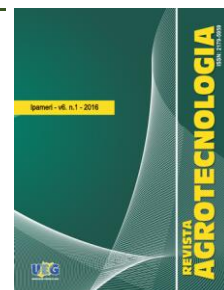


CRESCIMENTO DO FEIJÃO-VAGEM CULTIVAR TURMALINA SOB RESTRIÇÃO HÍDRICA

GROWTH OF THE BEAN-POD CULTIVAR TURMALINA UNDER WATER RESTRICTION

Fenelon Lourenço de Sousa Santos¹, Paulo Henrique Moreira Coelho², Ligia Alves de Paiva², Alan Kênio dos Santos Pereira², Fábio Santos Matos³, Nei Peixoto³



Resumo: Objetivou-se com este trabalho elucidar os aspectos fisiológicos relacionados com a tolerância do feijão-Vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Turmalina ao déficit hídrico, como suporte a programas de melhoramento que visem à criação de cultivares para regiões sujeitas a deficiência hídrica, mediante a avaliação dos aspectos morfofisiológicos, determinações indiretas da condutância estomática, clorofila e teor de água. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos, correspondente a irrigação com 25; 50; 75 e 100% da evapotranspiração total diária, até os 30 dias de emergência da cultura, com seis repetições. Cada parcela foi constituída por uma planta, em um vaso. Foram avaliadas as características de: altura de plantas, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, biomassa, razão de massa radicular (RMR), razão de massa foliar (RMF), transpiração, teor relativo de água (TRA) e o teor de pigmentos (clorofilas e carotenoides). O cultivar Turmalina apresentou expressiva redução do crescimento, teor relativo de água, número e área de folhas e transpiração, resultando em menor acúmulo de biomassa. A razão de massa radicular aumentou significativamente em resposta ao déficit hídrico, sugerindo uma adaptação morfofisiológica da espécie ao estresse hídrico. Não foram encontradas nesse trabalho diferenças significativas em relação ao teor de clorofila de plantas estressadas e não estressadas. O crescimento vegetativo do feijão vagem é sensível ao déficit hídrico, pois, pequenas alterações no volume de água fornecida causam grandes alterações na biomassa total da planta.

PALAVRAS-CHAVE: Nutrição, seca, fisiologia

Abstract: The objective of this work to elucidate the physiological aspects related to the tolerance of the beans-green beans (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Turmalina to water deficit, as support for breeding programs aimed at the creation of cultivars for areas subject to water deficiency, by evaluating the morphophysiological aspects, indirect measurements of stomatal conductance, chlorophyll and water content. Using completely randomized design with four treatments, corresponding to irrigation with 25; 50; 75 and 100% of the total daily evapotranspiration to the 30 days of emergence of culture with six repetitions. Each plot was constituted of a plant per pot. We evaluated the characteristics of plant height, stem diameter, number of leaves, leaf area, biomass, root mass ratio (RMR), leaf mass ratio (RMF), transpiration, relative water content (TRA) and pigments (chlorophylls and carotenoids). The bean-pod cultivar Turmalina presented growth reduction, expressive relative water content, number and area of leaves and perspiration. Resulting in less accumulation of biomass. The root mass ratio increased significantly in response to water deficit, suggesting a morphophysiological adaptation of species to stress due to lack of water. In this work were not found significant differences in relation to the chlorophyll content of stressed and non-stressed plants. The vegetative growth of the bean pod is sensitive to water deficit, because small changes in the volume of water supplied cause major changes in total biomass of the plant.

KEY WORDS: Nutrition, dry, physiology

¹Engenheiros Agrônomos, Ph.D., Universidade Estadual de Goiás, Rodovia GO 330, Km 241, Ipameri-GO, 75.780-000, E-mail: fabricio.rodrigues@ueg.br

²Engenheiros Agrônomos, estudantes, Universidade Estadual de Goiás, Ipameri-GO.

