

FOTOSSÍNTESE, CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA E TRANSPIRAÇÃO EM PUPUNHEIRA SOB DEFICIÊNCIA HÍDRICA

Maria Aparecida José de Oliveira^{1*}; Marilene Leão Alves Bovi²; Eduardo Caruso Machado³; Mara Menezes de Assis Gomes³; Gustavo Habermann¹; João Domingos Rodrigues¹

¹Depto. de Botânica - UNESP/IBB, C.P. 510 - CEP: 18618-000 - Botucatu, SP.

²Centro de Horticultura - IAC, C.P. 28 - CEP: 13001-970 - Campinas, SP.

³Centro de Ecofisiologia e Biofísica - IAC, C.P. 28 - CEP: 13001-970 - Campinas, SP.

*Autor correspondente <cidinha100@uol.com.br>

RESUMO: Resultados de pesquisa envolvendo aspectos fisiológicos da pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth), frutífera nativa da América Tropical, são escassos. Procurando completar essa lacuna, um experimento sob deficiência hídrica foi conduzido em casa de vegetação, durante um período de 13 dias, utilizando plantas de 12 meses de idade. O objetivo principal foi avaliar as respostas da pupunheira à deficiência hídrica. As variáveis observadas foram: taxa de assimilação de CO₂, transpiração, condutância estomática e potencial de água das folhas. As coletas dos dados foram realizadas diariamente em laboratório e sob fluxo de 1200 μm⁻² s⁻¹. Os resultados foram submetidos à análise de variância e de regressão. Verificou-se decréscimo no potencial de água da folha e nas trocas gasosas quando a irrigação foi interrompida por mais de seis dias. Valores mínimos foram obtidos no décimo dia, com redução de 92% da fotossíntese líquida, 87% da condutância estomática e 70% da transpiração. O menor potencial de água nas folhas (-1,9 MPa) foi também observado nesse período. Houve recuperação total de todas as variáveis dois dias após reirrigação, com exceção da condutância estomática. A diminuição da condutância estomática e a queda mais rápida da taxa de transpiração que a queda na fotossíntese, indicam a existência de mecanismos de aclimatação em pupunheira, no sentido de diminuir as perdas de água, quando sob condição de estresse hídrico moderado.

Palavras-chave: *Bactris gasipaes*, deficiência hídrica, fotossíntese

PHOTOSYNTHESIS, STOMATAL CONDUCTANCE AND TRANSPIRATION IN PEACH PALM UNDER WATER STRESS

ABSTRACT: Research results on physiological aspects of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth), a native fruit tree from tropical America, are scarce. Trying to fill this gap, a water deficit experiment was performed under nursery conditions during 13 days, utilizing 12 months old plants. The main objective was to evaluate peach palm responses to water deficit. The measured variables were: CO₂ assimilation rate, transpiration rate, stomatal conductance and leaf water potential. Data were collected daily in a laboratory, under a photosynthetic photon flux (PPF) of 1200 μm⁻² s⁻¹, and studied by variance and regression analysis. Significant decreases of leaf water potential values and gas exchange rates were verified when water was withheld for more than six days. The smallest values were found at the tenth day without water replacement, with a reduction of 92% of the net photosynthetic rate, 87% of the stomatal conductance and 70% of the transpiration. By that time, the smallest measured leaf water potential was -1.9 MPa. Recovering from water stress was accomplished two days after rewatering, except for stomatal conductance. The partial closing of the stomata (decrease in stomatal conductance) and the reduction of photosynthesis, suggest the existence of an acclimation mechanism of the peach palm, diminishing water loss under moderate stress.

Key words: *Bactris gasipaes*, water deficit, photosynthesis

INTRODUÇÃO

Atualmente, o cultivo da *Bactris gasipaes* Kunth (pupunheira) para produção de palmito tem aumentado em razão de sua boa aceitação pelo mercado consumidor (Ferreira et al., 1982; Clement & Arkcoll, 1991) e pela precocidade na produção de palmito (Bovi, 1999), sendo ainda uma alternativa para o pequeno agricultor, devido à alta rentabilidade do cultivo.

Embora não recomendado, o cultivo da pupunheira vem sendo feito também em áreas com

déficit hídrico, com severo comprometimento de crescimento e produção (Bovi 1999).

