

NÍVEIS DE DÉFICIT HÍDRICO EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L., cv. CAPIXABA PRECOCE)

Rone Batista de Oliveira¹, Julião Soares de Souza Lima², Edvaldo Fialho dos Reis², José Eduardo Macedo Pezzopane², Alexandre Faria da Silva¹

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar a resposta fisiológica do feijoeiro em diferentes estádios de desenvolvimento, quando submetido ao estresse hídrico. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando recipientes plásticos de 10 litros. Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições, sendo os tratamentos distribuídos num arranjo fatorial 3x3, envolvendo três níveis de água no solo e três estádios distintos do ciclo de crescimento e desenvolvimento da cultura. As características das plantas avaliadas foram: matéria seca do sistema radicular, matéria seca da parte aérea e área foliar. Para análise de produção, foram avaliados o número de vagens e a massa dos grãos por planta. Os resultados mostraram que as características avaliadas nas plantas foram comprometidas, quando submetidas ao estresse hídrico, permitindo concluir que o estágio de desenvolvimento da cultura mais sensível ao déficit hídrico foi aquele entre o botoamento e o enchimento completo dos grãos.

Palavras-chave: feijão, estresse hídrico, resposta fisiológicas.

ABSTRACT

Levels of Water Deficit at Different Growth Phases of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Capixaba Precoce

This study aimed to determine the physiological response at different growth phases of bean crop under water stress. The trial was conducted in 10-liter plastic containers in the greenhouse, in the randomized block design with four replications. The treatments were distributed in a 3 x 3 factorial scheme, comprising three soil water levels and three distinct crop development stages. The plants were evaluated for root and shoot dry weight, and foliar area. The pod number and the grain mass per plant were determined for yield analysis. Results showed that water stress changed plant characteristics and the most sensitive crop development phase to water stress was between budding and complete grain filling.

Key-words: bean, water stress, physiological response.

¹ Engº Agrônomo, mestrando em Produção Vegetal, Alegre-ES, e-mail: roneantiversus@yahoo.com.br

² Engº Agrícola, Prof. Adjunto, Depto Engº Rural, UFES, Alegre –ES, e-mail: juliaosslima@cca.ufes.br

³ Engº Florestal, Prof. Adjunto, Depto Engº Rural, UFES, Alegre –ES, e-mail:

INTRODUÇÃO

A produção de legumes é de suma importância nos sistemas agrícolas em todo o globo terrestre. Em regiões tropicais e subtropicais, o feijoeiro comum se destaca como importante fonte de proteína para mais de 500 milhões de pessoas na América Latina e África (Nielsen et al., 1999).

Nos países menos desenvolvidos, o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é cultivado, sobretudo, por pequenos e médios produtores, sem o uso de irrigação, e, por isso, em mais de 60% do seu cultivo é observada deficiência hídrica em algum estágio de desenvolvimento da cultura (Singh, 1995). A necessidade hídrica do feijoeiro é variável, sendo influenciada por fatores, tais como época semeadura, variedade, condições edafoclimáticas e estágio de desenvolvimento (Moreira et al., 1996). O feijoeiro é considerado uma planta sensível ao estresse hídrico, principalmente em virtude da baixa capacidade de recuperação após a ocorrência de deficiência hídrica e do sistema radicular pouco desenvolvido (Guimarães, 1996). A fase da planta mais sensível à deficiência de água é a reprodutiva, sendo altamente vulnerável, desde o início da floração até o início da formação das vagens (Fageria et al., 1991).

O efeito do déficit hídrico na planta é bastante complexo, afetando praticamente todos os aspectos do crescimento, incluindo modificações anatômicas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas. No entanto, os prejuízos dependem de sua duração e severidade, bem como do estágio de desenvolvimento em que ele ocorre. O período mais crítico do feijoeiro à deficiência hídrica coincide com a fase de maior consumo de água pela planta. Carlesso et al. (2007) observaram maior demanda de água pela planta no início do florescimento ao início de enchimento de grãos, épocas em que ocorre maior índice de área foliar e atividade fotossintética das plantas.

