

CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA, POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR E EMISSÃO DE FOLHAS E INFLORESCÊNCIAS EM TRÊS GENÓTIPOS DE COQUEIRO ANÃO

Edson Eduardo Melo Passos¹, Carlos Henrique B. A. Prado² e Maria de Lourdes da Silva Leal¹

¹EMBRAPA, CPATC, Caixa Postal 44, 49001-970, Aracaju, Sergipe, Brasil. ²Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Botânica, Caixa Postal 676, 13565-905, São Carlos, São Paulo, Brasil.

O potencial hídrico foliar (Ψ_f), a condutância estomática (gs) e a emissão de folhas e inflorescências em três genótipos de coqueiro anão (*Cocos nucifera* L.), com 10 anos de idade, foram medidos sob condições de campo. Os genótipos estudados foram: Anão Verde de Jequi (AveJ); Anão Amarelo da Malásia (AAM) e Anão Vermelho da Malásia (AVM). Os valores médios mensais de gs em função de Ψ_f puderam ser representados por uma função sigmóide nos três genótipos estudados. No AveJ os valores de gs decresceram rapidamente (de 1,15 a 0,24 cm s⁻¹) em resposta a um mínimo decréscimo nos valores do Ψ_f de -1,18 a -1,22 MPa; não havendo mudanças nos valores de gs em função de valores de Ψ_f menores que -1,2 MPa. No AAM os valores de gs decresceram mais lentamente (de 1,61 a 0,28 cm.s⁻¹) em função de uma ampla faixa de valores decrescentes do Ψ_f de -1,0 a -1,6 MPa. No AVM o decréscimo dos valores de gs foi menos acentuado (de 0,78 a 0,43 cm s⁻¹) em função de um decréscimo do Ψ_f de -1,3 a -1,4 MPa. Através da equação de ajuste de gs em função de Ψ_f foi possível detectar um gradiente de resposta entre os genótipos. O genótipo AAM apresentou o maior valor máximo e a maior amplitude de variação de gs em função do Ψ_f , o AVM apresentou um comportamento oposto em relação a estes parâmetros e o AveJ uma resposta intermediária. O genótipo AAM também apresentou a maior emissão de folhas no período chuvoso e a maior emissão de inflorescências no período seco. O genótipo AAM demonstrou ser o mais adequado, quanto a resposta à seca de verão, para o plantio em zonas sem irrigação e marcadas pela sazonalidade da precipitação, como no Nordeste do Brasil.

Palavra chave: *Cocos nucifera*.

Stomatal conductance, leaf water potential and foliar and inflorescence emission in three dwarf coconut genotypes. The leaf water potential (Ψ_f), stomatal conductance (gs), and leaf and inflorescence unfold in three adult dwarf coconut (*Cocos nucifera* L.) genotypes were measured under field conditions. The genotypes studied were: the Jiqui Green Dwarf (JGD), the Malayan Yellow Dwarf (MYD) and the Malayan Red Dwarf (MRD). Mean monthly values of gs as a function of Ψ_f could be represented by a sigmoidal relationship in all genotypes studied. The values of gs in the JGD decreased rapidly (from 1,15 to 0,24 cm s⁻¹) in response to values of Ψ_f (from -1,18 to -1,22 MPa); there were no responses of gs to Ψ_f values lower than -1,22 MPa. In the MYD the values of gs decreased from 1,61 to 0,29 cm.s⁻¹ in a large range of Ψ_f from -1,0 to -1,6 MPa. In the MRD occurred a lower decrease of gs (from 0,78 to 0,43 cm s⁻¹) in response to values of Ψ_f (from -1,3 to -1,4 MPa). A gradient of response between genotypes was detected adjusting gs as a function of the Ψ_f : the MYD genotype showed the higher maximum value and the higher amplitude of gs variation as a function of Ψ_f , the MRD genotype showed an opposite behavior in relation to these parameters and the JGD genotype an intermediate response. The MYD genotype also showed the greater foliar emission in wet season and greater inflorescence emission in dry season. The MYD genotype was the best adapted under dry season conditions, being indicated to be cropped in regions without irrigation and with seasonal rainfall as is Brazilian Northeast.

