

EFEITO DO ARMAZENAMENTO DAS AMOSTRAS PARA DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DA ÁGUA NA FOLHA PELA CÂMARA DE PRESSÃO

Ralini Ferreira de Melo; Yanê Borges Garcia Gruber; Rubens Duarte Coelho

Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, ralini@esalq.usp.br

1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do tempo de armazenamento das amostras de folhas de *Citrus* sp. na quantificação dos diferentes níveis de estresse hídrico, após as mesmas terem sido removidas das plantas, visando analisar a possibilidade de se fazer as medidas com a câmara de pressão (Scholander et al., 1964) na citricultura em condições de laboratório, e não imediatamente após a coleta das folhas. A amostragem constituiu-se em dez plantas para cada nível de estresse hídrico, com retirada de 5 folhas por planta e por coleta. Foram observadas as variações horárias dos valores nos tratamentos, com intervalos medidos de 0; 2; 4; 6; 8; 10; 12; 24; 48, 72 e 120 horas, sendo a primeira leitura às 6:00 horas do potencial total da água da folha. A determinação do potencial total da água nas plantas (ψ_f) foi feita no pré-amanhecer e correlacionou-se o ψ_f com o intervalo de tempo em que a medida foi feita após a coleta dessa amostra, resultando nas seguintes observações: a) com o passar do tempo de armazenamento das folhas cítricas ocorreu diminuição do potencial total da água, tornando-se mais negativo; b) com o aumento do nível de estresse hídrico, existiu uma menor interferência do tempo de leitura no potencial da água na folha para os menores níveis de estresse hídrico e c) o valor máximo de armazenamento recomendado é de seis horas.

UNITERMOS: câmara de pressão, deficiência hídrica, irrigação

MELO, R. F. de; GRUBER, Y. B. G.; COELHO, R. D. EFFECT OF SAMPLE STORAGE FOR DETERMINATION OF LEAF WATER POTENTIAL USING A PRESSURE CHAMBER

2 ABSTRACT

This paper aimed to evaluate the storage time influence on the water potential of leaves (WPL) removed from citrus trees, and kept under no light and at low temperature conditions, prior to its determination using a Scholander's chamber. Samples were taken from 10 trees of each water stress level (treatments), by removing 5 leaves at once. The variation of the water potential of leaves was observed for 2; 4; 6; 8; 10; 12; 24; 48, 72 and 120 hours after the initial measurement realized at 6:00 AM local time (predawn). The Scholander's chamber determinations were correlated with the initial readings (predawn), resulting in the following observations: a) as storage time increased, there was a decrease of total leaf water potential, which became more negative; b) with increase of water stress,

there was a lower interference of storage time on leaf water potential; and c) under low levels of water stress the recommended maximum value for storage time is 6 hours.

KEYWORDS: pressure chamber, water drought, irrigation

3 INTRODUÇÃO

Na agricultura, a disponibilidade hídrica é um dos fatores que condiciona a produtividade e o sucesso de uma cultura. A importância ecológica da água está associada ao fato de que todos os processos fisiológicos das plantas são, direta ou indiretamente, influenciados pelo suprimento hídrico (Kramer & Boyer, 1995). Sua importância fisiológica decorre das funções que ela desempenha na planta, como principal constituinte dos tecidos; como solvente para nutrientes; como reagente em processos metabólicos; como mantenedora da turgescência e moderadora térmica dos tecidos (Angelocci, 2002).

Conforme Kramer (1988), as várias razões para se avaliar o status da água na planta podem ser sumarizadas em quatro categorias com diferentes interesses: a) determinar quando irrigar (agricultores); b) selecionar populações de plantas resistentes à seca (pesquisadores em melhoramento); c) estudar efeitos do estresse hídrico sobre o desenvolvimento e a produtividade (agrônomo) e d) estudar efeitos do estresse hídrico sobre processos fisiológicos e bioquímicos (fisiologistas e ecologistas).

O homem procura estimar as condições hídricas das plantas desde que descobriu que poderia aumentar a produtividade comercial com a técnica da irrigação. As mais antigas observações científicas relatadas sobre condições hídricas nas plantas foram provavelmente aquelas de Stephen Hales (Hales, 1727 citado por Baker, 2003). Hales mediu a seiva ligando tubulações de vidro às extremidades cortadas de ramos e raízes, a partir dos quais obteve observações suficientes para deduzir uma abundância de informações sobre o fluxo da água nas plantas (Baker, 2003). Os métodos para determinação do potencial total da água na folha evoluíram a partir da década de 1940, e podem ser classificados em três grandes grupos, de acordo com o princípio: a) de compensação na fase líquida; b) de equilíbrio na fase de vapor e c) equilíbrio de pressão (câmara de pressão), sendo este último método o de maior utilização (Angelocci, 1994).

Nos últimos 30 anos, muitas ferramentas têm sido desenvolvidas para medir o estado de equilíbrio termodinâmico da água nos tecidos vegetais (Boyer, 1995), mas estas não têm sido amplamente utilizadas em todos os campos com sentido diagnóstico ou como base para se tomar decisões de manejo (Baker, 2003).

