

# VARIAÇÃO DIURNA DA RESISTÊNCIA ESTOMÁTICA À DIFUSÃO DE VAPOR DE ÁGUA EM AMENDOIM IRRIGADO<sup>1</sup>

LUIZ CARLOS SILVA<sup>2</sup>, JOSÉ FIDELES FILHO<sup>3</sup>, NAPOLEÃO ESBERARD DE MACÊDO BELTRÃO<sup>4</sup> E TANTRAVAHU VENKATA RAMANA RAO<sup>5</sup>

RESUMO - Avaliou-se a resposta de plantas de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetidas a dois regimes de irrigação, objetivando determinar a variação diurna da resistência estomática da cultivar BR-1, e relacioná-la com o fluxo de fótons de radiação fotossinteticamente ativa. O experimento foi conduzido, em condições de campo, na Estação Experimental da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco, situada no município de Rodelas, BA, em solo de classificação textural areia fina, durante o período de agosto a dezembro de 1994. As lâminas aplicadas foram de 300 e 700 mm, com frequência de quatro dias por rega. Mediram-se as resistências estomáticas e a densidade de fluxo de fótons de radiação fotossinteticamente ativa sobre a superfície das folhas. Em condições de bom suprimento de água para as plantas, existe uma relação hiperbólica entre as resistências estomáticas e a densidade de fluxo de fótons. Em condições de deficiência hídrica, o amendoim apresenta o fenômeno de “fechamento do meio-dia”.

Termos para indexação: estômatos, densidade de fluxo de fótons, transpiração foliar, *Arachis hypogaea*.

## DIURNAL VARIATION OF STOMATAL RESISTANCE TO WATER VAPOR DIFFUSION IN IRRIGATED PEANUTS

ABSTRACT - The plant response of the peanut (*Arachis hypogaea* L.) crop submitted to two different levels of irrigation was evaluated with the objective of determining the diurnal variation of the stomatal resistance of the BR-1 cultivar, and was related with the photon flux density of the photosynthetically active radiation. The experiment was conducted at the Experimental Station belonging to the Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco, situated in the municipality of Rodelas, BA, Brazil. The soil is classified as fine sandy soil. The experiment was conducted during the period of August to December 1994. The planting took place on the 6th of August, 1994. The amounts of irrigation applied were 300 mm and 700 mm, and the irrigations were applied at four-day intervals. The leaf stomatal resistances and the photon flux density of the photosynthetically active radiation were measured. Under non-stressed conditions, the peanut crop shows a hyperbolic relation between the stomatal resistance and photon flux density. The water stressed plants present the phenomenon of stomatal closure around midday.

Index terms: stomata, photon flux density, leaf transpiration, *Arachis hypogaea*.

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 9 de dezembro de 1997.

<sup>2</sup> Eng. Agr., Dr., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (CNP), Caixa Postal 174, CEP 58107-720 Campina Grande, PB.

<sup>3</sup> Meteorologista, M.Sc., EMEPA-PB, Estrada da Imbaúba km 3, CEP 59117-000 Lagoa Seca, PB.

<sup>4</sup> Eng. Agr., D.Sc., Embrapa-CNP.

<sup>5</sup> Agrometeorologista, Ph.D., UFPb, DCA, Caixa Postal 518, CEP 58109-000 Campina Grande, PB.

## INTRODUÇÃO

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é um produto consumido como alimento, tanto *in natura* como industrializado, na forma de óleo e de vários produtos, tais como: recheios de chocolates, sorvetes, bolos, pães, manteiga e pasta de amendoim. É considerado, entre as leguminosas, uma das importantes culturas, ao lado do feijão e da soja. Sua ampla adaptabilidade se distribui entre 40° de latitude Norte e 36° de latitude Sul, e sua importância sócio-econômica está demonstrada por seu cultivo em cerca de 103 países, numa área superior a 20 milhões de ha (Silva et al., 1993). No entanto, a maior parte da produção (cerca de 80%) é obtida em regiões do mundo, onde o total de precipitação pluvial e sua distribuição errática usualmente limitam o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade da cultura. No Brasil, em especial no Nordeste, essa oleaginosa tem sido tradicionalmente cultivada em condições de agricultura de sequeiro, sujeita aos elevados riscos causados pelas variações do clima.