Assim, pesquisas nesta espécie envolvendo aspectos fisiológicos em relação à falta de água serão importante para introdução e adaptação das palmeiras nestas áreas (Dufrene et al., 1990; Cornaire et al., 1994).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar as respostas da pupunheira sob deficiência hídrica, através da análise das trocas gasosas e do estado hídrico das folhas.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente estudo foram utilizadas mudas de pupunheiras de origem peruana (raça Putumayo), com doze meses de idade. Tais plantas possuíam altura de 0,90 cm, diâmetro do caule de 3,5 cm, quatro a cinco folhas expandidas e raízes primárias entre 15 a 23 cm de comprimento. As plantas foram colocadas em sacos plásticos pretos perfurados e com dimensões de 45 cm de altura por 25 cm de diâmetro. O substrato foi composto por solo e esterco bovino na proporção de 3:1 em volume.

Após aclimatação na casa de vegetação, foi aplicado o tratamento da deficiência hídrica em oito plantas, através da suspensão da irrigação. Outro grupo de oito plantas recebeu diariamente 500 mL de água, quantidade suficiente para manter a capacidade de campo dos vasos.

Diariamente, em torno das 19:00 horas, os dois grupos de plantas foram levados da casa de vegetação para o laboratório e mantidos no escuro até às 8:00 horas da manhã do dia seguinte.

Para a realização das medidas em laboratório, as plantas foram colocadas sob um sistema de iluminação com densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) de $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, onde a umidade relativa ficou em torno de 70 %. Após 30 minutos de estabilização as essas condições, tiveram início as avaliações. A folha +1 (folha mais nova, completamente expandida) foi utilizada para as medidas de trocas gasosas. Retirou-se um pedaço no sentido longitudinal de 1 cm da folha +2 (segunda folha) para medidas do potencial de água na folha (ψ), utilizando uma câmara de pressão (PMS, modelo 1002), seguindo técnica descrita por Kaufmann (1968).

As medidas das trocas gasosas e do potencial de água da folha, foram realizadas em blocos, quatro plantas eram escolhidas ao acaso a cada dia. E os resultados dados em médias por dia.

Foi utilizado o método gravimétrico para determinação da umidade do solo (Reichardt, 1985). As coletas ocorreram em torno da 17 h, quando foram retiradas amostras de solo na profundidade de 8,0 cm, com furador de 2,5 cm de diâmetro, sendo retirado cerca de 10 % do volume total do solo para cada vaso, ao longo do experimento.

Logo após o término das medidas e coletas, em torno das 11 h, as plantas foram novamente colocadas na casa de vegetação. Após as coletas para avaliar a umidade do substrato (17h00), as plantas do grupo testemunha eram irrigadas, e as 19 h deste dia, os dois grupos eram levados novamente para o laboratório.

A reidratação ocorreu quando a taxa de assimilação de CO_2 foi próxima a zero, com as plantas recebendo 1 litro de água por vaso nos primeiros dias. Através de teste anterior verificou-se que este volume era suficiente para recuperação da capacidade de campo. Depois, continuou-se irrigando este grupo de

planta com 500 ml de água, para que não houvesse excesso de água no solo, e novas medidas foram tomadas para verificar a recuperação das mesmas, até o encerramento do experimento (13 dias após o início).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com oito repetições para cada tratamento. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e feito o teste Turkey para comparação de médias, sendo adotado o nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A deficiência hídrica nos três primeiros dias não causou alterações nas variáveis observadas. A redução das trocas gasosas em ambos tratamentos (Figura 1), pode estar relacionada à diminuição da umidade relativa do ar na casa de vegetação (dados não apresentados).

As plantas irrigadas apresentaram assimilação média de CO_2 de $10,1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Figura 1). Larcher (1995) reportou que a capacidade fotossintética em várias espécies de palmeiras, variou de 4 a $10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Reduções significativas nas taxas de assimilação de CO_2 só foram observadas a partir do sexto dia da suspensão das regas (Figura 1). As reduções nas taxas de assimilação de CO_2 tiveram início quando a umidade do solo foi menor que 25% e o potencial da água nas folhas em torno de -1,6 MPa (Figura 1). A partir desse dia, a taxa de assimilação de CO_2 diminuiu, atingindo no décimo dia valores muito baixos (ao redor de -1,9 MPa), indicando que tanto as reduções da fotossíntese como as do potencial da água na folhas estão relacionadas ao secamento do solo. A recuperação da assimilação de CO_2 e do potencial da água na folha deu-se 48 horas após a reposição de água no solo.