A determinação do potencial da água na folha é uma medida até certo ponto fácil de ser obtida no campo de maneira rotineira, porém a interpretação e a precisão dos dados é ainda incerta (Angelocci, 2002).

As medições do potencial da água na folha requerem alguns cuidados, com a finalidade de que todos os dados obtidos reflitam o verdadeiro estado hídrico da planta. No caso do uso da câmara de pressão (Scholander et al., 1964), a pressurização deve ser lenta e deve-se evitar a perda de água após a coleta da folha, colocando-a em saco plástico. Além disso, recomenda-se na literatura que o tempo entre a retirada da folha e a medição deve ser o menor possível, porém não é disponível na literatura consultada um estudo específico do tempo de armazenamento das amostras, uma vez que a técnica da câmara de pressão foi originalmente prevista para medidas imediatas no ambiente de estudo e assim tem sido feito. A determinação da pressão de equilíbrio, isto é, do momento na qual se

visualiza o retorno da seiva na seção reta de corte do pecíolo é, por vezes, difícil de ser feita e depende do tipo de planta, o que pode induzir a erros (Bennett, 1990).

Segundo Boyer (1995) quando o tempo de carregamento da câmara é superior a 10 segundos, é recomendável procedimentos que minimizem a perda de água, como o envolvimento da folha com saco plástico e alumínio desde o momento da excisão até o final da medida, conforme descrevem Begg & Turner (1970), Powell (1974) e Girona et al. (2002).

Para auxiliar a interpretação de resultados, Cleary & Zaerr (1992) citam os seguintes valores de potencial da água na folha: valores até -0,80 MPa são ideais para o crescimento; de -0,90 a -1,20 MPa o estresse limita alguns processos de crescimento resultando em menores altura e diâmetro; de -1,30 a -2,00 MPa ocorre o fechamento acentuado dos estômatos, redução da fotossíntese, sendo que a maioria das culturas sofre estresse e reduz a produção; de -2,00 a -4,00 MPa forte declínio do crescimento, com o agravamento do déficit há redução no vigor e na capacidade da planta de recuperação quando re-hidratada; de -4,00 a -5,00 MPa há um estresse muito acentuado e de ocorrência rara em cultivos comerciais.

Diante de todos estes cuidados e rapidez exigidos entre a coleta do material da planta e a leitura com a câmara de pressão, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial da água de plantas cítricas em diferentes níveis de estresse hídrico, correlacionado com o tempo de coleta das folhas armazenadas a baixa temperatura, uma vez que ao se ter um grande número de medidas a serem feitas num instante específico (no nosso caso no 'predawn') e ao se dispor de uma só câmara, procurou-se uma alternativa para aumentar o número de medidas possíveis pelo uso de armazenamento.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na área de pesquisa em ambiente protegido (casa de vegetação) do Departamento de Engenharia Rural na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, situada no município de Piracicaba - SP, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 22°42' S, longitude 47°38' W e altitude de 520 m. O clima da região, na classificação climática de Köppen, é do tipo Cwa, isto é, subtropical úmido, com três meses mais secos (junho, julho e agosto), chuvas de verão, seca de inverno, temperatura média do mês mais quente superior a 22°C e a do mês mais frio inferior a 18 °C. O solo utilizado no experimento foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo textura franco arenosa denominado Série "Sertãozinho".

Foram transplantadas duas mudas de laranja 'Pêra' enxertadas sobre limão 'Cravo' para cada caixa de amianto no dia 04 de julho de 2003, que continha 0,1168 m³ de volume de solo.

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente aleatorizado em esquema fatorial 3 x 11, sendo três níveis de estresse hídrico (T1, T2 e T3) e onze medidas de tempo de armazenamento (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 48, 72 e 120 h) com dez repetições por tratamento, sendo analisados a 5% de significância pelo teste Tukey. Os tratamentos foram: 1 – controle, irrigação diária com base na evaporação do tanque Classe A (T1); 2 – suspensão da irrigação por um período de três dias (T2) e 3 - suspensão da irrigação por um período de sete dias (T3). Adotaram-se déficits hídricos crescentes realizados na planta controle (T1), que após leitura da planta nesse tratamento sem déficit hídrico (T1), foi suspensa sua irrigação por três e sete dias, para realização das leituras subseqüentes, ou

seja, a planta não mais recebeu água por períodos de três dias de déficit hídrico (T2) e sete dias de déficit hídrico (T3), mas teve suas folhas retiradas para as referidas leituras.

