

EFEITOS DA TENSÃO DA ÁGUA DO SOLO SOBRE A PRODUTIVIDADE E CRESCIMENTO DO FEIJOEIRO

II. CRESCIMENTO¹

LUIS FERNANDO STONE², TOMÁS DE AQUINO PORTES e JOSÉ ALOÍSIO ALVES MOREIRA³

RESUMO - Foi feita a análise de crescimento de feijoeiros (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigados com diferentes tensões da água do solo (125 mb, 250 mb e 750 mb). Houve marcante redução no crescimento com o aumento da tensão da água do solo, mesmo a valores de tensão relativamente baixos. O índice de área foliar (L), a duração da área foliar (D), o rendimento (W_t) e taxa de produção de matéria seca (C_t), a taxa de crescimento relativo (R_w) e a taxa assimilatória líquida (E_A) decresceram à medida que a irrigação foi feita com tensões mais elevadas. A redução na C_t foi devida à redução em L e E_A . Com o decréscimo na disponibilidade da água do solo, o L máximo foi menor e ocorreu mais cedo em face da senescência precoce das folhas. Isto influenciou diretamente na produção de grãos, pois ela foi altamente correlacionada com D.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris*, irrigação, índice de área foliar, taxa de produção de matéria seca, taxa de crescimento relativo, taxa assimilatória líquida.

YIELD AND GROWTH OF DRY BEAN AS INFLUENCED BY SOIL-WATER TENSION. II. GROWTH

ABSTRACT - Effects of three irrigation treatments on bean (*Phaseolus vulgaris* L.) growth were studied. Treatments consisted of irrigating when soil-water tension reached 125 mb, 250 mb and 750 mb. There was a marked reduction in growth with increasing soil-water tension, even at relatively low values. Leaf area index (L), leaf area duration (D), dry matter production (W_t), crop growth rate (C_t), relative growth rate (R_w) and net assimilation rate (E_A) decreased as the irrigation was carried out at higher soil-water tension. The dry matter production decrease was attributed to the decrease in L and E_A . As the soil-water tension increased the L maximum value decreased and occurred sooner, due to early leaf senescence. This, in turn, influenced grain yield, which was highly correlated to D.

Index terms: *Phaseolus vulgaris*, irrigation, leaf area index, crop growth rate, relative growth rate, net assimilation rate.

INTRODUÇÃO

A resposta do crescimento do feijoeiro a mudanças na disponibilidade da água do solo tem sido estudada por alguns pesquisadores. Tem-se verificado decréscimo no índice de área foliar e no rendimento de matéria seca com a redução da água do solo (Couto 1979, Maurer et al. 1969, Resende et al. 1981). A taxa de produção de matéria seca também decresce (Millar & Gardner 1972). Com relação à taxa fotossintética, Resende et al. (1981) observaram que feijoeiros submetidos a estresse hídrico e feijoeiros bem irrigados apresentaram valores semelhantes. O'Toole et al. (1977), ao contrário, verificaram que a taxa fotossintética do feijoeiro decresceu com o aumento do estresse hídrico.

O conhecimento do crescimento da cultura em função da disponibilidade da água do solo é importante para explicar quedas de produção em condições de estresse hídrico. Conforme observaram Gunton & Evenson (1980), o índice de área foliar e a taxa de produção de matéria seca estão altamente correlacionados, e o rendimento do feijoeiro, por sua vez, está altamente correlacionado com o índice e a duração da área foliar.

Este trabalho teve por objetivo verificar como o crescimento do feijoeiro é afetado por diferentes tensões da água do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

A análise de crescimento foi feita num experimento instalado em 24.6.85. Os tratamentos consistiram da combinação de seis níveis de irrigação (irrigar quando a tensão matricial da água do solo atingir 125 mb, 250 mb, 375 mb, 500 mb, 625 mb e 750 mb), com duas profundidades de medição da tensão (15 cm e 30 cm). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Escuro e apresentou fertilidade média e textura argilosa. Utilizou-se a cultivar CNF 010. Detalhes do experimento foram apresentados em trabalho anterior (Stone et al. 1988).

¹ Aceito para publicação em 29 de abril de 1987.

² Eng. - Agr., Dr., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), Caixa Postal 179, CEP 74000 Goiânia, GO.

³ Eng. - Agr., M.Sc., EMBRAPA/CNPAP.

