

**CRESCIMENTO, MORFOLOGIA, PARTIÇÃO DE
ASSIMILADOS E PRODUÇÃO DE MATÉRIA
SECA DO FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)
SUBMETIDO A TRÊS DENSIDADES
DO FLUXO RADIANTE E DOIS
REGIMES HÍDRICOS^{1/}**

Nei Fernandes Lopes^{2/}
Marco Antonio Oliva^{2/}
Maria Mercês de Souza Gomes^{2/}
Victor Ferreira de Souza^{3/}
Milton José Cardoso^{4/}

1. INTRODUÇÃO

Os efeitos do estresse hídrico são intensificados quando as plantas estão sob alta radiação solar, a qual parece ser o agente causador de danos ao sistema fotosintético (3, 19). Desse modo, o sombreamento pode atenuar os efeitos do déficit hídrico.

Estudos com sombreamento artificial mostram ser o feijoeiro uma planta com capacidade de adaptação a condições de baixa densidade de fluxo radiante (1, 13, 14). Assim, é importante considerar os efeitos do estresse hídrico nas plantas, quando submetidas a sombreamento, na tentativa de simular as condições do feijoeiro em consórcio cultural, na época da seca.

Este trabalho analisa os efeitos do déficit hídrico e de diversos níveis de radia-

^{1/} Aceito para publicação em 15-09-1986.

^{2/} Departamento de Biologia Vegetal da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

^{3/} Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Porto Velho, EMBRAPA. 78900 Porto Velho, RO.

^{4/} Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Teresina, EMBRAPA. 64000 Teresina, PI.

ção sobre a morfologia, distribuição de assimilados e produção de matéria seca do feijoeiro, complementando estudo anterior (15).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Plantas de *Phaseolus vulgaris* L. cv. 'Negrito 897' foram submetidas a 30, 62 e 100% da radiação solar incidente e a dois regimes hídricos ($= -0,03$ MPa e $= -1,0$ MPa), em casa de vegetação. As condições do experimento foram as descritas por LOPES *et alii* (15).

As coletas foram efetuadas com intervalos regulares de 10 dias, num total de oito, durante todo o ciclo da cultura, sendo a primeira realizada 10 dias após a emergência.

Em cada coleta as plantas foram cortadas rente ao solo e separadas em partes (folhas, caules com peciolos, vagens e sementes). O sistema radicular foi lavado sobre peneira até que ficasse livre do solo aderente. A secagem do material foi realizada em estufa de ventilação forçada, a 75°C, até peso constante. Tomaram-se o número de folhas e de vagens e a altura da planta, o que consistiu em medir a distância do nível do solo até a extremidade superior da planta.

Todos os valores determinados foram submetidos à análise de variância. Efetuou-se, também, a análise de regressão curvilinear das médias de peso de matéria seca acumulada nas raízes (W_r), caules (W_c) e folhas (W_f). Procurou-se chegar ao polinômio que melhor se ajustasse aos dados primários, de acordo com o proposto por RICHARDS (22). A curva logística de crescimento foi ajustada aos dados de matéria seca acumulada nas vagens (W_v), por meio de um programa interativo, para minimizar a variância residual. A equação empregada foi $W_v = W_m / (1 + Be^{-Ct})$, sendo W_m a estimativa assintótica do crescimento máximo, C e B constantes de ajustamento e t o tempo, em dias. Para determinar os valores instantâneos da taxa de acúmulo de matéria seca de cada parte, empregou-se a derivada da equação ajustada ao peso da matéria seca do órgão vegetal, em relação ao tempo (21, 22).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura das plantas aumentou, com o sombreamento, em ambos os regimes hídricos (Quadro 1). Os valores máximos obtidos foram 39,2, 78,0 e 101,7 e 25,0, 28,8 e 31,8, na capacidade de campo e com estresse hídrico, respectivamente, em ordem decrescente de densidade de fluxo radiante. Com o déficit hídrico, houve redução sensível na altura das plantas, em todos os níveis de luz, com 63,8, 36,9 e 31,3% das alturas máximas obtidas na capacidade de campo. O estresse hídrico provoca um decréscimo na turgescência celular, o que diminui o crescimento por alongamento (4, 11, 27). Entretanto, o sombreamento atenuou o efeito redutor do estresse hídrico sobre o crescimento das plantas em altura. A maior altura das plantas, com o sombreamento, deve-se, provavelmente, ao maior alongamento dos entrenós e ao aumento da dominância apical (23) em razão, possivelmente, do decréscimo de fotoassimilados para os ramos laterais e do aumento do nível de auxina (18).

O alongamento do caule no período pós-florescimento, nas plantas sombreadas, indica mudança no hábito de crescimento, fato observado por LOPES *et alii* (14, 15) e atribuído à capacidade da planta para prolongar o incremento em W_t , em virtude da grande plasticidade dessa leguminosa.

O sombreamento não alterou o número de folhas das plantas (Quadro 1).