Diante desses aspectos, evidencia-se a necessidade do controle da água do solo em experimento de adubação, principalmente visando eliminar a variável água, que comprometeria os resultados, permitindo respostas discordantes de um cultivo para outro. Em experimentos de casa de vegetação, o problema se torna mais sério, devido ao volume de solo trabalhado e ao período relativamente curto de duração dos cultivos (Freire et al., 1980).

O conhecimento e a facilidade na identificação dos estádios fenológicos do feijão comum favorecem o estabelecimento de estratégias efetivas de manejo, visando à obtenção de rendimentos satisfatórios e lucrativos (Dourado Neto & Fancielli, 2000). Para o cultivar capixaba precoce, nenhum trabalho foi desenvolvido no sentido de avaliar o estresse hídrico da cultura em diferentes estádios de desenvolvimento. Conforme a resposta da cultura ao estresse hídrico, é possível estabelecer seu grau de resistência ao déficit hídrico e definir o estágio fenológico mais sensível a disponibilidade de água. O objetivo deste trabalho foi determinar a resposta fisiológica do feijoeiro (cv. capixaba precoce) em diferentes estádios de desenvolvimento, quando submetido ao estresse hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, no município de Alegre-ES, situado a 20°45'48" de latitude Sul e 41°31'57" de longitude Oeste de Greenwich com altitude de aproximadamente 150 metros. O clima predominante é quente e úmido no verão, e seco no inverno com uma precipitação anual média de 1200 mm e temperatura média anual de 23°C, com máximas diárias de 29 °C e mínimas de 20° C (ESPÍRITO SANTO, 1994).

As plantas de feijão comum, cultivar capixaba precoce foram cultivadas em casa de vegetação, em vasos de 10 litros contendo um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico como substrato (EMBRAPA, 1999). As amostras do substrato foram analisadas, resultando em boa disponibilidade de bases trocáveis (SB = 6,02 cmol_c dm⁻³) e de saturação de bases (V = 78%) e ótima disponibilidade de fósforo (P = 268 mg dm⁻³). A adubação para plantio e cobertura foi realizada de acordo com o manual de recomendação de calagem e adubação para o Espírito Santo (PREZOTTI et al., 2007). O solo foi destorroado, peneirado e fisicamente caracterizado (EMBRAPA, 1997). Os valores médios, resultantes de quatro repetições para densidade de partículas, densidade do solo, porosidade total e umidade do solo para o cálculo dos níveis de água, foram 2,35 kg dm⁻³; 1,15 kg dm⁻³; 51,06% e 12,31%, respectivamente.

Para o estabelecimento do estresse hídrico, foram utilizados três níveis de água (N1, N2 e N3) definidos a partir da porosidade total do solo, com valores de 20, 40 e 60% do volume total de poros (VTP) ocupados por água, conforme metodologia descrita por Feire et al.(1980). As três fases fenológicas foram: botoamento até à floração (BF); florescimento até o enchimento completo dos grãos (FE) e botoamento até o enchimento completo dos grãos (BE).

O experimento foi montado em esquema fatorial 3x3, sendo a água no solo em três níveis (20% VTP; 40% VTP e 60% VTP) e os estádios de desenvolvimento em três níveis (BF; FE e BE), num delineamento em blocos casualizados com 4 repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância e, quando significativo foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade. O experimento constou de 9 tratamentos, os quais estão caracterizados no Quadro 1.

Na sementeira, foram colocadas quatro sementes de feijão por vaso e todos os tratamentos com 60% VTP ocupados por água, para garantir a germinação. Uma semana após a germinação, fez-se o desbaste, deixando duas plantas por vaso através de cortes nas plantas rentes ao solo. Os níveis de déficit hídrico iniciaram-se, a partir do momento em que 50% das plantas

estavam no início do aparecimento dos primeiros botões florais. Completado o estágio de desenvolvimento de cada tratamento, o nível de água era retornado e mantido em 60% do VTP. Para isso, os vasos foram pesados, diariamente em balança com sensibilidade de um grama para reposição da água evapotranspirada, conforme Freire et al. (1980).