Recebido: 11/05/2016 - Aprovado: 20/10/2016

INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é cultivado em praticamente todo o território brasileiro, seu cultivo é realizado em três diferentes épocas de plantio, dependendo de fatores climáticos e disponibilidade de tecnologia, promovendo uma grande diversidade de condições climáticas. Dentre os fatores climáticos, a deficiência hídrica mostra-se como o mais importante para a cultura (GUIMARÃES et al., 2006).

Essa leguminosa é um dos alimentos mais importantes constituintes da dieta brasileira, por ser excelente fonte de proteína e nutrientes (BORÉM; CARNEIRO 2006), apresentando grande importância socioeconômica, em razão da grande quantidade de mão de obra demandada no seu cultivo (SALGADO et al., 2012). O diferencial dessa cultura em relação aos outros feijões cultivados está no momento da colheita, uma vez que nessa cultura a colheita se dá quando as vagens ainda encontram-se imaturas

O Feijão-Vagem cultivar Turmalina foi lançado em 1995 como um sonho dos bandeirantes em Goiás, essa cultivar possui porte determinado, grãos de cor branca e um ciclo médio de 35 a 50 dias da sementeira à floração e de 55 a 70 dias da sementeira ao início da colheita (PEIXOTO et al., 1995). Essa característica possibilita de duas a quatro colheitas, com três a cinco dias de intervalo entre elas, permitindo um potencial produtivo entre 8 e 15 ton ha⁻¹ de vagens no ponto comercial (EMATER, 1997).

Em Goiás, a quantidade comercializada de vagem pelo Ceasa é da ordem de pouco mais de 2.100 toneladas por ano e sua comercialização, movimentada mais de 11 milhões de reais, deste total 97,5 % da produção advém do próprio estado (CEASA, 2015).

A cultura do feijoeiro é muito sensível a condições climáticas e um dos modos de se suprir as necessidades da planta é a utilização da irrigação, sendo a mesma utilizada com maior frequência na época do inverno, quando o índice pluviométrico é baixo. No entanto, as diferenças genotípicas entre cultivares influenciam o

desempenho destas plantas, quando submetidas a um déficit hídrico (SOUSA et al., 2009a).

Independentemente da época em que é cultivada, sem o uso da irrigação a cultura fica predisposta a algum estresse hídrico, em seus diferentes estádios fenológicos de desenvolvimento, resultando em decréscimo da produção (SOUSA et al., 2009b).

Em razão das mudanças climáticas projetadas para os próximos anos, no qual eventos extremos como ondas de calor e períodos sem chuva devem se intensificar (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2007), e, de que a década de 2000 foi caracterizada por uma alta frequência de períodos de estresses hídricos (STRECK et al., 2009), realizou-se esse trabalho com objetivo de elucidar aspectos fisiológicos relacionados com a tolerância do feijoeiro ao déficit hídrico, avaliando uma gama de variáveis fisiológicas para identificação do grau de tolerância do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Turmalina em estágios iniciais ao déficit hídrico.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante os meses de maio e junho de 2014 em vasos de polietileno com sete litros de capacidade, na de casa de vegetação da Universidade Estadual de Goiás, Campus de Ipameri, GO, situado a 766 metros de altitude e coordenadas geográficas: Latitude 17° 43' 29" Sul e Longitude: 48° 09' 35" Oeste. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, utilizando quatro tratamentos (plantas irrigadas diariamente com volume de água correspondente a 25; 50; 75 e 100% da evapotranspiração total diária), com seis repetições. Cada parcela foi composta de uma planta por vaso, conforme descrito por Allen et al. (2006).