QUADRO 1 - Altura média, número médio de folhas e de vagens, relação parte aérea (PA)/sistema radicular (SR), para os três níveis de densidade de fluxo radiante e dois regimes hídricos

Coleta (dias após a emergência)	Altura das plantas (cm)	Número de folhas por planta	Número de vagens por planta			Número de vagens por planta			PA/SR		
			100%	62%	30%	100%	62%	30%	100%	62%	30%
10	CC	6,5	8,9	12,6	3,0	3,0	3,0	3,0	1,3	2,4	2,6
	SH	6,5	9,4	11,6	3,0	3,0	3,0	3,0	1,7	2,3	3,1
20	CC	15,0	19,6	20,4	4,0	4,0	4,0	4,0	1,3	2,0	2,4
	SH	12,3	17,1	19,7	3,0	3,0	3,0	3,0	1,2	1,4	2,4
30	CC	24,2	29,3	37,2	7,2	6,5	7,0	7,0	1,9	2,0	1,9
	SH	13,4	18,2	23,3	4,0	4,5	4,5	4,5	1,2	1,4	1,6
40	CC	33,0	58,0	90,4	10,3	11,3	10,6	10,6	2,7	3,8	4,0
	SH	12,9	23,1	24,2	4,2	5,8	5,7	5,7	1,2	2,3	2,3
50	CC	36,0	73,5	95,8	21,7	21,7	25,0	20,0	24,3	21,0	2,2
	SH	16,6	28,8	31,7	8,0	10,7	14,3	14,3	2,7	7,0	1,8
60	CC	39,2	75,8	101,7	19,3	20,7	22,0	15,5	16,3	14,3	3,1
	SH	25,0	27,3	30,2	10,7	12,7	13,0	3,5	5,7	7,3	2,0
70	CC	37,8	78,0	89,1		2,0	0,6	9,7	10,7	7,7	5,5
	SH	15,2	26,9	31,8	2,0		9,3	1,0	3,3	5,3	1,2

Esse resultado, também encontrado por LOPES *et alii* (14) e ALMEIDA (1), é contrário ao observado em várias outras plantas (8, 17, 25), nas quais ocorreu redução. O déficit hídrico, por outro lado, provocou diminuição do número de folhas, o que corrobora resultados de COSTA (7). A produção de folhas pelas culturas representa a produção da superfície fotossintética. Baixo potencial hídrico foliar influencia esse processo, através de seus efeitos sobre a iniciação foliar nos meristemas e posterior alongamento das folhas. A taxa de iniciação foliar torna-se mais lenta, ou mesmo cessa, à medida que a dessecação prossegue (12). O menor número de folhas diminui a área foliar (15, 16), reduzindo a superfície transpirante. A resposta da planta ao déficit hídrico não foi alterada pelo sombreamento.

O sombreamento não alterou o número de vagens das plantas, ao contrário do déficit hídrico, que o reduziu drasticamente (Quadro 1). Comparando os valores das plantas sem déficit hídrico com os das estressadas, o sombreamento aumentou o número de vagens das estressadas. O maior número de vagens ocorreu aos 50 e 60 dias após a emergência, para as plantas na capacidade de campo e com déficit hídrico, respectivamente. Como as vagens são formadas nas axilas das folhas, maior número de folhas significa, possivelmente, maior número de vagens e, consequentemente, maior rendimento de grãos.

A razão parte aérea/sistema radicular aumenta com o sombreamento, independentemente do regime hídrico, e com a ontogenia das plantas (Quadro 1). As plantas submetidas ao déficit hídrico sempre apresentaram valores menores de razão parte aérea/sistema radicular do que os daquelas na capacidade de campo, embora com a mesma tendência de aumento com o sombreamento. A aplicação de estresse na parte aérea, a despeito de trazer prejuízo a essa parte da planta, prejudica mais o sistema radicular. No entanto, pelo que parece, dois estresses simultâneos, na parte aérea e no sistema radicular, apesar de diminuírem a relação por desacelerarem ainda mais o crescimento da parte aérea, reduzem mais o crescimento do sistema radicular. Isso resulta, provavelmente, de menor translocação de carboidratos oriundos da parte aérea. A partição de carbono entre as partes da planta é claramente influenciada pela atividade relativa ou força dos drenos que competem entre si (9). A força do dreno é, também, relacionada com a proximidade da fonte de carbono (6). Isso é particularmente importante quando o suprimento de carbono é limitado (28, 29). Portanto, drenos de crescimento nos ramos podem receber maior proporção de carbono, liberado durante a mobilização de amido, porque eles estão ligados a sítios de mobilização.

A ordem seqüencial dos drenos metabólicos preferenciais, durante o desenvolvimento das plantas, não foi alterada pelos regimes de luz e de água (Figura 1). Inicialmente, as raízes e as folhas foram os drenos metabólicos preferenciais; após algum desenvolvimento, houve mudança para o caule. Quando o caule atingiu a taxa máxima de produção de matéria seca, teve início o período de enchimento de sementes, com a consequente mudança do dreno metabólico preferencial para essa parte da planta, de modo acentuado e definitivo. O aumento do poder competitivo das vagens parece ser devido ao fluxo de nutrientes e de água, facilitado pelo crescimento vascular acentuado, promovido pelas auxinas (10), e o descarregamento de fotoassimilados derivados do floema para tecidos-drenos parece ser promovido pelo ácido abscísico (ABA). Estudos com feijão evidenciam a influência de 6-benzilamino purina (BAP) e ABA no descarregamento de fotoassimilados derivados do floema para o tegumento da semente (5). Realmente, durante o desenvolvimento, a semente de soja mantém alto nível de ácido abscísico (20, 24).

O acúmulo de matéria seca nas folhas (W_f) das plantas em solo na capacidade de campo aumentou com o nível de luz (Figura 2A). Nas plantas com deficiência

