

DÉFICIT HÍDRICO EM CITROS: INFORMAÇÕES PARA O MANEJO DA IRRIGAÇÃO

CLÁUDIO RICARDO DA SILVA¹, JOSÉ ALVES JÚNIOR², TONNY JOSÉ ARAÚJO DA SILVA³,
MARCOS VINÍCIUS FOLEGATTI⁴, RONALDO ANTÔNIO DOS SANTOS²
e LARISSA BARBOSA DE SOUZA⁵

RESUMO

As modificações no sistema de cultivo dos citros têm levado a irrigação a admitir um papel importante na manutenção e aumento de produtividade dos pomares. Existe grande número de estudos e textos dedicados às características morfológicas e aos efeitos do déficit hídrico nas plantas cítricas. O objetivo desta revisão foi reunir as informações com a finalidade de auxiliar os citricultores no manejo da técnica de irrigação.

Termos de indexação: déficit hídrico, seca, trocas gasosas.

SUMMARY

CITRUS WATER DEFICIT: INFORMATION FOR IRRIGATION MANAGEMENT

Deep modifications in citrus management have led irrigation to play an import role in the orchard yield. There is a number of studies and publications toward morphological characteristics and effects of water deficit in citrus. The objective of this review, was to bring together such informations to support citrus growers during the management of the irrigation technique.

Index terms: water deficit, drought, gas exchange.

¹ Engenheiro Agrônomo, Doutor, Bolsista DCR, CNPq. Embrapa Meio-Norte, Av. Duque de Caxias, 5650, Bairro: Buenos Aires, 64006-220 Teresina (PI). Tel.: (86) 3225-1141. E-mail: claudio@cpamn.embrapa.br

² ESALQ/USP – Pós-Graduando em Irrigação e Drenagem, Caixa Postal 9, 13418-900 Piracicaba (SP).

³ IAC – Pesquisador, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Ecofisiologia e Biofísica, APTA, Campinas (SP).

⁴ ESALQ/USP – Professor, Departamento de Engenharia Rural, Piracicaba (SP).

⁵ UFPI – Estudante de Graduação. Bolsista CNPq.

1. INTRODUÇÃO

A produção e a produtividade média da citricultura paulista vêm mostrando uma tendência ascendente no período de 1930 a 2004, diretamente associada ao aumento da área plantada, ao adensamento de plantio, ao desenvolvimento de novas variedades e a porta-enxertos mais tolerantes a problemas fitossanitários, entre outros (AMARO, 2004).

Essas modificações no sistema de cultivo têm levado a irrigação a admitir novo papel na citricultura. Além de recomendadas para aumento de produtividade, atualmente, têm possibilitado a antecipação do florescimento e a manutenção da produtividade de pomares formados com porta-enxertos menos resistentes ao déficit hídrico (LUCHIARI, 2003).

As plantas reduzem a transpiração quando a água do solo começa a ficar menos disponível às raízes (ALLEN et al., 1998). Deve-se programar a irrigação visando manter uma taxa ótima de transpiração? Sabe-se que o estresse hídrico pode melhorar a partição de carboidratos na direção das estruturas reprodutivas e controlar o excessivo crescimento vegetativo. CHALMERS et al. (1981) propuseram uma estratégia de irrigação baseada na imposição de um déficit controlado de irrigação em períodos fenológicos não prejudiciais à produtividade da cultura. Nesse sentido, para melhor entendimento das respostas fisiológicas de plantas cítricas quanto à deficiência hídrica do solo, diversos trabalhos têm sido publicados, como os de MEDINA & MACHADO (1998), MEDINA et al. (1999), GOMES et al. (2004) e SILVA et al. (2005).

Na realidade, o manejo da irrigação depende dos objetivos do irrigante, que definirá pela ausência ou pela presença do estresse hídrico, bem como a época mais adequada para sua realização e, por fim, a sua duração. Dessa maneira, fica claro que o manejo da irrigação dos citros não é um pacote padrão, pronto e bem definido, tornando-se fundamental reunir o máximo de informações, principalmente quanto à fisiologia da planta.

No presente trabalho, fez-se uma revisão de textos e artigos publicados sobre as características morfológicas e as respostas fisiológicas das plantas cítricas sob condições de estresse por déficit hídrico.

2. CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS QUE AUXILIAM NO CONTROLE DA TRANSPIRAÇÃO

As relações hídricas nos citros são afetadas por uma extensa resistência ao transporte de água dentro da planta. Tal resistência pode estar associada, pelo menos em parte, à baixa rede de vasos na folha e ao pouco desenvolvimento do sistema radicular, que, apesar de abundantes, apresentam baixa condutividade hidráulica (KRIEDEMANN & BARRS, 1981). Isso resulta em potenciais de água nas folhas menores, mesmo em condições adequadas de umidade do solo comparativamente com outras espécies de plantas perenes.

As folhas de citros estão adaptadas a conservar água. A vida de uma folha pode durar 9 meses a mais de 2 anos (KRIEDEMANN & BARRS, 1981). Durante o período de expansão, as folhas apresentam uma coloração verde-clara, de textura leve, e secam imediatamente quando retiradas do ramo, adquirindo competência fotossintética lentamente apenas exportando assimilados quando todas as folhas do ramo estão completamente desenvolvidas. Por ocasião da maturação, tornam-se verde-escuras, com textura firme, não secando imediatamente quando retiradas do ramo (KRIEDEMANN & BARRS, 1981).

Com a expansão foliar vem o aumento da suberização das superfícies internas e da cutícula que auxiliam na diminuição da transpiração. Essas mudanças podem explicar que a resistência à perda de água é consideravelmente menor em folhas jovens e maior nas mais velhas (KRIEDEMANN & BARRS, 1981). A senescência da folha termina com seu desprendimento na zona de abscisão na base do pecíolo, depois da remoção de constituintes trocáveis, uma segunda zona de abscisão, porém, pode ocorrer entre a lâmina foliar e o pecíolo, permitindo uma rápida excisão da folha sob condição de severo estresse, visando à diminuição rápida da transpiração. A ocorrência de duas zonas de abscisão, uma das quais aparentemente é mais sensível à perda de água parece ser a teoria mais consistente da capacidade adaptativa de citros à condição de seca (KRIEDEMANN & BARRS, 1981).

A maior parte dos estômatos localiza-se na parte inferior da folha. EHRLER & BAVEL (1968) mediram uma frequência de 800 estômatos por mm^2 sobre a face abaxial e 40 por mm^2 na face adaxial em limão, enquanto SPIEGEL-ROY & GOLDSCHMIDT (1996) citam de 400 a 700 estômatos por mm^2 na face adaxial. Essa densidade se altera em função da variedade,

tamanho e posição da folha na planta. A alta densidade de estômatos poderia potencializar uma rápida transpiração; entretanto, a rede de vasos de primeira e segunda ordem nas folhas é pouco desenvolvida quando comparada com outras plantas perenes, como *Vitis vinifera* (KRIEDEMANN & BARRS, 1981). Além disso, apesar de estarem em um número comparativamente elevado, os poros são relativamente menores quando comparados com outras plantas perenes, conforme trabalhos citados por KRIEDEMANN & BARRS (1981).

Outras características, como número de folhas por planta, área foliar, distância entre folhas, ângulo de inserção das folhas, também indicam que as plantas cítricas apresentam características que visam à minimização da perda transpiratória, ainda que variem entre as espécies do gênero. Segundo SAVÉ et al. (1995), pelo fato de as plantas de tangor Murcott apresentarem área foliar menor, copa mais fechada e folhas praticamente orientadas verticalmente, resultam em melhor controle de perda transpirativa em relação às plantas de laranja Newhall.

Quanto ao sistema radicular dos citros, além da baixa condutividade hidráulica das suas raízes, que varia em função da temperatura e do porta-enxerto utilizado, as raízes se encontram superficialmente no perfil do solo. ALVES JÚNIOR et al. (2004) verificaram que, em plantas jovens (30 meses) de lima ácida Tahiti irrigadas por gotejamento, as raízes se concentravam na profundidade de 0 a 0,3 m e a 0,6 m do caule lateralmente. Já para plantas adultas, MONTENEGRO (1960) verificou que 90% das raízes atingiram até 0,6 m de profundidade para árvores de 10 anos e até 0,9 m em plantas de 23 anos. MOREIRA (1983), estudando o sistema radicular em plantas de 7 anos, constatou que 60% das raízes se encontravam a 0,3 m de profundidade e 73% até 0,6 m. PIRES (1992), para fins de irrigação, recomenda considerar 0,6 m como profundidade efetiva das raízes em pomares em produção e 0,5 m em viveiros.

2. RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DAS PLANTAS CÍTRICAS SOB DÉFICIT HÍDRICO

O ambiente, como toda a sua variabilidade climática, muitas vezes impõe às plantas condições adversas para o seu desenvolvimento e a sobrevivência da espécie implica buscar aclimação e adaptação. A resistência ao

déficit hídrico nas plantas cítricas baseia-se, principalmente, na tolerância (ajustamento osmótico) e prevenção (controle estomático) do estresse hídrico, com o segundo mais desenvolvido e presente em todas as espécies do gênero (SAVÉ et al., 1995).

A redução do *status* de água na planta induz ao fechamento estomático possivelmente por mecanismo tanto químico quanto hidráulico (COMSTOCK, 2002; STRECK, 2004). O primeiro funda-se na síntese de ácido abscísico (ABA) nas raízes sob solo seco com posterior transporte para os ramos via xilema (DAVIES & ZHANG, 1991) e, o segundo, na mudança da pressão hidrostática que leva à síntese de ABA nas folhas (LIU et al., 2003). Em consequência do acúmulo de ABA, há redução da turgescência e fechamento estomático (LIANG et al., 1997) e da taxa fotossintética (MACHADO et al., 2002).

Diversos trabalhos foram desenvolvidos para estudar o efeito do estresse por déficit hídrico sobre as trocas gasosas nas plantas cítricas. VU & YELENOSKY (1988) verificaram que o déficit hídrico severo (-2,0 MPa no potencial de água da folha, hídrico severo (-2,0 MPa no potencial de água da folha, Ψ_F) diminuiu a taxa de assimilação máxima de CO₂ e transpiração de plantas de laranja Valência em 58 e 40% comparativamente com as plantas irrigadas. Atranspiração máxima ocorreu próximo ao meio-dia. Após esse horário, houve um declínio tanto das plantas irrigadas quanto das com déficit. Já a taxa de assimilação de CO₂ foi máxima no período da manhã (9h, plantas irrigadas) e decresceu após, refletindo a queda na radiação fotossinteticamente ativa (PAR); nas plantas estressadas, porém, a taxa foi nula após as 14h. Posteriormente, MEDINA et al. (1999) também observaram padrão de resposta similar na taxa de assimilação de CO₂ em planta de laranja Valência, acrescentando que o declínio na assimilação de CO₂ nas plantas irrigadas ocorreu mesmo sob condições saturantes de PAR, coincidindo, porém, com o período de aumento do déficit de pressão de vapor (DVP).

Outros trabalhos, como o de MEDINA & MACHADO (1998), GOMES et al. (2004) e SILVA et al. (2005) também ajudaram a elucidar as respostas fisiológicas das plantas submetidas ao estresse por déficit hídrico. Além disso, citam alguns valores que podem ser utilizados na prática de manejo de irrigação. MEDINA & MACHADO (1998), por exemplo,

verificaram que, independentemente do porta-enxerto utilizado (Cravo ou Trifoliata), não houve decréscimo na assimilação de CO_2 , transpiração, eficiência no uso da água e conteúdo relativo de água enquanto a tensão da água no substrato foi menor que 40 kPa. SILVA et al. (2005) também verificaram que não houve diminuição nas trocas gasosas em plantas de lima ácida Tahiti enquanto a tensão da água no solo foi inferior a 48 kPa. Nessa faixa de valores, a tensão da água no solo pode ser facilmente monitorada pelos irrigantes com o uso de tensiômetros.

Para JONES (2004), no entanto, muitas características fisiológicas respondem diretamente a mudanças no status da água na planta melhor do que no seu conteúdo ou tensão no solo. O trabalho de DENMEAD & SHAW (1962) mostrou que a transpiração de plantas de milho diminuiu quando a tensão da água no solo atingiu, aproximadamente, 200 kPa, sob uma evapotranspiração de 3 a 4 mm d^{-1} , ao passo que, sob condições de baixa evapotranspiração (1 mm d^{-1}), esse limite aumentou para 1.200 kPa.