Com a instalação de perímetros irrigados e agrovilas ao longo do São Francisco, criou-se a demanda por amendoim nessas áreas. Entretanto, para assegurar o sucesso dessa cultura nessas novas áreas, torna-se

necessário o estudo do consumo racional de água, para evitar o desperdício de insumos ou ocorrência de estresse hídrico em fases críticas do seu desenvolvimento.

Nos estudos de adaptação das culturas às regiões semi-áridas, o objetivo principal é o aumento da produtividade associado ao uso racional e econômico da água e, segundo autores como Passioura (1972), Fischer & Turner (1978), Turk & Hall (1980) e Costa et al. (1988), a tendência natural das culturas é manter a transpiração com risco de completa exaustão da água disponível no solo, com sérios danos estruturais e fisiológicos aos tecidos.

A resistência estomática é simultaneamente afetada por diversos fatores ambientais, e por isso, os esforços para correlacioná-la com as variáveis de um determinado ambiente, com dados de campo, nem sempre têm resultado em sucesso. A resistência estomática de folhas iluminadas depende da temperatura do ar, do déficit de pressão do vapor d'água (DPV), da concentração de CO<sub>2</sub> e do potencial da água no solo, e, por isso, exige uma seleção adequada dos dados de campo que devem ser analisados (Jarvis, 1976).

As pesquisas com resistência estomatal, em condições de campo, geralmente, são realizadas conhecendo-se o potencial da água no solo, e assume-se que ele e a concentração de CO<sub>2</sub> permanecem constantes durante as medidas da resistência. Tem-se observado, também, que a densidade de fluxo de radiação solar, o DPV e a temperatura do ar tendem a ser correlacionados; assim sendo, as relações entre resistência estomática e irradiância quase sempre apresentam coeficientes de correlação significativos.

Diversos estudiosos do assunto afirmam que a luz e a água são os dois fatores do ambiente que têm, provavelmente, grande efeito no comportamento dos estômatos (Turner & Begg, 1973; Turner, 1974; Sinclair et al., 1975).

Por outro lado, autores como Waggoner & Turner (1972), Turner & Begg (1973), Monteith (1975), Jung & Scott (1980), Araújo (1984) e Volpe et al. (1990) registraram que outros fatores inerentes à própria planta, como a dimensão, o número por unidade de área foliar e a distribuição dos estômatos nas folhas, conferem variações na resistência estomática, que é dependente da espécie, da cultivar, da posição na folha, da posição das folhas na planta, das condições do ambiente e da superfície da folha (abaxial ou adaxial).

Dubé et al. (1974) afirmam que quando o potencial da água no solo é baixo, a abertura dos estômatos não é mais dependente da radiação solar, e sim, do potencial da água na folha, o qual é dependente da umidade do solo.

O presente estudo foi realizado objetivando determinar as variações diurnas das resistências estomáticas na cultura do amendoim, cultivar BR-1 e relacioná-las com o fluxo de fótons de radiação fotossinteticamente ativa.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em condições de campo no município de Rodelas, BA, cujas coordenadas geográficas são: latitude 8° 50' S; longitude 38° 46' W e altitude de 270 m, em solo de classificação textural de areia fina. A semeadura foi efetuada no dia 6 de agosto de 1994, com distância de 0,50 m entre linhas e densidade populacional de 200.000 plantas por hectare. A colheita ocorreu 98 dias após o plantio. Os dados foram coletados em plantas de duas parcelas irrigadas (com e sem estresse hídrico), cujas lâminas totais de água aplicada foram de 300 mm e 700 mm, com turno de rega de 4 dias, no horário de 6h 30min às 16h 30min, um dia e três dias após a irrigação.

A resistência estomática foi medida com um porômetro de equilíbrio dinâmico. Esse porômetro mede diretamente a resistência estomática, elimina curvas de calibração e faz em torno de 200 medições por hora. O equipamento (analisador portátil de fotossíntese da Licor, modelo LI-6000), na realidade, mede a taxa de transpiração em equilíbrio dinâmico de uma folha no interior de uma câmara.

