta-enxertos. Os efeitos da salinidade no rendimento dos frutos estão mais no seu número que no seu peso (Al-Yassin, 2004).

Os rendimentos (Y) em função da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (ECe) podem ser expressos pela equação (CERDA et al., 1990):

$$Y = 100 - 8,73 (ECe - 2,61) \quad (7)$$

em que o valor de 2,61 dS m⁻¹ corresponde à condutividade elétrica crítica, até a qual o rendimento da cultura não é afetado e, para cada unidade acima, corresponde a um decréscimo de 8,73% no rendimento.

No cálculo da quantidade de água a aplicar em condições de solos do semi-árido que tenham potencial para salinização, a lamina total necessária (LTN), também deve incluir uma fração de água para evitar riscos de salinidade. Nesse caso, a fração de água para lixiviação dos sais (FL) consiste na razão entre a lâmina de drenagem e a de irrigação. Em termos matemáticos, pode-se obter a fração de lixiviação pela equação (KELLER & BLIESNER, 1990):

$$FL = \frac{CEi}{2 \cdot (maxCEe)} \quad (8)$$

em que FL é expressa em decimal; CEi, é a condutividade elétrica da água de irrigação (dS m⁻¹), e maxCEe a condutividade elétrica máxima (dS m⁻¹) do extrato de saturação do solo, que reduziria a zero a produtividade da cultura, que, nos citros, corresponderia a 14 dS m⁻¹, pela equação 7, embora KELLER & BLIESNER (1990) apresentem o valor de maxCEe de 8 dS m⁻¹.

O volume total necessário em condições de salinidade (VTNs) dependerá do valor da FL, conforme a equação:

(9)

$$VTNs = \frac{VTN}{(1 - FL)}$$

Se $FL \leq 0,10$ LTN não há necessidade de correção do VTN; caso contrário, deve-se fazer a correção.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da irrigação em pomares de citros nas condições edafoclimáticas do Nordeste é imprescindível tanto nas zonas semi-áridas como nos tabuleiros costeiros. Os sistemas de irrigação mais indicados na região são: microaspersão, com possibilidade de se dispor os emissores próximo das plantas ou entre plantas ao longo da fileira, principalmente em solos de textura grossa; gotejamento, com, pelo menos, 5 emissores por planta adulta, ao redor da planta, em solos de textura fina.

O manejo das irrigações nas condições do Nordeste pode-se realizar por diversos métodos, desde que se levem em conta à sua adaptabilidade às condições locais e que se façam os devidos ajustes de campo. Em regiões com potencial de salinização dos solos, dada a sensibilidade dos citros à salinidade, torna-se necessário aplicar uma lâmina maior, que promova a lixiviação dos sais para fora da zona de extração de água pelas raízes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-YASSIN, A. Influence of salinity on citrus: a review paper. **Journal of Central European Agriculture**, v.5, n.4, p.263-272. 2004.
- AMARO, A.A.; MAIA, M.L. & GONZALES, M.A. Efeitos econômicos decorrentes da clorose variegada dos citros. In: DONADIO, L.C. **Clorose variegada dos citros**. Jaboticabal: FUNEP, 1997. p.123-135.
- BOMAN, B. Citrus: understanding its irrigation requirements. **Irrigation Journal**, v.16, n.2, p.8-11, 1996.
- CASTEL, J.R. Evapotranspiration of drip irrigated Clementine citrus tree in a weighing lysimeter. In: CHARTOZULAKIS, K.S. **Proceedings of the Second International Symposium on Irrigation and Horticultural Crops**, v.1, p.91-98, 1996
- CASTEL, J.R. Programación del riego localizado y fertirrigación en cítricos y frutales de hueso. **Levante Agrícola**, n.273, p.19-27, 1987.
- CERDA, A.; NIEVES M. & GUILLEN, M. G. Salt tolerance of lemon trees as affected by rootstock. **Irrigation Science**, v.11, p.245-249. 1990.