O substrato utilizado foi preparado com Latossolo Vermelho-Amarelo, areia lavada e esterco curtido na proporção de 3:1:0, respectivamente. Após a emergência, as plantas foram irrigadas com volume de água correspondente a 100% da evapotranspiração até o 10º dia. A partir do 11º dia após a emergência

as plantas foram submetidas aos tratamentos citados até completarem 30 dias, quando foram analisadas as seguintes variáveis: altura de plantas (Alt), diâmetro do caule (Diam), número de folhas por planta (N folha), transpiração (Transp), teor relativo de água (TRA), clorofila a (Cla), clorofila b (Clb), carotenoides, acúmulo de biomassa, razão de massa radicular (RMR), razão de massa foliar (RMF) e área foliar.

Variáveis de Crescimento

Altura de plantas, diâmetro do caule, número de folhas e a área foliar foram feitas na casa de vegetação, sem destruição das plantas, utilizando régua comum e paquímetro.

Para determinação da biomassa, as plantas, foram retiradas dos vasos evitando ao máximo os danos às raízes, utilizando-se peneiras, em seguida foram separadas em partes, folhas, caule com pecíolos e raízes, posteriormente, colocadas em estufa a 65° C por 48 horas.

A biomassa foi medida através do somatório de peso da parte aérea e raiz. A razão de massa radicular (RMR) foi obtida pela divisão dos valores de peso seco da raiz e parte aérea (folhas, caule e pecíolos). A razão de massa foliar (RMF) foi obtida pela divisão de peso seco das folhas pelo peso seco de caule e pecíolos e raiz.

Variáveis Fisiológicas

A transpiração foi medida através do peso do conjunto vaso planta. Os vasos foram envolvidos com um saco plástico impermeável de forma que a perda de água era possível apenas pela transpiração da planta e logo depois os vasos foram pesados. Após 24 horas foi efetuada uma segunda pesagem determinando a quantidade de água transpirada.

O teor relativo de água (TRA) foi obtido no laboratório de Fisiologia da Produção Vegetal da Universidade Estadual de Goiás em Ipameri-GO, usando a relação entre a diferença de peso fresco e seco com a diferença de peso túrgido e seco, de discos de áreas iguais, retirados das folhas com um tubo cortante. O peso túrgido dos discos foliares foi obtido por hidratação rápida em placas de Petri com água deionizada, com

remoção do excesso de água da superfície dos tecidos e o peso seco dos discos foram obtidos após permanecerem em estufa de ar forçado, a 60°C por um período de 24 horas.

Para a determinação do teor de pigmentos, realizou-se a descoloração química de discos foliares, submetendo-os a banho Maria, para posteriormente realizar a leitura de transmitância utilizando o espectrofotômetro.

Procedimentos estatísticos

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e os resultados que apresentaram diferença significativa, procederam-se a análise de regressão. Estas análises estatísticas foram conduzidas utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A redução da disponibilidade hídrica para a cultura do feijão-vagem cultivar. Turmalina, no período vegetativo proporcionou diferenças significativas das variáveis analisadas: altura de plantas (Alt), número de folhas (N folha), transpiração (Transp.), teor relativo de água (TRA), não sendo significativo para o diâmetro das plantas (Diam), conforme apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise de variância em relação à disponibilidade hídrica para altura, diâmetro, número de folhas, transpiração e teor relativo de água (TRA) em mudas de Feijão-vagem

Fonte de variação	GL	Quadrados médios				
		Alt	Diam	N folha	Transp.	TRA
Doses	3	17,29*	0,81 ^{ns}	23,93*	433,33*	459,49*
Resíduo	20	0,39	0,98	2,25	21,67	19,89
CV (%)		9,15	23,82	21,60	27,93	5,77

As características de altura de plantas (Figura 1 A) e o número de folhas (Figura 1B) reduziram à medida que diminuiu a disponibilidade hídrica no solo, pois essas variáveis são dependentes da turgidez celular, demonstrando que se trata de um genótipo sensível ao déficit hídrico.

Essa redução da estatura das plantas e da emissão de folhas se justifica possivelmente, pois os primeiros processos afetados, em

resposta à diminuição da água disponível no solo, é a expansão celular, processo altamente dependente da turgescência da planta. Dessa forma, a redução do crescimento vegetativo é resultado da baixa disponibilidade da água para expansão celular (Figuras 1 A e 1B).