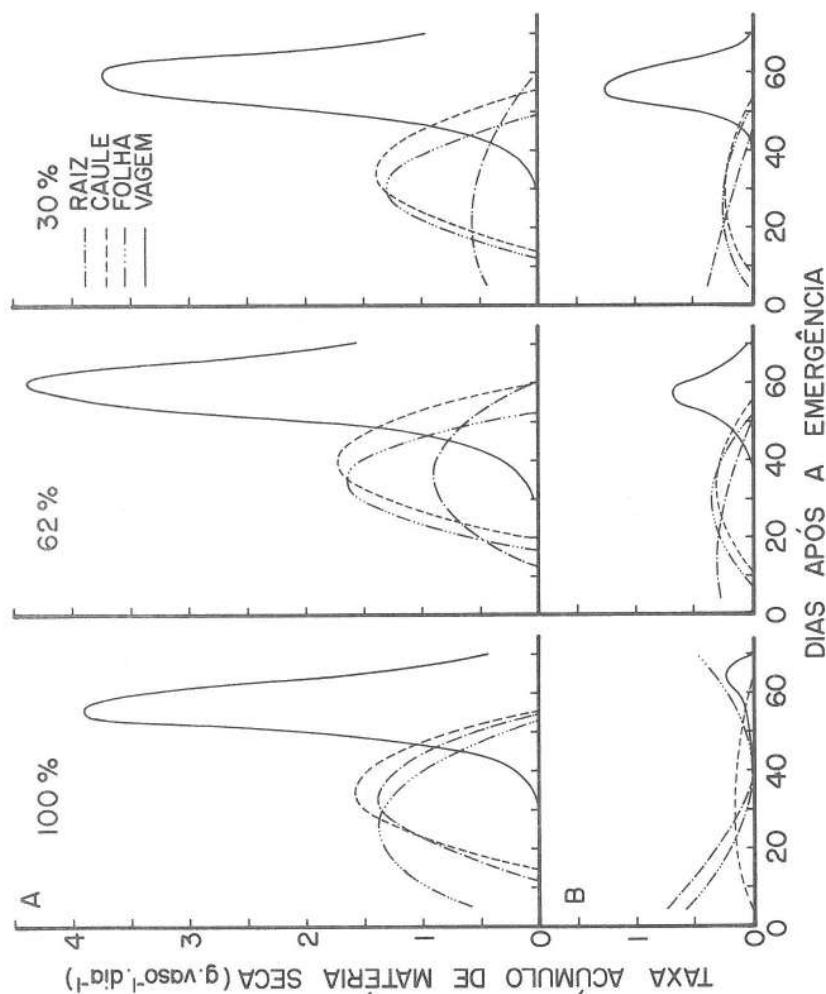


FIGURA 1 - Taxa de acúmulo de matéria seca nas raízes, caules, folhas e vagens, em três níveis de radiação solar e dois regimes hídricos. A - capacidade de campo ($\approx -0,03 \text{ MPa}$) e B - estresse hídrico ($\approx -1,0 \text{ MPa}$).

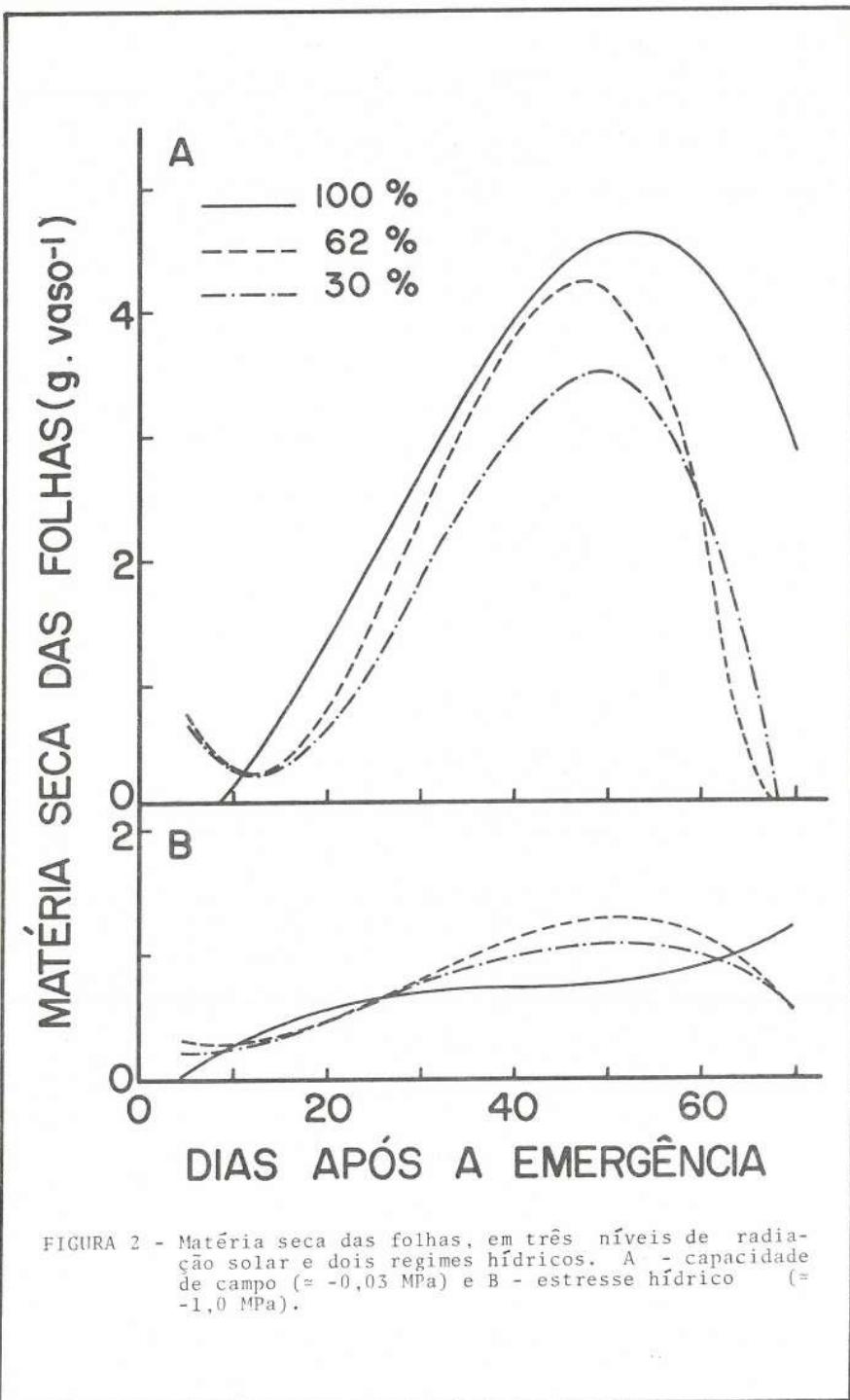


FIGURA 2 - Matéria seca das folhas, em três níveis de radiação solar e dois regimes hídricos. A - capacidade de campo ($\approx -0,03$ MPa) e B - estresse hídrico ($\approx -1,0$ MPa).