A distribuição das plantas nos vasos foi em linha, com espaçamento de 0,10m entre plantas na linha e de 0,40m entre linhas, resultando uma densidade de 9,55 plantas por metro linear e 238.853 plantas por hectare. Este valor está dentro da faixa de 180.000 a 240.000 plantas por hectare, amplitude empregada pelos agricultores. A avaliação do experimento foi padronizada em função dos estádios fenológicos e não em função do tempo. Foram coletadas quatro plantas de cada tratamento para avaliação da matéria fresca e seca do sistema radicular e parte aérea, comprimento de raízes e área foliar. As raízes, retiradas de cada vaso foram, lavadas em peneira, sob jato de água. Os materiais obtidos da parte aérea e raízes foram levados à estufa para secagem a 65-70 °C, até a obtenção de peso constante.

A produção foi avaliada em relação ao número de vagens e massa seca dos grãos por planta.

Quadro 1. Caracterização dos tratamentos, ou seja, combinações entre os níveis de água e estádios de desenvolvimento da cultura

Tratamentos	Níveis de água no solo	Estádios de desenvolvimento
1 - N1BF	20% VTP	Botoamento até Florescimento completo
2 - N2BF	40% VTP	Botoamento até Florescimento completo
3 - N3BF	60%VTP	Botoamento até Florescimento completo
4 - N1FE	20% VTP	Florescimento até Enchimento dos grãos
5 - N2FE	40% VTP	Florescimento até Enchimento dos grãos
6 - N3FE	60%VTP	Florescimento até Enchimento dos grãos
7 - N1BE	20% VTP	Botoamento até Enchimento dos grãos
8 - N2BE	40% VTP	Botoamento até Enchimento dos grãos
9 - N3BE	60%VTP	Botoamento até Enchimento dos grãos

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise estatística realizada ao nível de 5% de significância constatou-se que a interação níveis de água e estádios de desenvolvimento foi significativa em todas as características avaliadas. Nas Figuras 1 a 6, são apresentados os resultados das variáveis avaliadas no experimento.

Em relação ao estudo da matéria seca aérea total (Figura 1) observou-se que na fase de BF não apresentaram diferenças significativas, mesmo com redução no nível de água de 40 para 20% VTP. Notou-se que, independentemente dos estádios de desenvolvimento, nos tratamentos contendo 60% do VTP ocorreram diferenças significativas em relação aos demais tratamentos, demonstrando que este valor apresentou o teor de água ideal para as plantas. Nos demais tratamentos, verificou-se um decréscimo significativo à medida que diminuíram os níveis de água dentro de cada estágio de desenvolvimento. Moreira (1993) também verificou redução na matéria seca total à medida o nível de água no solo diminuiu.

Na Figura 2, observa-se que, quanto à matéria seca foliar houve efeito dos níveis de água em todos os estádios de desenvolvimento avaliados.

Tal fato é devido ao acúmulo e partição de fitomassa seca em plantas de feijão estarem condicionados à disponibilidade de água no solo (Larcher, 2000). O maior valor de matéria seca foliar foi observado no tratamento N3BF e os menores nos tratamentos N1BE e N2BE.

De acordo com a Figura 3, os N3FE e N3BE não apresentaram diferenças significativas. Entretanto, nos tratamentos com nível de 20% do VTP, houve redução de aproximadamente 50% no valor de área foliar de N1FE para N1BE. Nos tratamentos com níveis de água 60% VTP, além de produzir em folhas maiores, promoveram exportação mais eficiente do material produzido nas folhas, para o resto da planta, principalmente, no estágio de botoamento até o florescimento completo (BF). Esta eficiência é muito importante para a produção agrícola. Conforme Benincasa (2003) as folhas são os centros de produção de matéria seca (fotossíntese), enquanto o resto da planta depende da exportação de material da folha. O menor valor de área foliar foi obtido no tratamento N1BE, concordando com Moreira (2004) que a taxa de crescimento da área foliar do feijoeiro decresce conforme se intensifica a deficiência de água.