Em estágios mais avançados de déficit hídrico, outros processos fisiológicos são afetados, com efeitos diretos no acúmulo de assimilados pela planta, como a redução na taxa de assimilação de carbono e aumento da taxa respiratória (TURNER, 1997; MATOS et al., 2014). Segundo Peak et al. (2004), o estresse hídrico pode causar severa inibição da fotossíntese, em razão da maior resistência difusiva e da consequente redução na assimilação do CO₂, o que diminui o crescimento e a produtividade da planta, o que corrobora com os resultados obtidos nesse experimento (Figura 1C), onde as plantas reduziram a taxa de transpiração a medida que tiveram a disponibilidade de água do solo diminuída.

Trabalhos conduzidos por Vale et al. (2012), investigando plantas de feijão, demonstraram uma interação de ordem genética nos materiais avaliados sob restrição hídrica. Segundo os autores, algumas plantas apresentaram maior estatura que os demais, no entanto, esse desenvolvimento superior não se refere a plantas maiores do que o ideótipo almejado para a cultura, mas sim, plantas que não reduzem drasticamente a estatura em condição de estresse quando comparada a condição ideal de irrigação.

Resposta contrária ao observado no Feijão-Vagem cultivar Turmalina, em que a redução do crescimento foi bastante expressiva (Figura 1A), mostrando-se um genótipo muito sensível ao déficit hídrico.

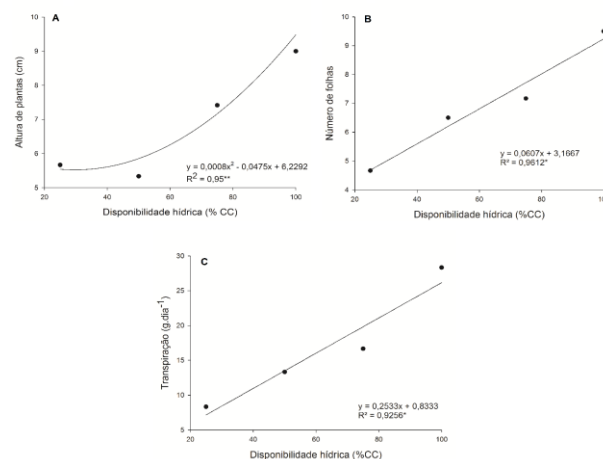


Figura 1. (A) Altura de plantas, (B) número de folhas e (C) transpiração, em plantas de Feijão-vagem cultivar Turmalina, em função da disponibilidade hídrica no solo. *Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Os pigmentos analisados, clorofilas totais (Cl total), clorofila a (Cla), clorofila b (Clb) e carotenoides, encontrados durante a condução do experimento, não foram influenciados pelos tratamentos com restrições hídricas, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Análise de variância dos pigmentos em mudas de Feijão-vagem cultivar Turmalina em relação à disponibilidade de água no solo, Ipameri, 2014.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios		
		Carotenoides	Cla/Clb	Cl total
Doses	3	0,007 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,10 ^{ns}
Resíduo	20	0,003	0,25	0,31
CV (%)		25,81	28,93	37,73

* significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo pelo teste F.

Os parâmetros fisiológicos, como medida indireta do teor de clorofila nas folhas pode ser utilizado como ferramenta para diagnosticar a integridade do aparato fotossintético, claro, quando as plantas são submetidas a adversidades

ambientais, tendo em vista que são técnicas rápidas, precisas e não destrutivas (VAN DEN BERG; PERKINS, 2004).

Investigações realizadas por Oliveira (2012) verificou que houve efeito significativo do estresse hídrico sobre o teor de clorofila aos

40 e 48 DAE, em feijão-fava, sendo que as plantas apresentaram menores teores de clorofila que as plantas não estressadas. Essa divergência do comportamento relatado, com o comportamento observado nesse trabalho, possivelmente se deve as características genéticas das espécies avaliadas com relação à síntese de pigmentos, sobretudo, as clorofilas em condições de restrição hídrica.