Machado et al. (1999) verificaram em laranjeiras submetidas à deficiência hídrica que o potencial da água na folha era mantido constante, mesmo com a diminuição da umidade do solo. Tal fato não ocorreu com a pupunheira, pois, à medida que decresceu a umidade do solo diminuiu também o potencial da água na folha.

A condutância estomática (Figura 1) reduziu significativamente do quinto dia em diante, quando o potencial da água nas folhas era de -1,5 MPa, estando a umidade do solo em torno de 27%. Durante o decorrer do experimento, a condutância estomática variou de 225 a $30 \text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, apresentando seu mínimo (13% do valor inicial) no décimo dia, para as plantas sem irrigação.

As diferenças significativas da transpiração entre plantas sob estresse e irrigadas, ocorreram a partir do quarto dia (Figura 1), em potencial de -1,5 MPa, com umidade do solo de 26%. A taxa de transpiração para plantas submetidas ao estresse hídrico variou de 3,25 a $0,75 \text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, alcançando valor mínimo (23,5 % do valor inicial) no décimo dia após a suspensão das regas. A recuperação desta variável deu-se 24 horas após a reposição de água no solo.

O efeito da deficiência hídrica causou redução sobre condutância estomática e taxas de transpiração, sendo essas reduções acompanhadas pela queda do potencial da água na folha. Houve-se redução na condutância estomática de 54% e na transpiração de 31%, quando o potencial da água nas folhas foi ao redor -1,5 MPa. A fotossíntese foi reduzida em 40% no sexto dia de deficiência hídrica, quando o potencial de água da folha foi de -1,6 MPa (Figura 1).