- CINTRA, F.L.D.; LIBARDI, P.L. & SAAD, A.M. Balanço hídrico no solo para porta-enxertos de citros em ecossistema de tabuleiro costeiro. **Rev. Bras. de Eng. Agr. e Amb.** Campina Grande, n.1, p.23-28, 2000.
- COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M.A. & OLIVEIRA, S.L. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**, Salvador, v.7, n.1, p.57-60, 2005.
- COELHO, E. F.; COELHO, Y. S. & SANTOS, M. R. dos. Produtividade da laranja Pêra sob diferentes níveis de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 13., 2003. Juazeiro. O agronegócio da agricultura irrigada com revitalização hídrica. **Anais...** Viçosa: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 2003.
- COELHO, E. F.; MAGALHÃES, A.F.J. & COELHO FILHO, M.A. Irrigação e fertirrigação em citros. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura (**Circular técnica, 72**). 2004. 16p.
- COELHO FILHO, M.A.; ANGELOCCI, L. R.; ROJAS, J. S. D.; CAMPECHE, L. F. de. S. M. & FOLEGATTI, M. V. Relações entre transpiração máxima, área foliar e evapotranspiração de referência em pomar jovem de lima ácida Tahiti. **Revista brasileira de Agrometeorologia**, v.12, n.2, p.265-274, 2004.
- DOMINGO R.; RUIZ-SANCHEZ, M.C; SANCHEZ-BLANCO & TORRECILAS, A. Water relations, growth and yield of fino lemon trees under regulated deficit irrigation. **Irrigation Science**, v.16, p.115-123, 1996.
- DOORENBOS, J. & PRUITT, W. O. **Crop water requirements**. Rome, Italy: FAO Irrigation and Drainage. S.p. (FAO paper 24). 1977.
- FNP. **AGRIANUAL**, São Paulo, 2006. 504 p.
- GERMANA, C.; INTRIGLIOLO, F. & CONIGLIONE, L. Experiences with drip irrigation in orange trees. In: *INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, 7., Acireale, Italy, 1992. Proceedings...* Acireale, Italy: International Society of Citriculture, 1994. v.2 , p. 661-664.
- INTRIGLIOLO, F.; CONIGLIONE, L. & GERMANA, C. Effect of fertigation on some physiological parameters in orange trees. In: *INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, 1., Acireale, Italy, 1992. Proceedings...* Acireale, Italy: International Society of Citriculture, 1994. v.2 , p.584-589.
- KELLER, J. & BLIESNER, R.D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinholds, 1990. 650p.
- KELLER, J. & KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Rain Bird Sprinkler. Glendora, California: s.n., 1975. 133p.
- KRIEDEMANN, P.E. & BARRS, H.D. Citrus orchards. In: KOZLOWSKI, T.T. (Ed.). **Water deficits and plant growth**. New York: Academic Press, 1981. v.7, p.325-417
- MARIN, F.R.; ANGELOCCI, L.R.; PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A. & SEN-

- TELHAS, P.C. Balanço de energia e consumo hídrico em pomar de lima ácida Tahiti. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.17, n.2, p.219-228, 2002.
- PIRES, R.C.M. Manejo da água na irrigação dos citros. **Laranja**. Cordeirópolis, v.13, n.1, p.237-260, 1992.
- PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF)**: goteo, microaspersión, exudación. 2. ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1990. 471p.
- SANTOS, D.B.; COELHO, E.F. & AZEVEDO, C. A.V. Absorção de água pelas raízes do limoeiro sob distintas frequências de irrigação. **Rev. Bras. de Eng. Agr. e Amb.**, Campina Grande, v.9, n.3, p.327-333, 2005.
- SIMÕES, W.L.; COELHO, E.F; COELHO FILHO, M.A. & MARTINEZ, M.A. influência de três disposições de gotejadores na produtividade da lima ácida Tahiti. João Pessoa: **Anais**,... Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 35., 2006a.
- SIMÕES, W.L.; COELHO FILHO, M.A.; COELHO, E.F; MARTINEZ, M.A. Influência de três disposições de microaspersores na produtividade da lima ácida Tahiti. João Pessoa:, **Anais**... Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 35., 2006b.
- SYVERTSEN, J.P. & LLOYD, J.J. Citrus In: SCHAFFER, B. & ANDERSEN, P. (Eds.) **Handbook of environmental physiology of fruit crops**. Library of Congress, United States of America. p.65-100, 1994.
- THORNTHWAITE, C.W. & MATHER, J.R. The water balance. **Climatology**, New Jersey, Drexel Inst. of Technology, 1955. 104p.
- VAN GENUCHTEN, M.T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.44, p.892-898, 1980.
- VIEIRA, D.B. Irrigação de citros. In: RODRIGUEZ, O.; VIEGAS, F.; POMPEU JÚNIOR., J. & AMARO, A.A. **Citricultura Brasileira**, 2 ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991. p.519-541.