O controle estomático nas plantas de feijão-vagem possibilitou à tolerância das plantas nas condições de déficit hídrico, o ajuste osmótico reduziu a desidratação, evidenciado pela redução do teor relativo de água em função da diminuição de água disponível no solo, conforme apresenta a Figura 2.

Investigações conduzidas por Fioreze et al. (2011) trabalhando com genótipos de soja, relata que todos os materiais de seu estudo apresentaram redução do conteúdo relativo de água e relaciona esse comportamento ao menor controle estomático das perdas de água, em resposta a diminuição da disponibilidade de água no solo. Em condições de déficit hídrico suave, moderado e severo Ennahli e Earl (2005) observaram uma relação linear entre os valores de teor relativo de água (TRA) e potencial hídrico foliar, em plantas de algodão.

Plantas que apresentam estratégias de tolerância podem apresentar tecidos que podem tolerar a desidratação, até certo ponto e, frequentemente, apresentam ajuste osmótico. A estratégia de tolerância permite às plantas manter a atividade metabólica com a evolução do déficit hídrico e declínio do TRA (LAWN; LIKOSWE, 2008). Os resultados obtidos nesse trabalho corroboram com o descrito pelos autores, conforme apresentado na Figura 2, onde se percebe a redução do TRA com o agravamento da restrição hídrica, que aliado à diminuição do fluxo transpiracional (Figura 1C) pode sugerir uma adaptação da espécie para tolerar condições desfavoráveis

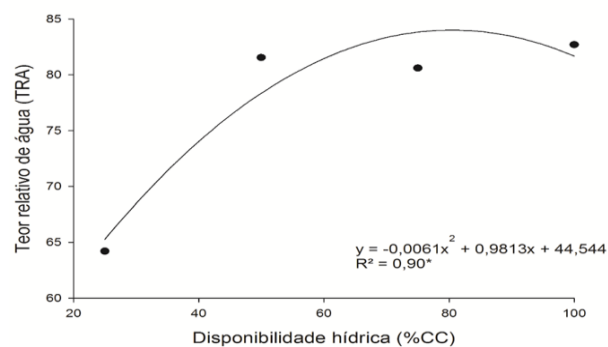


Figura 2 - Teor relativo de água (TRA) em mudas de Feijão-vagem cultivar Turmalina, em função da disponibilidade hídrica no solo. * Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Na cultura da soja, a manutenção do CRA tem sido eficiente na diferenciação de genótipos, em grande diversos trabalhos de pesquisa relacionados com déficit hídrico, apontando alta correlação com a manutenção da área foliar (JAMES et al., 2008b) e com o ajuste osmótico (JAMES et al., 2008a). Segundo Pinheiro e Chaves (2011), essa redução é decorrente da redução da turgescência das células-guardas dos estômatos seguidos pelo fechamento dos poros estomáticos.

A produção de biomassa (Figura 3A) foi afetada negativamente pela redução da disponibilidade hídrica, justificada pela redução da transpiração (Figura 1C) e, conseqüentemente redução na fotossíntese, ocasionando uma menor produção de biomassa. O incremento na área foliar depende da expansão celular, e as trocas gasosas na folha (transpiração e assimilação de CO₂) dependem do volume das células-guarda (MORENO-FONCECA, 2009), portanto, a redução da disponibilidade hídrica diminui a transpiração (Figura 1C), ocasionando a redução na biomassa pelas plantas (Figura 3A).