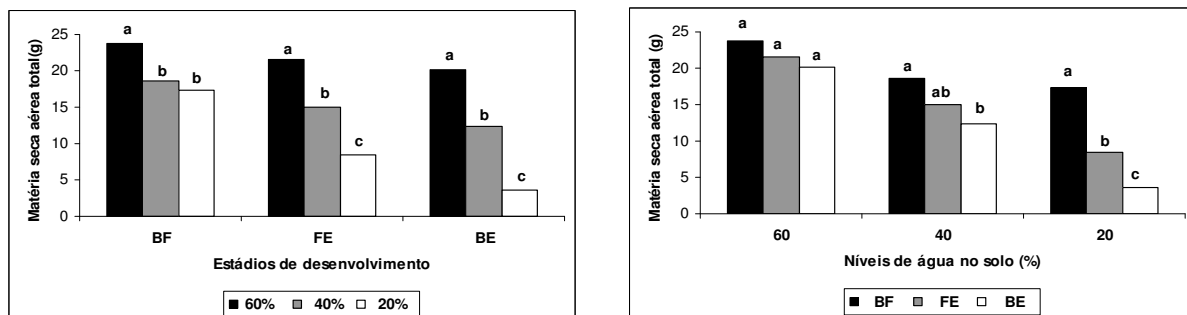


Figura 1. Desdobramento das interações significativas da análise de variância, referentes à matéria seca da parte aérea total (g) do feijoeiro.

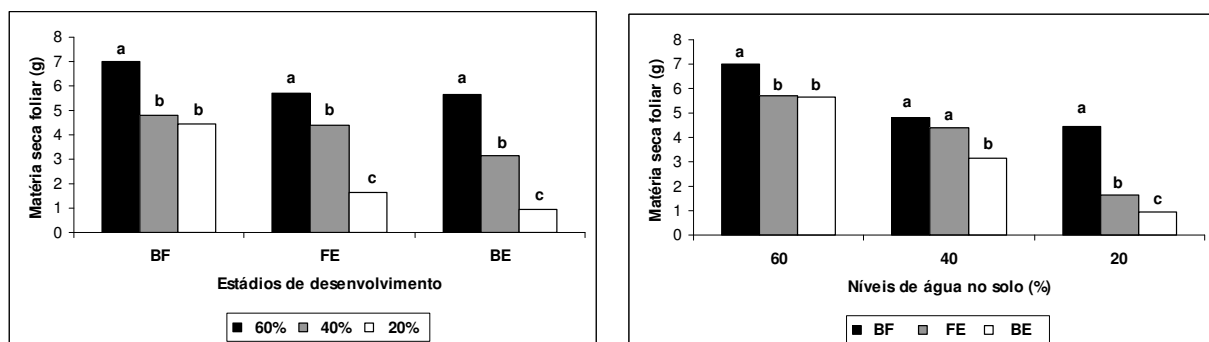


Figura 2. Desdobramento das interações significativas da análise de variância referentes à matéria seca foliar (g) do feijoeiro.

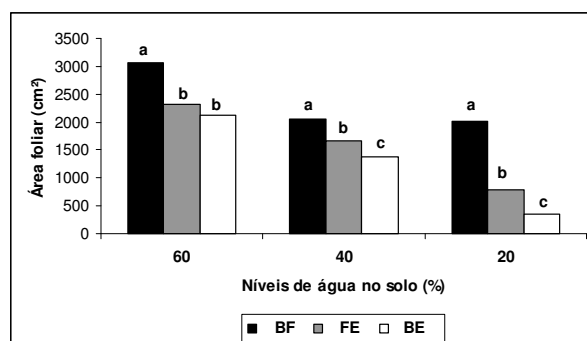
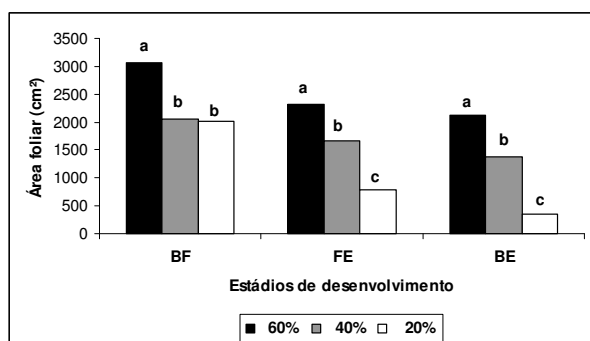


Figura 3. Desdobramento das interações significativas da análise de variância, referentes à área foliar (cm²) do feijoeiro.