As medidas foram coletadas por amostragem no limbo da terceira folha a partir do topo da planta, quando a cultura estava no estágio de desenvolvimento das vagens, onde foram realizadas 6 observações por planta, em 5 plantas por tratamento, escolhidas ao acaso.

A radiação fotossinteticamente ativa (PAR) incidente sobre a superfície foliar foi medida por meio de um sensor quântico LI-190-1 acoplado ao porômetro. Esse sensor mede o quantum de fótons em  $\mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$  dentro da faixa de 400 a 700 nm, num intervalo que vai de 0 a 2500  $\mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ . De 0 a 250  $\mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ , a resolução do instrumento é de 1  $\mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ , e de 250 a 2500  $\mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$  é de 10  $\mu\text{E}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ , com precisão em torno de 5%.

Os dados de resistência estomática à difusão de vapor e de PAR foram submetidos a análises de regressão, com a finalidade de determinar as relações existentes entre estes dois parâmetros.

A demanda evapotranspirativa durante o ciclo da cultura, calculada pelo método do tanque classe A usando-se um coeficiente de 0,75, foi de 647,2 mm.

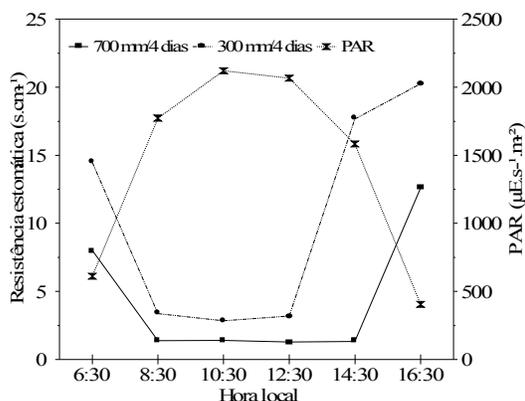
Semanalmente foram coletadas vinte plantas por tratamento para a determinação da fitomassa. As plantas tiveram suas partes separadas em folhas, hastes e frutos, que, em seguida, foram colocadas em estufa a 65°C  $\pm$  5°C, até fornecerem

massa seca constante. Foram efetuadas as análises de regressão curvilínea das médias de massa da fitomassa total ( $W_t$ ), procurando-se chegar ao polinômio que melhor se ajustasse aos dados primários, de acordo com Richards (1969). Curvas logísticas foram ajustadas aos dados por meio de um programa iterativo, pelo método “Quasi-Newton”, para minimizar a variância residual. A equação que melhor representou o fenômeno do crescimento vegetal, com  $R^2 = 0,987$ , foi  $W = a \div (1 + \exp^{-(b+c \cdot t)})$ , sendo  $a$  a estimativa assintótica do crescimento máximo,  $b$  e  $c$  constantes de ajustamento, e  $t$ , o tempo em dias. Para se obterem os valores instantâneos da taxa de produção de fitomassa ( $C_t$ ), foram empregadas as derivadas da equação ajustada  $W_t$  em relação ao tempo (Richards, 1969). A área foliar foi obtida com o uso da expressão  $A_f = 0,0234 \times \text{PSF}^{0,97}$ , onde PSF é o peso seco das folhas, com  $R^2 = 0,98$ , determinada por Ma et al. (1992).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o ciclo da cultura não ocorreu nenhuma precipitação pluvial, e o estado fitossanitário permaneceu em ótimas condições. Assim sendo, todas as variações observadas podem ser atribuídas aos tratamentos de irrigações impostos à cultura, isto é, 700 mm e 300 mm.

Para análise dos resultados, os dias de medições foram separados de acordo com o intervalo de irrigações. Um dia após a irrigação, 07.10.94, observa-se que as resistências estomáticas decresceram até alcançarem valores mínimos em torno das 10h 30min para o tratamento 300 mm/quatro dias, e 12h 30min para o tratamento 700 mm/quatro dias. Ao redor das 14h 30min, houve acentuado acréscimo nas resistências de ambos os tratamentos, alcançando valores máximos às 16h30min, conforme pode ser observado na Fig. 1. Pode ser visto que os valores da resistência estomática no tratamento 300 mm/quatro dias foram sempre superiores aos valores das resistências obtidas no tratamento 700 mm/quatro dias. Quanto à energia fotossinteticamente ativa (PAR), observou-se nesse dia, que foi crescente até atingir valor máximo entre 10h 30min e 11h 30min, decrescendo em seguida.