Entre os vários equipamentos para medição do *status* da água na planta (osmômetros, psicrometros de ponto de orvalho, sondas de pressão), a câmara de pressão, em vista da sua praticidade, é boa opção para indicar quando as plantas iniciam o estresse hídrico, uma vez que há correlação entre a diminuição do potencial de água na folha e o fechamento estomático (COMSTOCK, 2002; GOMES et al., 2004, e SILVA et al., 2005). Detalhes para o uso correto desse equipamento pode ser encontrado em SCHOLANDER et al. (1965) e KAUFMANN (1968). Faz-se necessário, no entanto, para fins de manejo de irrigação, definir valores ótimos para dado horário de referência, bem como relacionar os dados com as condições climáticas preponderantes.

O valor ótimo do potencial de água na folha (Ψ_F) parece estar acima de -0,6 MPa sob condições de baixo déficit de pressão de vapor do ar (<1,5 kPa) (MEDINA & MACHADO, 1998; GOMES et al., 2004; SILVA et al., 2005). Valores de Ψ_F inferiores (mais negativos), nessas condições, indicariam o início do estresse hídrico. De maneira prática, as medidas têm sido realizadas no período da antemãhã (4 a 6h da manhã), ou, então, ao meio-dia e/ou por meio de cursos diários demonstrando as variações Ψ_F ao longo do dia.

Alguns estudos têm sugerido que as medidas feitas na antemãhã são mais indicativas comparativamente àquelas feitas ao meio-dia (SHALHEVET

& LEVY, 1990; DOMINGO et al., 1996; GINESTAR & CASTEL, 1996; URRIBARRÍ et al., 1996; GONZÁLEZ-ALTOZANO & CASTEL, 2000). De fato, na antemã coincide com a máxima hidratação da planta, ao passo que as medidas feitas ao meio-dia usam mais nitrogênio e são mais suscetíveis às flutuações das condições meteorológicas, especialmente, DVP, radiação e temperatura (SILVA et al., 2005).

Outra característica das plantas cítricas é que a variação da taxa transpiratória é sazonal. MACHADO et al. (2002) verificaram que houve uma diminuição na taxa transpiratória no sentido dos meses mais quentes e úmidos para os secos e frios do ano (Figura 1). SILVA et al. (2004) também verificaram uma redução próxima a 50% na evapotranspiração do verão para o inverno em plantas de lima ácida Tahiti. Isso pode implicar uma redução drástica no volume a ser irrigado no inverno, em comparação com o verão, coincidindo, justamente, nas condições paulistas, com o período de maior déficit hídrico e, conseqüentemente, maior demanda pelos recursos hídricos.

3. MANEJO DO DÉFICIT HÍDRICO

3.1 Para indução floral

Segundo KRAJEWSKI & RABE (1995), os principais fatores endógenos e exógenos relatados na literatura a influenciar o florescimento em citros são: fotoperíodo, temperatura, estresse hídrico, metabolismo do

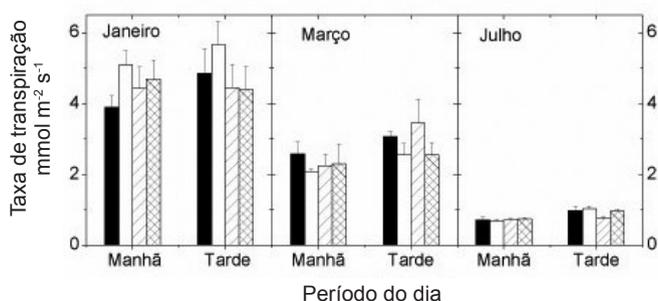


Figura 1. Variação da taxa de transpiração em função do período do dia e do mês de laranja Valência sob quatro porta-enxertos (Machado et al., 2002).

nitrogênio, carboidratos, nutrição mineral, hormônios vegetais, retardadores de crescimento e presença ou ausência de fruto, sendo muito difícil isolar os fatores em nível de campo.