Coletaram-se cinco folhas por planta em cada tratamento e acondicionaram-se as mesmas em sacos plásticos, tipos “Ziploc” com dimensão de 20x24cm, cuja relação entre área de uma folha/área do saco era de aproximadamente 0,15, sendo os mesmos hermeticamente fechados na borda com fita adesiva e colocados dentro de sacos pretos, para evitar a incidência de luminosidade sobre as amostras. Logo após a coleta, foi realizada a primeira leitura, zero hora, e as amostras restantes, para as leituras posteriores, foram armazenadas em geladeira com temperatura média a 8 °C. Temperaturas na faixa de 4 a 8 °C não causam riscos de necrose ou destruição dos tecidos e/ou células das plantas. O período entre a coleta, onde se deu a excisão da folha na planta e acondicionamento das mesmas em geladeira variou de 10 a 15 minutos, quando as amostras permaneceram acondicionadas em sacos plásticos tipo “Ziploc”, os quais eram colocadas em saco escuro à temperatura ambiente.

Foram realizadas leituras do potencial total da água (Ψ_f) às 6:00-6:15 h (hora local de verão), que foi denominada de “hora zero”, no período de 27/11 a 09/12/2004, pelo método da câmara de pressão (Kaufmann, 1968) utilizando-se equipamento modelo 3005 (Soil Moisture Equipment Co., Santa Bárbara, CA, EUA). Durante a medida com a câmara de pressão, utilizou-se lupa e iluminação para visualizar o início de saída da seiva pelo pecíolo com a pressurização, a qual a taxa de pressurização foi variada ao longo do processo de medida, de maneira que não fosse excessivamente lenta, evitando o aumento das perdas hídricas, e nem muito rápida de maneira a se ter erro no ponto final da medida, momento este em que se parava a pressurização e se caracterizava o final da mesma. Mediu-se o potencial total de água na planta com folhas ao invés de ramos, como é mais comumente utilizada na metodologia, pois, sendo o pecíolo da planta de citros de forma não cilíndrica, encontrou-se dificuldade na hora de realizar as leituras, uma vez que a sua forma impedia uma completa vedação sem estrangulamento do mesmo.

Logo após as folhas serem coletadas e no momento do incremento de pressão, fez-se um corte transversal das mesmas, com tesoura afiada, com posterior medida na câmara de Scholander com a tampa com ranhura específica para aprisionamento de folha e não de pecíolo.

O potencial foi medido em dez plantas por tratamento, possuindo estas plantas, a mesma altura, sendo retiradas cinco folhas por planta, por tempo de armazenamento e por coleta, sendo as folhas amostradas as mais uniformes possíveis, totalmente expandidas, no lado externo da planta, sem sombreamento e os ramos sem frutos. Mediu-se também, o potencial da água na planta em vinte folhas e dez ramos, tirando-se uma média entre os valores das folhas e correlacionou-se com as leituras dos ramos, sendo as duas folhas e cada ramo retirados da mesma planta. As leituras foram feitas procurando-se manter sempre o mesmo horário, conforme descrito em Boyer (1995).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Figura 1, que houve diferença significativa no tratamento com sete dias de déficit hídrico (T3), quando comparado aos tratamentos sem déficit hídrico (T1) e com três dias de déficit hídrico (T2), o que já era esperado, uma vez que o tratamento com sete dias de déficit hídrico (T3) apresentou o menor potencial da água na folha, devido ao maior nível de estresse sofrido pela planta. O coeficiente de variação da análise foi de

30,34% quando analisados conjuntamente os três tratamentos, sendo esses valores, médias das medidas em todos os tempos (H0, H2, H4, H8, H10, H12, H24, H72 e H120) para cada tratamento.

