

ASPECTOS DA IRRIGAÇÃO EM CITROS

Ronaldo Souza Resende

A citricultura sergipana sustenta-se na sua quase totalidade em plantios sem irrigação e em pequenas e médias propriedades. Embora a região centro-sul do estado de Sergipe e noroeste da Bahia, principais pólos citricolas da região nordeste, apresentem satisfatórios níveis de precipitação, estas são, no entanto, concentradas em um curto período do ano, nos meses de abril a agosto.

A prática da irrigação, através dos seus benefícios diretos e indiretos, se impõe como decisiva para aumentar as baixas produtividades. A decisão de investir na tecnologia da irrigação em pomares cítricos deve ser antecedida de criteriosa análise dos aspectos econômicos envolvidos. O custo adicional de produção, em função da implantação da irrigação, deve ser compensado com um acréscimo de produtividade. Um fator importante é a idade do pomar para iniciar a irrigação. Embora a maior parte dos citricultores iniciem a irrigação quando o pomar encontra-se com 3 anos de idade, o ideal, segundo VIEIRA (1988) é plantar o pomar para ser irrigado, o que além de facilitar o planejamento da cultura e da irrigação, aumenta a capacidade produtiva da planta.

Além do benefício direto do uso da irrigação em pomares cítricos, ou seja, o aumento da produção por área colhida, uma série de benefícios indiretos podem ser citados, como: 1. possibilidade de escalonamento da produção (indução de estresse hídrico para manejo de florada), ofertando produtos na entressafra, 2. possibilidade de aproveitamento de áreas antes consideradas marginais para os citros, 3. viabilização da utilização da adubação via água de irrigação (fertirrigação).

Fatores do solo, do clima e da planta considerados no manejo da irrigação

Para o correto manejo da água, na cultura dos citros devem ser considerados fatores de clima (precipitação pluviométrica e a demanda evapotranspirativa do ambiente), do solo (capacidade de armazenamento de água no solo, textura, profundidade, além presença de impedimentos físicos ou mecânicos) e características específicas da planta cítrica que se está irrigando (eficiência de uso de água, profundidade do sistema radicular, períodos críticos à falta de água, entre outros). As características da planta variam de acordo com a espécie considerada, combinação copa/porta-enxerto, idade e sua adaptação ao ambiente.

Fatores do clima

As informações relativas ao clima que mais diretamente afetam o manejo da irrigação são a precipitação e a evapotranspiração de referência – ETo. Esta última pode ser definida como a perda de água por evaporação e transpiração que ocorre em solo plantado com grama rasteira, sem restrição de umidade do solo e em crescimento ativo. Tais informações devem ser obtidas de estações climáticas situadas o mais próximo possível da área irrigada.

A precipitação anual para duas regiões produtoras de citros do estado de Sergipe varia de 1000 a 1200mm. A Tabela 1 apresenta os valores de precipitação (P) e evapotranspiração de referência (ETo), para essas regiões.

Tabela 1. Dados de precipitação anual (mm) e evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹) de duas regiões de produção de citros no estado de Sergipe.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
Itabaianinha ¹													
P	41	41	91	112	160	106	131	86	55	54	72	51	1000
ETo	5.5	5.5	5.2	4.4	3.5	3.1	3.2	3.6	4.4	5.1	5.4	5.4	-
Platô de Neópolis ²													
P	80	54	68	104	203	221	175	120	72	57	25	54	1223

¹ Fonte: Samani & Hargreaves (1985).

² Dados obtidos junto à Associação dos Concessionários do Distrito de Irrigação Platô de Neópolis – ASCONDIR.

O balanço hídrico climatológico, que é quantificação do volume de entrada (precipitação) e saída (evapotranspiração) de água do sistema, se constitui em uma das maneiras de se monitorar o armazenamento de água no solo, ao longo de um período de tempo, de um determinado local ou região (Pereira et al., 1997). Esse balanço, elaborado para o município de Itabaianinha por Sentelhas (2005) revela um déficit hídrico anual de 291mm, sendo os meses de déficit de umidade no solo distribuídos de setembro a abril e os meses de excessos de umidade nos meses de maio a julho, conforme apresentado na Figura 1.

