

Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica¹

Source-sink relationships in cowpea under drought stress

Roselita Maria de Souza Mendes²; Francisco José Alves Fernandes Távora³; João Bosco Pitombeira³ e
Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira⁴

Resumo – Conduziu-se um experimento em casa de vegetação com o objetivo de analisar as alterações na relação fonte-dreno em feijão-de-corda [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], cultivares Epace 10 e Seridó, por meio de ciclos de deficiência hídrica nas fases vegetativa e reprodutiva. O potencial hídrico foliar, a condutância estomática e a transpiração sofreram reduções aos 29 e 52 dias após a semeadura, quando o estresse hídrico foi aplicado nas fases vegetativa e reprodutiva, respectivamente. As plantas apresentaram elevada capacidade de recuperação após o término do estresse aplicado no período vegetativo. As restrições hídricas impostas não influenciaram a capacidade de fonte (número de folhas, área foliar e área foliar específica) e a eficiência reprodutiva, mas reduziu o tamanho do dreno (número de vagens, número e peso de sementes/planta). Quando aplicado na fase vegetativa, o estresse inibiu o processo de abscisão foliar e o potencial de dreno da planta (flores/planta). O cultivar Epace 10 apresentou maiores potencial e capacidade de drenos reprodutivos. O estresse na fase reprodutiva causou grande redução na relação produção de sementes/área foliar em ambos os cultivares.

Termos para indexação: *Vigna unguiculata* (L.) Walp., potencial hídrico, transpiração, estresse hídrico

Abstract - In order to analyse the source-sink relationship in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], cvs. Epace 10 and Seridó, an experiment was developed under cycles of drought stress applied in vegetative and reproductive stages. The leaf water potential, stomatal conductance and transpiration suffered reductions at 29 and 52 days after planting when water stress was applied in vegetative and reproductive stages, respectively. The plants showed high capacity of recovering after the end water stress applied in the vegetative period. The water restrictions applied did not influence the source capacity (leaf number, leaf area and specific leaf area) and the reproductive efficiency, but reduced the sink size (number of pods, and number and weight of seeds per plant). The stress inhibited the leaf abscission process and the plant sink potential (flowers per plant) when applied during the vegetative phase. The Epace 10 showed higher potential and capacity of reproductive sinks. Stress in reproductive phase induced large reduction in seed production/leaf area rate on both cultivars.

Index terms: *Vigna unguiculata* (L.) Walp., water potential, transpiration, water stress

¹ Recebido para publicação em 09/04/2006; aprovado em 02/11/2006.

² Eng. Agrônomo, D. Sc., Profa. da Universidade Estadual do Ceará, Campus do Itaperi, CE, (85) 31019801, e-mail: roselita@uece.br

³ Eng. Agrônomo, Ph. D., Prof. do Dep. de Fitotecnia, CCA/UFC, CE, e-mail: tavora@ufc.br

⁴ Bióloga, D. Sc., Profa. da Universidade Federal Rural de Pernambuco, PE

Introdução

O feijão-de-corda é considerada uma planta rústica, adaptando-se às diferentes condições de clima e solo, sendo cultivado em regiões úmidas, subúmidas e semi-áridas. Caracteriza-se por apresentar excelente capacidade de adaptação à seca, embora essa capacidade varie entre os cultivares e os estádios de desenvolvimento (Gwathmey & Hall, 1992).

Dada sua importância sócio-econômica, o cultivo do feijão-de-corda ainda é feito de forma rudimentar e a produtividade média no semi-árido brasileiro é muito baixa. Entre os fatores que comumente limitam a produtividade do feijão-de-corda na região Nordeste, está a deficiência hídrica.

Vários parâmetros têm sido estudados para avaliar a resposta das espécies vegetais ao déficit hídrico, destacando-se o potencial hídrico foliar (Ferreira et al., 1991, Costa et al., 1997, Pimentel & Perez, 2000), potencial osmótico e conteúdo relativo de água (Gesch et al., 1992), a temperatura foliar (Távora & Melo, 1991, Cascardo et al., 1993), a condutância estomática e a transpiração (Eckstein & Robinson, 1996). Apesar da existência de um volume significativo de pesquisas sobre a influência desse fator na produção (Craufurd et al., 1996, Leite et al., 2000, Bastos et al., 2002, Andrade Júnior et al., 2002, Bezerra et al., 2003) ainda há carência de informações, principalmente a respeito dos seus efeitos na relação fonte/demanda da planta.

De maneira geral, melhores produções em grandes culturas são obtidas através do sucesso da regulação nas relações fonte-dreno, ou seja, na produção e utilização dos fotoassimilados (Zamski & Scaffer, 1996). O aumento da razão fonte-dreno pode reduzir o efeito do estresse hídrico sobre o tamanho da semente (Souza et al., 1997).