Entretanto, o estresse por déficit hídrico parece ser o maior fator indutor do florescimento nas condições subtropicais (SPIEGEL-ROY & GOLDSCHMIDT, 1996). SOUTHWICK & DAVENPORT (1987), trabalhando com a lima ácida Tahiti em condições de ambiente controlado, avaliaram os efeitos da temperatura e do estresse por déficit hídrico sobre o florescimento, verificando que um severo estresse por déficit hídrico ($\Psi_F = -3,5$ MPa), por quatro ou cinco semanas, foi suficiente para induzir um significativo florescimento. Já o estresse causado por baixas temperaturas (18 °C - dia, 10 °C - noite) promoveu a indução, porém o efeito corresponde como a um estresse por déficit hídrico moderado. Observa-se, todavia, que não se anula o efeito da temperatura que pode potencializar, inclusive ter um efeito aditivo, uma vez que o maior déficit hídrico ocorre no inverno nas condições climáticas do Estado de São Paulo.

Tem-se discutido que a indução se dá por uma diminuição no crescimento das raízes e nos níveis de giberelinas (TALÓN et al., 1997), hormônio reconhecidamente inibidor do florescimento em citros (SIQUEIRA & SALOMÃO, 2002).

Apesar do efeito significativo do déficit hídrico na indução, são escassos os trabalhos que definem o nível ideal e sua duração. Também não há trabalhos dedicados à qualidade das inflorescências formadas, após a brotação, em função do estresse por déficit hídrico. Sabe-se que as inflorescências se distribuem em vegetativas (apenas folhas), mistas (com folhas e flores) e generativas (somente flores) (DAVENPORT, 1990). As mistas favorecem o pegamento, ao passo que o aborto de órgãos reprodutivos é quase total em brotações generativas durante os dois primeiros meses após a antese (KRAJEWSKI & RABE, 1995).

Novamente, a câmara de pressão poderia auxiliar os irrigantes no estabelecimento desses níveis, uma vez que o critério visual é muito subjetivo e equipamentos comumente encontrados para manejo de irrigação, como os tensiômetros, em função do elevado nível de déficit hídrico e, conseqüentemente, tensão da água, não conseguiram medir, pois operam em tensões de água no solo menores que 80 kPa.

3.2 Aumento da eficiência no uso da água

Recentes trabalhos têm sido feitos com o objetivo de aumentar a eficiência de uso da água com mínimos efeitos deletérios na produtividade, mediante uma estratégia de irrigação baseada na imposição de um déficit controlado de irrigação em períodos fenológicos não prejudiciais à produtividade da cultura.

Segundo DOORENBOS & KASSAM (1994) e GINESTAR & CASTEL (1996) ocorre maior queda na produtividade se o déficit hídrico for aplicado no período de florescimento e pegamento dos frutos.

TORRECILLAS et al. (1993), trabalhando com plantas de limão na Espanha, submetidas a irrigações baseadas em 100% da evapotranspiração da cultura (ETc), ao longo do ano e irrigadas a 25% da ETc, excetuando-se durante o período de rápido desenvolvimento dos frutos (após o “june drop”); quando aplicaram 100% da ETc, verificaram que o déficit hídrico não afetou a dinâmica de crescimento dos frutos e produtividade, indicando que um déficit controlado pode economizar água e melhorar a eficiência de uso da água. Esse resultado foi confirmado por DOMINGO et al. (1996), no mesmo local.

GONZÁLEZ-ALTOZANO & CASTEL (2000) verificaram que o déficit possibilitou reduzir o consumo de água em torno de 6 a 22%, sem afetar a produtividade e qualidade dos frutos, desde que o valor limite de Ψ_F (medido às 6h) não ultrapassasse -1,2 MPa.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As plantas cítricas apresentam características morfológicas e mecanismos fisiológicos de controle da taxa transpirativa que conferem boa resistência ao estresse por déficit hídrico quando comparadas com outras plantas perenes;

O déficit hídrico diminui a produtividade, principalmente se ocorrer no florescimento e pegamento dos frutos; entretanto, em outros períodos fenológicos, sua aplicação tem sido viável. No florescimento, os valores de sua aplicação tem sido viável. No florescimento, os valores de Ψ_F devem ser >0,6 MPa (mais positivos) ou, então, <50 kPa na tensão da água no solo na profundidade média do sistema radicular;

Ainda são escassos os trabalhos sobre a intensidade do déficit para favorecer o florescimento, bem como o tipo de brotação formada e o pegamento dos frutos, sendo, portanto, sugestões para novas linhas de

estudo. Todavia, de modo geral, severo estresse ($\Psi_F < -2,0$ MPa medido no período da antemanhã) provoca a indução. A câmara de pressão pode ser a ferramenta ideal no estabelecimento dessa intensidade.