de água, no entanto, o efeito redutor do estresse hídrico foi maior nas plantas em plena luz (Figura 2B). A redução do acúmulo de matéria seca nas plantas sob déficit hídrico foi, possivelmente, resultado da forte redução do número de folhas destas, em relação às plantas sem deficiência hídrica. Os valores máximos de W_f foram obtidos em torno do 50.º dia após a emergência, independentemente dos níveis de luz e de água. No entanto, esses valores foram marcadamente diferentes, principalmente considerando os regimes hídricos. Os valores de W_f decresceram a partir do início do período de enchimento de grãos, em razão, provavelmente, de ser a emissão de novas folhas superada pela senescência foliar, além de ser acen-tuada a translocação de assimilados, nessa época, para a formação de grãos.

No caule, o acúmulo de matéria seca (W_c) atingiu valores maiores nas plantas com 70% de fluxo radiante, independentemente do regime hídrico (Figura 3). O déficit hídrico reduziu drasticamente o acúmulo de matéria seca no caule. Resultados de menor acúmulo de matéria seca em caules por motivo de estresse hídrico já foram observados (7, 16). O menor acúmulo de W_c ocorreu nas plantas plenamente iluminadas, indicando que o sombreamento, quando há estresse hídrico, minimiza as perdas de matéria seca. Os valores máximos de W_c foram 4,3, 4,6 e 3,9 e 0,7, 1,1 e 0,9 g·vaso⁻¹ para as plantas na capacidade de campo e com estresse hídrico, respectivamente. Esses valores ocorreram aos 55 dias na capacidade de campo e aos 65 e 55 dias após a emergência para as plantas submetidas ao déficit hídrico, plenamente iluminadas e sombreadas, na ordem. O acúmulo máximo de matéria seca no caule das plantas em solo na capacidade de campo ocorreu cinco dias após o acúmulo máximo de matéria seca nas folhas. A queda dos valores de W_c , coincidindo com incrementos cada vez maiores nas vagens, mostra a mobilização de assimilados do caule para as partes reprodutivas, que passam a ser os drenos preferenciais de assimilados (7, 14, 17).

O acúmulo de matéria seca nas raízes (W_r) das plantas em solo na capacidade de campo foram superiores nas maiores densidades do fluxo luminoso (Figura 4A). O déficit hídrico reduziu sobremaneira o acúmulo de W_r (Figura 4B). O menor crescimento do sistema radicular, por estresse de água prolongado, pode criar uma condição desfavorável, na qual a menor massa radicular pode explorar menor volume de solo e, consequentemente, menos água estaria disponível para a planta. Com o déficit hídrico, inicialmente, as plantas plenamente iluminadas acumularam mais matéria seca nas raízes, mas em torno de 40 dias foram suplantadas pelas plantas sob 70% do fluxo radiante. As plantas com apenas 30% da densidade do fluxo de luz sempre acumularam menos matéria seca. Redução de matéria seca de raízes em razão de menor densidade luminosa já foi observada (14), provavelmente devido à menor disponibilidade de carboidratos para as plantas (30). O valor máximo de W_r nas plantas estressadas ocorreu aos 40 dias para as plenamente iluminadas e aos 50 dias para aquelas com apenas 30% do fluxo luminoso. Os valores máximos de acúmulo de matéria seca foram 4,4, 3,1 e 2,2 e 1,0, 1,1 e 0,8 na capacidade de campo e com estresse hídrico, respectivamente, em ordem decrescente de radiação.

As curvas de matéria seca das vagens (W_v), sem déficit hídrico (Figura 5A), com tendência logística, se confundiram, até atingirem cerca de 60 dias, após a emergência. Após esse tempo, as plantas sombreadas com 70% do fluxo luminoso apresentaram maior acúmulo de W_v , seguidas das que receberam 30% de luz. O menor acúmulo de W_v nas plantas em plena luz foi causado, possivelmente, pela senescência acelerada das plantas, o que encurtou o período de enchimento das sementes, em relação às sombreadas. O déficit hídrico reduziu drasticamente W_v (Figura 5B), em razão da baixa produção de fotoassimilados (26). Os acúmulos