O conhecimento mais detalhado do desenvolvimento da cultura, em função das alterações da relação fonte-dreno torna-se um importante instrumento para contribuir na busca de explicação para o baixo potencial produtivo da cultura em regiões semi-áridas. Neste trabalho, analisaram-se os efeitos das alterações na relação fonte-dreno em feijão-de-corda, por meio da imposição do estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, no período de 31 de outubro de 2000 a 29 de janeiro de 2001, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade

Federal do Ceará, Campus do Pici, em Fortaleza-CE, Brasil, com coordenadas geográficas 3°44' latitude Sul e 38°33' longitude Oeste e altitude 19,5 metros.

Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados, com esquema fatorial 3 x 2 e quatro repetições, perfazendo um total de 24 parcelas, perdendo-se uma delas. As sementes foram semeadas em vasos drenados com 29 cm de diâmetro por 32 cm de altura, contendo 15 litros de solo de textura franco-arenosa, e após 10 dias procedeu-se o desbaste, deixando-se duas plantas por vaso (parcela). Foram realizadas adubações com NPK, na proporção 20-30-30 kg.ha⁻¹ e pulverizações preventivas contra mosca-branca com Azodrin 400 (1 ml/L H₂O) e Agritoato 40 (1 ml/L H₂O).

Os tratamentos consistiram na combinação de três regimes hídricos e dois cultivares (Epace 10 e Seridó). Os regimes hídricos foram: (1) controle, com irrigação diária; (2) estresse no estádio vegetativo, onde as plantas foram submetidas a ciclos de deficiência hídrica do 10° ao 44° dia após a semeadura (DAS) e (3) estresse hídrico no estádio reprodutivo, com ciclos de deficiência hídrica aplicada do 44° ao 90° DAS.

Nos tratamentos submetidos a estresse hídrico, quando as plantas apresentavam características visuais de estresse (murcha das folhas trifoliadas) e a umidade do solo aproximava-se do ponto de murcha permanente, fazia-se irrigação até atingir a saturação. Iniciando-se, a partir daí, um novo ciclo de deficiência hídrica. As irrigações foram efetuadas entre 9:45 e 10:00 h da manhã, no 29° e 44° DAS, para as plantas estressadas na fase vegetativa (FV), sendo que a partir do 44° dia o solo passou a ser mantido próximo à saturação até o final do ciclo. Para as plantas que receberam o estresse na fase reprodutiva (FR), não houve restrição hídrica até o 44° DAS, recebendo novamente irrigações aos 52; 60; 67 e 72 dias do ciclo.

As determinações de potencial hídrico foliar (ψ_w), condutância estomática (*gs*), transpiração e temperaturas da folha e do ambiente foram efetuadas entre 7:30 e 9:30 h da manhã, aos 29 dias (FV) e 52 dias (FR), ocasião em que as plantas apresentaram sinais agudos de deficiência hídrica, ao final do primeiro ciclo de estresse. O potencial hídrico foliar foi determinado no folíolo central da quarta folha a partir da base, através de uma câmara de pressão (Bomba de Scholander), modelo 3005 da "Soil Moisture Equipment", Santa Bárbara, Califórnia, USA.

As determinações da condutância estomática, transpiração, temperaturas da folha e do ambiente foram feitas na quarta folha a partir da base, nas faces abaxial e adaxial, utilizando-se um porômetro modelo "LICOR 1600

steady state” da LICOR Inc., Lincoln, Nebraska, USA. Os dados de resistência estomática obtidos foram transformados em valores de condutância, de acordo com Perez & Moraes (1991): $gs = 0,5(1/Rad + 1/Rab)$, onde Rad = resistência foliar no lado adaxial e Rab = resistência foliar no lado abaxial.

As seguintes variáveis foram determinadas: % de abscisão foliar total e nos períodos de 50-60; 60-70; 70-80 e 80-90 DAS; número de folhas por planta; área foliar total; área foliar específica; matéria seca da parte aérea; número de flores e vagens por planta; eficiência reprodutiva (número de vagens/flores); comprimento de vagem; número de sementes por vagem; peso de 100 sementes; número e peso de sementes por planta.

Os valores de percentagem de abscisão foliar e dos números de flores e de vagens por planta foram transformados. As médias obtidas foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade (Banzatto & Kronka, 1989).

Resultados e Discussão

Crescimento vegetativo

O processo de abscisão foliar nos dois cultivares foi iniciado aos 50 DAS e, a partir daí, constatou-se um aumento progressivo com a idade da planta, tanto sob condições controle, como de deficiência hídrica. Em relação ao controle, as plantas submetidas ao déficit hídrico na fase vegetativa apresentaram menor abscisão foliar total (64,88%) e no período 60-70 DAS (Tabelas 1 e 2).

A menor abscisão foliar constatada nesse tratamento em relação ao controle, pode ser explicada pela redução da área foliar resultante do estresse hídrico imposto na fase vegetativa, provocando uma maior dilatação da duração foliar na fase reprodutiva subsequente.