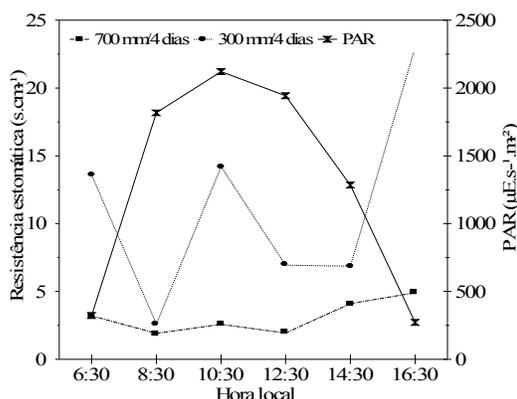
**FIG. 1.** Variação diurna da resistência estomática ( $10^2 \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2}$ ) e da energia fotossinteticamente ativa (PAR,  $\mu\text{E} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ) observadas nos tratamentos 700 mm/quatro dias e 300 mm/quatro dias, um dia após a irrigação de amendoim, cv. BR-1. Rodelas, BA, 1994.

A variação diurna da resistência estomática observada nos dois tratamentos foi típica de plantas crescendo sob boas condições de suprimento de água, conforme observaram Szeicz et al. (1973) em sorgo; Turner & Begg (1973) em milho; Biscoe et al. (1976) em cevada e trigo; Jung & Scott (1980) em soja; e Volpe et al. (1990) em milho.

A redução da resistência estomática, de um valor máximo para atingir um valor mínimo entre 10h 30min e 12h 30min e o aumento no decorrer da tarde deve-se, provavelmente, aos efeitos da radiação e à diminuição do potencial da água no solo, que combinados, causam aumento da resistência estomática (Szeicz et al., 1973; Turner & Begg, 1973; Reicosky & Ritchie, 1976).

Na Fig. 2, encontram-se as curvas da variação diurna das resistências estomáticas observadas nos tratamentos 700 mm/quatro dias e 300 mm/quatro dias, três dias após a irrigação (05.10.94). Nesse dia, a variação diurna de resistência estomática do tratamento 700 mm/quatro dias teve comportamento semelhante ao ocorrido um dia após a irrigação, o que significa que o suprimento de água estava adequado e suficiente ao bom desenvolvimento das plantas. No tratamento 300 mm/quatro dias, observa-se que as resistências

estomáticas decrescem no início da manhã até atingir valor mínimo às 8h 30min, voltando a subir às 10h 30min, decrescendo um pouco até às 14h 30min, quando voltou a aumentar no final da tarde. A variação diurna da resistência estomática observada no tratamento 300 mm/quatro dias foi típica de plantas crescendo em solos com pouca disponibilidade de água, conforme observaram Sharpe (1973) em algodão; Turner (1974) em sorgo, milho e fumo; Biscoe et al. (1976) em cevada e trigo. De acordo com esses autores, quando o potencial da água no solo é baixo, os estômatos se fecham antecipadamente pela manhã, uma vez que nessa condição a abertura dos estômatos não é função da energia incidente, e sim, do potencial da água na folha.



**FIG. 2. Variação diurna da resistência estomática ( $10^2 \cdot s \cdot m^{-1}$ ) e da energia fotossinteticamente ativa (PAR,  $\mu E \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$ ) observadas nos tratamentos 700 mm/quatro dias e 300 mm/quatro dias, três dias após a irrigação de amendoim, cv. BR-1. Rodelas, BA, 1994.**

O andamento diurno da transpiração e das resistências estomáticas dos dois tratamentos (700 mm/quatro dias e 300 mm/quatro dias), três dias após a irrigação e um dia após a irrigação, encontram-se nas Figs. 3 a 6.