Para a análise do crescimento, consideraram-se apenas os tratamentos com as tensões de 125 mb, 250 mb e 750 mb, medidas a 15 cm. Foram feitas sete amostragens semanais de plantas, começando aos 24 dias após a emergência. Em cada uma delas coletavam-se três plantas por tratamento. Determinou-se a área foliar com medidor de área portátil Lambda, modelo LI-3000. Após a secagem das plantas, em estufa, a 75°C, determinou-se o peso da matéria seca (W_t). O índice de área foliar (L) foi obtido pela multiplicação da área foliar média de uma planta, em m^2 , pelo número de plantas por m^2 . A duração da área foliar (D), expressa em dias, foi obtida pela integração da curva de L em função do tempo.

As curvas de L e de W_t em função do tempo foram ajustadas pelas seguintes equações (Buttery 1969):

$$W_t = e^{(a + bt + ct^2)}$$

$$L = e^{(a_1 + b_1t + c_1t^2)}$$

Os coeficientes foram estimados através de análise de regressão, após transformação das equações para a forma logarítmica.

Para determinação dos valores instantâneos da taxa de produção de matéria seca (C_t), empregou-se a derivada da equação ajustada da matéria seca em relação ao tempo ($C_t = \frac{dW}{dt}$). Os valores instantâneos da taxa de crescimento relativo (R_w) foram obtidos pela fórmula $R_w = C_t/W_t$. No cálculo da taxa assimilatória líquida (E_A) foram usados os valores instantâneos de C_t e L, empregados na equação $E_A = C_t/L$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas, ajustadas, do índice de área foliar (L) e do rendimento de matéria seca (W_t) em função da idade da planta, de feijoeiros irrigados às tensões de 125 mb, 250 mb e 750 mb, são apresentadas nas Fig. 1 e 2, respectivamente. Observa-se que o ajuste foi muito bom, sendo o menor valor de R igual a 0,84 para L e 0,92 para W_t .

L e W_t apresentaram valores menores, à medida que a irrigação foi feita com maiores tensões da água do solo. Reduções em L e W_t de feijoeiros com o decréscimo da disponibilidade da água do solo foram observadas por vários autores (Couto 1979, Maurer et al. 1969, Resende et al. 1981). Os valores máximos de L foram iguais a 2,48, 1,91 e 1,60, para as tensões de 125 mb, 250 mb e 750 mb, respectivamente, e ocorreram durante a fase de floração. O valor máximo de L, para o tratamento irrigado à tensão de 125 mb, ocorreu

cerca de cinco dias após o dos outros dois tratamentos. Com a maior disponibilidade de água, as folhas permaneceram verdes por mais tempo e a abscisão foliar foi retardada. Assim, durante a última coleta de amostras, as plantas nesse tratamento ainda não tinham completado a sua maturação. A curva de W_t (Fig. 2) induz a pensar que o crescimento das plantas sem estresse hídrico seja ilimitado. Entretanto, analisando a equação, verifica-se que o ponto de máximo ocorre ao redor dos 84 dias. O número de plantas, neste experimento, não variou significativamente entre os tratamentos de tensão da água do solo (Stone et al. 1988). Desta maneira, as diferenças em L foram devidas a diferenças na área foliar por planta. O estresse hídrico, ao reduzir a turgescência da planta, reduz a expansão celular, o que, por sua vez, reduz o alongamento do caule e da folha. Resende et al. (1981) observaram redução na taxa de expansão foliar de plantas de feijão submetidas a estresse hídrico, em comparação com a de plantas bem irrigadas. De fato, como se pode observar na Fig. 3, a duração da área foliar (D) diminuiu com o aumento da tensão da água do solo. Este decréscimo foi mais acentuado até a tensão de 500 mb. A partir deste valor, os incrementos de tensão praticamente não afetaram a D.

A taxa de crescimento relativo (R_w) e a taxa de produção de matéria seca (C_t) também decresceram à medida que a irrigação foi feita com maiores tensões da água do solo (Fig. 4 e 5). A curva de C_t do tratamento irrigado, à tensão de 125 mb, apresentou um máximo de onze a quatorze dias após o dos tratamentos irrigados às tensões de 250 mb e 750 mb, respectivamente. Como discutido anteriormente, isto se deveu ao retardamento da abscisão foliar, no tratamento irrigado mais freqüentemente. Millar & Gardner (1972) também verificaram que a C_t do feijoeiro foi reduzida à medida que a disponibilidade da água do solo decrescia. Quando a tensão da água do solo aumentou de 280 mb para 400 mb, a C_t decresceu cerca de 47%.