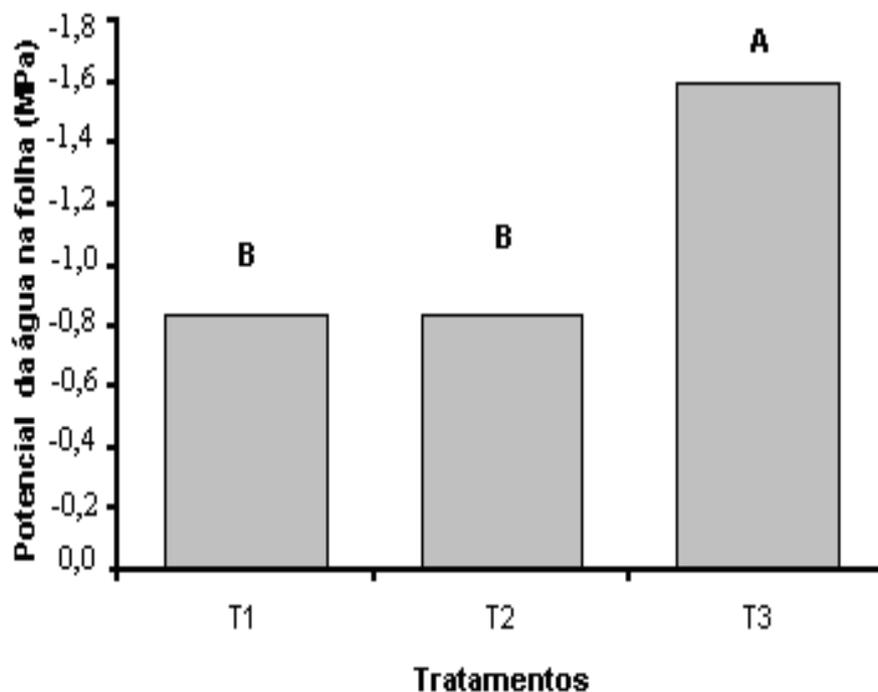


Figura 1. Valores médios do potencial total da água na folha em plantas de laranja ‘Pêra’ os tratamentos T1, T2 e T3. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Na Figura 2, para plantas sem déficit hídrico observa-se diminuição do potencial com o passar do tempo, tendência esta mais acentuada em 72 e 120 horas, o que pode ser devido à perda de turgescência da planta com a diminuição da quantidade de água presente nos tecidos, uma vez que a temperatura atingiu valores abaixo da temperatura do ponto de orvalho, pois foi observado que mesmo com os sacos hermeticamente fechados e lacrados com fita adesiva, havia a condensação sobre a folha em alguns sacos, com conseqüente perda de água pela folha e eliminação para o ambiente, no caso o saco plástico onde estavam armazenadas as amostras. Em experimentos futuros seria interessante estudar a utilização de sacos plásticos com dimensões menores, que ficassem o mais justo possível na folha, se possível fechado a vácuo e sob outras condições de refrigeração e pressão interna.

Nota-se na Figura 2 que não há diferença estatística do potencial da água da folha com 0, 2, 4, 6 e 8 horas de armazenamento, apresentando variações com o passar das horas, porém com as leituras de 10, 12, 24 e 72 horas de armazenamento, há uma estabilização no potencial da água da folha, novamente, tornando-se o potencial mais negativo.

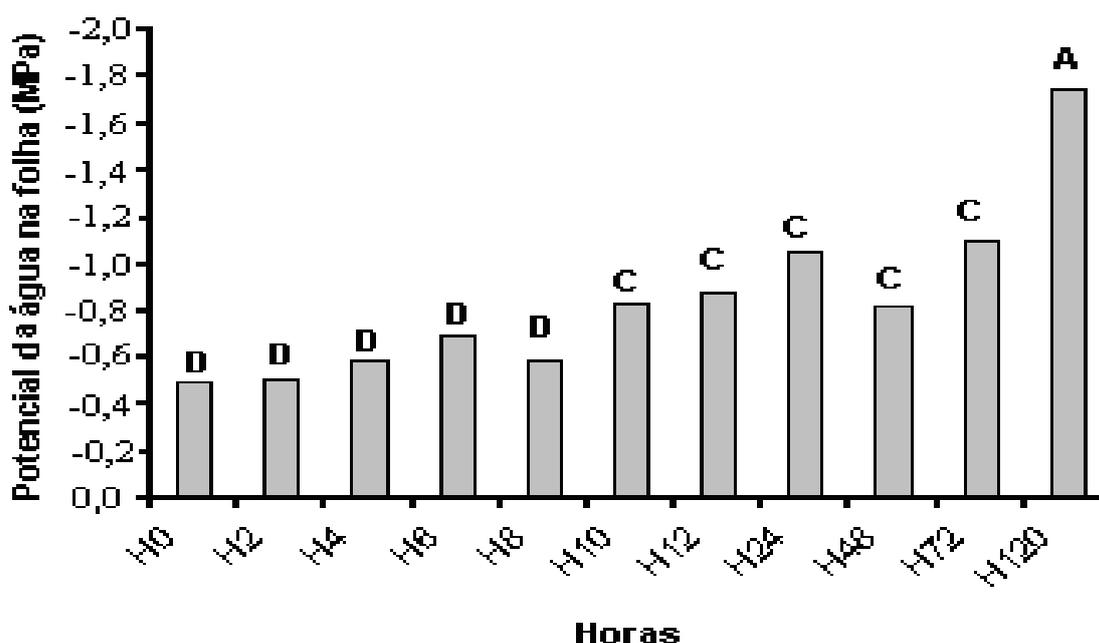


Figura 2. Efeito do tempo de armazenamento sobre o potencial da água da folha após a excisão da folha de amostras retiradas em plantas sem déficit hídrico (T1). Letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Na Figura 3 observa-se a mesma tendência da Figura 2, poder-se-ia até esperar que na Figura 4 encontrássemos valores mais negativos de potencial da água da folha por estarem com três dias de déficit hídrico. Mas essa diferença não foi nítida, o que segundo Brunini & Cardoso (1998), a planta possui mecanismos de tolerar déficit hídrico elevado, principalmente sob baixa disponibilidade de água no solo, referentes à sensibilidade estomática, troca gasosa e capacidade de manter alto o teor de água na folha e suportar a desidratação imposta pelo ambiente adverso. Tais aspectos resumem-se à medida da resistência oferecida pelos estômatos a esta troca gasosa e pela análise do potencial da água na folha, fazendo com que no momento da retirada das folhas as mesmas já devessem estar com este ajuste e, conseqüentemente, tivessem menor perda de água quando comparadas ao tratamento sem déficit hídrico (T1). Observe-se para a leitura de 8 horas (H8), a diferença para menos é observada em T2, em relação a T1, mas para a leitura de 10 horas e 12 horas (H10 e H12, respectivamente) não se observa diminuição nos diferentes tempos de armazenamento.

