

V. 8, n. 1, p. 51-55, jan – mar, 2012.

UFCG - Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Saúde e Tecnologia Rural – CSTR. Campus de Patos – PB. [www.cstr.ufcg.edu.br](http://www.cstr.ufcg.edu.br)

Revista ACSA:

<http://www.cstr.ufcg.edu.br/acsa/>

Revista ACSA – OJS:

<http://150.165.111.246/ojs-patos/index.php/ACSA>

**Lauriane Almeida dos Anjos Soares<sup>1\*</sup>**

**Jônatas Raulino Marques de Sousa<sup>1</sup>**

**Marcos Eric Barbosa Brito<sup>2</sup>;**

**Elysson Marcks Gonçalves Andrade<sup>1</sup>**

**Francisco Vanies da Silva Sá<sup>3</sup>;**

**Elaine Cristina Batista da Silva<sup>3</sup>**

\*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 03/08/2011. Aprovado em 25/01/2012.

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, Pós-graduando em Engenharia Agrícola, CTRN/UFCG, Campina Grande, PB;

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, D.Sc. Prof. do CCTA/UAGRA/UFCG, Pombal – PB, Brasil, Bairro Petrópolis, Rua Tabelaio José Vieira de Queiroga, 57, CEP: 58840-000, Pombal – PB.

<sup>3</sup> Graduando em Agronomia, CCTA/UFCG, Pombal, PB.

ACSA



AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO –

ISSN 1808-6845

Artigo Científico

## Respostas fisiológicas tomateiro na fase de floração sob estresse hídrico

### RESUMO

Estudou-se o crescimento do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) sob condições de estresse hídrico na fase vegetativa da cultura. Usou-se o delineamento estatístico em blocos inteiramente casualizado com quatro lâminas (60, 80, 100 (controle) e 120% da Evapotranspiração da real - ETr), aplicadas na fase de floração do tomateiro, sendo distribuídos em quatro blocos, com uma planta por parcela, sendo avaliado a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, transpiração, condutância estomática, concentração interna de CO<sub>2</sub>, a eficiência no uso da água e a eficiência instantânea da carboxilação. O tomateiro expressou variações nas trocas gasosas e na eficiência instantânea da carboxilação, em função das diferentes lâminas de água na fase de floração. A condutância estomática do tomateiro é a variável fisiológica mais sensível a redução das lâminas de água. Lâminas entre 80 e 90% da Evapotranspiração Real proporcionaram uma maior concentração interna de CO<sub>2</sub> e eficiência no uso da água do tomateiro.

**Palavras-chave:** *Lycopersicon esculentum*, evapotranspiração, taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>

## Physiological responses tomato at flowering under water stress

### ABSTRACT

Studied the growth of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) under conditions of water stress during the vegetative stage of the crop. We used the statistical design in randomized blocks with four blades (60, 80, 100 (control) and 120 % of actual evapotranspiration - ETr), applied at flowering tomato, distributed in four blocks, with a plant each parcel, assessed the rate of CO<sub>2</sub> assimilation, transpiration, stomatal conductance, internal CO<sub>2</sub> concentration, the efficiency of water use efficiency and instantaneous carboxylation. The tomato expressed variations in gas exchange and instantaneous carboxylation efficiency, due to the different depths of water at flowering. The stomatal conductance of tomato is the most sensitive physiological variable reduction of water slides. Blades between 80 and 90% of Actual

Evapotranspiration provided greater internal concentration of CO<sub>2</sub> and water use efficiency in tomato.

**Key words:** *Lycopersicon esculentum*, evapotranspiration, CO<sub>2</sub> assimilation rate.

## INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) é uma das mais importantes hortaliças cultivadas no Brasil (MARIN et al., 2005). A produção desta hortaliça tem se destacado no Nordeste brasileiro, notadamente os estados de Pernambuco e Bahia, maiores produtores de tomate industrial da região, no entanto, sua produtividade média é considerada baixa, cerca de 44 toneladas/ha, no Estado da Paraíba a área plantada em 2006 foi de 896 ha com produção de 30.289 toneladas, correspondendo à produtividade de 36,8 t ha<sup>-1</sup>, e participação de 0,96% da produção nacional, com rendimento no mínimo 50% mais baixo do que a média brasileira (IBGE, 2010), devido à sua grande instabilidade climática e ocorrência de longos períodos secos, resultando em impacto negativo substancial no crescimento e desenvolvimento da cultura.

No tomateiro para se obter rendimentos elevados, têm-se a necessidade de suprimento adequado de água, mantendo-se o solo relativamente úmido durante todo o período de crescimento. Porém, os sintomas da deficiência hídrica dependem do genótipo, da duração, da severidade e do estágio de desenvolvimento da planta. Assim, torna-se de grande valia identificar os níveis adequados de irrigação para cada fase de desenvolvimento, conhecendo-se em qual a fase tem maior resistência ao déficit hídrico.