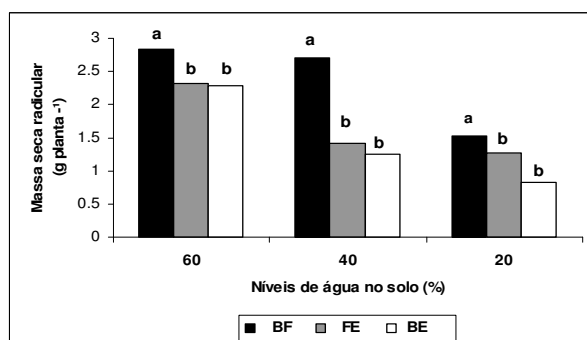
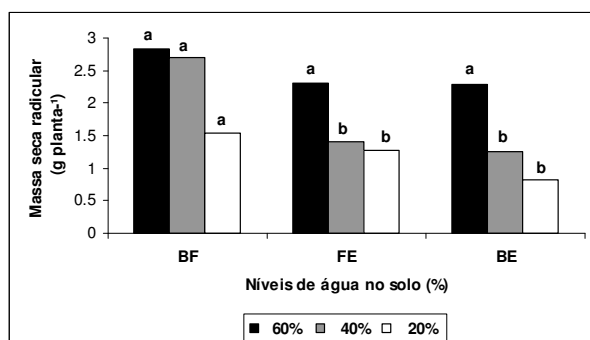


Figura 4. Desdobramento das interações significativas da análise de variância, referentes à matéria seca radicular (g planta⁻¹) do feijoeiro.

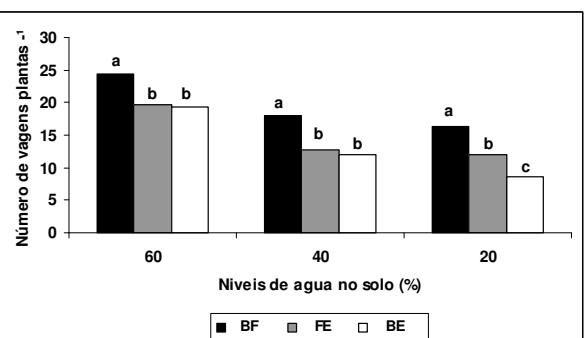
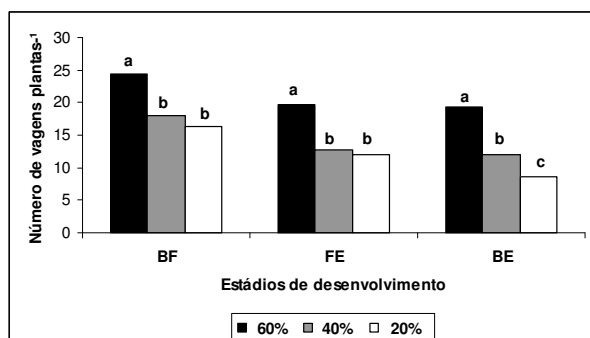


Figura 5. Desdobramento das interações significativas da análise de variância, referentes ao número de vagens por planta do feijoeiro.

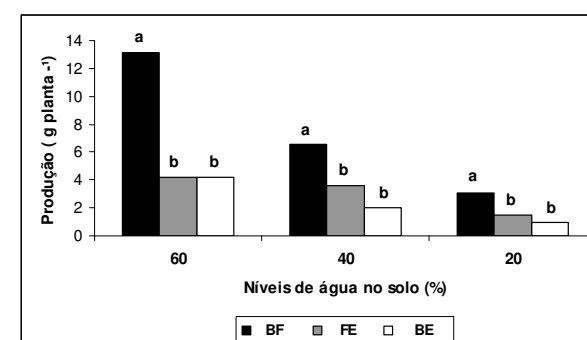
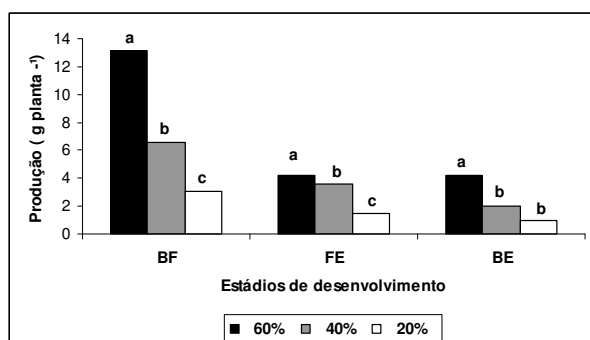


Figura 6. Desdobramento das interações significativas da análise de variância referentes à produção (g planta⁻¹) do feijoeiro.