Analisando as Figuras 2 e 3, observamos que há uma nítida tendência de diminuição do potencial com o tempo de armazenamento, dependente inclusive do grau de déficit hídrico das plantas. A tendência de diminuição se mostra menos acentuada no tratamento 3 (T3) (Figura 4), porque pelo grau de estresse hídrico experimentado nesse tratamento, ao se fazer a medida no tempo zero (H0), os estômatos dessas plantas já estão mais fechados do que a dos tratamentos T1 e T2, fazendo com que as folhas de T3 percam, proporcionalmente, menos água durante o armazenamento do que nos dois primeiros, com menor variação dos valores ao longo do tempo, outra hipótese seria que no início do armazenamento, as plantas de T3 realmente devem estar com os estômatos mais fechados, mas depois de pouco tempo nas condições de armazenamento, as plantas de todos os

tratamentos já devem estar com os estômatos fechados. Outra hipótese a ser discutida é que como a perda de água no armazenamento pode se dar predominantemente por via cuticular, a menor variação em T3 ocorre porque ela já está no período de armazenamento com energia livre menor e transpirando (via cuticular) menos desde o início.

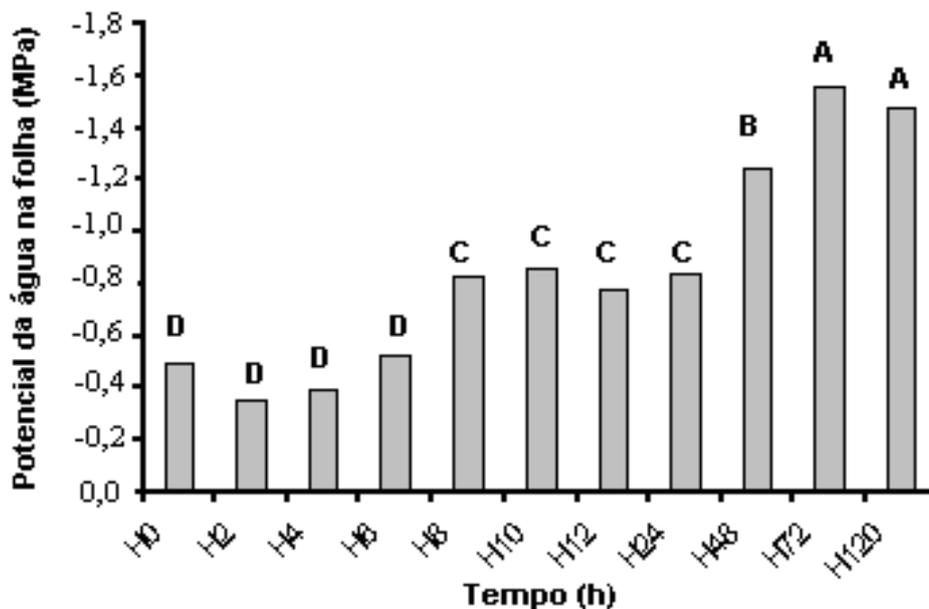


Figura 3. Efeito do tempo de armazenamento sobre o potencial da água da folha de amostras de plantas com três dias de déficit hídrico (T2), após a excisão da folha. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