Já nas plantas estressadas na fase reprodutiva, a abscisão foliar total foi maior no período 50-60 DAS, enquanto que entre 80 e 90 DAS houve uma menor queda de folhas em relação ao controle. Vale lembrar que o processo de abscisão ocorreu exatamente no período em que essas plantas estavam sendo submetidas à deficiência hídrica, tendo uma razão para uma maior perda de folhas para a redução da transpiração.

O cultivar Epace 10 apresentou maior percentagem (%) média de abscisão foliar no período 50-60 DAS (Tabela 1). Quando o estresse foi aplicado na fase reprodutiva, o Epace 10 teve 2,29 vezes mais perda de folhas que o cv. Seridó no período 70-80 DAS (Tabelas 1

e 2). Para ambos os cultivares, a maior queda de folhas ocorreu entre 80-90 DAS, ou seja, no final do ciclo.

Nas plantas submetidas à deficiência hídrica, independente da fase de aplicação do ciclo de estresse, não houve diferença significativa no número de folhas produzidas (Tabela 2) na área foliar total e na área foliar específica (Tabela 3), entre os cultivares e mesmo entre os tratamentos aplicados.

Esses dados corroboram com o observado por Ferreira et al. (1991), Costa (1995) e Rocha (2001) e, no caso da área foliar específica, discordam dos obtidos por Leite et al. (1999). O estresse hídrico aplicado tanto na fase vegetativa como na reprodutiva, reduziu a produção de matéria seca da parte aérea dos dois cultivares, as quais não diferiram significativamente entre si (Tabela 3).

O nível de redução na matéria seca da parte aérea promovido pela deficiência hídrica foi semelhante para as duas fases do ciclo fenológico (Tabela 3). Costa (1995) e Leite et al. (1999), também comprovaram o efeito depressivo do estresse hídrico na produção de matéria seca nesta cultura. O feijão-de-corda, apesar de tolerante a estiagens prolongadas, é considerado bastante suscetível à falta de umidade durante a fase próxima à floração.

Relações hídricas

A avaliação do status hídrico das plantas, quando submetidas à deficiência hídrica nas fases vegetativa e reprodutiva, demonstra que os dois cultivares de feijão-de-corda sofreram reduções significativas no ψ_w , gs e transpiração foliar, com conseqüente aumento na temperatura da folha (Tabelas 4 e 5), confirmando resultados obtidos por outros autores que trabalharam com a mesma cultura (Costa, 1995; Rocha, 2001).

Os valores médios atingidos pelo ψ_w foliar das plantas submetidas a estresse hídrico, ao final dos ciclos de estresse (Tabela 4), foram similares para ambos os cultivares, de -1,51 MPa na fase vegetativa (FV) e de -1,88 MPa na fase reprodutiva (FR). Em estudos com feijão-de-corda, Costa et al. (1997), registraram ψ_w foliar de -1,2 MPa; Gonçalves (1999) e Rocha (2001) obtiveram -1,42 MPa, enquanto Pimentel & Hébert (1999) encontraram valores de -2,3 MPa.

Sob condições de campo, Ferreira et al. (1991), verificaram ψ_w foliar de -1,2 e 1,3 MPa para os tratamentos irrigado e estressado na fase vegetativa, respectivamente. Vale ressaltar que os valores de ψ_w foliar podem variar em razão do estágio fenológico da cultura, da variedade, da disponibilidade hídrica do solo, do déficit de pressão de

Tabela 1 – Abscisão foliar (%) nos períodos de 50-60, 60-70 e 70-80 dias após a semeadura (DAS) de dois cultivares de feijão-de-corda [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] submetidos aos tratamentos controle (C), estresse hídrico na fase vegetativa (FV) e estresse hídrico na fase reprodutiva (FR)

Tratamentos	50-60 DAS			60-70 DAS			70-80 DAS		
	Epáce 10	Seridó	Média	Epáce 10	Seridó	Média	Epáce 10	Seridó	Média
C	8,28 Ab	1,75 B	5,02 b	10,31 ab	7,46 bb	8,88 ab	20,59 ab	21,71	21,15
FV	0,70 b	0,34	0,52 ab	2,31 ab	1,09 ab	1,70 ab	21,87 ab	27,70	24,78
FR	17,80 Aa	4,82 B	11,31 ab	7,31 ab	17,15 ab	12,23 ab	36,43 Aa	15,88 B	26,15
Média	8,93 A	2,30 B	5,61	6,64	8,57	7,60	26,30	21,76	24,03

Médias seguidas da mesma letra maiúscula (linha) e minúscula (coluna) não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 2 – Abscisão foliar (%) no período de 80-90 dias após a semeadura (DAS) e total, e número de folhas por planta de dois cultivares de feijão-de-corda [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] submetidos aos tratamentos controle (C), estresse hídrico na fase vegetativa (FV) e estresse hídrico na fase reprodutiva (FR)