Comparando-se as Figs. 3 e 4, três dias após a irrigação, verifica-se que no tratamento 700 mm/quatro dias a transpiração foi ascendente a partir das 8h 30min até às 12h 30min, quando atingiu o valor de aproximadamente  $110 \text{ mg H}_2\text{O m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , quando voltou a cair ao nível de  $40 \text{ mg H}_2\text{O m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  às 16h 30min. No tratamento 300 mm/quatro dias, a transpiração apresentou valores de comportamento oscilatórios e bem inferiores aos observados no tratamento 700 mm/quatro dias, isto é, às 6h 30min seu valor foi de  $7,5 \text{ mg H}_2\text{O m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , alcançando  $38 \text{ mg H}_2\text{O m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  às 8h 30min, reduzindo para  $19 \text{ mg H}_2\text{O m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  às 10h 30min, voltando a subir para  $44 \text{ mg H}_2\text{O m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  das 12h 30min às 14h 30min, para, em seguida, reduzir para 12 às 16h 30min. Isto evidenciando que, sob condições de deficiência hídrica, a abertura dos estômatos das folhas do amendoim cv. BR-1 ocorre não somente em função da radiação solar, mas também, em função do potencial da água na folha, o qual é dependente da umidade do solo, conforme afirmaram autores como Sharpe (1973), Dubé et al. (1974), Turner (1974), e contrariando, em parte, autores como Turk & Hall (1980) e Costa et al. (1988), que afirmaram que a tendência natural das culturas é manter a transpiração mesmo com risco de completa exaustão da água disponível no solo.

Observa-se, também, que a taxa transpiratória no tratamento 700 mm/quatro dias foi, praticamente, três vezes maior que a medida no tratamento 300 mm/quatro dias, o que evidencia que a planta aciona mecanismos de defesa contra a perda de água quando a umidade é deficiente no solo, mesmo que a radiação seja elevada. Tal procedimento pode ser prejudicial ao pleno crescimento e desenvolvimento vegetal, mas permite garantir a sobrevivência, desde que o déficit hídrico não seja altamente severo e prolongado.

Um dia após a irrigação (Figs. 5 e 6), a transpiração e a resistência estomática apresentaram variação diurna típica de plantas crescendo em ambiente sem restrição de água, apesar de que, mesmo transpirando sem restrição aparente, os valores da taxa transpiratória observados no tratamento 300 mm/quatro dias foram cerca de duas vezes inferior aos obtidos no tratamento 700 mm/quatro dias.

Conforme pode ser visto na Fig. 7, a resistência estomática e a densidade de fluxo de fótons de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) incidente sobre a superfície foliar do amendoim (medidas, na terceira folha do ápice para a base da planta, no tratamento 700 mm/quatro dias, um dia após a irrigação, portanto, sem restrição de umidade), apresentam relação hiperbólica. Observa-se que as resistências foram altas em baixa irradiância, e decresceram rapidamente com o aumento da PAR. Verifica-se, ainda, que acima de  $1000 \mu E \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$

$l.m^{-2}$ , as resistências estomáticas permaneceram praticamente constantes. Nota-se, também, que, próximo a  $100 \mu E.s^{-1}.m^{-2}$ , a resistência estomática é cerca de nove vezes maior que a  $2500 \mu E.s^{-1}.m^{-2}$ , da PAR. Para se ter uma idéia dessa grandeza, a radiação fotossinteticamente ativa considerada como sendo a radiação entre 400 e 700 nm, apresenta energia média de  $2,35.10^5 J$  por Einstein (E) no comprimento de onda médio de 510 nm. Próximo ao meio dia, em dia claro, com ausência de nuvens, quando a densidade média de fluxo de energia for cerca de  $500 W.m^{-2}$  ou  $0,72 cal.cm^{-2}.min^{-1}$ , o fluxo de fótons será, aproximadamente, de  $2100 \mu E.s^{-1}.m^{-2}$  (Campbell, 1977). Assim,  $100 \mu E.s^{-1}.m^{-2}$  de PAR representa um fluxo de energia médio de  $24 W.m^{-2}$ , e sob essa irradiância as resistências estomáticas foram elevadas. Para  $1000 \mu E.s^{-1}.m^{-2}$ , valor que corresponde à densidade de fluxo de fótons acima do qual não ocorreu variação acentuada das resistências estomáticas, o fluxo médio de energia equivale a  $240 W.m^{-2}$  ou  $0,35 cal.cm^{-2}.min^{-1}$ .