Segundo Ekanayake et al. (1985), a capacidade de recuperação à deficiência hídrica se correlacionou com o comprimento radicular, número de raízes finas e volume radicular total. A manutenção da taxa de acúmulo de assimilados, bem como da área foliar, neste referido caso, são características importantes

para a manutenção do potencial produtivo de plantas em condição de déficit hídrico (LAWN; LIKOSWE, 2008). Costa et al. (1997) trabalhando com feijão caupi, em casa de vegetação, observaram a redução na área foliar, na matéria seca da parte de raízes, enquanto a relação raiz/parte aérea aumentou, corroborando com os dados encontrados nesse experimento (Figura 3B).

A razão de massa radicular – RMR apresentou maiores valores nos tratamentos com menor disponibilidade hídrica, característica adaptativa de plantas submetidas à restrição hídrica, que alocam mais biomassa nas raízes para explorar um maior volume de solo, visando aumentar a absorção de água pela planta nessas condições.

As plantas submetidas ao déficit hídrico mais elevado apresentaram uma maior relação da massa de raízes em relação aos tratamentos com irrigação em níveis adequados. Nos tratamentos com índices considerados adequados para irrigação, as plantas apresentaram maiores taxas de razão de massa foliar (Figura 3C) e de área foliar em função da importância da água nos índices plastocrônico e filocrônico.

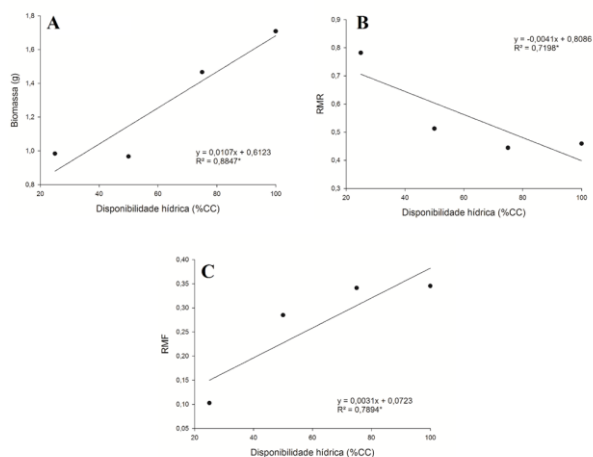


Figura 3. (A) biomassa, (B) razão de massa radicular (RMR), (C) razão de massa foliar (RMF), em função da disponibilidade hídrica do solo. *Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

A área foliar foi influenciada de forma negativa pela redução da disponibilidade de água no solo, pois é uma característica dependente da expansão celular que é um dos primeiros processos afetados pela diminuição da água disponível para as plantas, essa expansão celular é altamente dependente da turgescência celular, dessa forma a redução na área foliar é resultado da baixa disponibilidade de água, conforme apresentado na Figura 4.

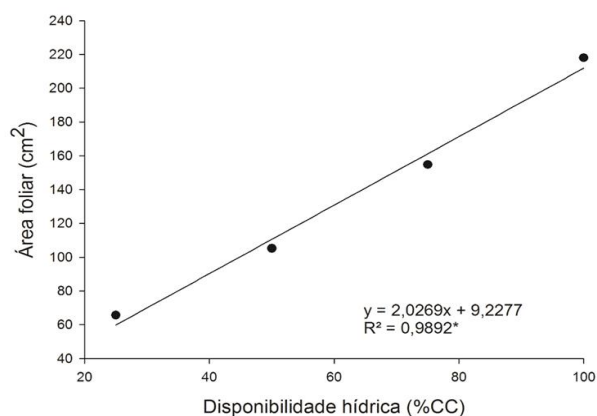


Figura 4. Área foliar de plantas de Feijão-vagem cv. Turmalina em função da disponibilidade hídrica do solo. * Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Alguns trabalhos com soja (FLETCHER et al., 2007), sorgo (GHOLIPOOR et al., 2010), milho (KHOLOVÁ et al., 2010) e mandioca (LAGO et al., 2011) têm mostrado que há variabilidade genética na resposta da transpiração, em diferentes condições de demanda evaporativa da atmosfera, porém, de um modo geral os trabalhos corroboram com os resultados encontrados nesse trabalho, ocasionando diminuição da expansão celular e redução de área foliar em plantas submetidas ao déficit hídrico.