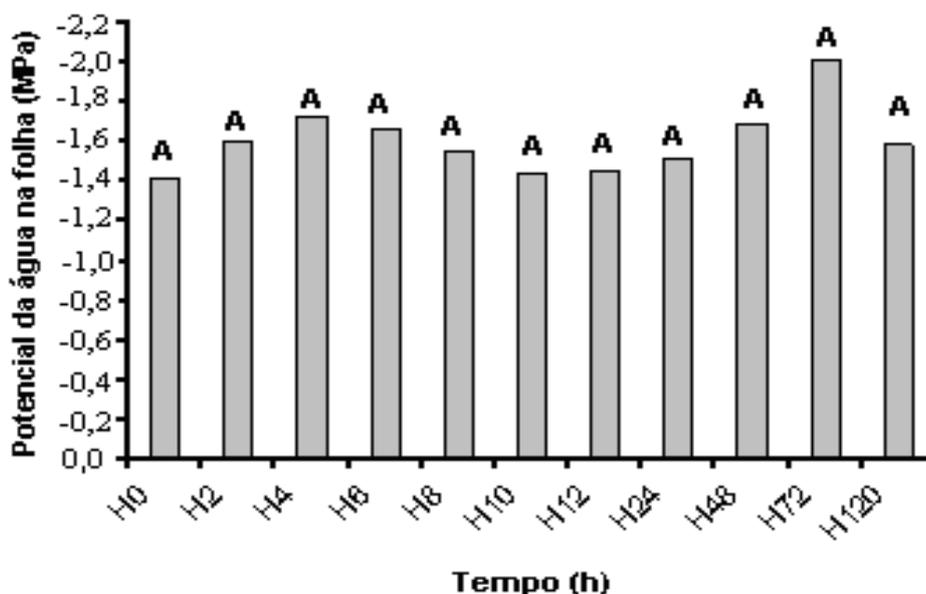


Figura 4. Efeito do tempo de armazenamento sobre o potencial da água da folha, após a excisão da folha de amostras de plantas com sete dias de déficit hídrico (T3). Letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste e Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se nas Figuras 5 e 6 para o T1 e T2, respectivamente, que há variações no desvio padrão das amostras, porém não há uma tendência tão nítida de aumento, nos diferentes tempos de armazenamento.

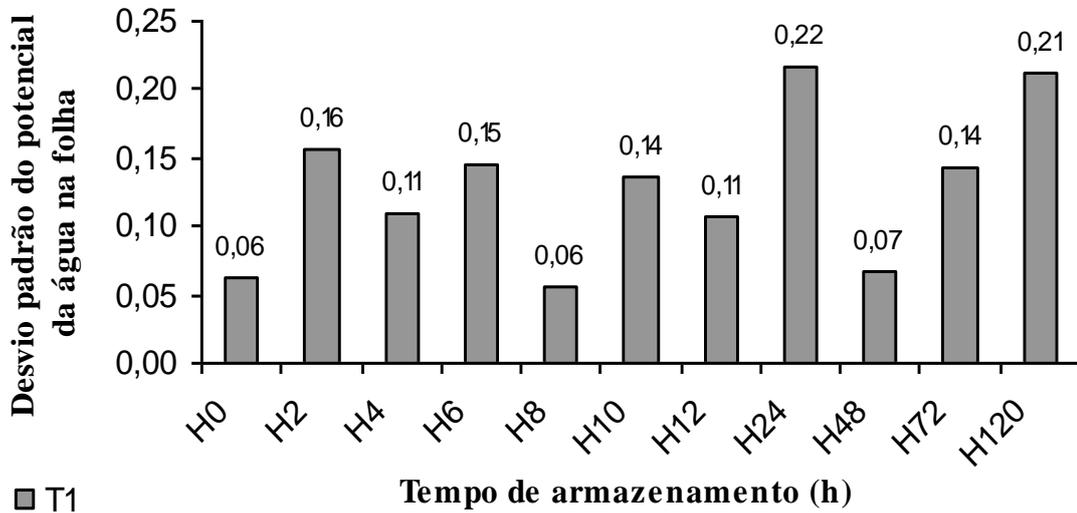


Figura 5. Desvios padrões médios dos potenciais da água na folha das amostras no tratamento T1 para todos os tempos de armazenamento (h).

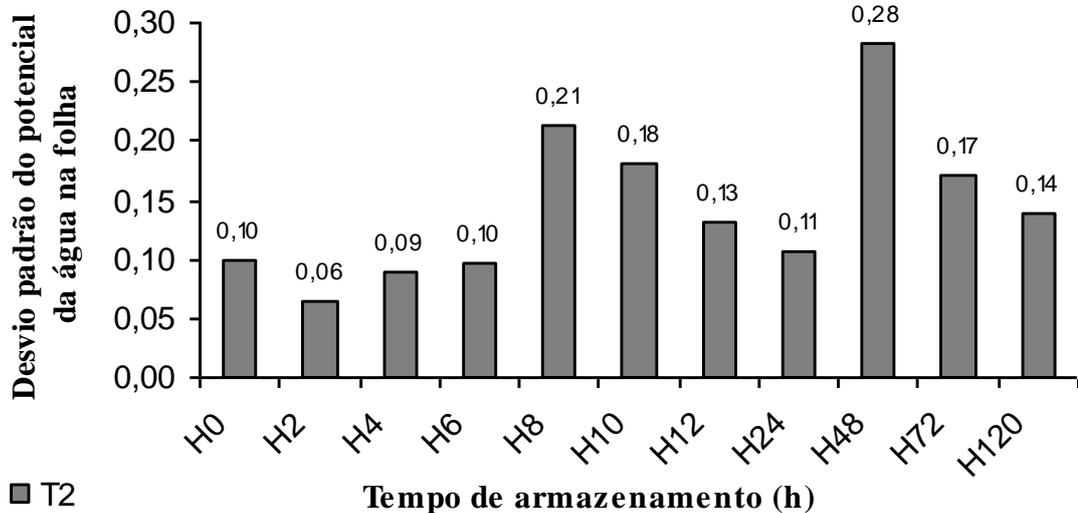


Figura 6. Desvios padrões médios dos potenciais da água na folha das amostras no tratamento T2 para todos os tempos de armazenamento (h).