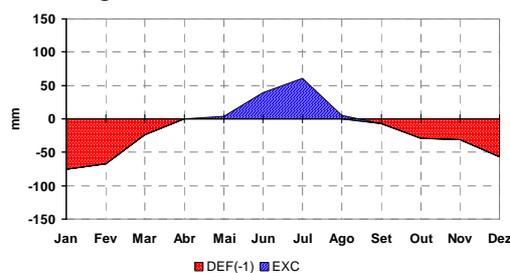


Fig. 1. Balanço hídrico climatológico para o município de Itabaianinha – SE considerando uma capacidade de armazenamento de água de 70 mm (Sentelhas, 2005).

Fatores do solo

Para fins de irrigação, o solo pode ser encarado como um reservatório, que armazena uma certa quantidade de água em função das suas características físicas e biológicas. O conhecimento do tamanho desse reservatório, comumente chamado de capacidade de armazenamento de água do solo - CAD, é obtido através de informações da umidade do solo na capacidade de campo - CC e ponto de murcha permanente - PMP,

as quais podem ser obtidas da curva de retenção de água pelo solo. A Figura 2 apresenta curvas de retenção de umidade do solo para solos das regiões produtoras de citros no estado de Sergipe.

A CAD expressa em m³ de água por m³ de solo, pode ser assim determinada:

$$CAD = (\theta_{CC} - \theta_{PMP}) \times P_e \times 1000 \quad (1)$$

Onde:

θ_{CC} – teor de umidade do solo na capacidade de campo; em m³ m⁻³

θ_{PMP} - teor de umidade do solo no ponto de murcha permanente; em m³ m⁻³

P_e – profundidade efetiva do sistema radicular; m

A partir da CAD pode-se calcular a Lâmina Líquida de irrigação, como sendo

$$LL = AFD = CAD \times f \quad (2)$$

Onde:

LL – Lâmina Líquida de irrigação, mm

f – fator de consumo de água, decimal

O uso do fator "f" se deve ao fato de que deve ser utilizada apenas uma parte do conteúdo de água do solo; essa parte é denominada Água Facilmente Disponível – AFD, e é igual à Lâmina Líquida. O fator "f" varia para cada cultura, sendo que para os citros a Tabela 2 fornece os valores recomendados para diferentes va-

lores de ETo, em mm dia⁻¹ (Doorenbos & Kassam, 1994).

A Lâmina Bruta de irrigação - LB, ou seja, aquela que deve realmente ser utilizada, é calculada em função da eficiência de aplicação de água do sistema, conforme apresentado na Tabela 7:

$$LB = LL / Ef \quad (3)$$

Onde:

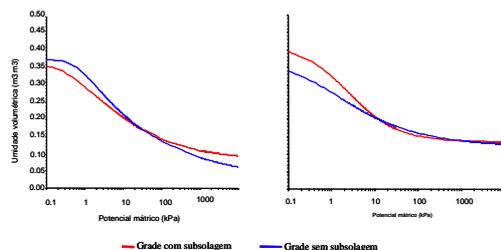
Ef – eficiência do sistema de irrigação, em decimal

Para fins de manejo da irrigação, o cálculo da Lâmina Bruta de irrigação pode ser assim resumido:

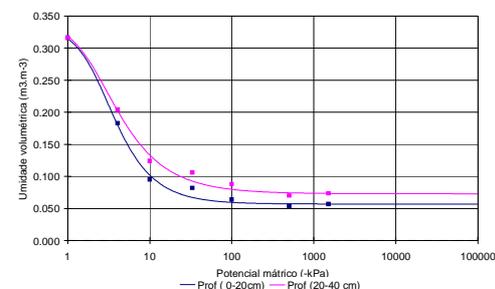
Tabela 2. Valores do fator "f", em função de valores de ETo.

ETo	2	3	4	5	6	7	8	9	10
f	0,80	0,70	0,60	0,50	0,45	0,425	0,375	0,35	0,30

Uma vez que as plantas cítricas exigem boa aeração do solo, o manejo da irrigação deve ser criterioso, evitando irrigações excessivas, as quais podem afetar o desenvolvimento das raízes e o rendimento (Doorenbos & Kassam, 1994).



a



b

Fig. 2. Curva de retenção de umidade de um solo do município de Itabaianinha-SE (a) nas profundidades de 0–20 (esquerda) e 20–40cm (direita) e do Distrito de Irrigação Platô de Neópolis-SE (b).

$$LB = [(\theta_{cc} - \theta_i) \times Pe \times f \times 1000] / Ef \quad (4)$$

Onde θ_i representa teor de umidade no solo, em m³ m⁻³, no dia anterior ao que se pretende irrigar. Atentar para que no dia "i" não se tenha utilizado, ainda, a quantidade de água no solo correspondente à AFD.