Como sugestão, os estudos que sugerem limites críticos de potenciais, seja do solo, seja da planta, deveriam, para fins de comparação, especificar detalhadamente as condições meteorológicas presentes no local, especialmente quanto ao déficit de pressão de vapor de água, temperatura e radiação fotossintética ativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ALVES JR, J.; LOURENÇÃO, M.S; SILVA, T.J.A. et al. Distribuição do sistema radicular de plantas jovens de lima ácida 'Tahiti' sob diferentes níveis de irrigação. **Irriga**, v.9, n.3, p.270-281, 2004.
- AMARO, A.A. Citricultura: uma simulação de receita bruta do setor em 2000/04. **Instituto de Economia Agrícola**, 2004. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=1587>. Acessado em: 10/3/2006.
- CHALMERS, D.J.; MITCHELL, P.D. & VANHEEK, L. Control of peach tree growth and productivity by regulated water supply, tree density and summer pruning. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.106, p.307-312, 1981.
- COMSTOCK, J. Hydraulic and chemical signaling in the control of stomatal conductance and transpiration. **Journal of Experimental Botany**, v.53, n.367, p.195-200, 2002.
- DAVENPORT, T.L. Citrus flowering. **Horticultural Reviews**, v.12, p.249-408, 1990.
- DAVIES, W.J. & ZHANG, J. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.42, p.55-76, 1991.
- DENMEAD, O.T. & SHAW, R.H. Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content and meteorological conditions. **Agronomy Journal**, v.45, p.385-390, 1962.
- DOMINGO, R.; RUIZ-SÁNCHEZ, M.C.; SÁNCHEZ-BLANCO, M.J. et al. Water relations, growth and yield of fino lemon trees under regulated deficit irrigation. **Irrigation Science**, v.16, p.115-123, 1996.
- DOORENBOS, J. & KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento dos cultivos**. Tradução de H.R. Ghevy et al. Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

- EHRLER, W.L. & BAVEL, C.H.M. Van. Leaf diffusion resistance, illuminance and transpiration. **Plant Physiology**, v.43, p.208-214, 1968.
- GINESTAR, C. & CASTEL, J.R. Responses of Young clementine citrus trees to water stress during different phenological periods. **Journal of Horticultural Science**, v.71, n.4, p.551-559, 1996.
- GOMES, M.M.A. & LAGÔA, A.M.M.A.; MEDINA, C.L. et al. Interactions between leaf water potential, stomatal conductance and abscisic acid content of orange trees submitted to drought stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.16, n.3, p.155-161, 2004.
- GONZÁLEZ-ALTOZANO, P. & CASTEL, J.R. Effects of regulated deficit irrigation on 'Clementina de Nules' citrus trees growth, yield and fruit quality. **Acta Horticulturae**, n.537, p 749-758, 2000.
- JONES, H.G. Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plant-based methods. **Journal of Experimental Botany**, v.55, n.407, p.2427-2436, 2004.
- KAUFMANN, M. Evaluation of the pressure chamber método for measurement of water stress in citrus. **Proceedings of American Society for Horticultural Science**, v.93, p.186-198, 1968.
- KRAJEWSKI, A.J. & RABE, E. Citrus flowering: a critical evaluation. **Journal of Horticultural Science**, v.70, n.3, p.357-374, 1995.
- 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.
- LIU, F.; JENSEN, C.R. & ANDERSEN, M.N. Hydraulic and chemical signals in the control of leaf expansion and stomatal conductance in soybean exposed to drought stress. **Functional Plant Biology**, v.30, p.65-73, 2003.
- LIANG, J. & ZHANG, J. & WONG, M.H. Can stomatal closure caused by xilem ABA explain the inhibition of leaf photosynthesis under soil drying? **Photosynthesis Research**, v.51, n.2, p.149-159, 1997.
- LUCHIARI, D.J.F. Citricultura irrigada ainda tem muito a crescer. **Irrigação & Tecnologia Moderna**, n.56, 2003.
- MACHADO, E.C.; MEDINA, C.L.; GOMES, M.M.A. et al. Variação sazonal da fotossíntese, condutância estomática e potencial da água na folha de laranja 'Valência'. **Scientia Agricola**, v.59, n.1, p.53-58, 2002.
- MEDINA, C.L. & MACHADO, E.C. Trocas gasosas e relações hídricas em laranja 'Valência' enxertada sobre limoeiro 'Cravo' e Trifoliata e submetida à deficiência hídrica. **Bragantia**, v.57, n.1, p.15-22, 1998.
- MEDINA, C.L.; MACHADO, E.C. & GOMES, M.M.A. Condutância estomática, transpiração e fotossíntese em laranja 'Valência' sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.11 n.1, p.29-34, 1999.
- MONTENEGRO, H.W.S. Contribuição ao estudo do sistema radicular das plantas cítricas. Piracicaba, 1960. 147p. Tese (Cátedra) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