Redução na R_w com o aumento da tensão da água do solo foi observada também em soja (Sivakumar & Shaw 1978). De acordo com estes autores, as causas dessa redução foram o decréscimo da condutância estomática - causado pela perda de turgescência, que causa aumento na taxa

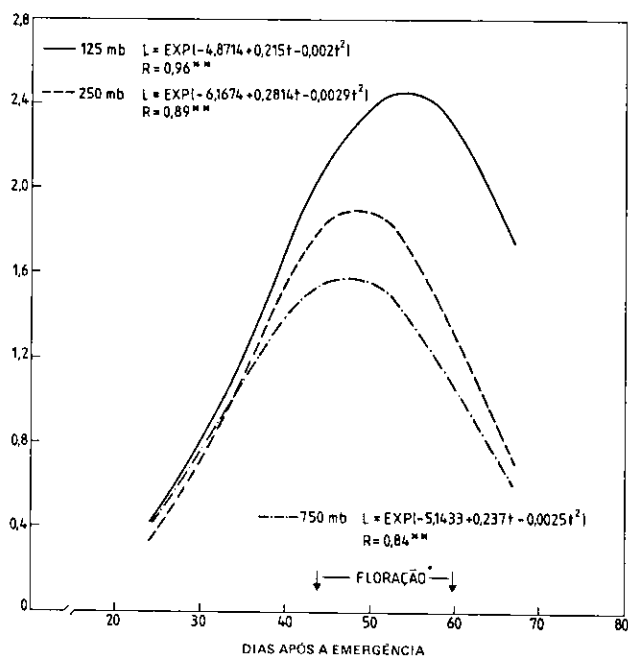


FIG. 1. Índice de área foliar de feijoeiros irrigados com diferentes tensões da água do solo.

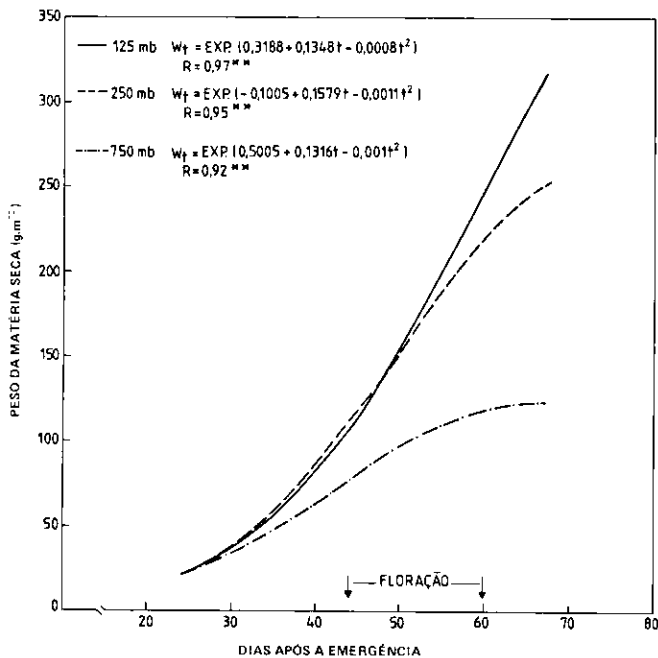


FIG. 2. Rendimento de matéria seca de feijoeiros irrigados com diferentes tensões da água do solo.