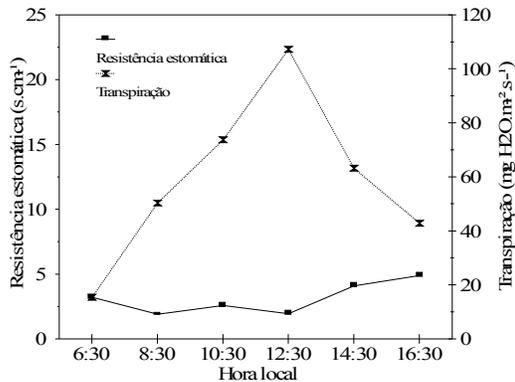


FIG. 3. Variação diurna da resistência estomática ( $10^2.s.m^{-1}$ ) e da transpiração ( $mg H_2O.m^{-2}.s^{-1}$ ) observadas no tratamento 700 mm/quatro dias, três dias após a irrigação de amendoim, cv. BR-1. Rodelas, BA, 1994.

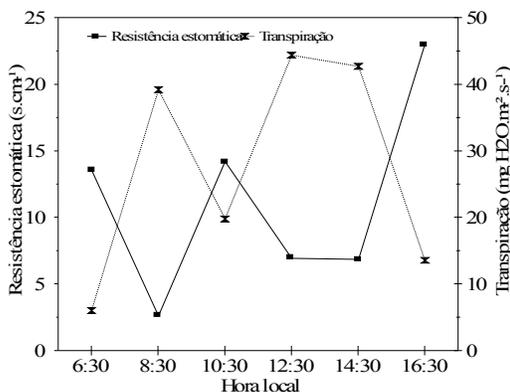


FIG. 4. Variação diurna da resistência estomática ( $10^2.s.m^{-1}$ ) e da transpiração ( $mg H_2O.m^{-2}.s^{-1}$ ) observadas no tratamento 300 mm/quatro dias, três dias após a irrigação de amendoim, cv. BR-1. Rodelas, BA, 1994.

Os valores máximos de  $C_t$  foram de  $16,11 g.m^{-2}.dia^{-1}$  e  $8,03 g.m^{-2}.dia^{-1}$  para os tratamentos 700 mm/quatro dias e 300 mm/quatro dias, respectivamente.  $C_t$  é o acúmulo de matéria seca com o tempo, e é aproximadamente igual à fotossíntese da cobertura vegetal por unidade de área de solo. Uma vez que a  $C_t$  pode ser considerada como o resultado da fotossíntese líquida, embora sabendo-se que, também, inclui a assimilação de compostos como N, P, K e outros nutrientes vegetais (cerca de apenas 10%), tanto quanto  $CO_2$ , verificam-se evidências de estresse hídrico no tratamento que recebeu apenas 300 mm de água durante o ciclo da cultura. Outra evidência de estresse hídrico no tratamento de 300 mm em relação ao de 700 mm pode ser observada pela comparação dos índices de área foliar, que no primeiro (300 mm/quatro dias) foi de 3,47 e

no segundo, foi de 4,45. Uma vez que é requerida grande turgidez para a expansão foliar, os efeitos do déficit hídrico sobre a área foliar resultam, inicialmente, da redução da turgência das folhas e, posteriormente, menor área foliar (Costa et al., 1989).

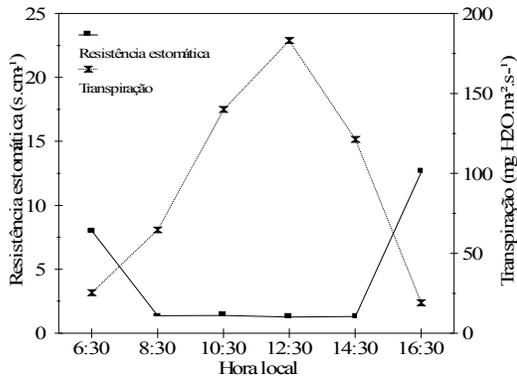


FIG. 5. Variação diurna da resistência estomática ( $10^2.s.m^{-1}$ ) e da transpiração ( $mg H_2O.m^{-2}.s^{-1}$ ) observadas no tratamento 700 mm/quatro dias, um dia após a irrigação de amendoim, cv. BR-1. Rodelas, BA, 1994.