Key word: *Cocos nucifera*.

Introdução

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.), na maior parte do mundo, é cultivado em regiões onde a deficiência hídrica se constitui no principal fator limitante do seu desenvolvimento. No Brasil, o coqueiro é cultivado principalmente no litoral do Nordeste, onde os longos períodos de estiagem de verão comprometem seu crescimento e produção. Com o crescente consumo de água de coco em todo o país, novos plantios comerciais da variedade anão estão surgindo nas regiões Sudeste e Centro-Oeste. Nessas regiões, apesar da melhor distribuição das chuvas, déficits hídricos sazonais e veranicos também podem provocar estresse hídrico no coqueiro, afetando sua produtividade. Apesar da disponibilidade hídrica ser o principal fator limitante nas áreas de maior plantio de coco, existem poucos estudos sobre o balanço hídrico do coqueiro sob condições de campo no Brasil (Passos e Silva, 1990, 1991; Prado et al., 2000)

A condutância estomática (gs) e o potencial hídrico foliar (Ψ_f) são parâmetros que se revelam importantes para o estudo do balanço hídrico de diferentes espécies de palmeiras, cultivadas na África (Dufrene and Saugier, 1993), na América Central (Villalobos et al., 1992), na Índia (Shivashankar et al., 1993; Voleti et al., 1993), na América do Sul (Smith, 1989) e na América do Norte (Milburn e Zimmermann, 1977). A forte influência de gs sobre o balanço hídrico ocorre porque a transpiração é diretamente proporcional aos valores de gs para uma determinada diferença de pressão de vapor de água entre a folha e a atmosfera (Larcher, 2000). A redução dos valores de gs pode ser uma resposta direta da diminuição dos valores do Ψ_f (Schulze, 1982) e, portanto, os valores do Ψ_f podem influenciar diretamente o balanço hídrico da planta.

A importância ecofisiológica do comportamento estomático e sua resposta aos valores do potencial hídrico foliar é ainda relevante em termos genotípicos para o coqueiro, pois para cada genótipo existe um comportamento diferente de gs e do Ψ_f em função do estresse hídrico (Shivashankar et al., 1993; Voleti et al., 1993; Prado et al., 2000).

Este trabalho teve por objetivo estudar as variações do potencial hídrico da folha e sua influência no comportamento estomático de três genótipos de coqueiro sob condições de campo, durante o período de estiagem e de chuva em região típica de plantio desta cultura no Nordeste do Brasil, inferindo a relação entre estes dois parâmetros (gs e Ψ_f) e os valores limiares de Ψ_f para respostas de gs. Objetivamos assim, determinar qual dos

três genótipos estudados apresenta o melhor controle de gs durante o estresse hídrico provocado pela seca de verão. Outro objetivo deste trabalho foi determinar a maior emissão de estruturas vegetativas (folhas) e reprodutivas (inflorescências) nos períodos seco e chuvoso, evidenciando a capacidade de manutenção/crescimento da área fotossintética e da produção de frutos.

Material e Métodos

A condutância estomática (gs) e o potencial hídrico foliar (Ψ_f) foram avaliados em três genótipos de coqueiro anão (*Cocos nucifera* L.) com 10 anos de idade, sob condições de campo: o Anão Verde de Jiqui (AveJ), o Anão Amarelo da Malásia (AAM) e o Anão Vermelho da Malásia (AVM). Os coqueiros foram cultivados em solo do tipo areia quartzosa distrófica e pertencem ao banco ativo de germoplasma de coco da EMBRAPA-CPATC, situado no Campo Experimental do Betume (10°26'S, 36°32'W, 28 m de altitude), no estado de Sergipe, Brasil. O clima se caracteriza principalmente pela distribuição desigual da pluviosidade durante o ano (Fig. 1), com verão seco e inverno chuvoso, sendo classificado como AS' (tropical chuvoso com verão seco) pela classificação de Köppen.