CONCLUSÕES

a) O crescimento vegetativo do feijão vagem é sensível ao déficit hídrico, pois, pequenas alterações no volume de água fornecida causam grandes alterações na biomassa total da planta;

b) A razão de massa radicular aumenta significativamente em resposta ao déficit hídrico, sugerindo uma adaptação morfofisiológica da espécie ao estresse por falta de água, visando a aumentar o volume de solo explorado pela planta para tentar suprir a demanda hídrica;

c) O estresse decorrente do déficit hídrico não interfere na síntese de pigmentos (clorofilas e carotenoides) nas folhas do feijão-vagem cultivar Turmalina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, J. *Evapotranspiration del cultivo: guias para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Roma: FAO, 2006. 298 p. (Estudio Riego e Drenaje Paper, 56).
- BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. S. A cultura. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J. de; BORÉM, A. (Eds.). **Feijão**. Viçosa: UFV, p. 13-18, 2006.
- CEASA – CENTRAIS DE ABASTECIMENTO DE GOIÁS. Análise Conjuntural nº40, Goiânia, 2015.
- COSTA, M.M.M.N.; TÁVORA, F.J.A.F.; PINHO, J.L.N.; MELO, F.I.O. Produção, comportamento de produção, crescimento e distribuição das raízes de caupi submetido à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.1, p. 43-50, jan, 1997.
- EKANAYAKE, I. J.; O'TOOLE, J. C.; GARRITY, D. P.; MASAJO, T. M. Inheritance of root characters and their relations to drought resistance in rice. **Crop Science**, Madison, v.25, n.6, p.927-933, 1985.
- EMATER. Lançamento: feijão-vagem Turmalina e Coralina. (Folder). Goiânia, 1997.
- ENNAHLI, S.; EARL, H.J. Physiological limitations to photosynthetic carbon assimilation in cotton under water stress. **Crop Science**, v.45, p.2374-2382, 2005.
- FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, p.36-41, 2008.
- FIGLIANI, L.S.; PIVETTA, L.G.; FANO, A.; MACHADO, F.R.; GUIMARÃES, V.F. Comportamento de genótipos de soja submetidos a déficit hídrico intenso em casa de vegetação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n.3, p. 342-349, mai/jun, 2011.
- FLETCHER, A.L.; SINCLAIR, T.R.; ALLEN JUNIOR, L.H. Transpiration responses to vapor pressure deficit in well watered 'slow-wilting' and commercial soybean. **Environmental and Experimental Botany**, v.61, p.145-151, 2007.
- GHOLIPOOR, M.; VARA PRASAD, P.V.; MUTAVA, R.N.; SINCLAIR, T.R. Genetic variability of transpiration response to vapor pressure deficit among sorghum genotypes. **Field Crops Research**, v.119, p.85-90, 2010.
- GUIMARÃES, C. M.; STONE, F. L.; BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.10, n.1, p.70-75, 2006.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate change 2007: the physical science basis: contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University, 996p. 2007.
- JAMES, A.T.; LAWN, R.J.; COOPER, M. Genotypic variation for drought stress response traits in soybean. I. Variation in soybean and wild *Glycine* spp. for epidermal conductance, osmotic potential and relative water content. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 59, p. 656-669, 2008a.
- JAMES, A.T.; LAWN, R.J.; COOPER, M. Genotypic variation for drought stress response traits in soybean. II. Inter-relations between epidermal conductance, osmotic potential, relative water content, and plant survival. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.59, p.670-678, 2008b.