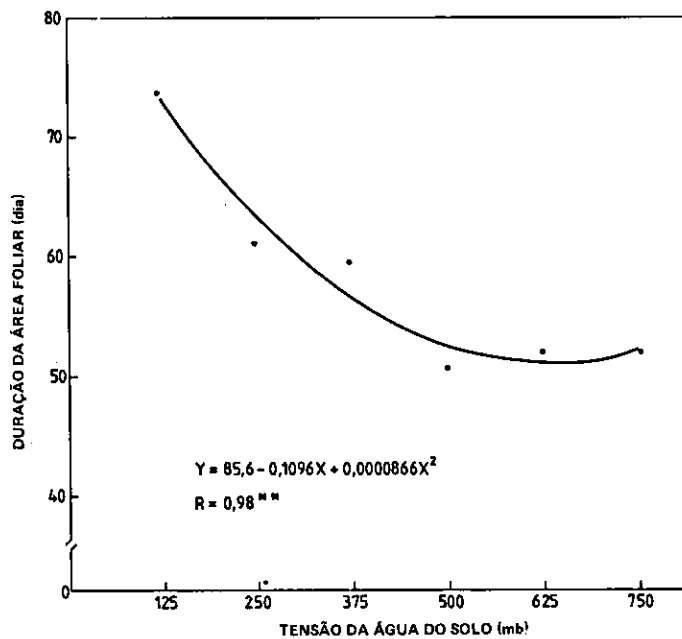


FIG. 3. Duração da área foliar do feijoeiro em função da irrigação com diferentes tensões da água do solo.

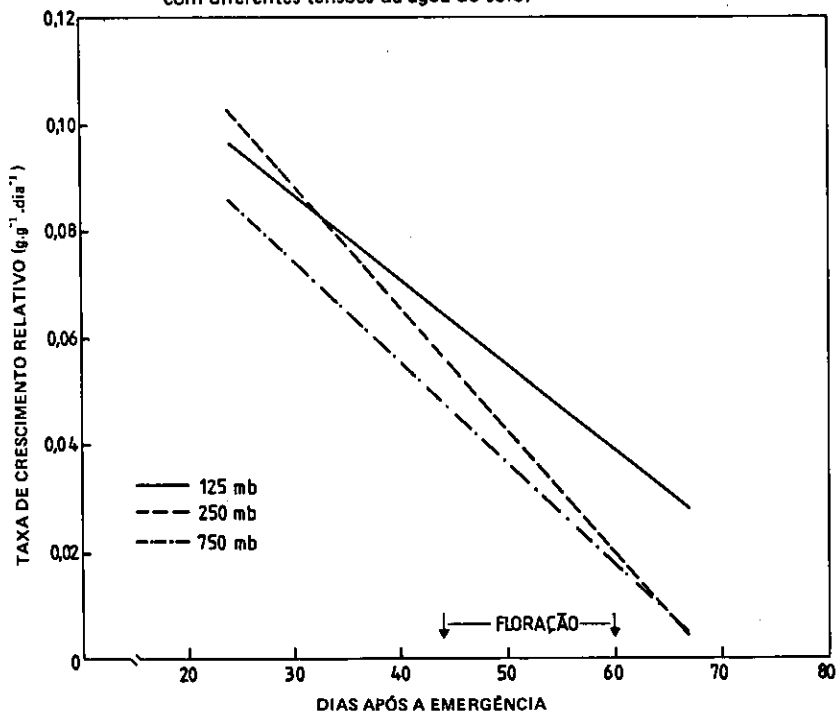


FIG. 4. Taxa de crescimento relativo de feijoeiros irrigados com diferentes tensões da água do solo.

de respiração e na temperatura da folha, e a diminuição da taxa fotossintética, resultante da menor difusão de CO_2 . Além disso, os decréscimos na R_w estão relacionados também com a redução no L, em face da sua importância na interceptação e absorção da radiação solar e na assimilação de carbono.

Em feijoeiro, a C_t está altamente correlacionada com o L, e o rendimento, com o L e a D (Guntton & Evenson 1980). De fato, verifica-se, na Fig. 6, que houve uma forte correlação linear ($r = 0,92$) entre a produção de grãos e a D. Assim, neste experimento, nos tratamentos irrigados com tensões baixas, onde a área foliar era maior e as folhas perduraram por mais tempo, apresentando, conseqüentemente, maior D, a produção de grãos foi maior. A relação entre a produção de grãos e a D pode ser explicada em função da proporção de radiação interceptada. Folhas maiores e que permanecem verdes por mais tempo interceptam mais radiação e, freqüentemente, a quantidade de radiação interceptada apresenta uma relação linear com a taxa de produção de matéria seca total (Farah 1981). Brandes (1971) verificou que o aumento do número de folhas aumentou a produtividade do feijoeiro porque proporcionou maior área foliar, que, por sua vez, pôde interceptar melhor a luz, e, conseqüentemente, melhorou a eficiência da conversão da energia solar até ao ponto em que o auto-sombreamento, presumivelmente, limitou o processo.