O intervalo entre irrigações pode ser, então, calculado:

$$I = LL / ETc \quad (5)$$

ETc é a evapotranspiração de cultivo, em mm, conforme apresentada no item referente aos fatores da planta.

Fatores da planta

As principais variedades de citros se caracterizam por apresentar uma elevada capacidade de regulação estomática, o que resulta em uma menor variação de demanda de água pela planta mesmo com uma elevada variação da demanda evaporativa, quando comparado com outros cultivos (Shalhevet & Levi, 1990). As fases da cultura em que o déficit de água acarreta maior efeito na produção são na floração e no "pegamento" dos frutos.

A distribuição do sistema radicular é influenciada pelo tipo e regime hídrico do solo, combinações utilizadas de copa/porta-enxerto, idade da cultura e manejo da irrigação. Para fins de manejo da irrigação, interessa conhecer a profundidade efetiva do sistema radicular, a qual é aquela em se concentra, aproximadamente, 80% das raízes. Esse conhecimento é utilizado tanto para a definição do volume de água a aplicar como para definição do local instalação dos emissores (em irrigação localizada) e dos sensores de umidade utilizados para o monitoramento da irrigação.

De um modo geral o sistema radicular citros se mostra pouco profun-

do; o desenvolvimento das raízes ocorre nos primeiros 0,6 – 0,9 m de profundidade e até 1,5 - 2 m de distância do caule.

As áreas de cultivo de citros dos estados de Sergipe e Bahia apresentam elevada incidência de solos com presença de camadas com adensamento de origem pedogenética, denominadas camadas coesas (Jacomine, 2001), as quais apresentam restrição ao desenvolvimento do sistema radicular. Em função da existência de tais camadas, o aprofundamento das raízes se mostra ainda mais superficial, com valores de 0,30 a 0,40 m, como observados por Cintra (1997) e Anjos (2006) na região Centro-Sul do Estado de Sergipe. O produtor de citros pode efetuar observações da distribuição das raízes nas diversas fases da cultura, através de trincheiras em plantas representativas.

Outro fator de planta importante no manejo da irrigação se refere ao coeficiente de cultivo – K_c , o qual varia para as diferentes fases da cultura e é utilizado para se obter a evapotranspiração da cultura - ET_c , a partir da evapotranspiração de referência - ET_o . A ET_c é a perda de água que se deve repor para que a planta não sofra elevados déficits hídrico.

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad (6)$$

Os valores de K_c devem ser determinados através de pesquisa local. Na ausência de dados locais, a Tabela 3 apresenta valores do coeficiente para diferentes fases de desenvolvimento da planta (percentual de cobertura do solo levando-se em conta a projeção da copa) e condições de cobertura do solo nas entrelinhas.

Tabela 3. Valores de coeficiente de cultura – K_c - para diferentes percentuais de cobertura do solo pela projeção da copa e condições de cobertura do solo nas entrelinhas.

% de sombreamento	$K_{c \text{ inc.}}$	$K_{c \text{ médio}}$	$K_{c \text{ final}}$
Sem plantas invasoras nas entrelinhas			
70	0,70	0,65	0,70
50	0,65	0,60	0,65
20	0,50	0,45	0,55
Com plantas invasoras nas entrelinhas			
70	0,75	0,70	0,75
50	0,80	0,80	0,80

Fonte: Allen et al. (1998).

Demanda de água da cultura e efeito do estresse hídrico

A demanda anual de água para as diferentes espécies de citros é da ordem de 900 a 1200mm, devendo ser bem distribuída ao longo do ano (Doorembos & Kassam, 1994). A demanda de água é mais elevada nos períodos de brotação, emissão dos botões florais, frutificação e início de desenvolvimento dos frutos, sendo menor nos períodos de maturação, colheita e repouso (Pires et al., 2005).