Durante 12 meses (de Novembro de 1990 a Outubro de 1991) foram realizadas medições de gs e de Ψ_f , sempre na última semana de cada mês e no período da manhã, entre às 09:00 e 09:50 h. Para que as medições de gs e Ψ_f fossem obtidas em densidades de radiação comparáveis (aproximadamente $1400 \mu \text{ mol. m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), efetuou-se a intercalação das leituras entre os genótipos. Como o coqueiro apresenta folha hipoestomática, as medições de gs foram realizadas na face inferior dos folíolos, no terço médio de folhas completamente maduras mas não senescentes (normalmente a 14ª folha a partir do ápice). Para obter valores de gs foram utilizados valores inversos da resistência estomática difusiva ao vapor da água, obtidos através de um porômetro "Steady State" (LI-COR, modelo 1600), o qual também media, simultaneamente, o fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (FFFA) incidente sobre a folha. Os valores de Ψ_f foram obtidos no folíolo oposto com auxílio de uma câmara de pressão (Soilmoisture Equipment Corp., modelo 3000), logo após as medições de gs. Os folíolos foram destacados na altura de sua inserção na folha com a ajuda de uma haste de 4 m com uma lâmina na ponta e efetuada a medição imediatamente após o corte. Este procedimento foi adotado por ser impraticável a manipulação do porômetro devido a altura das folhas e ao número de medições para três genótipos dentro de

um horário similar. O folíolo cortado começa a fechar seus estômatos de três a cinco minutos após o corte, sendo este método válido para o estudo das trocas gasosas, conforme observado, também, por outros autores (Wormer e Ochs, 1959; Prado et al, 2000). No entanto, todo o processo de medição foi realizado em menos de dois minutos a fim de se evitar valores subestimados de g_s e de Ψ_f . Para a obtenção de cada valor médio de g_s e de Ψ_f foram utilizados valores provenientes de um folíolo em dois indivíduos diferentes para cada genótipo estudado.

O desenvolvimento das plantas foi avaliado através do número de folhas emitidas, número de folhas mortas, variação do número de folhas vivas e inflorescências emitidas durante os períodos seco (novembro/90 a abril/91) e chuvoso (maio/91 a outubro/91), em seis plantas por genótipo. Como inflorescência emitida considerou-se a última inflorescência aberta que está situada na axila da folha 9 ou 10 a partir do ápice.

Resultados e Discussão

Os valores de pluviosidade, por decêndio, durante os 12 meses de condução do experimento, estão apresentados na Fig.1. Nos meses de estiagem de verão (de novembro de 1990 a abril de 1991) não há valores de pluviosidade em cada decêndio maiores que 50 mm, e este período coincide com os meses de menores valores de g_s e de Ψ_f para os três genótipos estudados (Fig. 2).

O AVM apresentou menor variação de g_s ao longo do ano (de 0,78 a 0,43 cm.s^{-1}), bem como o menor valor máximo de g_s (0,78 cm.s^{-1} , Fig.2 e 3) e o menor coeficiente de determinação para o ajuste da curva sigmoidal de g_s em função de Ψ_f dos três genótipos estudados ($r^2=0,62$, Figura 3). Portanto, este genótipo não apresenta uma relação clara entre g_s e Ψ_f , pois não há uma resposta variada e correlata de g_s em uma ampla faixa de valores de Ψ_f .

O AAM apresentou uma relação g_s - Ψ_f oposta ao genótipo AVM descrita anteriormente. Neste genótipo ocorreu o maior valor máximo de g_s (1,81 cm.s^{-1}) e a maior amplitude de variação de g_s ao longo do ano (de 1,81 a 0,28 cm.s^{-1}) entre os três genótipos estudados. Adicionalmente, a variação de g_s foi influenciada em uma ampla faixa de valores de Ψ_f (de -1,0 a -1,6 MPa) apresentando o mais alto coeficiente de determinação g_s - Ψ_f ($r^2=0,794$), sendo a relação entre g_s e Ψ_f mais clara neste genótipo (Fig.3).