Vários trabalhos relatam que o tomateiro é exigente quanto à umidade no solo. Pulupol et al. (1996) conduziram tratamentos em déficit hídrico e verificaram redução no crescimento das plantas, produtividade, tamanho e peso de frutos, e incidência de podridão apical. Alvino et al. (1986) apontaram que irrigações em abundância reduzem o rendimento e a qualidade dos frutos, e acarretam em maiores custos de produção.

Alvarenga (2004) menciona que na fase de germinação as sementes do tomateiro são pouco exigentes em umidade, basta o teor de umidade estar um pouco acima do ponto de murcha permanente para ocorrer à germinação. Entretanto, nas fases de desenvolvimento e de produção a planta se torna bastante exigente. As necessidades hídricas totais do tomateiro, após o transplante, estão entre 400 e 600 mm, dependendo do clima (SILVA et al., 2000), todavia, segundo Fageria e Gheyi (1997), pode-se otimizar o uso da água, reduzindo-se o volume de água aplicado em fases de desenvolvimento menos críticas.

Peixoto et al. (2006) ressaltam que o entendimento das respostas das plantas ao déficit hídrico é de fundamental importância, o conhecimento da variação do consumo de água da cultura em suas diferentes fases de desenvolvimento, podendo-se inferir sobre os aspectos

fisiológicos envolvidos no processo, assim como sobre suas consequências. Nesse sentido, objetivou-se estudar as trocas gasosas do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) sob condições de estresse hídrico na fase de floração da cultura.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em vasos sob condições de ambiente protegido, no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar – CCTA, da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Pombal, Estado da Paraíba. As coordenadas geográficas locais são 6°48'16" de latitude S e 37°49'15" de longitude W, a uma altitude de 174 m.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, sendo quatro lâminas de irrigação aplicadas na fase de floração do tomateiro, distribuídos em quatro blocos com uma planta por parcela. Sendo as quatro lâminas de irrigação (60, 80, 100 (controle) e 120% da Evapotranspiração da real - ETr), sendo determinadas por lisimetria de drenagem, a partir do tratamento testemunha, ou seja, as plantas sob a lâmina de 100% da ETr recebiam um volume de água (Va) conhecido na noite anterior ao dia de irrigação, sendo obtido, pela manhã do dia da irrigação, o volume de água drenado (Vd), a diferença obtida correspondia ao consumo destas plantas (Vc), sendo o cálculo descrito na Equação 1, com estes valores calculou-se as lâminas de irrigação dos demais tratamentos.

$$Vc = Va - Vd \dots\dots\dots Eq.1$$

Para a condução das plantas, utilizou-se de vasos plásticos de 40L de capacidade, que foram perfurados na base para introdução de uma mangueira com 10cm de comprimento e 0,5cm de diâmetro nominal, o qual foi acoplado a um recipiente para coleta da água de drenagem.

No preenchimento, os vasos receberam uma manta geotextil não tecida (Bidim OP 30) para evitar a obstrução pelo material de solo na mangueira, seguindo por acrescentar uma camada de 4kg de brita, para facilitar a drenagem subterrânea e 52kg de solo franco-arenoso, retirado do horizonte A de um NEOSSOLO Flúvico, solo onde é comum o cultivo do tomateiro. Sendo os vasos distribuídos, no ambiente protegido, sob o espaçamento de 1,0m entre linhas e 0,6m entre vasos.

Foram utilizadas sementes do cultivar Super Marmande<sup>®</sup> de tomateiro, apresentando como característica, hábito de crescimento indeterminado, ciclo de 105 dias após a emergência, resistência a Fusarium e Verticillium, frutos do tipo globular com sulcos, peso médio de 180g e indicados para saladas, a produtividade média entre 50 e 80 toneladas de frutos comerciais por hectare. No preparo das mudas, as sementes foram plantadas na razão de três por célula de uma bandeja de poliestireno com 128 células, usando-se substrato

comercial a base de casca de pinus, vermiculita e húmus na proporção de 1:1:1. Após 15 dias da semeadura (DAS), duas mudas foram transplantadas por vaso, ocasião em que as plantas possuíam, em média, 5 cm de altura e duas folhas definitivas.