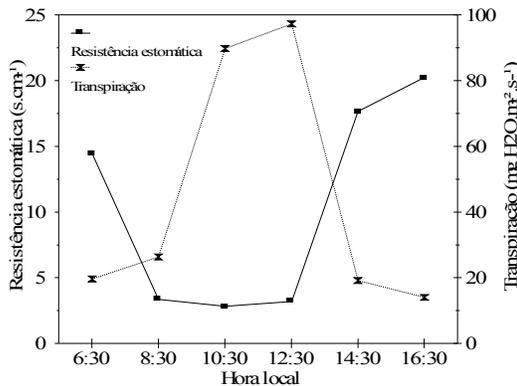


FIG. 6. Variação diurna da resistência estomática ( $10^2.s.m^{-1}$ ) e da transpiração ( $mg H_2O.m^{-2}.s^{-1}$ ) observadas no tratamento 300 mm/quatro dias, um dia após a irrigação de amendoim, cv. BR-1. Rodelas, BA, 1994.

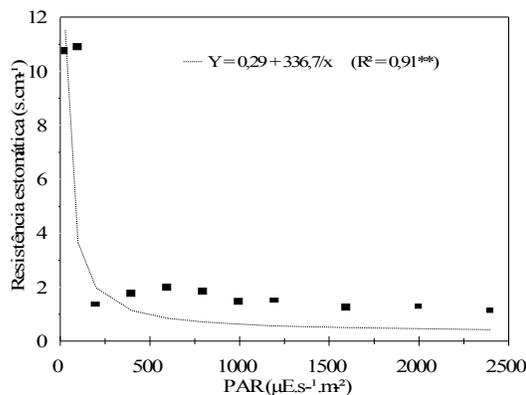


FIG. 7. Relação entre resistência estomática ( $10^2.s.m^{-1}$ ) e radiação fotossinteticamente ativa (PAR,  $\mu E.s^{-1}.m^{-2}$ ) incidente sobre a superfície foliar do amendoim, cv. BR-1. Rodelas, BA, 1994 .

O fornecimento de uma lâmina total de irrigação de 300 mm proporcionou as maiores resistências estomáticas à difusão de vapor d'água, menores taxas transpiratórias e de crescimento cultural, bem como menor índice de área foliar, em comparação com o tratamento que recebeu uma lâmina de 700 mm. Esses fatores conjugados refletiram-se no rendimento de grãos, obtidos no tratamento 300 mm/quatro dias, que foi de apenas 895 kg/ha contra 2.302 kg/ha alcançados no tratamento de 700 mm/quatro dias, havendo, portanto, uma redução substancial no rendimento, isto é, com uma redução de 57,10% no fornecimento de água houve uma decréscimo de 61,10% no rendimento de grãos.