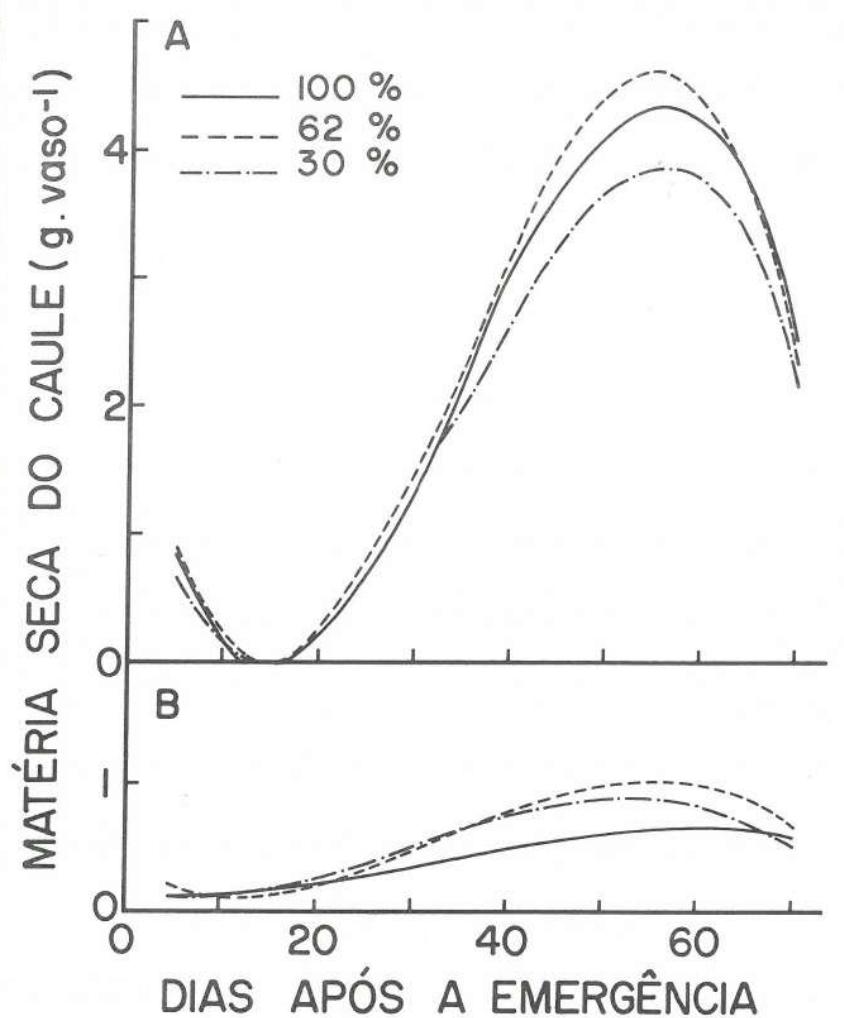


FIGURA 3 - Matéria seca do caule, em três níveis de radiação solar e dois regimes hídricos. A - capacidade de campo ($\approx -0,03$ MPa) e B - estresse hídrico ($\approx -1,0$ MPa).

máximos de matéria seca nas vagens foram de 6,0, 7,6 e 6,5 e 0,1, 1,0 e 1,7 g.vaso⁻¹, na última colheita, para as plantas sem e com estresse hídrico, respectivamente, em ordem decrescente de nível de luz. As plantas com deficiência de água apresentaram valores de 1,7, 13,1 e 23,0%, apenas, das das não estressadas, em ordem decrescente de radiação.

A matéria seca acumulada nas sementes (W_s) aumentou, a partir do seu aparecimento até a última colheita (Figura 6), o que indica a translocação de assimi-

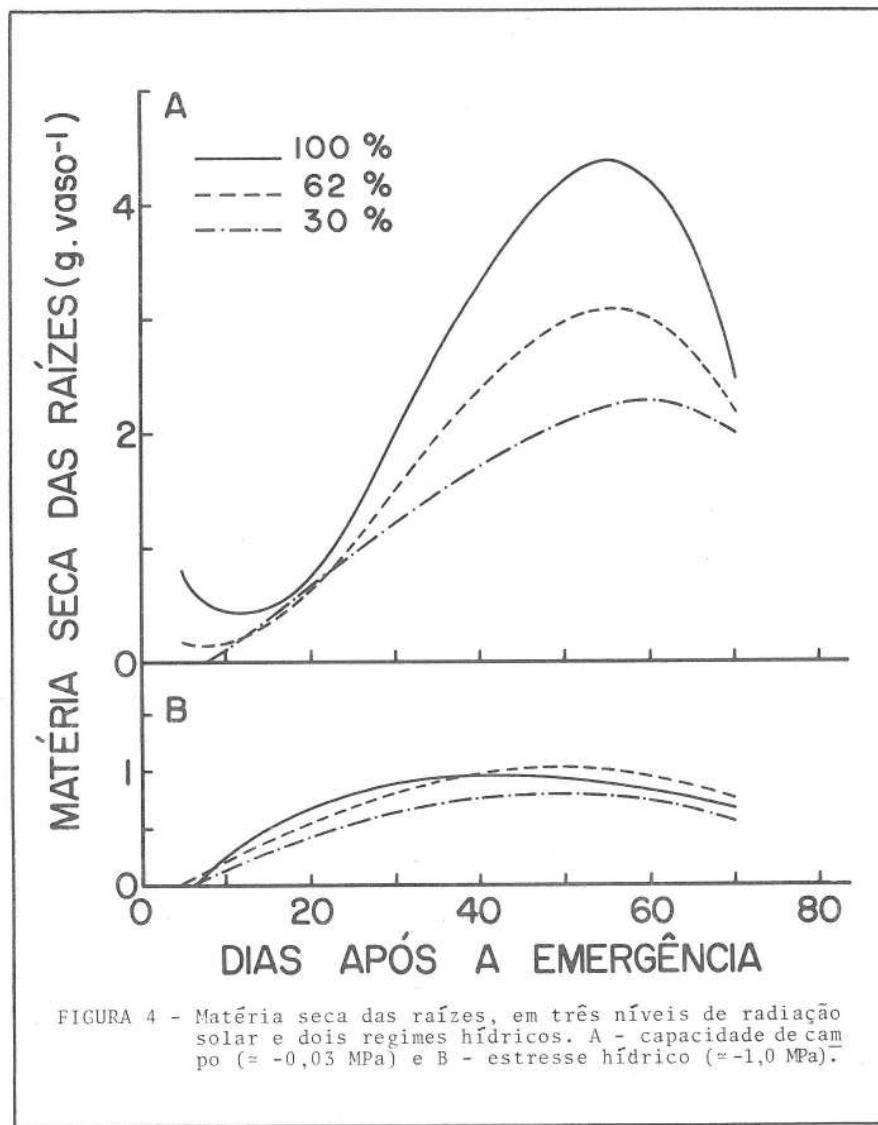


FIGURA 4 - Materia seca das raízes, em três níveis de radiação solar e dois regimes hídricos. A - capacidade de campo ($\approx -0,03$ MPa) e B - estresse hídrico ($\approx -1,0$ MPa).

lados do pericarpo, que se reduziu na última colheita, e de outros órgãos para as sementes, que passaram a ser o dreno metabólico preferencial (1, 2, 7, 14, 17).