Tratamentos	80-90 DAS			Abscisão total			Nº folhas/planta		
	Epáce 10	Seridó	Média	Epáce 10	Seridó	Média	Epáce 10	Seridó	Média
C	41,44	47,51	44,47 ab	80,62	78,43	79,53 ab	26,0	22,8	24,4
FV	41,24	34,52	37,88 ab	66,12	63,65	64,88 ab	19,0	20,0	19,5
FR	24,77	28,53	26,65 ab	86,31	66,38	76,34 ab	25,0	22,0	23,5
Média	35,82	36,85	36,33	77,68	69,49	73,58	25,3	21,6	22,4

Médias seguidas da mesma letra maiúscula (linha) e minúscula (coluna) não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 3 – Área foliar (cm²/planta), área foliar específica (cm².g⁻¹) e matéria seca da parte aérea (g/planta) de dois cultivares de feijão-de-corda [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] submetidos aos tratamentos controle (C), estresse hídrico na fase vegetativa (FV) e estresse hídrico na fase reprodutiva (FR)

Tratamentos	Área foliar total			Área foliar específica			MS parte aérea		
	Epáce 10	Seridó	Média	Epáce 10	Seridó	Média	Epáce 10	Seridó	Média
C	3168,5	3293,3	3230,9	348,30	341,36	344,83	41,61	38,22	39,91 a ^b
FV	2356,0	2963,0	2659,5	334,94	368,77	351,85	31,32	22,41	26,87 ab
FR	3022,0	3247,0	3134,5	382,41	338,22	360,31	26,10	28,87	27,49 ab
Média	2848,8	3167,7	3008,3	355,22	349,45	352,33	33,01	29,83	31,42

Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna em regimes hídricos, não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 4 – Potencial hídrico foliar (MPa) e condutância estomática (cm.s⁻¹) de dois cultivares de feijão-de-corda [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] submetidos aos tratamentos controle (C), estresse na fase vegetativa (FV) e estresse na fase reprodutiva (FR), medidos aos 29 e 52 dias após a semeadura (DAS)

Tratamentos	Potencial hídrico			Condutância estomática		
	Epáce 10	Seridó	Média	Epáce 10	Seridó	Média
29 DAS						
C	-0,94	-0,94	-0,94 b	1,94	2,32	2,13 ab
FV	-1,51	-1,50	-1,51 a ^b	0,05	0,05	0,05 b
FR	-0,93	-0,93	-0,93 b ¹	2,19	1,97	2,08 ab
Média	-1,13	-1,12	-1,13 ¹	1,39	1,45	1,42
52 DAS						
C	-0,99	-1,05	-1,02 b	0,94	1,21	1,07 bc
FV	-1,05	-1,05	-1,05 b ¹	2,20	2,04	2,12 abc
FR	-1,90	-1,87	-1,88 a ^b	0,04	0,04	0,04 c
Média	-1,31	-1,32	-1,32	1,06	1,10	1,08

Médias seguidas da mesma letra, na coluna em regimes hídricos, não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 5 – Transpiração foliar ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) e relação temperatura foliar/temperatura ambiente (%) de dois cultivares de feijão-de-corda [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] submetidos aos tratamentos controle (C), estresse na fase vegetativa (FV) e estresse na fase reprodutiva (FR), medidos aos 29 e 52 dias após a semeadura (DAS)

Tratamentos	Transpiração			Temp. foliar /Temp. ambiente		
	Epace 10	Seridó	Média	Epace 10	Seridó	Média
29 DAS						
C	24,35	28,61	26,48 ab	96,7	97,0	96,8 b
FV	1,21	1,06	1,13 b	101,6	102,1	101,8 a
FR	27,57	25,32	26,44 ab	96,2	96,6	96,4 b
Média	17,71	18,33	18,02	98,2	98,6	98,4
52 DAS						
C	16,80	18,58	17,69 bc	99,1	97,4	98,2 b
FV	30,00	30,02	30,01 abc	94,6	95,8	95,2 c
FR	1,09	1,09	1,09 c	102,8	102,5	102,6 a
Média	15,96	16,56	16,26	98,8	98,6	98,7

Médias seguidas da mesma letra, na coluna em regimes hídricos, não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

vapor do ar e do horário em que são registrados (Nogueira et al., 1998).

A condutância estomática (g_s) nas plantas controle no 29° DAS foi, aproximadamente, duas vezes superior à g_s aos 52 dias do ciclo (Tabela 4). Gonçalves (1999), também constatou declínio na g_s com a idade da planta, tanto para as plantas testemunha como para as plantas submetidas à deficiência hídrica.

Nesse ensaio, com a elevada redução do ψ_w foliar, em função do estresse aplicado, a g_s foi reduzida a $0,05 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ (fase vegetativa) e a $0,04 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ (fase reprodutiva), respectivamente, tanto para o cv. Epace 10 como para Seridó (Tabela 4).