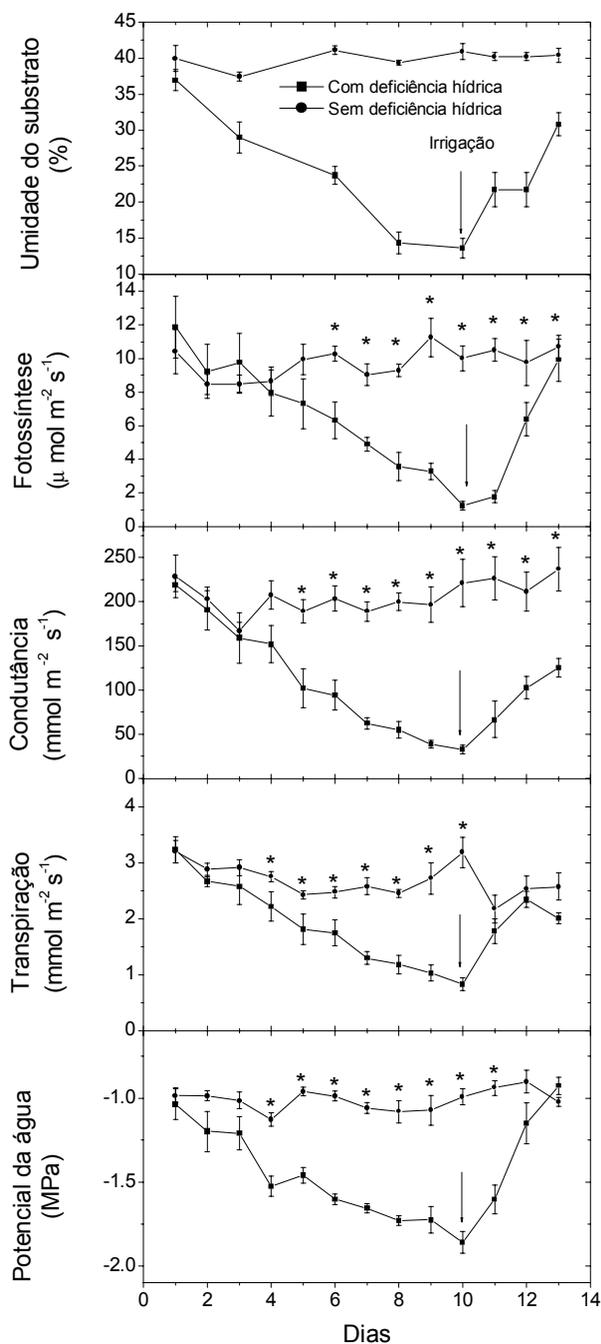


Figura 1 - Umidade do solo, fotossíntese, condutância estomática, transpiração e potencial de água nas folhas, em pupunheiras submetidas à deficiência hídrica. A seta indica início da reirrigação e as barras os desvios padrão.

Os resultados encontrados para pupunheiras são similares aos obtidos por Calbo & Moraes (1997) em buritizeiro, no qual a transpiração e a condutância estomática foram reduzidas antes de decréscimos acentuados das taxas de assimilação. Em coqueiros, as reduções das trocas gasosas foram simultâneas; entretanto, para essas plantas, a redução das taxas de fotossíntese foram mais acentuadas que a transpiração e a condutância estomática (Repellin et al., 1994).

No décimo dia após a suspensão da irrigação, o teor de água no solo era de 13%, e o potencial hídrico da folha de -1,9 MPa (Figura 1). Nessa data, a taxa de assimilação de CO_2 era de apenas 10% da inicial, enquanto que a condutância estomática e a taxa de transpiração representavam 13 e 23%, respectivamente, da inicialmente obtida. Evidencia-se, dessa forma, uma estratégia de economia de água durante o período crítico, com o fechamento gradual dos estômatos e a manutenção de menores taxas de transpiração, em detrimento da absorção de CO_2 .

Existem evidências de que os estômatos não apresentam respostas à mudança no potencial da água na folha até que um valor crítico de potencial hídrico seja alcançado (Hsiao, 1973; Begg & Turner, 1976). Para a pupunheira a redução na condutância estomática, iniciou-se quando o potencial foi de -1,6 MPa, apesar que, o potencial da água na folha que limitou a assimilação de CO_2 tenha sido de -1,9 MPa. O potencial crítico para o fechamento dos estômatos encontrado em plantas de coqueiros, sob condições semelhantes foi de -1,2 MPa (Repellin et al., 1994). Em buritizeiro e açazeiro o potencial que limitou a assimilação de CO_2 foi em torno de -2,3 MPa (Calbo, 1996).

A recuperação da fotossíntese, transpiração e potencial da água nas plantas ocorreu depois de três dias após a reposição de água no solo. Por outro lado, a condutância estomática teve somente 50% de recuperação.

Em plantas de coqueiro submetidas à deficiência hídrica por trinta dias, não houve recuperação total da fotossíntese após irrigação (Repellin et al., 1994). Recuperação lenta e parcial foi observada por Calbo (1996) em buritizeiros (70%, cinco dias após o restabelecimento da irrigação) e açazeiros (90%, quatorze dias após reinício do turno de regas).

A Figura 2 mostra a resposta da taxa de assimilação de CO_2 e da transpiração em função da condutância. A forma como a taxa de assimilação de CO_2 (A) relaciona-se com a condutância estomática (g) tem importância ecológica, pois se a assimilação de CO_2 e a condutância variam proporcionalmente, numa relação linear, é possível que a concentração interna de CO_2 e a eficiência do uso da água (razão entre assimilação de CO_2 e transpiração, A/E) se mantenham constantes, no sentido de otimização das trocas gasosas (Schulze &