O déficit hídrico reduziu a matéria seca das sementes de forma drástica, e apenas as plantas sombreadas, embora de forma extremamente reduzida, apresentaram W_S .

O nível de luz não alterou os valores médios de acúmulo de matéria seca nas vagens, pericarpo e sementes. Ao contrário, observou-se ligeira diferença, em favor das sombreadas. Esse resultado, contrário ao observado por diversos autores (1, 7, 14), possivelmente foi causado pela senescência acelerada das plantas não sombreadas.

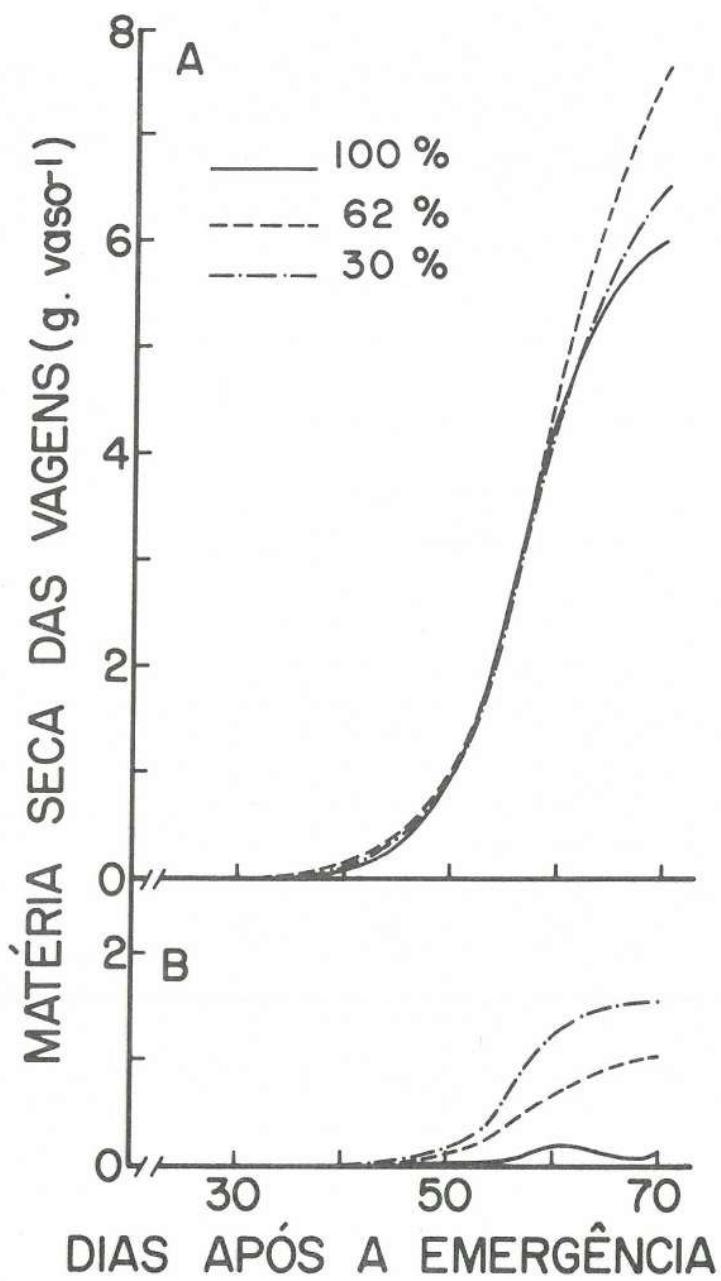


FIGURA 5 - Matéria seca das vagens, em três níveis de radiação solar e dois regimes hídricos. A - capacidade de campo ($\approx -0,03$ MPa) e B - estresse hídrico ($\approx -1,0$ MPa).