O AVeJ ocupa uma posição intermediária em relação aos outros dois genótipos quanto ao valor máximo de g_s (1,15 cm.s^{-1}) e amplitude de variação dos valores de g_s ao longo do ano (de 1,15 a 0,24 cm.s^{-1}). A curva

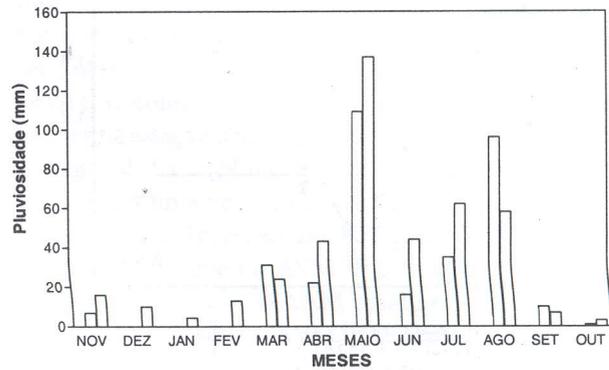


Figura 1. Pluviosidade por decêndio do Campo Experimental do Betume (Neópolis-SE) no período de novembro/1990 a outubro/1991.

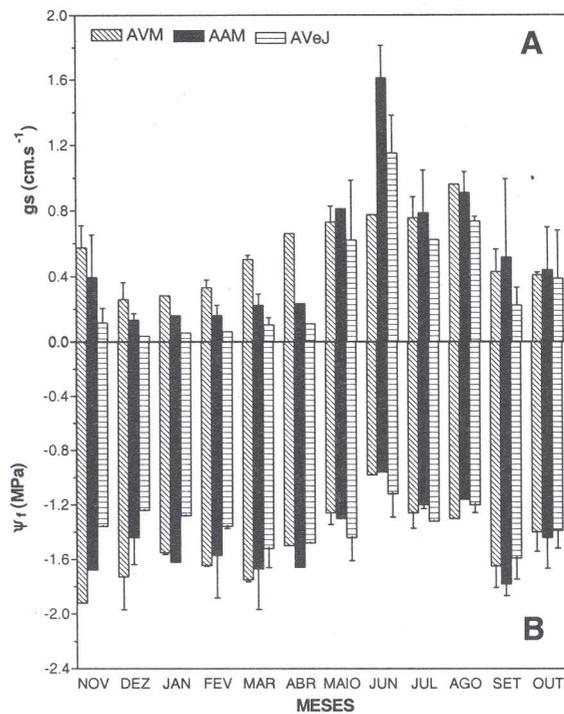


Figura 2. Valores médios mensais da condutância estomática (g_s , A) e do potencial hídrico foliar (Ψ_f , B) medidos às 9:00 h em três genótipos de coqueiro anão sob condição de campo no período de novembro de 1990 a outubro de 1991: AVM (Anão Vermelho da Malásia); AAM (Anão Amarelo da Malásia) e AVeJ (Anão Verde de Jiqui).

sigmoidal ajustada para esse genótipo apresentou o valor do coeficiente de determinação (r^2) entre g_s - Ψ_f igual a 0,637.

Diferentes respostas de g_s e de Ψ_f para diferentes genótipos de coqueiro crescendo em solo arenoso durante estresse hídrico causado por estiagem, também foram detectadas por Voleti et al. (1993). Estes autores, trabalhando com três genótipos de coqueiro, encontraram