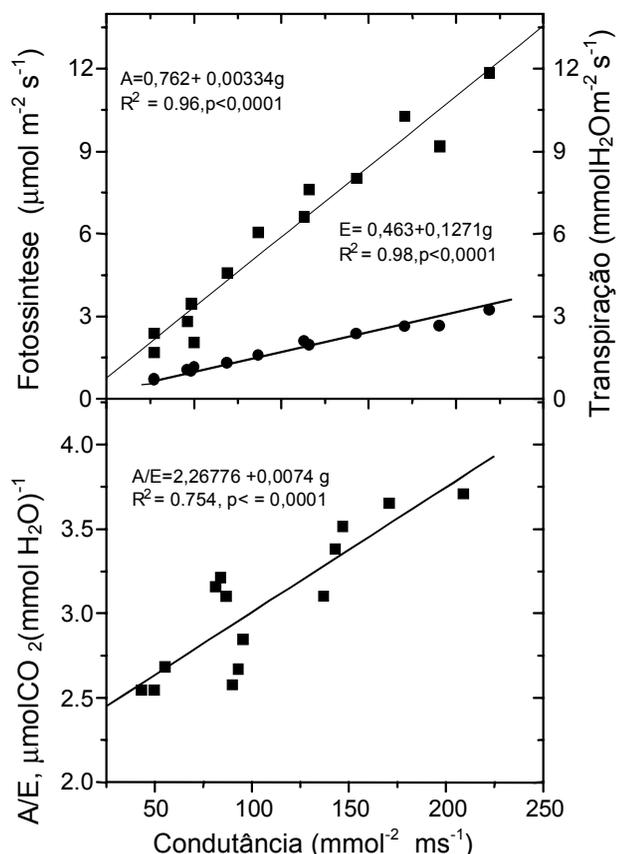


Figura 2 - Assimilação de CO_2 , transpiração e eficiência do uso da água (A/E) em função da condutância estomática, em pupunheiras submetidas à deficiência hídrica. Cada ponto indica a média de oito repetições

Hall, 1982). No caso presente, apesar da assimilação de CO_2 e da condutância estomática variarem proporcionalmente numa relação linear, a relação A/E diminuiu com o decréscimo de g , indicando que a diminuição da condutância durante o estresse, provocou redução na eficiência do processo fotossintético.

Rocha & Moraes (1997) encontraram respostas diferentes das encontradas aqui. Em plantas de *Stryphondendron adstringens* foi observado aumento na eficiência do uso da água, quando a condutância estomática e a transpiração foram menores. Provavelmente, essa espécie esteja mais bem adaptada à deficiência hídrica do que a pupunheira, que é uma planta de ambiente tropical úmido.

No dendezeiro a relação obtida entre a condutância e a fotossíntese foi exponencial (Cornaire et al., 1994) sendo diferente das respostas obtidas para a pupunheira, que apresentou relação direta da condutância estomática com a assimilação de CO_2 . Mostrando que a condutância estomática na pupunheira foi mais sensível à deficiência hídrica.

Através do ajuste de curva observou-se uma relação exponencial da concentração interna de CO_2 (C_i) em função da condutância estomática (Figura 3).

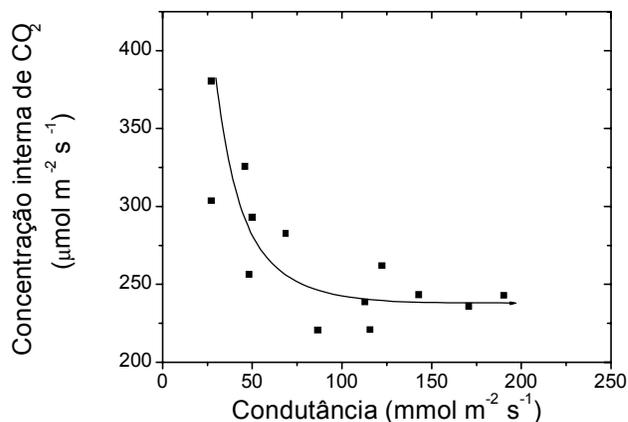


Figura 3 - Relação entre concentração interna de CO_2 e condutância estomática em pupunheiras submetidas à deficiência hídrica. Cada ponto indica a média de oito repetições.

Verificou-se aumento da C_i sob valores baixos de condutância estomática, em torno de $50 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, quando o potencial de água na folha diminuiu para -1.9 MPa (Figura 1). Machado et al. (1999) sugerem que o aumento da concentração interna de CO_2 , sob baixos valores de potencial de água na folha, pode estar relacionado à queda na atividade de enzimas envolvidas no processo de fixação de CO_2 .