De acordo com a Figura 4, o tratamento N3BF apresentou o maior valor de matéria seca do sistema radicular. Segundo Taiz & Zeiger (2003), a resposta positiva do aumento da matéria seca radicular, à medida que aumentou o nível de água no solo, está relacionada ao fato de o desenvolvimento do sistema radicular ser dinâmico e extremamente dependente das condições hídricas do solo. O menor valor de matéria seca do sistema radicular foi obtido no tratamento N1BE. Segundo Larcher (2000) conforme o solo torna-se seco, algumas partes do sistema radicular morrem, enquanto outras partes crescem alguns metros e ramificam-se densamente.

Na Figura 5, observou-se que o tratamento N3BF apresentou maior número de vagens por plantas. Os tratamentos com N1 de água apresentaram os menores valores. Estes resultados estão de acordo com Fiegenbaum et al. (1991) e Garcia et al. (2003), que concluíram que o déficit de água no solo afeta os componentes de rendimento das plantas de feijão, diminuindo o número de vagens.

Quanto à produção (Figura 6), os resultados são afetados em todos os estádios de desenvolvimento à medida que os níveis de água no solo diminuíram. Conforme Stone & Moreira (2001), se ocorrer estresse hídrico na fase vegetativa do feijoeiro, conseqüentemente ocorrerá redução na produtividade. Segundo Gholz et al. (1990), o decréscimo de água no solo diminui o potencial de água na folha e sua condutância estomática, promovendo o fechamento dos estômatos. Este fechamento bloqueia o fluxo de CO₂ para as folhas, afetando o acúmulo de fotoassimilados, o que reduz a produtividade.

Os estádios de desenvolvimento como o florescimento até o enchimento completo dos grãos (FE) e o botoamento até o enchimento completo dos grãos (BE) não tiveram

diferenças significativas nos valores de produção mesmo com a alteração nos níveis de água. Possivelmente, as limitações hídricas impostas a esses dois estádios de desenvolvimento não foram suficientes para provocar grandes variações no rendimento.

Os tratamentos contento nível de água de 60% VTP proporcionaram um aumento em todos os componentes de produção, indicando ser esta a condição ótima de água no solo. Os demais tratamentos que sofreram alterações nos níveis de água no solo tiveram reduções significativas sendo que o tratamento N1BE foi o mais crítico para as plantas em todas as características avaliadas. Portanto, constata-se que o nível de estresse hídrico de 20% VTP comprometeu todas as características avaliadas na planta.

No Quadro 2, são apresentadas as correlações entre as características avaliadas. O valor máximo de coeficiente de correlação foi observado entre o número de vagens e a matéria seca aérea total ($r=0,93$), enquanto o menor foi entre a produção e o número de vagens ($r=0,53$). A razão do baixo coeficiente de correlação entre a produção e o número de vagens é explicado, em razão do reduzido enchimento dos grãos, grãos defeituosos e baixo número de grãos por vagem provocados pelos níveis de estresse hídrico.

Observa-se uma correlação alta ($r=0,78$) entre a matéria seca do sistema radicular e matéria seca aérea total. Este resultado condiz com afirmação de Jackson (1993), sendo o qual o tamanho e distribuição da parte aérea influenciam o sistema radicular através do suprimento de carbono. Além disso, mecanismos de controle interno, relacionados com força de dreno da parte aérea, podem exercer grande influência no desenvolvimento radicular.

Quadro 2. Coeficientes^{1/} de correlação de Pearson (r) das características avaliadas nas plantas de feijão no período experimental

Variáveis	MSAT (g)	MSR (g)	NV
Produção (g planta ⁻¹)	0,59 ^{***}	0,82 ^{***}	0,53 ^{***}
NV	0,93 ^{***}	0,78 ^{***}	1,00 ^{***}
MSR (g)	0,78 ^{***}	1,00 ^{***}	0,78 ^{***}

^{1/} *** $p < 0,0001$ e MSAT=matéria seca da parte aérea total; MSR=matéria seca radicular e NV= número de vagens planta⁻¹.