Em condições de campo, Pimentel et al. (1999) verificaram que a deficiência hídrica não reduziu o conteúdo relativo de água, enquanto que a g_s foi reduzida a $0,01 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$, havendo uma recuperação posterior das plantas do cv. Epace 10.

Independentemente do cultivar, oito dias após a reidratação, ou seja, no 52° DAS, o ψ_w das plantas que sofreram déficit hídrico na fase vegetativa, se aproximou dos valores encontrados nas plantas controle (Tabela 4). Todavia, os valores médios de g_s e transpiração foliar das plantas reidratadas foram significativamente superiores (Tabelas 4 e 5).

Em termos comparativos, com relação aos valores dos tratamentos controle, o aumento na g_s foi de 98% e na transpiração, de 69,6%, obtendo uma redução de 3% na relação temperatura foliar/ambiente, denotando, assim, a capacidade de recuperação dos cultivares Epace 10 e Seridó, característica desejável para a adaptação à seca.

Sob condições controle e em relação ao 29° DAS, os valores absolutos da taxa de transpiração foliar medidos no 52° DAS (período de enchimento da vagem), sofreram reduções de $7,55 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ e $8,03 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ para os cultivares Epace 10 e Seridó, respectivamente (Tabela 5). Em relação ao controle, o valor médio da transpiração foliar dos cultivares foi reduzido em 23,4 vezes no estresse vegetativo e 16,2 vezes no estresse reprodutivo, 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 da planta, mas permite garantir a sobrevivência, desde que o déficit hídrico não seja altamente severo e prolongado. Dessa forma, sem o acionamento dos mecanismos de defesa, as culturas podem manter a transpiração com risco de completa exaustão da água disponível do solo, com sérios danos estruturais e fisiológicos aos tecidos (Silva et al., 1998).

Floração, produção e seus componentes

O estresse hídrico na fase vegetativa provocou atraso no início da floração, em torno de 15 dias no “Epace 10” e 20 dias no “Seridó”. Nessa fase, o estresse promove uma redução do período reprodutivo das plantas, alongando a fase de crescimento vegetativo antes de dar início ao período de formação dos primórdios florais.

O número de flores emitidas foi reduzido pela deficiência hídrica imposta na fase vegetativa, sendo esse efeito menor sobre o cultivar Epace 10 (Tabela 6). Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Costa et al. (1997) com os cvs. Epace 10, Setentão e Pitiúba, mas

Tabela 6 – Número de flores e de vagens por planta e comprimento de vagem de dois cultivares de feijão-de-corda [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] submetidos aos tratamentos controle (C), estresse hídrico na fase vegetativa (FV) e estresse hídrico na fase reprodutiva (FR)

Tratamentos	Flores/planta			Nº vagens/planta			Comprimento de vagem		
	Epace 10	Seridó	Média	Epace 10	Seridó	Média	Epace 10	Seridó	Média
C	81,0	45,5	63,2 a	9,50	6,00	7,75 a	17,80	20,75	19,27
FV	50,0	23,0	36,5 ab	6,00	3,00	4,50 ab	19,20	19,60	19,40
FR	63,0	38,0	50,5 ab	4,50	4,00	4,25 ab	16,70	19,60	18,15
Média	64,7 A	35,5 B	50,1	6,67 A	4,33 B	5,50	17,90 B	19,98 A	18,94

Médias seguidas da mesma letra maiúscula (linha) e minúscula (coluna) não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

estão em desacordo com Távora & Lopes (1990). Estes autores não encontraram reduções significativas na produção de flores do cv. Pitiúba.

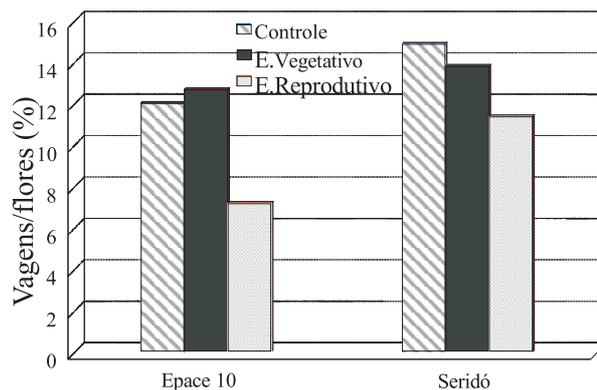
O estresse hídrico imposto tanto na fase vegetativa, como na reprodutiva, reduziu significativamente o número de vagens produzidas em ambos os cultivares (Tabela 6). Esses resultados concordam com os de Costa et al. (1997). Já Ferreira et al. (1991), só encontraram reduções significativas no cv. Pitiúba, quando o estresse ocorreu na fase reprodutiva. Outros autores encontraram reduções no número de vagens por planta com a imposição da deficiência hídrica em feijão-de-corda, cv. EMAPA-821, no período de pré-floração e de enchimento de grãos (Leite et al., 2000) e em feijoeiro comum, no período de floração (Fiegenbaum et al., 1991; Pimentel & Perez, 2000).