Em coqueiros, também se verificou aumento na concentração interna de CO_2 quando a condutância estomática foi abaixo de $90 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Repellin et al., 1997). Por analogia, observa-se que pupunheira teve maior eficiência, visto que, ela manteve baixa concentração interna de CO_2 , em valor de condutância menor do que o coqueiro. Já em buritizeiro, a concentração interna de CO_2 permaneceu mais ou menos constante, não mostrando relação linear com a condutância estomática (Calbo, 1996).

O fechamento parcial dos estômatos, observado através da diminuição da condutância estomática, e a queda na taxa de transpiração, mais rápida que a queda na fotossíntese, indicam a existência de mecanismos de adaptação em pupunheira, no sentido de diminuir as perdas de água, quando sob condição de estresse hídrico moderado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEGG, J.E.; TURNER, N.C. Crop water deficit. **Advances in Agronomy**, v.28, p.161-217, 1976.
- BOVI, M.L.A. Manejo agrônomico da pupunheira: conhecimentos atuais e necessidades. In: SEMINÁRIO DO AGRONEGÓCIO, 1., Palmito de Pupunha na Amazônia. **Anais**. Porto Velho: EMBRAPA, CPAF, 1999. p.44-56
- CALBO, M.E.R.; MORAES, J.A.P.V. Fotossíntese, condutância estomática, transpiração e ajustamento osmótico de plantas de buriti submetidas a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.9, p.117-123, 1997.
- CALBO, M.E.R. Trocas gasosas do açai e buriti sob estresse de déficit de água e crescimento, porosidade e trocas gasosas do buriti sob inundação. São Carlos, 1996. 123p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos.

- CLEMENT, C.R.; ARKCOLL, D.B. The peijibaye (*Bactris gasipaes* H. B. K. Palmae) as an oil crop: potential and breeding strategy. **Oléagineux**, v.46, p.293-99, 1991.
- CORNAIRE, B.; DANIEL, C.; ZUILY-FODIL, Y.; LAMADE, E. Oil palm performance under water stress. Background to problem, first results and research approaches. **Oléagineux**, v.49, p.1-12, 1994.
- DUFRENE, E.; OCHS, R.; SAUGIER, B. Oil palm photosynthesis and productivity linked to climatic factors. **Oléagineux**, v.45, p.345-355, 1990.
- FERREIRA, V.L.P.; GRANER, M.; BOVI, M.L.A.; DRAETTA, I.S.; PASCHOALINO, J.E.; SHIROSE, I. Comparação entre os palmitos de *Guilielma gasipaes* Bailey (pupunha) e *Euterpe edulis* Mart. (juçara):- Avaliações físicas, organolépticas e bioquímicas. **Coletânea do ITAL**, v.12, p.255-272, 1982.
- HSIAO, T.C. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**, v.24, p.519-570, 1973.
- KAUFMANN, M.R. Evaluation of the pressure chamber method for measurement of water stress in citrus. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v.93, p.786-798, 1968.
- LARCHER, W. **Physiological plant ecology**. Ecophysiology and stress physiology of functional groups. Berlin: Springer Verlag, 1995. 506p.
- MACHADO, E.C.; MEDINA, C.L.; GOMES, M.M.A. Teor de água no substrato de crescimento e fotossíntese em laranja "Valença". **Bragantia**, v.58, p.217-226, 1999.
- REPELLIN, A.; DANIEL, L.; ZUILY-FODIL, Y. Merits of physiological test for characterizing the performance of different coconut varieties subjected to drought. **Oléagineux**, v.49, p.155-169, 1994.
- REPELLIN, A.; DANIEL, L.; CLAUDE, D.; BRACONNIER, S. Water relations and gas exchange in young coconut palm (*Cocos nucifera* L.) as influenced by water deficit. **Canadian Journal of Botany**, v.75, p.18-27, 1997.
- SCHULZE, E.D.; HALL, A. E. Stomatal responses, water loss and CO₂ assimilation rates of plants in contrasting environments. In: LANGE, O. L.; NOBEL, P. S.; OSMOND, C.B.; ZIEGLER, H. (Ed.) **Physiological Plant Ecology**: II. Water relations and carbon assimilation. Berlin: Springer-Verlag, 1982. p.181-229.

Recebido em 14.11.00