- KHOLOVÁ, J.; HASH, C.T.; KUMAR, P.L.; YADAV, R.S.; KOČOVÁ, M.; VADEZ, V. Terminal drought-tolerant pearl millet [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] have high leaf ABA and limit transpiration at high vapour pressure deficit. **Journal of Experimental Botany**, v.61, p.1431-1440, 2010.
- LAGO, I.; STRECK, N.A.; BISOGNIN, D.A.; SOUZA, A.T.; SILVA, M.R. Transpiração e crescimento foliar de plantas de mandioca em resposta ao déficit hídrico no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.11, p.1415-1423, nov. 2011.
- LAWN, R.J.; LIKOSWE, A.A. Genotypic differences in leaf area maintenance contribute to differences in recovery from water stress in soybean. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.59, p.1075-1085, 2008.
- MATOS, F.S.; TORRES JUNIOR, H.D.; ROSA, V.R.; SANTOS, P.G.F.; BORGES, L.F.O.; RIBEIRO, R.P.; NEVES, T.G.; CRUVINEL, C.K.L. Estratégia morfofisiológica de ao déficit hídrico de mudas de pinhão manso. **Magistra**, v. 26, n. 1, p. 19 – 27, 2014.
- MORENO-FONCECA, L.P. Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico: una revisión. **Agronomía Colombiana**, v.27, p.179-191, 2009.
- OLIVEIRA, A. E. S. **Efeito do déficit hídrico sobre o desenvolvimento do feijão-fava em ambiente protegido** / Antonio Eudes de Sousa Oliveira -2012 80 f. : il . Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2012.
- PEAK, D.; WEST, J.D.; MESSINGER, S.M.; MOTT, K.A. Evidence for complex, collective dynamics and emergent, distributed computation in plants. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.101, p.918-922, 2004.
- PEIXOTO, N.; THUNG, M.D.T.; SILVA, L.O. e; FARIAS, J.G.; OLIVEIRA, E.B.; BARBEDO, A.S.C. Turmalina e Coralina: variedades de feijão-vagem arbustivas. Goiânia. Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária (EMGOPA), 4p. (Comunicado Técnico, 14), 1995.
- PINHEIRO, C.; CHAVES, M. Photosynthesis and drought: can we make metabolic connections from available data. **Journal of Experimental Botany**, v.62, p.869-882, 2011.
- SALGADO, F.H.M.; SILVA, J.; OLIVEIRA, T.C.; BARROS, H.B.; PASSOS, N.G.; FIDELIS, R.R. Eficiência de genótipos de feijoeiro em resposta à adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 4, p. 368-374, out./dez. 2012.
- SOUSA, M.A.; LIMA, M.D.B.; SIMON, G.A.; ANDRADES, J. W.S. Efeito do estresse hídrico na densidade do comprimento radicular em estádios de desenvolvimento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical** v. 39, n. 1, p. 25-30, jan./mar. 2009a.
- SOUSA, M.A.; LIMA, M.D.B.; SILVA, M.V.V.; ANDRADE, J.W.S. Estresse hídrico e profundidade de incorporação do adubo afetando os componentes de rendimento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical** v. 39, n. 2, p. 175-182, abr./jun. 2009b.
- STRECK, N.A.; BURIOL, G.A.; HELDWEIN, A.B.; GABRIEL, L.F.; PAULA, G.M. de. Associação da variabilidade da precipitação pluvial em Santa Maria com a Oscilação Decadal do Pacífico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1553-1561, 2009.
- TURNER, N.C. Further progress in crop water relations. **Advances in Agronomy**, v.58, p.293-338, 1997.
- VALE, N. M.; BARILI, L. D.; ROZZETO, D. S.; STINGHIN, J. C.; COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F.; KÖOP, M. M. Avaliação para tolerância ao estresse hídrico em feijão. **Biotemas**, v. 25 (3), p. 135-144, 2012.
- VAN DEN BERG, A. K.; PERKINS, T. D. Evaluation of a portable chlorophyll meter to estimate chlorophyll and nitrogen contents in

sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.)
leaves. **Forest Ecology and Management**,
v. 200, p. 113-117, 2004.