Observa-se na Figura 7 para o T3 que há variações no desvio padrão das amostras, porém com sentido oposto ao que ocorreram com as Figuras 5 e 6, porém a tendência de diminuição nos diferentes tempos de armazenamento não é tão nítidas, há uma oscilação

para as leituras de 48 e 72 horas (H48 e H72, respectivamente), cujos valores são da mesma magnitude que as leituras de 0 hora e 2 horas (H0 e H2, respectivamente).

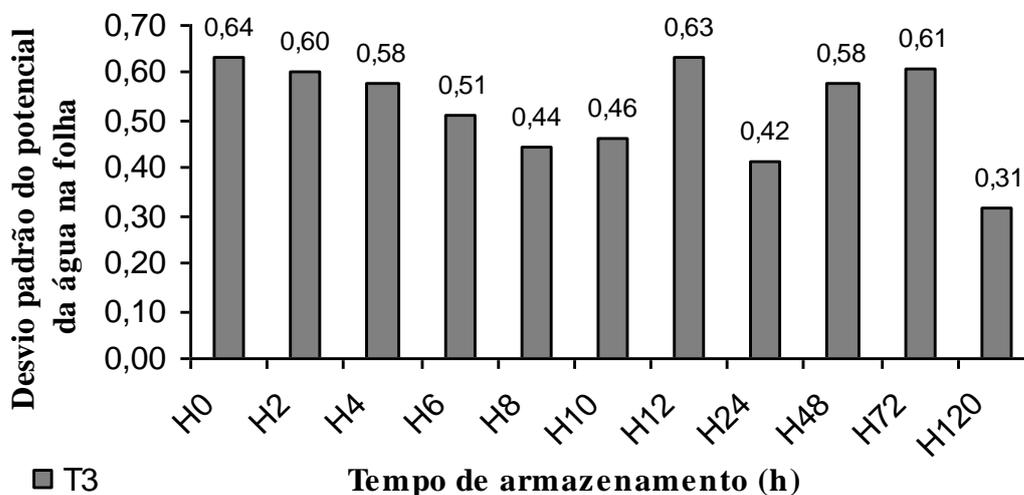


Figura 7. Desvios padrões médios dos potenciais da água na folha das amostras no tratamento T3 para todos os tempos de armazenamento (h).

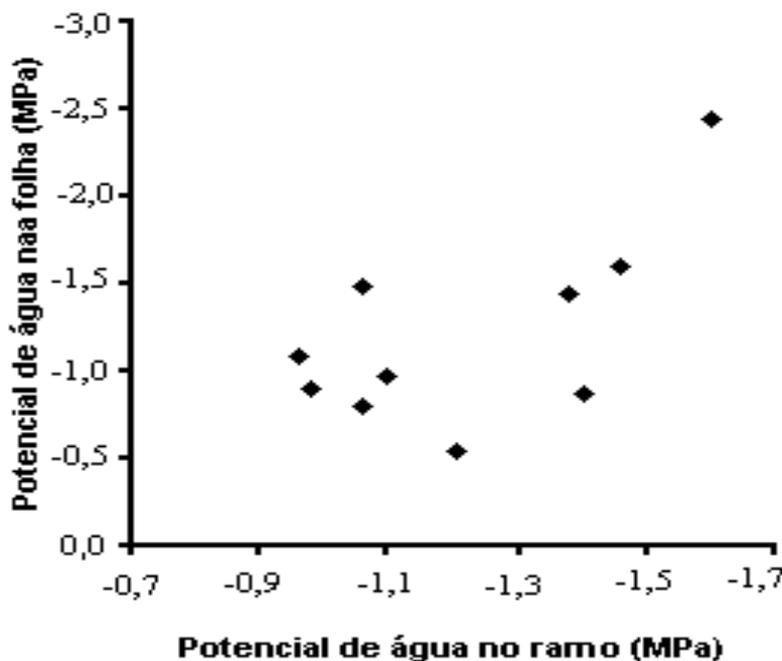


Figura 8. Medidas do potencial total da água em folhas e ramos da mesma planta.

Observa-se na Figura 8 um gráfico de correlação entre os valores médios medidos do potencial da água na folha isolada e no ramo com folhas da mesma planta. O potencial total da água na planta é mais comumente medido na folha, talvez porque muitos dos trabalhos pioneiros tenham se preocupado com os processos foliares, tais como, a fotossíntese e o comportamento estomático, apesar da facilidade desta medida com a

câmara de pressão ser provavelmente outro fator (Jones, 1990). Nota-se na Figura 8, que há boa relação entre as duas medidas, indicando a possibilidade de que o grau de deficiência hídrica possa ser indicado pela medida do potencial da água da folha, como pela do ramo.

6 CONCLUSÕES

Com o passar do tempo de armazenamento das folhas cítricas, após a sua excisão da planta, há diminuição do potencial total da água na planta, tornando-se o potencial mais negativo.

O armazenamento das folhas de citros até após a excisão de 6 horas não interfere na medida do potencial da água da planta com a câmara de pressão.