Coelho et al. (2003) observaram que

a lâmina de irrigação de 442 mm foi a que resultou em maior aumento da produção de laranja Pêra, com 4 anos de idade, quando utilizando irrigação suplementar à chuva e nas condições da região nordeste da Bahia.

O efeito da variação no regime de irrigação na produção e desenvolvimento de árvores de citros é cumulativo e lento. Já as variações na qualidade do fruto podem ser detectadas dentro de uma estação, o que faz com que se constitua em melhor ferramenta para o diagnóstico rápido do efeito de diferentes regimes de irrigação ou variação climática ano a ano. O

tamanho do fruto é considerado a característica mais influenciada pela irrigação. Embora a ocorrência de estresse reduza a espessura da casca, normalmente aumenta a relação casca/polpa (Shallevet & Levi, 1990).

Para a região centro-sul do estado de Sergipe a demanda estimada de água

nos diferentes meses do ano e níveis de desenvolvimento da copa são apresentados na Tabela 4. Nessa estimativa foram considerados os Kc's apresentados na Tabela 3, para a condição de presença de plantas invasoras nas entrelinhas, além de uma eficiência do sistema de irrigação de 90% e coeficientes de localização, obtidos no modelo proposto por Keller & Bliesner (1990).

Tabela 4. Estimativa da necessidade diária de irrigação ao longo do ano, para diferentes níveis de desenvolvimento da copa, em % da área de sombreamento, nas condições do município de Itabaianinha- SE.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
ET _o -mm	172	155	162	131	107	93	98	113	113	158	163	168
	Volume, em L planta ⁻¹											
20%	58	58	55	46	36	32	33	38	46	53	57	57
50%	105	104	99	82	65	58	60	69	84	96	102	102
70%	132	131	124	104	82	73	75	86	105	121	129	128

A ocorrência de déficit hídrico na fase de desenvolvimento e maturação dos frutos pode favorecer a qualidade pelo aumento dos Sólidos Solúveis Totais – SST no suco. No entanto, esse aumento de SST é também acompanhado pelo aumento, em maior proporção, na acidez, o que provoca a redução da relação SST/acidez, reduzindo, assim, a qualidade final do suco (Shallevet & Levi, 1990).

O período de floração é muito sensível ao déficit hídrico, o que reduz diretamente a produção de frutos (Doorenbos & Kassam, 1994). O período crítico ao déficit hídrico vai da brotação até o fruto atingir 2,5 cm de diâmetro. O déficit hídrico, aliado a baixas temperaturas, ou isoladamente, pode desencadear o processo produtivo (Pires, et al., 2005). A ocorrência de déficits nesse período pode aumentar consideravelmente a queda de flores e o nível de pegamento dos frutos, comprometendo a produção.

Utilização do estresse hídrico no manejo da produção

Para o florescimento dos citros é fundamental a existência de um período de repouso, caracterizado por um baixo desenvolvimento vegetativo. Para pomares

não irrigados, o período de repouso ocorre naturalmente em função de baixas temperaturas de inverno, na região sudeste, e por estresse hídrico no verão, na região nordeste (Doorenbos & Kassam, 1994; Shallevet & Levy, 1990).

Em plantios irrigados, a possibilidade de melhor controlar a época e intensidade de ocorrência do estresse hídrico podem ser utilizados como ferramenta auxiliar visando aumentar a produção através da indução da florada, bem como a obtenção do produto em épocas diferenciadas, as quais resultem na obtenção de melhores preços de mercado.

A duração do déficit deve ser avaliada para as condições locais: variedade, combinação copa/porta enxerto, tipo de solo, condições climáticas, etc., uma vez que a aplicação de um déficit muito severo pode ter resultado contrário ao esperado, com abortamento excessivo de flores e conseqüente perda de produção.