O cultivar Epace 10 apresentou maior número de vagens por planta, mas vagens maiores foram formadas pelo cultivar Seridó (Tabela 6). A deficiência hídrica não exerceu influência sobre o comprimento de vagem em ambos os cultivares.

O cultivar Epace 10 obteve maior número de flores por planta, mas a eficiência reprodutiva (relação vagem/flor) foi inferior ao do cultivar Seridó, embora sem diferença significativa (Figura 1). O regime hídrico não teve efeito significativo sobre a relação vagem/flor para o estresse na fase reprodutiva em relação ao controle. Outros pesquisadores observaram que a relação vagem/flor não foi afetada pelo estresse hídrico quando aplicado tanto na fase vegetativa como reprodutiva (Távora & Lopes, 1990; Costa et al., 1997).

O número de flores produzidas por unidade de área foliar foi menor no cultivar Seridó (Figura 2), independentemente do regime hídrico. Os efeitos causados pelo regime hídrico não foram expressivos, destacando-se uma leve redução dessa relação no cultivar Seridó submetido ao estresse hídrico na fase vegetativa.

O déficit hídrico não afetou o número de sementes por vagem dos dois cultivares os quais, por sua vez, não apresentaram diferenças significativas com relação a essa

**Figura 1** - Relação número de vagens/número de flores em dois cultivares de feijão-de-corda submetidos aos tratamentos controle (C), estresse hídrico na fase vegetativa (FV) e estresse hídrico na fase reprodutiva (FR)

variável (Tabela 7). Estes resultados divergem dos obtidos por Costa et al. (1997) e Leite et al. (2000), que encontraram reduções no número de sementes/vagem com a aplicação do estresse hídrico na fase reprodutiva. Ferreira et al. (1991), ao contrário, trabalhando com os cultivares BR-1 e Pitiúba não verificaram diferenças entre eles, nem entre regi-

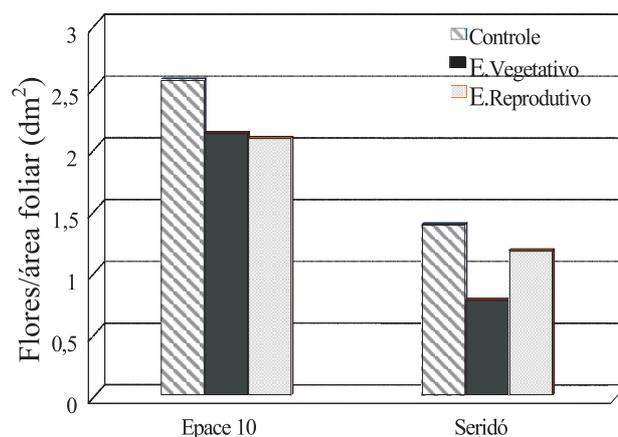
**Figura 2** - Relação flores/área foliar em dois cultivares de feijão-de-corda submetidos aos tratamentos controle (C), estresse hídrico na fase vegetativa (FV) e estresse hídrico na fase reprodutiva (FR)

Tabela 7 – Número de sementes por vagem e peso de 100 sementes (g) de dois cultivares de feijão-de-corda [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] submetidos aos tratamentos controle (C), estresse hídrico na fase vegetativa (FV) e estresse hídrico na fase reprodutiva (FR)

Tratamentos	Número de sementes/vagem			Peso 100 sementes		
	Epace 10	Seridó	Média	Epace 10	Seridó	Média
C	9,00	10,25	9,62	22,93	22,95	22,94
FV	9,50	11,50	10,50	24,20	19,29	21,74
FR	9,00	8,25	8,62	22,74	23,15	22,94
Média	9,17	10,00	9,58	23,29	21,80	22,54

mes hídricos, ao analisarem o tamanho médio das vagens, o número de grãos por vagem, o peso médio de 100 grãos e o peso do pericarpo. Conforme os autores, essas são características de produção normalmente resistentes às modificações induzidas por estresse ambiental.

O peso de 100 sementes não foi afetado pela deficiência hídrica, assim como os cultivares não mostraram diferenças entre si quanto a esta variável (Tabela 7). Resultados semelhantes foram obtidos por Távora & Lopes (1990) e Ferreira et al. (1991). O número e o peso de sementes por planta diferiram significativamente entre os cultivares (Tabela 8). O cv. Epace 10 foi mais produtivo que o cv. Seridó, produzindo mais vagens e maior número e peso de sementes por planta.

A ocorrência de deficiência hídrica resultou em reduções no número e peso de sementes por planta (Tabela 8). Em média, as perdas foram semelhantes para as duas variáveis, em torno de 37,5% quando o déficit hídrico foi aplicado na fase vegetativa e de 49,0% na fase reprodutiva. Os resultados concordam com os obtidos por Costa et al. (1997), mas contrariam os de Ferreira et al. (1991), os quais relatam que a deficiência hídrica durante a fase vegetativa não foi capaz de induzir reduções significativas na produção de grãos em feijão-de-corda.