Com o aumento do estresse hídrico da planta, existe menor interferência do tempo de armazenamento na leitura do potencial de água da folha.

7 AGRADECIMENTOS

Aos alunos da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz do Curso de pós-graduação em Irrigação e Drenagem, Antonio Clarette Santiago Tavares e Michele Moro, ao Dr. Cláudio Ricardo da Silva e ao Professor Luiz Roberto Angelocci, pelos ensinamentos e esclarecimentos prestados, sem os quais não teria sido possível a realização desse trabalho.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELOCCI, L. R. **Determinação de potenciais da água em plantas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1994. 51 p: apostila de curso de pós-graduação.

ANGELOCCI, L. R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: Introdução ao tratamento biofísico**. Piracicaba: Departamento de Ciências Exatas ESALQ/USP, 2002. 272 p.

BAKER, J. M. Recalcitrant problems in environmental instrumentation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 95, 1404-1407, 2003.

BEGG, J. E.; TURNER, N. C. Water potential gradients in field tobacco. **Plant Physiology**, v.46, n. 2, Rockvile, p. 343-346, 1970.

BENNETT, J. M. Problems associated with measuring plant water status. **HortScience**, Alexandria, v. 25, n. 12, p. 1551-1554, 1990.

BOYER, J. **Measuring the water status of plants and soils**, Academic Press, San Diego. 1995. 178p.

- BRUNINI, O.; CARDOSO, M. Efeito do déficit hídrico no solo sobre o comportamento estomático e potencial da água em mudas de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 7, p. 1053-1060, 1998.
- CLEARY, B.; ZAERR, J. Guidelines for measuring plant moisture stress with a pressure pump. **Corvalis**: PMS Instruments, 1992. 22 p.
- GIRONA, J. et al. Evapotranspiration and soil water dynamics of peach trees under water deficits. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 54, p. 107-122, 2002.
- GOLLAN, T.; PASSIOURA, J.B.; MUNNS, R. Soil water status affects the stomatal conductance of fully turgid wheat and sunflower leaves. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 13, p. 459-464, 1985.
- HALL, A. E.; YERMANOS, D. M. Leaf conductance and leaf water status of sesame strains in hot, dry climates. **Crop Science**, Madison, v. 15, p. 789-793, 1975.
- ITIER, B. et al. Relations between relative evapotranspiration and predawn leaf water potential in soybean grown in several locations. **Irrigation Science**, Amsterdam, v. 13, p. 109-114, 1992.
- JONES, H.G. Physiological aspects of the control of water status in horticultural crops. **HortScience**, Alexandria, v. 25, n. 1, p. 19-26, 1990.
- JONES, H. G. Physiological mechanisms involved in the control of leaf water status: implications for the estimation of tree water status. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 171, p. 291-296. 1985.
- JONES, H. G. et al. Experimental control of water status in apple orchard. **Journal of Horticultural Science**, New York, v. 58, p. 301-316, 1983.
- JONES, H. G. Estimation of effective soil water potential at the root surface of transpiring plants. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 6, p. 671-674. 1983.
- KAUFMANN, M. Evaluation of the pressure chamber method for measurement of water stress in citrus. **Proceedings of the Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 93, p. 186-198, 1968.
- KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. **Water relations of plants and soils**. San Diego, Academic Press, 1995. 495 p.
- KRAMER, P. J. Measurement of plant water status: historical perspectives and current concerns. **Irrigation Science**, Amsterdam, v. 9, p. 275-287, 1988.
- PIRES, R. C. M. et al. Necessidades Hídricas das culturas e manejo da irrigação. In: Miranda, J. Pires, R. C. M. (ed.). **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2001. cap.1, p. 121-194.

POWELL, D. B. B. Some effects of water stress in late spring on apple trees. **Journal of the America Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 49, p. 257-272, 1974.

SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; HEMINGSSEN, E. A.; BRADSTREET, E. D. Hydrostatic pressure and osmotic potentials in leaves of mangroves and some other plants. **Proceedings of National Academy Science**, Washington, v. 51, p. 119-125, 1964.

SCHULZE, E.D. Whole-plant responses to drought. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.13, p.127-141, 1986.

SINCLAIR, T. R.; LUDLOW, M. M. Who taught plants thermodynamics? The unfulfilled potential of plant water potential. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 12, p. 213-217, 1985.

TURNER, N. C. Adaptation to water deficits: a changing perspective. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 13, p. 175-190, 1986.

TURNER, N. C.; CUMMING, I. G. Variation of the leaf conductance and leaf water potential in apple orchards. **Journal of Horticultural Science**, New York, v. 59, p. 329-336, 1974.

WOODWARD, F. I. Shoot extension and water relations of *Circaea lutetiana* in sunflecks. In: GRACE, J.; FORD, E.D.; JARVIS, P.G. (Ed.). **Plant and their atmospheric environment**. Oxford: Blackwell, UK, 1981. p. 83-91.