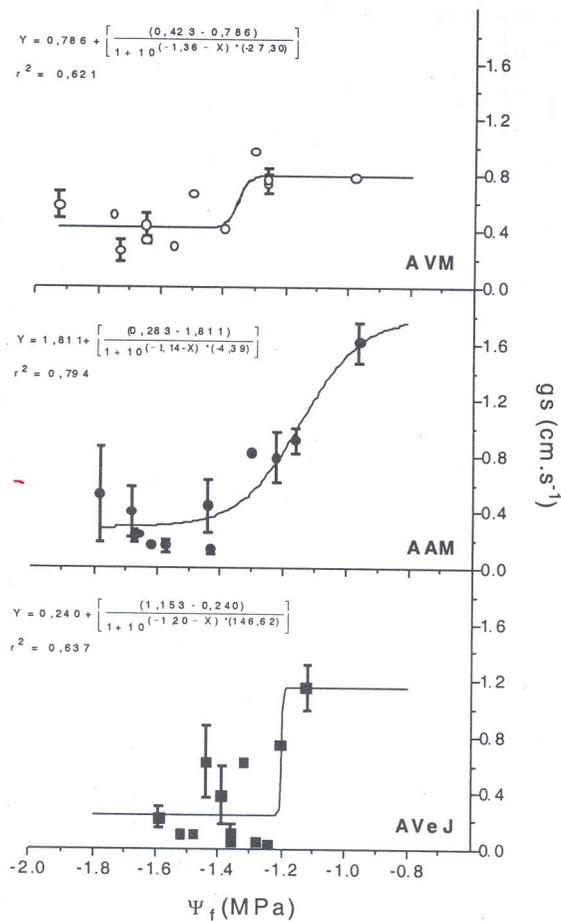


Figura 3. Valores médios mensais da condutância estomática (gs) em função dos valores médios mensais do potencial hídrico foliar (Ψ_f) em três genótipos de coqueiro anão sob condições de campo; AVM m (Anão Vermelho da Malásia); AAM I (Anão Amarelo da Malásia) e AVEJ n (Anão Verde de Jiqui).

um gradiente de decréscimo de gs em um mesmo momento da estação seca, concluindo que o genótipo que apresentou a maior regulação estomática foi o mesmo que apresentou também o maior decréscimo de gs. Esta parece ser a situação do AAM neste trabalho, o qual apresentou a maior sensibilidade aos valores do Ψ_f , decrescendo proporcionalmente os valores de gs em função de valores mais negativos de Ψ_f provocados pela seca (Fig. 2 e 3).

Maiores valores de gs na estação chuvosa, como apresentado pelo AAM, aumenta a possibilidade de intercâmbio gasoso neste período, facilitando a difusão do CO_2 até o sítio de carboxilação com consequente aumento das taxas fotossintéticas. Adicionalmente, maiores valores de gs também aumentam a capacidade de resfriamento da folha (Parkinson, 1985) e a absorção e translocação de nutrientes via corrente transpiratória (Larcher, 2000) na época chuvosa.

As vantagens acima expostas para o AAM poderiam ser encontradas de forma menos característica para o AVEJ, mas dificilmente ocorreriam para o AVM, pois este último apresentou maior independência dos valores de gs em relação aos valores de Ψ_f e um baixo valor máximo de gs, mesmo na estação chuvosa ($0,78 \text{ cm.s}^{-1}$).

Estas características aparentemente vantajosas que o AAM demonstrou, podem estar relacionadas com as características morfológicas do seu sistema radicular. Este genótipo apresentou uma diferença significativa ($P < 0,05$) em relação aos genótipos AVEJ e AVM para a densidade de raízes finas e para o peso seco total de raízes na época seca e chuvosa no mesmo local deste estudo (Cintra et al., 1992). Com um sistema radicular mais desenvolvido o AAM pode ser capaz de responder de maneira mais adequada em relação ao estado da água no solo, mantendo valores de gs mais altos quando há mais água disponível e regular gs de maneira mais gradual conforme a seca for se intensificando (Fig. 2 e 3).

A melhor capacidade de regulação estomática e um sistema radicular mais desenvolvido no AAM estão certamente relacionados com uma maior capacidade de escape à dessecação em relação aos outros dois genótipos. Portanto este genótipo parece ser o mais adequado quanto a resposta à seca de verão, para o plantio em zonas sem irrigação e marcadas pela sazonalidade da precipitação como no Nordeste brasileiro.