Efeito do estresse salino

Entre as culturas perenes os citros são considerados como uma das mais sensíveis à salinidade do solo, sendo que essa sensibilidade está mais diretamente rela-

cionada aos íons sódio e cloreto e pode variar de modo significativo para cada combinação de copa/porta-enxerto (Shalhevet & Levi, 1990). A salinidade do solo é medida em laboratório através da condutividade elétrica do extrato de saturação, CE_{es} , expressa em $dS\ m^{-1}$. Uma salinidade do extrato de saturação de $1,7\ dS\ m^{-1}$ provoca uma redução de produção em torno de 10%, sendo essa considerada a salinidade limiar para a cultura, ou seja, o nível máximo de salinidade média

da zona radicular que pode ser tolerado pela cultura, sem que afete seu rendimento (Ayers & Westcot, 1991). De um modo geral, a cada aumento de $1\ dS\ m^{-1}$ na CE_{es} ocorre uma redução de 13 a 16% na produção potencial da cultura. A redução de produção de laranja esperada para diferentes valores de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo – CE_{es} e da água de irrigação CE_a , em $dS\ m^{-1}$, é apresentada na Tabela 5.

Tabela 5. Rendimento potencial de laranja, em %, em função dos valores de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo – CE_{es} e da água de irrigação CE_a , em $dS\ m^{-1}$.

Rendimento potencial									
100%		90%		75%		50%		0%	
CE_{es}	CE_a	CE_{es}	CE_a	CE_{es}	CE_a	CE_{es}	CE_a	CE_{es}	CE_a

Fonte: Doorembos & Kassam (1994).

Os principais sintomas de toxicidade provenientes do excesso de cloro na folha são relacionados à queimaduras, ocorrendo inicialmente nas pontas e, posteriormente, nas bordas das folhas. Esses efeitos podem ocorrer quando se alcançam níveis cloreto na folha de 0,3 a 1%, com base no peso seco (Ayers & Westcot, 1991). Níveis máximos de íon cloreto no extrato de saturação e na água de irrigação são apresentados na Tabela 6.

O potencial da água de irrigação causar problemas de toxicidade à cultura aumenta quando da utilização de sistemas de irrigação que molham a folhagem da planta, como a irrigação por aspersão. Nesse caso, a acumulação é maior para irrigações mais intermitentes que contínuas. Irrigar em horas de menor demanda evaporativa, como no caso da irrigação noturna, ajuda a evitar o problema.

Tabela 6. Níveis máximo de íon cloreto, em $mg.L^{-1}$, no extrato da saturação do solo e na

Variedade	Na zona radicular (Cles)	Na água de irrigação (Cla)
Laranja	10	6,7
Limoeiro	15	10,0
Tangerineira Ponkan	15	10,0

Fonte: Ayers & Westcot (1991).

Métodos de irrigação

A seleção do sistema de irrigação que melhor se adapte às condições locais deve considerar aspectos como tipo de solo, disponibilidade de energia, disponibilidade e qualidade da água, relevo e disponibilidade e qualidade da mão-de-obra que irá operar o sistema.

Embora, desde que bem manejados, todos os métodos de irrigação possam ser utilizados na cultura dos citros, predominam no nordeste os métodos de irrigação por aspersão e localizada, sendo esse último o mais comum, o qual engloba os sistemas por gotejamento e por microaspersão. O custo de produção para implantação de um hectare de irrigação varia com o método escolhido e as condições locais. Valores médios são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Faixa de eficiência de aplicação de água e de custo médio de aquisição de diversos sistemas de irrigação.

Sistema de irrigação	Eficiência ¹ (%)	Custo(R\$/ha)
Aspersão Convencional	60 - 85	1.200 – 2.000
Autopropelido	55 - 75	1.500 – 2.000
Pivô Central	75 - 90	1.500 – 2.500

¹ Adaptado de Hoffman et al. (1992).

Irrigação por aspersão

Os principais sistemas que se enquadram nesse grupo e são utilizados na irrigação de citros são os de aspersão convencional, autopropelidos e pivô-central. O sistema por aspersão convencional se adapta melhor em propriedades de menor área (10 a 15 ha), sendo estas a que predominam na principal região citrícola do estado de Sergipe.

Esse sistema apresenta vantagens de proporcionar uma boa precisão na aplicação das doses calculadas, adapta-se bem às diferentes condições de relevo da área e é de fácil operacionalização. Como principais desvantagens cita-se o fato de molhar toda a folhagem, afetando o programa de controle fitossanitário em função da lavagem dos produtos aplicados, além de propiciar um ambiente mais favorável ao desenvolvimento de doenças fúngicas e bacterianas. A Figura 3 apresenta pomar de citros irrigado por siste-



Fig. 3. Pomar de laranja Pêra (consorciada com mamão) irrigado por pivô-central.