## CONCLUSÕES

1. Em condições de irrigação adequada, as resistências estomáticas e a densidade de fluxo de fótons incidente sobre a superfície foliar do amendoim cv. BR-1, apresentam relação hiperbólica.
2. Quando a disponibilidade de água para as plantas se reduz em cerca de 50%, a transpiração se reduz em, aproximadamente, 67%.
3. Em condições de deficiência hídrica, o amendoim cv. BR-1 apresenta o fenômeno de “fechamento do meio-dia”.
4. Com lâmina d'água de 300 mm por ciclo ocorrem reduções na taxa de crescimento da cultura e no índice de área foliar com relação à lâmina de 700 mm.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, S.M.C. **Avaliações do desenvolvimento, teores de redutase de nitrato, DNA e RNA e análises das células estomáticas em plantas de milho**. Jaboticabal: UNESP-FCAV, 1984. 304p. Tese de Livre-Docência.
- BISCOE, P.V.; COHEN, Y.; WALLACE, J.S. Daily and seasonal changes of water potential in cereals. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, Série B, v.273, p.565-580, 1976.
- CAMPBELL, G.S. **An introduction to environment biophysics**. New York: Springer-Verlag, 1977. 159p.
- COSTA, J.O.; FERREIRA, L.G.R.; SOUZA, F. de. Produção de milho submetido a diferentes níveis de estresse hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.11, p.1255-1261, nov. 1988.
- COSTA, R.C.L.; LOPES, N.F.; OLIVA, M.A.; BARROS, N.F. Crescimento e conversão da energia solar em feijão submetido a três doses de nitrogênio e dois regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.12, p.1439-1450, 1989.
- DUBÉ, P.A.; STEVENSON, K.R.; THURTELL, G.W. Comparison between two inbred corn lines for diffusive resistances, photosynthesis and transpiration as a function of leaf water potential. **Canadian Journal Plant Science**, v.54, p.765-770, 1974.
- FISCHER, R.A.; TURNER, N.C. Plant productivity in the arid and semi-arid zones. **Annual Review of Plant Physiology**, v.29, p.277-327, 1978.
- JARVIS, P.G. The interpretation of the variations in leaf water potential and stomatal conductance found in canopies in the field. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, Série B, v.273, p.593-610, 1976.
- JUNG, P.K.; SCOTT, H.D. Leaf water potential, stomatal, resistance and temperature relations in field-grown soybeans. **Agronomy Journal**, v.27, p.986-987, 1980.
- MA, L.; GARDNER, F.P.; SELAMAT, A. Estimation of leaf area from leaf and total mass measurements in peanut. **Crop Science**, v.32, p.467-471, 1992.
- MONTEITH, J.L. **Principles of environmental physics**. Londres: Edward Arnold, 1975. 241p.
- PASSIOURA, J.B. The effect of root geometry on the yield of wheat growing on stored water. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.23, p.745--752, 1972.
- REICOSKY, D.C.; RITCHIE, J.T. Relative importance of soil resistance and plant resistance in water absorption. **Soil Science Society of America Journal**, v.40, p.293-297, 1976.
- RICHARDS, F.J. The quantitative, analysis of growth. In: STEWARD, F.C. **Plant physiology: a treatise**. New York: Academic Press, 1969. p.3-76.

- SHARPE, P.J.H. Adaxial and abaxial stomatal resistance of cotton in the field. **Agronomy Journal**, v.65, p.570-574, 1973.
- SILVA, L.C.; MOREIRA, J. de A.N.; TAVARES SOBRINHO, J.; BELTRÃO, N.E. de M. **Recomendações técnicas para o cultivo do amendoim no Nordeste brasileiro**. Campina Grande: Embrapa--CNPA, 1993. 26p. (Embrapa-CNPA. Circular Técnica, 16).
- SINCLAIR, T.R.; BIGHAM, G.B.; LEMON, E.R.; ALLEN JÚNIOR, R.H. Water use efficiency of field-grown maize during moisture stress. **Plant Physiology**, v.56, p.245-249, 1975.
- SZEICZ, G.; VAN BAVEL, C.H.M.; TAKAMI, S. Stomatal factor in the water use and dry matter production by sorghum. **Agricultural Meteorology**, v.12, p.361-389, 1973.
- TURK, K.J.; HALL, A.E. Drought adaptation of cowpea. IV. Influence of drought on water use, and relations with growth and seed yield. **Agronomy Journal**, v.72, n.3, p.434-439, 1980.
- TURNER, N.C. Stomatal behavior and water status of maize, sorghum, and tobacco under field conditions. II. At low soil water potential. **Plant Physiology**, v.53, p.360-365, 1974.
- TURNER, N.C.; BEGG, J.E. Stomatal behavior and water status of maize, sorghum and tobacco under field conditions. I. At high soil water potential. **Plant Physiology**, v.51, p.31-36, 1973.
- VOLPE, C.A.; BRUNINI, O.; CAMARGO, M.B.P. de. Resistência estomática à difusão de vapor d'água de folhas de milho em função da radiação fotossinteticamente ativa em condições de campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.25, n.6, p.915-924, 1990.
- WAGGONER, P.E.; TURNER, N.C. Comparison of simulated and actual evaporation from maize and soil in a lysimeter. **Agricultural Meteorology**, v.10, p.113-123, 1972.