- MOREIRA, C.S. Estudo da distribuição do sistema radicular da laranjeira “Pêra” (*Citrus sinensis* L. Osbeck) com diferentes manejos de solo. Piracicaba, 1983. 97p. (Tese Livre-Docência) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- PIRES, R.C.M. Manejo da água na irrigação dos citros. **Laranja**, v.1, n.13, p.237-260, 1992.
- SAVÉ, R.; BIEL, C.; DOMINGO, R.; RUIZ-SÁNCHEZ, C. et al. Some physiological and morphological characteristics of citrus plants for drought resistance. **Plant Science**, v.110, n.2, p.167-172, 1995.
- SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; BRADSTREET, E.D. et al. Sap pressure in vascular plants. **Science**, v.148, p.339-346, 1965.
- SHALHEVET, J. & LEVY, Y. Citrus trees. In: STEWART, B.A. & NIELSEN, D.R. (Ed.). **Irrigation of agricultural crops**. Madison: American Society of Agronomy, 1990. p.951-986. (Agronomy, 30).
- SILVA, C.R.; ALVES JR, J.; SILVA, T.J.A. et al. Variação sazonal da evapotranspiração de plantas jovens de lima ácida ‘Tahiti’. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 14., 2004, Porto Alegre. **Anais...2004**.
- SILVA, C.R.; FOLEGATTI, M.V.; SILVA, T.J.A. et al. Water relations and photosynthesis as criteria for adequate irrigation management in ‘Tahiti’ lime trees. **Scientia Agrícola**, v.62, n.5, p.415-422, 2005.
- SIQUEIRA, D.L. & SALOMÃO, L.C.C. Efeito do paclobutrazol no crescimento e florescimento dos citros. **Laranja**, v.23, n.3, p.355-369, 2002.
- SOUTHWICK, S.M. & DAVENPORT, T.L. Modification of water stress-induced floral response in ‘Tahiti’ lime. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.112, n.2, p.231-236, 1987.
- SPIGEL-ROY, P. & GOLDSCHMIDT, E.E. **Biology of citrus**. London: Cambridge University Press, 1996. 230p.
- STRECK, N.A. Do we know how plants sense a drying soil? **Ciência Rural**, v.34, p.581-584, 2004.
- TALÓN, M.; TADEO, F.R.; BEN-CHEIKH, W. et al. Hormonal regulation of fruit set and abscission in citrus: classical concepts and new evidence. **Acta Horticulturae**, n.463, p.209-217, 1997.
- TORRECILLAS, A.; RUIZ-SÁNCHEZ, M.C; DOMINGO, R. et al. Regulated deficit irrigation on fino lemon trees. **Acta Horticulturae**, n.335, p.205-212, 1993.
- URRIBARRÍ, L.L.; FRANCISCO ARAUJO, B. & VILLALOBOS, R. Una metodología para la estimación del estrés hídrico en plantas de lima ‘tahiti’ (citrus x ‘tahiti’). **Revista de la Facultad de Agronomía**, v.13, n.1, p.49-60, 1996.
- VU, J.C.V. & YELENOSKY, G. Water deficit and associated changes in some photosynthetic parameters in leaves of ‘Valencia’ orange (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck). **Plant Physiology**, v.88, p.375-378, 1988.