CONCLUSÕES

- As características avaliadas nas plantas da cultivar capixaba precoce foram comprometidas, quando submetidas ao estresse hídrico permitindo concluir que o estágio de desenvolvimento mais sensível ao estresse hídrico foi aquele entre o botoamento e o enchimento completo dos grãos.
- Os estádios de desenvolvimento, considerados neste experimento para a cultura do feijoeiro, mostraram-se capazes de permitir respostas satisfatórias em estudos com estresse hídrico.

REFERÊNCIAS

- BENINCASA, M. P.; **Análise de crescimento de plantas. Jabotical**: Funep, 2003. 41 p.
- CARLESSO, R; JADOSKI, S, O.; MAGGI, M. F.; PETRY, M.; WOLSHICK, D. Efeito da lâmina de irrigação na senescência foliar do feijoeiro. **Irriga**. v. 12, n. 4, 2007.
- DOURADO NETO, D.; FANCIELLI, A.L. Produção de feijão. Guaíba: **Agropecuária**, 2000. 386p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA – CNPS,1997, 212p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-CNPS; Embrapa-SPI, 1999. 421p.
- ESPÍRITO SANTO (Estado). Secretaria de Estado de Ações Estratégicas e Planejamento. Departamento Estadual de Estatística. **Informações municipais do Estado do Espírito Santo 1994**. Vitória, 1994. v.1.
- FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. Common bean and cowpea. In: FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. (Ed.). **Growth and mineral nutrition of field crops**. New York: M. Dekker, 1991. p.280-318.
- FIGEMBAUM, V.; MELLO, D.S.B.; SANTOS FILHO, V.D.C.; TILLMANN, M.A.A.; SILVA, J. B. Influência do déficit hídrico sobre os componentes de rendimento de três cultivares de feijão. **Pesq. Agropec. Bras.** v.26, n.2, p.275-280,1991.
- FREIRE, J.C.; RIBEIRO, M.V.A.; BAHIA, V.G.; LOPES, A.S.; AQUINO, L.H. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras (MG). **R. Bras. Ci. Solo**. v.4, n.1, 1980.
- GARCIA, G.O; LIMA, J.S.S.; FILHO, S.M.; AREAS, M.L.; OLIVEIRA, R.B; TAGLIAFERRE,C. Efeito do déficit hídrico nos componentes de rendimento de dois cultivares de feijoeiro no município de Alegre,ES. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, 2003, Goiânia. **Resumos....Goiânia**: SBEA, 2003.
- GHOLZ, H.L.; EWEL, K.C.; TESKEY, R.O. Water and forest productivity. **Forest Ecological Management**, Amsterdam, v.30, n.1, p.1-18, 1990.
- GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F.; BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca. II. Produtividade e componentes agronômicos. **Pesq. Agropec. Bras.** v.31, n.7, p.481-488, 1996.
- JACKSON, M.B. Are plant hormones involved in root to shoot communication? **Adv. Botany Research**, v.19, p.3-7, 1993.

LARCHER, W., **Ecofisiologia Vegetal**. Editora rima. 2000. 531p.

MOREIRA, J.A.A.; SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Irrigação. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Ed.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 465-522.

MOREIRA, J.A.A. **Efeitos da tensão de água no solo e do parcelamento da adubação nitrogenada, sobre o crescimento e a produtividade do feijão de vagem (*Phaseolus vulgaris* L.)** Botucatu: UNESP, 1993, 100p. (Tese de Doutorado).

MOREIRA, M.F. **Desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea do feijoeiro comum em função da distribuição e teor de fósforo no solo**. Piracicaba: ESALQ, 2004. 160p. (Tese de Doutorado)

NIELSEN, K.L.; MILLER, C.R.; BECK, D.; LYNCH, J.P. Fractal geometry of root system: Field observations of contrasting genotype of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown under different phosphorus regimes. **Plant and Soil**, v.206, 1999, p. 181-190.

PREZOTTI, L.C.; GOMES, J.A.; DADALTO, G.G.; OLIVEIRA, J.A. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo**. 5. ed. Vitória: SEEA, 2007. v. 1.500. 305 p.

SINGH, S.P. Selection for water-stress tolerance in interracial populations of common bean. **Crop Science**, Madison, v.35, p.118-124, 1995.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Sunderland: Sinauer Associates, 2003, 609 p.