Os principais componentes de um sistema de irrigação por aspersão são motobomba, tubulações, aspersores, e acessórios. O conjunto motobomba é mais

comumente acionado por energia elétrica ou diesel, sendo o primeiro modo geralmente mais econômico. As tubulações, as quais formam as linhas de distribuição de água principal e secundária, são normalmente de alumínio, aço zincado, aço galvanizado ou PVC rígido, com comprimento de 6 metros e diâmetro variando entre 50 e 100 mm, sendo providas de acoplamentos rápidos que facilitam a montagem e desmontagem do sistema no campo. Os aspersores rotativos podem ser de giro completo (360°) ou do tipo setorial. Mais comumente possuem ângulo de saída do jato de água de 30°. No caso da irrigação dos citros deve-se dar preferência àqueles do tipo sub-copa, os quais possuem ângulo de jato de 6°, propiciando uma melhor distribuição da água e reduzindo o efeito do jato na queda de flores.

Irrigação localizada

Em irrigação localizada apenas uma fração da área cultivada é umedecida. A frequência de aplicação é alta, normalmente em intervalos de 1 a 2 dias. Devido à alta frequência de aplicação, o solo na zona radicular das plantas é mantido sob elevado regime de umidade. A fração de área molhada é definida, em termos de percentual, em relação à área total ocupada por uma planta. O percentual mínimo de área molhada pode variar em função da frequência de irrigação adotada: quanto menor o intervalo menor poderá ser essa área. Para os citros a recomendação mais comumente considerada é que a área molhada não seja inferior a 30% da área total, podendo atingir até 50%. Para regiões com regime de precipitação anual mais elevado (1000 a 1200mm) sugere-se adotar o percentual de 30%.

O gotejamento e a microaspersão são os sistemas de irrigação localizada mais comumente utilizados. A definição do tipo de sistema irá depender da característica do solo. A microaspersão se adapta melhor em solos de textura leve. Um aspecto que deve ser observado é a possibilidade de se aumentar o potencial de ocorrência da doença gomose de *Phytophthora*, uma vez que nesse sistema ocorre um freqüente molhamento da base do tronco da planta.

Embora apresente um maior custo de aquisição, a irrigação localizada demanda menor mão-de-obra, o que reduz seu custo operacional em relação ao sistema de aspersão convencional.

Manejo da irrigação utilizando tensiometria

Uma maneira eficiente, prática e econômica de se efetuar o manejo da irrigação é por meio da tensiometria. Tensiômetros são instrumentos usados para medir a tensão, ou seja, a força com que a água é retida pelo solo e assim estimar o esforço que a planta precisa utilizar para absorver água e nutrientes, desenvolver suas funções vitais e produzir alimentos.

Basicamente o tensiômetro consiste em um tubo preenchido com água, geralmente de material PVC, e vedado na parte superior por uma tampa que o mantém hermeticamente fechado (*cap*). Na parte inferior do tubo é instalada uma cápsula de cerâmica. Através dessa cápsula a água entra ou sai do seu interior, de acordo com o teor de umidade do solo, ocasionando uma pressão negativa (tensão), a qual é medida no sentido de estimar o teor de umidade do solo. A Figura 4 apresenta tensiômetros com leitura analógica e digital.

Fotos: Ronaldo S. Resende

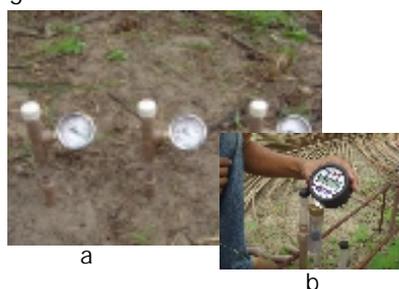


Fig. 4. Tensiômetro com vacuômetro (a) e de punção, utilizado no manejo da irrigação.

O tipo de tensiômetro que utiliza o mercúrio para sua construção está caindo em desuso devido a maior dificuldade de construção e manuseio, além do risco de contaminação humana e ambiental que o mesmo proporciona.