Resende et al. (1981) atribuíram o decréscimo no acúmulo de matéria seca, em condições de estresse hídrico, à redução da área foliar, ou seja, da superfície fotossintética. Brandes et al. (1973) observaram que os valores máximos da taxa de produção de matéria seca de feijoeiros plantados nas "águas" foram mais de três vezes superiores aos dos da "seca". A diferença foi devida quase que exclusivamente ao L, pois os valores máximos da E_A não diferiram substancialmente nas duas épocas de plantio. As condições do ambiente (água, temperatura) afetaram, portanto, essencialmente, o L, e não a E_A . O'Toole et al. (1977), ao contrário, verificaram que a taxa fotossintética decresceu com o aumento do estresse hídrico. Neste experimento, concordando com o observado por estes últimos autores, a E_A foi afetada pela

disponibilidade da água do solo. O tratamento irrigado com maior tensão apresentou os menores valores de E_A (Fig. 7). Desta maneira, considerando E_A como uma estimativa da fotossíntese líquida, a redução na produção de matéria seca com o incremento da tensão da água do solo deveu-se à redução ocorrida na área foliar e na taxa fotossintética. Hostalácio & Válio (1984), trabalhando com feijoeiro, e Moursi et al. (1978), com fava, também verificaram que a E_A diminuiu com o decréscimo da água do solo.

A curva de E_A , no tratamento irrigado à tensão de 125 mb, apresentou um ponto de mínimo coincidente com o início da floração. Brandes et al. (1973) e Wallace & Munger (1965) também encontraram este tipo de comportamento. O incremento na E_A , após a sua queda nesse período, está relacionado com o aumento do depósito metabólico representado pelas vagens (Brandes et al. 1973). Para os outros dois tratamentos, o comportamento foi diferente. A E_A decresceu até o início da floração, permaneceu aproximadamente constante durante esta fase, e depois tornou a decrescer abruptamente. Nestes tratamentos, além da senescência mais precoce das folhas, o desenvolvimento das vagens foi afetado negativamente pelas tensões mais elevadas da água do solo. Isto pode ser inferido pela Fig. 2, onde se verifica que, até aos 67 dias após a emergência, a biomassa dos feijoeiros irrigados à tensão de 125 mb foi crescente. Por sua vez, a biomassa dos irrigados, à tensão de 250 mb e 750 mb, tendeu a estabilizar-se a partir dos 60 dias após a emergência, especialmente a do irrigado à tensão de 750 mb.

CONCLUSÕES

1. Há marcante decréscimo no crescimento do feijoeiro com o aumento da tensão da água do solo. Esta redução ocorre mesmo com valor relativamente baixo de tensão, como 250 mb.

2. À medida que a irrigação é feita com tensões mais elevadas da água do solo, diminuem o índice e a duração da área foliar, o rendimento e a taxa de produção de matéria seca, a taxa de crescimento relativo e a taxa assimilatória líquida.

3. A redução na produção de matéria seca de-

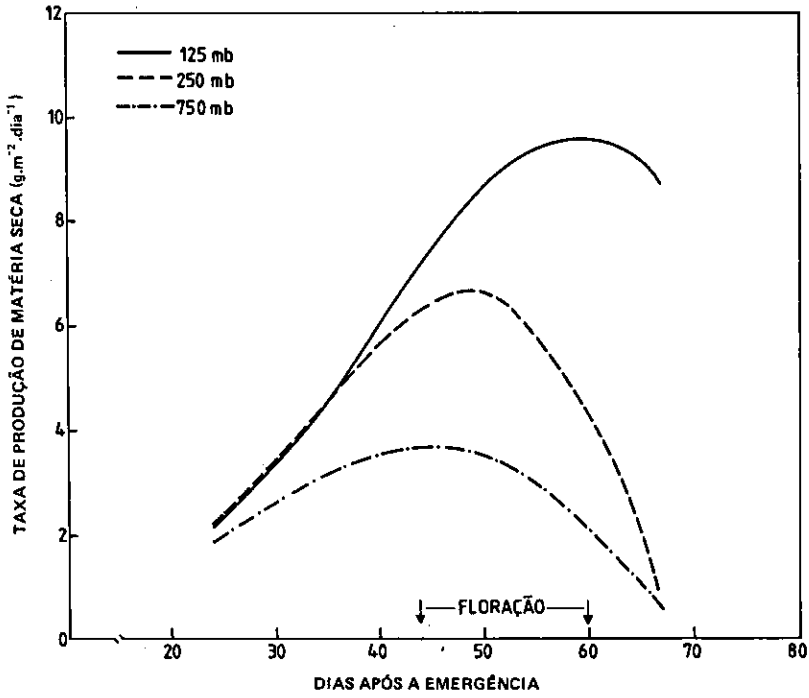


FIG. 5. Taxa de produção de matéria seca de feijoeiros irrigados com diferentes tensões da água do solo.