Observando-se a variação dos componentes de produção (Tabelas 6 e 8), verifica-se que o número de vagens por planta foi o componente de maior expressão no decréscimo do número e peso de sementes por planta (produção individual) em condições de deficiência hídrica.

Estudos desenvolvidos por Fiegenbaum et al. (1991), concordam com esses resultados. A capacidade da área foliar suportar a produção de sementes, caiu sensivelmente nos dois cultivares, quando o estresse hídrico foi aplicado na fase reprodutiva (Figura 3).

O cultivar Seridó, diferentemente do Epace 10, mostrou-se sensível à variação também quando o estresse foi aplicado na fase vegetativa (Figura 3). Como não houve diferenças expressivas no tamanho da área foliar dos demais tratamentos, pode-se inferir que as modificações na relação sementes/área foliar foram devidas às reduções ocorridas na capacidade fotossintética das folhas nos tratamentos em que o estresse hídrico foi imposto, principalmente na fase reprodutiva das plantas.

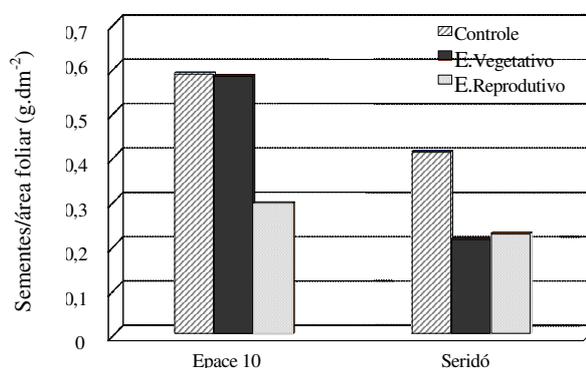


Figura 3- Relação produção de sementes/área foliar em dois cultivares de feijão-de-corda submetidos aos tratamentos controle (C), estresse hídrico na fase vegetativa (FV) e estresse hídrico na fase reprodutiva (FR)

Tabela 8 – Número e peso de sementes por planta (g) de dois cultivares de feijão-de-corda [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] submetidos aos tratamentos controle (C), estresse hídrico na fase vegetativa (FV) e estresse hídrico na fase reprodutiva (FR)

Tratamentos	Nº sementes/planta			Peso de sementes/planta		
	Epace 10	Seridó	Média	Epace 10	Seridó	Média
C	82,5	60,5	71,5 ab	18,59	13,54	16,06 ab
FV	57,0	32,5	44,7ab	13,69	6,35	10,02ab
FR	40,0	33,0	36,5ab	8,98	7,35	8,17 b
Média	59,8 A	42,0 B	50,9	13,76 A	9,08 B	11,42

Médias seguidas da mesma letra maiúscula (linha) e minúscula (coluna) não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Conclusões

O estresse hídrico determinou aumento na relação temperatura foliar/ambiente, reduções no Ψ_w foliar, na condutância estomática e na transpiração aos 29 (FV) e 52 DAS (FR), bem como na matéria seca da parte aérea e no tamanho do dreno (vagens, número e peso de sementes/planta), mas não influenciou a capacidade de fonte (número de folhas, AF e AFE) e a eficiência reprodutiva.

Em ambos os cultivares, o estresse aplicado na fase vegetativa inibiu a abscisão foliar e reduziu o potencial de dreno da planta (número de flores). Na fase reprodutiva causou grande redução na produção de sementes/área foliar. Apenas no cultivar Seridó essa relação foi reduzida pelo estresse imposto na fase vegetativa.