É importante notar que a faixa de transição dos valores de gs (dos mais altos para os mais baixos) nos três genótipos estudados ocorre para valores de Ψ_f de $-0,95$ a $-1,4$ MPa. O valor de $-1,4$ MPa já indica um forte decréscimo no intercâmbio gasoso, sendo próximo a $-1,0$ MPa o valor ideal para a manutenção de trocas gasosas intensas nos folíolos dos três genótipos estudados. Portanto, estes valores limiares de Ψ_f ($-1,0$ e $-1,4$ MPa) podem ser utilizados como referências, dentro do horário 09:00 – 09:50 h, para o controle da irrigação em plantios que utilizam os genótipos aqui estudados.

O maior ganho de folhas (folhas emitidas - folhas mortas) pelo AAM (1,8) em relação ao AVM (1,6) e ao AVEJ (sem ganho) durante o período seco (Fig. 4) e uma recuperação mais evidente durante o período chuvoso, onde o AAM teve um ganho de 9,3 folhas durante um período de seis meses, contra 7,2 folhas para o AVM e 6,7 folhas para o AVEJ, evidenciam também a melhor adaptação do AAM a essas condições de irregularidade na distribuição das chuvas.

Com relação à emissão de inflorescências, um parâmetro altamente sensível a qualquer estresse ambiental, pode-se observar na Fig. 5 que, nos três genótipos, durante os meses secos ocorreu maior emissão que nos meses chuvosos. Esse fato deve-se à

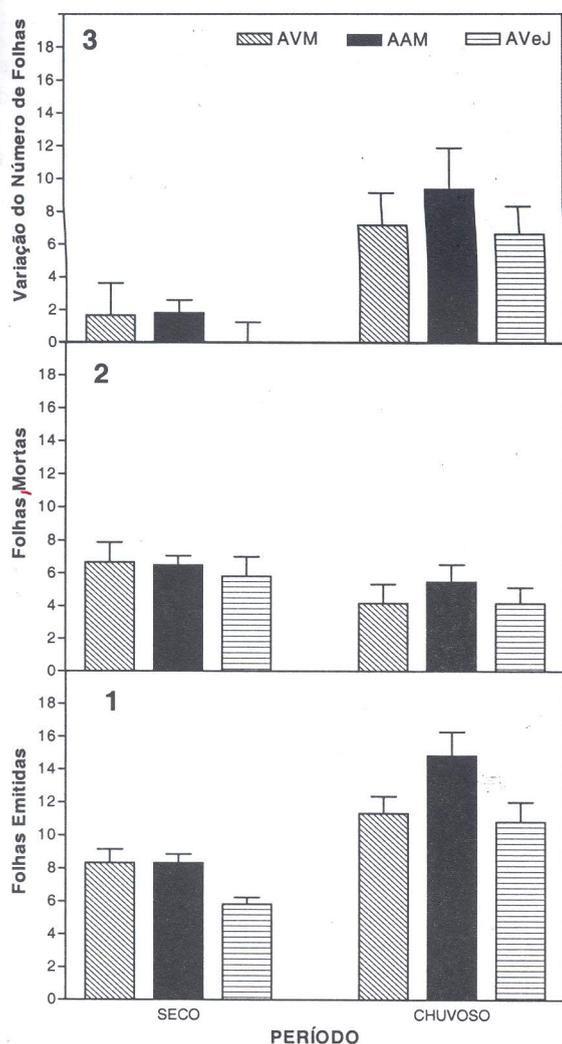


Figura 4. Número médio de folhas emitidas (1), folhas mortas (2) e variação no número de folhas (3) de três genótipos de coqueiro anão nos períodos seco (novembro/90 a abril/91) e chuvoso (maio/91 a outubro/91).