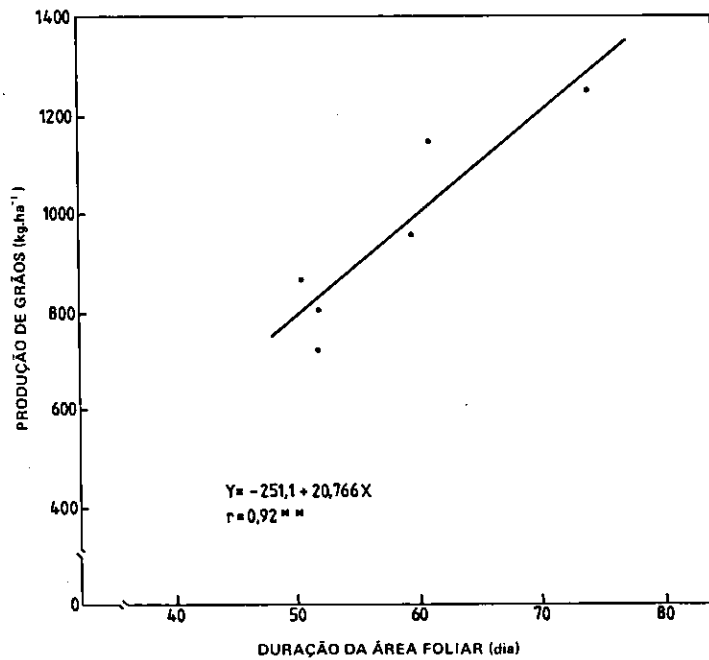


FIG. 6. Produção de grãos do feijoeiro em função da duração da área foliar.