O número de tensiômetros que deve ser instalado em uma área para fins de manejo da irrigação está na dependência, principalmente, da homogeneidade da área em termos de características de solo e relevo e do número de cultivos que está sendo irrigado. Para áreas homogêneas podem-se instalar duas ou três baterias de tensiômetros. O mais comum é instalar 2 ou 3 tensiômetros por bateria. Quando utilizando 2 aparelhos, instala-se um na profundidade e distância do tronco onde se concentra a maior parte do sistema radicular e o segundo no mesmo ponto mas a uma profundidade abaixo do sistema radicular. O primeiro tensiômetro indica o momento de iniciar ou parar a irrigação e o segundo tem a função de indicar se a quantidade de água aplicada na irrigação está em excesso.

Exemplo de cálculo

Nesse exemplo será considerado a irrigação da cultura da laranjeira, com idade de 5 anos, plantada no espaçamento de 6,0 x 5,0 m (30 m²), em um solo de textura leve (considera-se que o mesmo se encontra à capacidade de campo a uma tensão de -10 kPa; a tensão crítica adotada foi de -30 kPa). Os valores correspondem à média das umidades obtida nas camadas 0-20 e 20-40cm da Figura 2b e a eficiência do sistema de irrigação é de 90% (microaspersão).

Assim, tem-se:

$$\theta_{cc(-10kPa)}: 0,109 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

$$\theta_{crítica(-30kPa)}: 0,094 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

$$\theta_{cc(-10kPa)} - \theta_{crítica(-30kPa)} = 0,015 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

1. Volume de solo por planta:

Em irrigação localizada, podemos considerar a área para fins de manejo da irrigação como aquela definida pela projeção da copa da planta. Para a planta adulta considerando um diâmetro de copa de 4 m e uma profundidade

efetiva do sistema radicular de 0,60m, o volume de solo por planta seria:

$$12,6 \text{ m}^2 \times 0,60\text{m} = 7,6 \text{ m}^3 \text{ de solo (volume de controle)}$$

2. O volume líquido de água necessário para deixar o solo na sua capacidade ideal de armazenamento seria:

$$\text{Volume Líquido} = 7,6 \text{ m}^3 \text{ de solo} \times 0,015\text{m}^3/\text{m}^3 = 0,114\text{m}^3 = 114 \text{ L}$$

3. O volume bruto a ser aplicado, considerando a eficiência do sistema de microaspersão de 90%, seria:

$$\text{Volume Bruto} = 114 \text{ L} / 0,9 = 126 \text{ L/planta}$$

Observe que esse não é o volume diário a ser aplicado por planta e sim o volume necessário para deixar o solo na capacidade de campo, a partir da tensão crítica. Dependendo da evapotranspiração da cultura, esse tempo pode ser maior que um dia.

Viabilidade econômica da adoção da irrigação

Para avaliar a viabilidade econômica da implantação de um sistema de irrigação deve-se considerar que o acréscimo de produtividade sob irrigação deve cobrir os custos de implantação e manutenção do sistema, ao longo da vida-útil do mesmo. Fatores como a produtividade, a rentabilidade atual e esperada da cultura, além do custo de implantação e manutenção do sistema de irrigação, precisam ser considerados a fim de se definir o incremento de produtividade necessária para, pelo menos, empatar o investimento com a irrigação. Analisando diferentes cenários envolvendo diversos fatores físicos e econômicos na produção de laranja, em Sergipe, Resende et al. (1999) observaram que aqueles que mais afetaram a viabilização econômica do investimento com a irrigação foram: preço de venda da tonelada de laranja (Figura 5a), taxa anual de juros e distância da rede de eletricidade. A *necessidade de incremento de produtividade* para viabilizar a implantação da

irrigação decresceu acentuadamente com o aumento do módulo de área irrigada até atingir um valor onde praticamente estabiliza-se; para um determinado cenário avaliado observou-se uma estabilização para áreas acima de 15 hectares (Figura 5b).

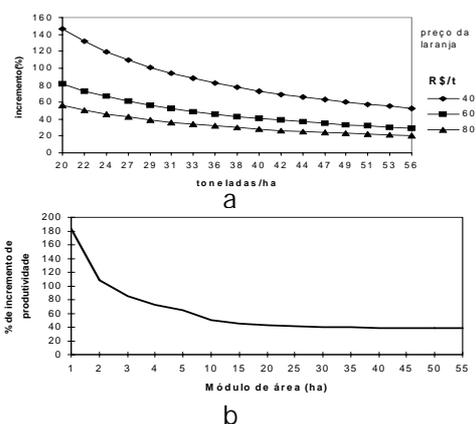


Fig. 5. Necessidade de incremento de produtividade (em %) em função do preço de venda da laranja, a partir da produtividade obtida sem irrigação (a), e em função da área irrigada (b).