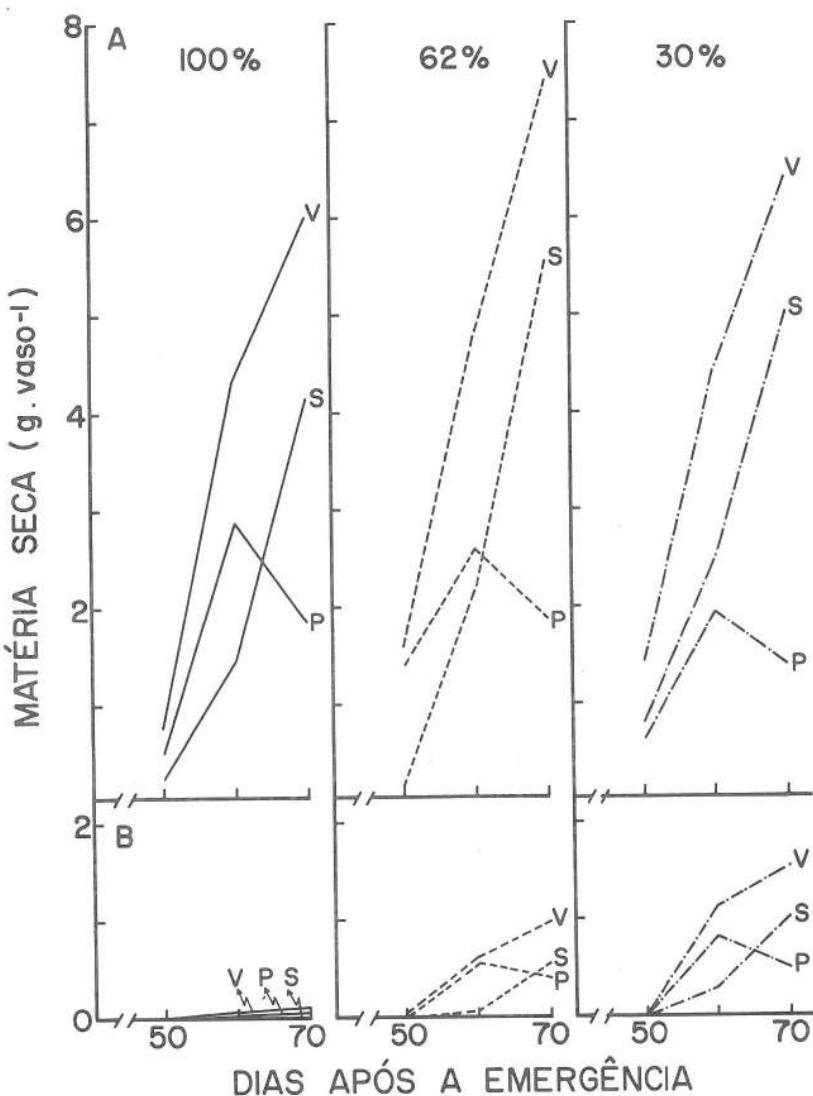


FIGURA 6 - Matéria seca das vagens e suas partes, sendo V = vagens, P = pericarpos e S = sementes, em três níveis de radiação solar e dois regimes hídricos. A - capacidade de campo ($\approx -0,03$ MPa) e B - estresse hídrico ($\approx -1,0$ MPa).

4. RESUMO

Crescimento, morfologia, partição de assimilados e produção de matéria seca foram estudados em *Phaseolus vulgaris* L. cv 'Negrito 897', com três níveis de luz (30, 62 e 100% de radiação solar) e dois regimes hídricos ($\approx -0,03$ MPa e $\approx -1,0$ MPa), em casa de vegetação. As colheitas foram realizadas com intervalos regulares de 10 dias.

O número de folhas e de vagens não foi alterado pelo sombreamento, mas foi sensivelmente reduzido pela deficiência de água. O déficit hídrico reduziu a altura da planta, porém o sombreamento atenuou esse efeito e, nas plantas em solo na capacidade de campo, favoreceu o alongamento do caule.

A ordem seqüencial dos drenos metabólicos preferenciais não foi alterada pelos tratamentos de luz e água, mas, sim, pela ontogenia das plantas. No início, as raízes e as folhas foram os drenos metabólicos preferenciais, com posterior mudança para o caule. Quando o caule atingiu a taxa máxima de produção de matéria seca, teve início o período de enchimento de sementes, com a mudança do dreno metabólico para essa parte da planta, de modo acentuado e definitivo.

A razão parte aérea/sistema radicular aumentou com o sombreamento, independentemente do regime hídrico, e com a ontogenia das plantas. Os valores dessa razão foram reduzidos pela deficiência de água. O nível de luz não alterou os valores médios de acúmulo de matéria seca nas vagens, pericarpos e sementes. Com o déficit hídrico, apenas as plantas sombreadas, ainda que de forma extremamente reduzida, apresentaram acúmulo de matéria seca na semente.

5. SUMMARY

(GROWTH, MORPHOLOGY, ASSIMILATE PARTITION, AND DRY MATTER PRODUCTION OF BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) PLANTS UNDER THREE LIGHT LEVELS AND TWO WATER SYSTEMS)

Growth, morphology, assimilate partition and dry matter production, were studied in *Phaseolus vulgaris* L. cv. 'Negrito 897', under three light levels (30, 62 and 100% of sunlight) and two water systems (≈ -0.03 MPa and ≈ -1.0 MPa), in a greenhouse. The plants were harvested at 10-day intervals.

The number of leaves and pods was not altered by shading but it was strongly reduced by water deficiency. The water stress reduced plant height but this effect was attenuated by shading, which increased stem elongation in plants grown under field capacity.

As the bean grew, the preferential sink order changed. At first, it was roots and leaves; later it was the stem. When dry matter production in the stem reached the maximum rate, coincident with pod initiation, the pods became the preferential sink. Watering and shading did not alter this trend.

The shoot/root ratio increased with shading and plant ontogeny, independently of the water system. The values of this ratio were reduced with water deficiency. Dry matter of pods, pericarps and seeds was not affected by light levels and it grew continuously until the final harvest. In the case of plants suffering from water deficiency, only those which were shaded, even when greatly reduced in size, accumulated dry matter in the seeds.