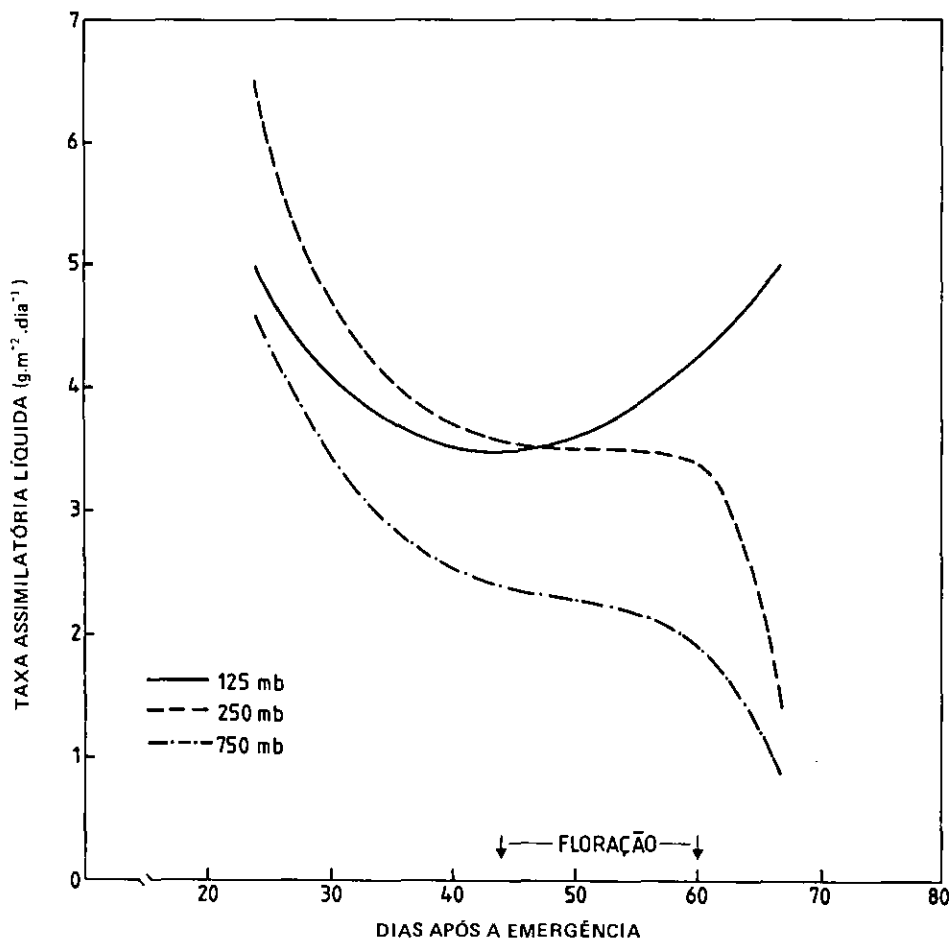


FIG. 7. Taxa assimilatória líquida de feijoeiros irrigados com diferentes tensões da água do solo.

ve-se à redução ocorrida na área foliar e na taxa assimilatória líquida.

4. Com o decréscimo na disponibilidade da água do solo, o índice de área foliar máximo é menor e ocorre mais cedo, em virtude da senescência precoce das folhas. Isto influi diretamente na produção de grãos, pois ela é altamente correlacionada com a duração da área foliar.

REFERÊNCIAS

BRANDES, D. Análise de crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.); efeito da densidade e da época de plantio. Viçosa, UFV, 1971. 109p. Tese Mestrado.
 BRANDES, D.; MAESTRI, M.; VIEIRA, C.; GOMES, F.

R. Efeitos da população de plantas e da época de plantio no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). II. Análise de crescimento. *Experientiae*, 15(1):1-21, 1973.
 BUTTERY, B.R. Analysis of the growth of soybeans as affected by plant population and fertilizer. *Can. J. Plant Sci.*, 49:675-84, 1969.
 COUTO, L. Effects of water stress on growth, reproductive development, dry matter partitioning and yield components of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in the field. *Diss. Abstr. Int. B*, 39(12):5695, 1979.
 FARAH, S.M. An examination of the effects of water stress on leaf growth of crops of field beans (*Vicia faba* L.). 1. Crop growth and yield. *J. Agric. Sci.*, 96:327-36, 1981.
 GUNTON, J.L. & EVENSON, J.P. Moisture stress in navy beans. I. Effect of withholding irrigation at different

- phenological stages on growth and yield. *Irrig. Sci.*, 2(1):49-58, 1980.
- HOSTALÁCIO, S. & VÁLIO, I.F.M. Desenvolvimento de plantas de feijão cv. Goiano Precoce, em diferentes regimes de irrigação. *Pesq. agropec. bras.*, 19(2): 211-8, 1984.
- MAURER, A.R.; ORMROD, D.P.; SCOTT, N.J. Effect of five soils water regimes on growth and composition of snap beans. *Can. J. Plant Sci.*, 49(3):271-8, 1969.
- MILLAR, A.A. & GARDNER, W.R. Effect of the soil and plant water potentials on the dry matter production of snap beans. *Agron. J.*, 64(5):559-62, 1972.
- MOURSI, M.A.; EL-HABBASHA, K.M.; SHAHEEN, A. M. Photosynthetic efficiency, water and nitrogen contents of *Vicia faba* plant as influenced by water deficit. *Egypt. J. Agron.*, 1(2):223-46, 1978.
- O'TOOLE, J.C.; OZBUN, J.L.; WALLACE, D.H. Photosynthetic response to water stress in *Phaseolus vulgaris*. *Physiol. Plant.*, 40(2):111-4, 1977.
- RESENDE, M.; HENDERSON, D.W.; FERERES, E. Freqüência de irrigação, desenvolvimento e produção de feijão Kidney. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 16(3):363-70, 1981.
- SIVAKUMAR, M.V.K. & SHAW, R.H. Relative evaluation of water stress indicators for soybeans. *Agron. J.*, 70(4):619-23, 1978.
- STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A.; SILVA, S.C. da. Efeitos da tensão da água do solo sobre a produtividade e crescimento do feijoeiro. I. Produtividade. *Pesq. agropec. bras.*, 23(2):161-7, 1988.
- WALLACE, D.H. & MUNGER, H.M. Studies of the physiological basis for yield differences. I. Growth analysis of six dry bean varieties. *Crop Sci.*, 5:343-8, 1965.