Para maior parte das variáveis analisadas, a *necessidade de incremento de produtividade* de laranja que empata o investimento com irrigação esta em torno de 21 toneladas, equivalente a 49,3 kg planta⁻¹, valor esse bem menor que o determinado por ZANINI & PAVANI (1998), o qual foi de 81,6 kg planta⁻¹, para as condições do estado de São Paulo.

Referências bibliográficas

- AYERS R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande, PB: UFPB, 1991. 218 p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 29).
- ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage. Paper, 56)
- BERTONHA, A. **Funções de resposta da laranja Pera à irrigação complementar e nitrogênio**. 1997. 113 f. Tese (Doutorado)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

- CINTRA, F. L. **Disponibilidade de água no solo para porta-enxertos de citros em ecossistema de tabuleiro costeiro**. Piracicaba, 1997. 106 f. Tese (Doutorado)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo
- COELHO, E. F.; COELHO, I. S.; SANTOS, M. R. Produtividade da laranja 'pera' sob diferentes níveis de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 13., 2003, Juazeiro. **Anais...** Juazeiro, BA: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 2003. CD-ROM.
- DOOREMBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande, PB: UFPB, 1994. 306 p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 33)
- FAVETTA, G. M. A escolha do equipamento de irrigação mais apropriado para os citros. **Laranja**, Cordeirópolis, SP, v. 19, n. 2, p. 331-342, 1998.
- MARTIN, D. L.; STEGMAN, E. C.; FERERES, E. Irrigation schedules principles. In: HOFFMAN, G. J.; HOWELL, T. A.; SOLOMON, K. H. (Ed.). **Management of farm irrigation systems**. [S.l.]: St. Joseph, 1992. p. 155-203.
- JACOMINE, P. K. T. Evolução do conhecimento sobre solos coesos no Brasil. In: CINTRA, F.L.D.; ANJOS, J. L. dos; MELO IVO, W. M. P de. In: WORKSHOP COE-SÃO EM SOLOS DOS TABULEIRSO COSTEIROS. **Anais...** Aracaju, 2001. p. 19-46.
- ANJOS, J. L. **Sistemas de manejo de um argissolo dos tabuleiros costeiros de Sergipe cultivado com citros**. Areia, 2006. 83 f. Tese (Doutorado)-Centro de Ciências agrárias, Universidade Federal da Paraíba, 2006.
- KELLER, J.; BLIESNER, D. R. **Sprinkler and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 652 p.
- PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba, SP: Fealq, 1997. 183 p.
- PIRES, R. C. de M.; LUCHIARI, D. J. F.; ARRUDA, F. B; MOSSAK, I. Irrigação. In: JUNIOR, D. de M.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; JUNIOR, J. P. (Ed.). **Citros**. Campinas, SP: FAPESP; Centro APTA; Instituto Agrônômico; FUNDAP, 2005. p. 370 - 408.
- RESENDE, R. S.; CASARINI, E.; BRASIL, R. P. C. do; COELHO, R. D. Viabilidade econômica de implantação da irrigação na cultura da laranja na região centro-sul do estado de Sergipe In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1999. CD-ROM.
- SAMANI, A. Z.; HARGREAVES, G. H. **A crop water evaluation manual for Brazil**. The International Irrigation Center-Utah State University. Logan, 1985. 87 p.
- SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia dos citros. In: JUNIOR, D. de M.; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; JUNIOR, J.P. (Eds.) **Citros**. Campinas, SP: FAPESP; Instituto Agrônômico; FUNDAP, 2005. p. 319 - 344.
- VIEIRA, D. B. Produtividade e irrigação: produtividade de citros. In: SIMPÓSIO DE CITRICULTURA, 3. 1988, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal, SP, 1988. p.185-193.
- ZANINI, J. R.; PAVANI, L. C. Irrigação em citros. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS, 5. 1998, BEBEDOURO. **Tra-tos culturais**. **Anais...** Campinas, SP: Fundação Cargill, 1998. p. 409-442.