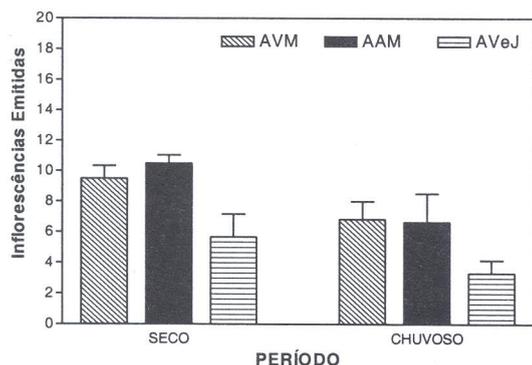


Figura 5. Número médio de inflorescências emitidas de três genótipos de coqueiro anão nos períodos seco (novembro/90 a abril/91) e chuvoso (maio/91 a outubro/91).

inflorescência recém-aberta, na axila da folha 9 ou 10 a partir do ápice, ter seu desenvolvimento ocorrido nos seis meses chuvosos que antecederam o rompimento da espata, o contrário ocorrendo com as inflorescências abertas na estação chuvosa, que se desenvolveram durante os meses de baixa pluviosidade. O melhor rendimento do AAM mais uma vez fica evidenciado (Fig. 5) quando o número de inflorescências emitidas no período seco (10,5) é maior que no AVM (9,5) e que no AVeJ (5,7). No período chuvoso, o AAM emitiu 6,7 inflorescências, sendo superior ao AVeJ que emitiu apenas 3,3 inflorescências e se igualando com o AVM que emitiu 6,8 inflorescências.

Literatura Citada

- CINTRA, F. L. D., LEAL, M. L. S. et PASSOS, E. E. M. 1992. Distribution du système racinaire des cocotiers Nains. *Oléagineux* 47(5):225-234.
- DUFRENE, E. and SAUGIER, B. 1993. Gas exchange of oil palm in relation to light, vapour pressure deficit, temperature and leaf age. *Functional Ecology* 7: 97-104.
- LARCHER, W. 2000. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos, Rima. 531p.
- MILBURN, J.A. and ZIMMERMANN, M.H. 1977. Preliminary studies on sapflow in *Cocos nucifera*. *New Phytologist* 79: 535-541.
- PARKINSON, K.J. 1985. A simple method for determining a boundary layer resistance in leaf cuvettes. *Plant Cell and Environment* 8: 223-226.
- PASSOS, E. E. M. et SILVA, J. V. 1990. Fonctionnement des stomates de cocotier (*Cocos nucifera* L.) au champ. *Canadian Journal of Botany* 68: 458-460.
- PASSOS, E. E. M. et SILVA, J. V. 1991. Détermination de l'état hydrique du cocotier par le méthode dendrométrique. *Oléagineux* 4 (6): 233-238.
- PRADO, C.H.B.A., PASSOS, E.E.M. and MORAES, J.A.P.V. 2000. Photosynthesis and water relations of six tall genotypes of *Cocos nucifera* in wet and dry seasons. *South African Journal of Botany*. (No prelo).
- SCHULZE, E.D. 1982. Plant life forms and their carbon, water and nutrient relations. *In Encyclopedia of plant physiology*. New York, Springer-verlag. pp. 615-676.
- SHIVASHANKAR, S. et al. 1993. Comparative physiological studies on the drought tolerance on three hybrids of coconut. *Oléagineux* 48: 8-9.
- SMITH, B. G. 1989. The effects of soil water and atmospheric vapour pressure deficit on stomatal behaviour and photosynthesis in the oil palm. *Journal of Experimental Botany* 40: 647-651.
- VILLALOBOS, E., UMAÑA, C. H. y CHINCHILLA, C. 1992. Estado de hidratación de la palma aceitera, en

- respuesta a la séquia en Costa Rica. Oléagineux 47(3): 217-223.
- VOLETI, S.R. et al. 1993. Influence of soil type on the development of moisture stress in coconut (*Cocos nucifera* L.) genotypes. Oléagineux 48: 505-509.
- WORMER, M. et OCHS, R. 1959. Humidité du sol, ouverture des stomates et transpiration du palmier a huile et de l'arachide. Oléagineux n°10: 571-580.