Referências Bibliográficas

- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RODRIGUES, B. H. N.; FRIZZONE, J. A.; CARDOSO, M. J.; BASTOS, E.A.; MELO, F.B. Níveis de irrigação na cultura do feijão caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.1, p.17-20, 2002.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. do N. **Experimentação Agrícola**. FUNEP, 1989. 247p.
- BASTOS, E. A.; RODRIGUES, B. H. N.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; CARDOSO, M. J. Parâmetros de crescimento do feijão caupi sob diferentes regimes hídricos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.22, n.1, p.43-50, 2002.
- BEZERRA, F. M. L.; ARARIPE, M. A. E.; TEÓFILO, E. M.; CORDEIRO, L. G.; SANTOS, J. J. A. dos. Feijão caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.34, n.1, p.13-18, 2003.
- CASCARDO, J. C. de M.; OLIVEIRA, L. E. M.; SOARES, A. M. Disponibilidade de água e doses de gesso agrícola nas relações hídricas de seringueira. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.5, n.1, p.31-34, 1993.
- COSTA, M. M. M. N. **Comportamento de cultivares de caupi submetidas a deficiência hídrica em duas fases do ciclo fenológico**. 1995. 76p. Dissertação (Mestrado)- UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, FORTALEZA, 1995.
- COSTA, M. M. M. N.; TÁVORA, F. J. A. F.; PINHO, J. L. N. de; MELO, F. I. O. Produção, componentes de produção, crescimento e distribuição das raízes de caupi submetido à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.2, n.1, p.43-50, 1997.
- CRAUFURD, P. Q. Effect of plant density on dry matter partitioning and yield in a short-duration cultivar of cowpea (*Vigna unguiculata*) grown in the tropics. **Journal of Agricultural Science**, v.127, n.1, p.89-96, 1996.
- ECKSTEIN, K.; ROBINSON, J. C. Physiological responses of banana (Musa AAA; Cavendish sub-group) in the subtropics-VI. Seasonal responses of leaf gas exchange to short-term water stress. **Journal of Horticultural Science** v.71, p.679-692, 1996.
- FERREIRA, L. G. R.; COSTA, J. O.; ALBUQUERQUE, I. M. Estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva de dois cultivares de caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v.26, n.7, p.1049-1055, 1991.
- FIEGENBAUM, V.; SANTOS, D. S. B. dos.; MELLO, V. D. C.; SANTOS FILHO, B. G. dos; TILLMANN, M. A. A.; SILVA, J. B. da. Influência do déficit hídrico sobre os componentes de rendimento de três cultivares de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v.26, n.2, p.275-280, 1991.
- GESCH, R. W.; KENEFICK, D. G.; KOEPKE, J. A. Leaf water adjustment and maintenance in hard red wheat. **Crop Science**, v.32, n.3, p.180-186, 1992.
- GONÇALVES, J. A. **Relações hídricas em cultivares de feijão-de-corda [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] submetidas à deficiência de água no solo**. 1999. 88f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal do Ceará, FORTALEZA, 1999.
- GWATHMEY, C. O.; HALL, A. E. Adaptation to midseason drought of cowpea genotypes with contrasting senescence traits. **Crop Science**, v.32, n.3, p.773-778, 1992.
- LEITE, M. de L.; RODRIGUES, J. D.; MISCHAN, M. M.; VIRGENS FILHO, J. S. das. Efeitos do déficit hídrico sobre a cultura do caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cv. EMAPA-821. II – Análise de crescimento. **Revista de Agricultura**, v.74, n.3, p.351-370, 1999.
- LEITE, M. de L.; RODRIGUES, J. D.; VIRGENS FILHO, J. S. das. Efeitos do déficit hídrico sobre a cultura do caupi, cv. EMAPA-821. III. Produção. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.75, n.1, p.9-20, 2000.
- NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C. dos; BEZERRA NETO, E.; SANTOS, V. F. dos. Comportamento fisiológico de dois cultivares de amendoim submetidos a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.12, p.1963-1969, 1998.
- PEREZ, S. C. J. G. de A.; MORAES, J. A. P. V. de. Determinações de potencial hídrico, condutância estomática e potencial osmótico dos estratos arbóreo, arbustivo e herbáceo de um cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.3, n.1, p.27-37, 1991.
- PIMENTEL, C.; HÉBERT, G. Potencial fotossintético e condutância estomática em espécies de feijão caupi sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.11, n.1, p.7-11, 1999.
- PIMENTEL, C.; PEREZ, A. J. de la C. Estabelecimento de parâmetros para avaliação de tolerância à seca em genótipos de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.21-39, 2000.

PIMENTEL, C.; ROY-MACAULEY, H.; SARR, B.; DIOUF, O. Condutância estomática em genótipos de caupi cultivados em campo, sob diferentes níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal** v.11, p.125, 1999. SUPLEMENTO.

ROCHA, D.G. da F. **Comportamento de cultivares de feijão-de-corda submetidos à deficiência hídrica na fase vegetativa**. 2001. 67f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, FORTALEZA, 2001.

SILVA, L. C.; FIDELES, J.; BELTRÃO, N. E. de M.; RAO, T. V. R. Variação diurna da resistência estomática à difusão de vapor d'água em amendoim irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.3, p.269-276, 1998.

SOUZA, P. I. de; EGLI, D. B.; BRUENING, W. P. Water stress during filling and leaf senescence in soybean. **Agronomy Journal**, v.89, n.5, p.807-812, 1997.

TÁVORA, F. J. A. F.; LOPES, L. H. de O. Deficiência hídrica no consórcio milho x caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, n.7, p.1011-1022, 1990.

TÁVORA, F. J. A. F.; MELO, F. I. O. Resposta de cultivares de amendoim a ciclos de deficiência hídrica: crescimento vegetativo, reprodutivo e relações hídricas. **Ciência Agronômica**, v.22, n.1/2, p.47-60, 1991.

ZAMSKI, E.; SCAFFER, A. A. **Photoassimilate distribution in plants and crops**. New York: Marcel Dekker, 1996.905p.