6. LITERATURA CITADA

1. ALMEIDA, A.A.F. *Efeito da radiação solar e do nitrogênio sobre o crescimento, produção e composição química do feijoeiro. (Phaseolus vulgaris L. cv. 'Negrito 897')*. Viçosa, U.F.V., 109 p. 1985. (Tese de Mestrado).
2. BARRIGOSSI, J.A.F. *Resposta fisiológica do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) ao forate e suas consequências entomológicas*. Viçosa, U.F.V., 101 p. 1985 (Tese de Mestrado).
3. BJÖRKMAN, O. & POWLES, S.B. Inhibition of photosynthetic reactions under water stress: Interaction with light level. *Planta* 161:490-504. 1984.
4. BRUNCE, J.A. Leaf elongation in relation to leaf water potential in soybean. *J. Exp. Bot.* 28:156-161. 1977.
5. CLIFFORD, P.E.; OFFLER, C.E. & PATRICK, J.W. Growth regulators have rapid effects on photosynthate unloading from seed coats of *Phaseolus vulgaris* L. *Plant Physiol.* 80:635-637. 1986.
6. COOK, M.G. & EVANS, L.T. Effect of sink size, geometry and distance from the source on the distribution of assimilates in wheat. In: WARDLAW, J.F. & PASSIOURA, J.B. (eds.). *Transport and transfer processes in plants*. New York, Academic Press, 1976. p. 393-400.
7. COSTA, R.C.L. *Efeitos de níveis de água e de doses de nitrogênio sobre o crescimento, morfologia, partição de assimilados e troca de CO₂ em Phaseolus vulgaris L.* Viçosa, U.F.V., 90 p. 1986 (Tese de Mestrado).
8. CROOKSTON, R.K.; TREHARNE, K.J.; LUDFORD, P. & OZBUN, J.L. Response of beans to shading. *Crop Sci.* 15:412-416. 1975.
9. GIFFORD, R.M. & EVANS, L.T. Photosynthesis, carbon partitioning and yield. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 32:485-509. 1981.
10. HESLOP-HARRISON, J. Development, differentiation and yield. In: EASTIN, J.D.; HASKINS, F.A.; SULLIVAN, C.Y.; VAN BAEL, C.H.M. & DINAUER, R.C. (eds.) *Physiological aspects of crop yield*. Madison, American Society of Agronomy, 1969. p. 291-321.
11. HSIAO, T.C. Plant responses to water stress. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24:519-570. 1973.
12. HUSAIN, I. & ASPINALL, D. Water stress and apical morphogenesis in barley. *Ann. Bot.* 34:393-408. 1970.
13. LOPES, N.F.; OLIVA, M.A.; FREITAS, J.G.; MELGES, E. & BELTRÃO, N.E.M. Análise de crescimento e conversão da energia solar em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido a três níveis de densidade do fluxo radiante. *Rev. Ceres* 29:586-606. 1982.

14. LOPES, N.F.; OLIVA, M.A.; MELGES, E.; FURTADO, M.H. ; FREITAS, J.G. Crescimento, morfologia, partição de assimilados e produção de matéria seca do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido a três níveis de densidade do fluxo radiante. *Rev. Ceres* 30:451-462. 1983.
15. LOPES, N.F.; OLIVA, M.A.; CARDOSO, M.J.; GOMES, M.M. & SOUZA, V.F. Crescimento e conversão da energia solar em *Phaseolus vulgaris* L. submetido a três densidades de fluxo radiante e dois regimes hídricos. *Rev. Ceres* 33:142-164. 1986.
16. MARKHART, A.H. Comparative water relations of *Phaseolus vulgaris* L. and *Phaseolus acutifolius* Gray. *Plant Physiol.* 77:113-117. 1985.
17. MELGES, E. *Crescimento, conversão da energia solar e nodulação da soja (Glycine max (L.) Merrill)* sob quatro níveis de radiação solar, em Viçosa, Minas Gerais. Viçosa, U.F.V., 1983. 78p. (Tese de Mestrado).
18. PHILLIPS, I.D.J. Apical dominance. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 26:341-367. 1975.
19. POWLES, S.B. & BJÖRKMAN, O. Photoinhibition of photosynthesis: effect on chlorophyll fluorescence at 77K in intact leaves and in chloroplast membranes of *Nerium oleander*. *Planta* 156:97-107. 1982.
20. QUEBEDEAUX, B.; SWEETSER, P.B. & ROWELL, J.C. Abscisic acid levels in soybean reproductive structures during development. *Plant Physiol.* 58:363-366. 1976.
21. RADFORD, P.J. Growth analysis formulae: They use and abuse. *Crop Sci.* 7: 171-175. 1967.
22. RICHARDS, F.J. The quantitative analysis of growth. In: STEWARD, F.C. (ed.). *Plant physiology: A treatise*. New York, Academic Press, 1969. p. 3-76.
23. RYLE, G.J.A. Effects of light intensity on reproduction in S48-timothy (*Phleum pratense* L.). *Nature* 19:196-197. 1961.
24. SCHUSSLER, J.R.; BRENNER, M.L. & BRUN, W.A. Abscisic acid and its relationship to seed filling in soybeans. *Plant Physiol.* 76:301-306. 1984.
25. SINGH, B.A. Effect of shade on growth of spring barley. *Phyton* 36:53-60. 1978.
26. TURNER, N.C. & BEGG, J.E. Plant-water relations and adaptation to stress. *Plant and Soil* 56:97-131. 1981.
27. TYREE, M.T. & JARVIS, P.G. Water in tissues and cells. In: LANGE, O.L.; NOBEL, P.S.; OSMOND, C.B. & ZIEGLER, H. (eds.) *Physiological Plant Ecology II. Encyclopedia of Plant Physiology*. New Series. Vol. 128. Berlin, Springer-Verlag, 1982. p. 36-71.

28. WARDLAW, J.F. Assimilate partitioning: cause and effect. In: WARDLAW, J.F. & PASSIOURA, J.B. (eds.). *Transport and transfer processes in Plants*. New York, Academic Press, 1976. p. 381-391.
29. WAREING, P.F. & PATRICK, J. Source-Sink relations and the partition of assimilates in the plant. In: COOPER J.P. (ed.) *Photosynthesis and productivity in different environments*. Cambridge, Cambridge University Press, 1975. p. 481-499.
30. WIEN, H.C.; ALTSCHULER, S.L.; OZBUN, J.L. & WALLACE, D.H. ^{14}C — assimilate distribution in *Phaseolus vulgaris* L. during the reproductive period. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101:510-513. 1976.