Nos primeiros 15 dias após o transplântio (DAT) todos os tratamentos foram irrigados diariamente, usando-se de um sistema de irrigação por gotejamento, com emissores de vazão regulada igual a 6 L h<sup>-1</sup>, com as lâminas mensuradas pelo consumo de água obtido pelo método da lisímetria de drenagem; mantendo-se as plantas sob solo próximo a capacidade de campo, de modo a garantir um desenvolvimento uniforme das mudas. Com o início dos tratamentos, procedeu-se o desbaste de uma das plantas, a qual foi usada para obtenção da matéria seca inicial, deixando-se apenas uma planta com melhor vigor por vaso, a partir deste período, a quantidade de água aplicada às plantas seguiu os tratamentos.

A adubação foi feita com base na análise química do solo e seguindo recomendações contidas em Eloi (2007) para adubação de fundação e cobertura via fertirrigação. Sendo aplicados, em fundação, 50% do fósforo e, em cobertura, via fertirrigação, na fase vegetativa 20% do 'N', 25% do 'P' e 10% do 'K'; na fase de floração 52% do 'N', 25% do 'P' e 40% do 'K' e, na fase de frutificação os 28% do 'N' e 50% do 'K', em aplicações semanais, seguindo esquema de parcelamento apresentado em Eloi (2007). Para análise do efeito dos tratamentos sobre as características químicas dos frutos do tomateiro, foram mensurados: a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, transpiração, condutância estomática e concentração interna de CO<sub>2</sub> na terceira folha contada a partir do ápice. De posse desses dados, foram quantificadas a eficiência no uso da água e a eficiência instantânea da carboxilação.

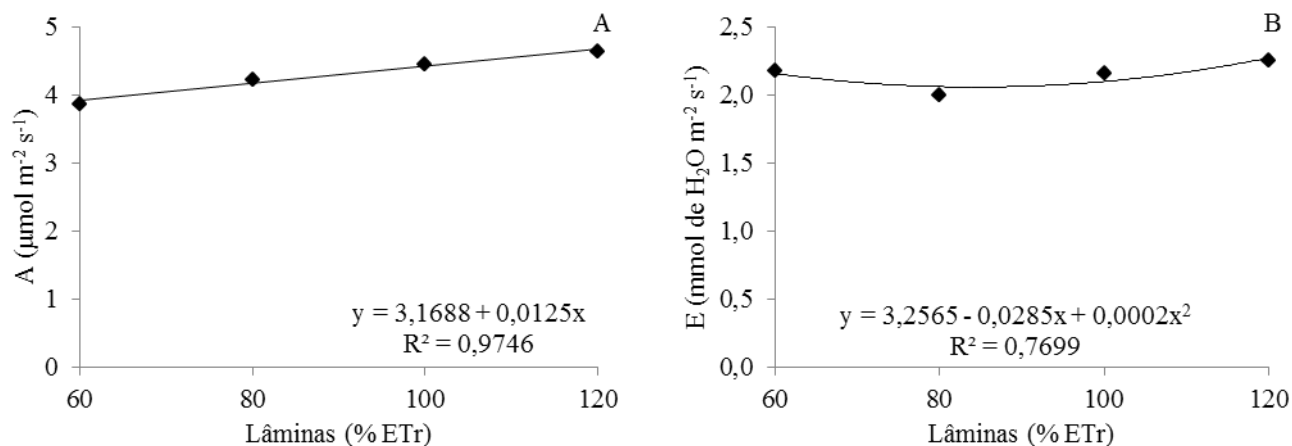
Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e, nos casos de significância,

realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática utilizando software estatístico SISVAR-ESAL (FERREIRA, 2003).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme equações de regressão para taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> referente à fase de floração do tomateiro (Figura 1A) onde observa-se que os valores de taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> mantiveram tendência ascendente em função das lâminas aplicadas, com incremento de 7,88% por aumento de 20% da Evapotranspiração Real, ou seja, aumento de 23,66% na taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> ao comparar o menor e o maior nível de água estudado. A redução da taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> durante o estresse hídrico deve-se à redução da disponibilidade de CO<sub>2</sub> no interior da folha, causada pelo fechamento dos estomas em resposta à redução da disponibilidade de água no solo (ROSA et al., 1991).

Em relação às lâminas de água na de floração o modelo ao quais os dados se ajustaram melhor em termos de transpiração, foi o quadrático (Figura 2A), todavia, a equação foi quadrática negativa, com isso, os maiores valores de transpiração foram observados nas lâminas entre 114 e 120% da ETr. Evidencia-se desta forma, uma estratégia de economia de água durante o período crítico, com o fecho dos estomas e a manutenção de menores taxas de transpiração, em detrimento da absorção de CO<sub>2</sub>. Segundo Taiz e Zeiger (2009) o fechamento dos estômatos durante o estresse hídrico, as plantas buscam diminuir sua perda de água por transpiração, resultando em perda d'água e diminuição do turgor. 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).

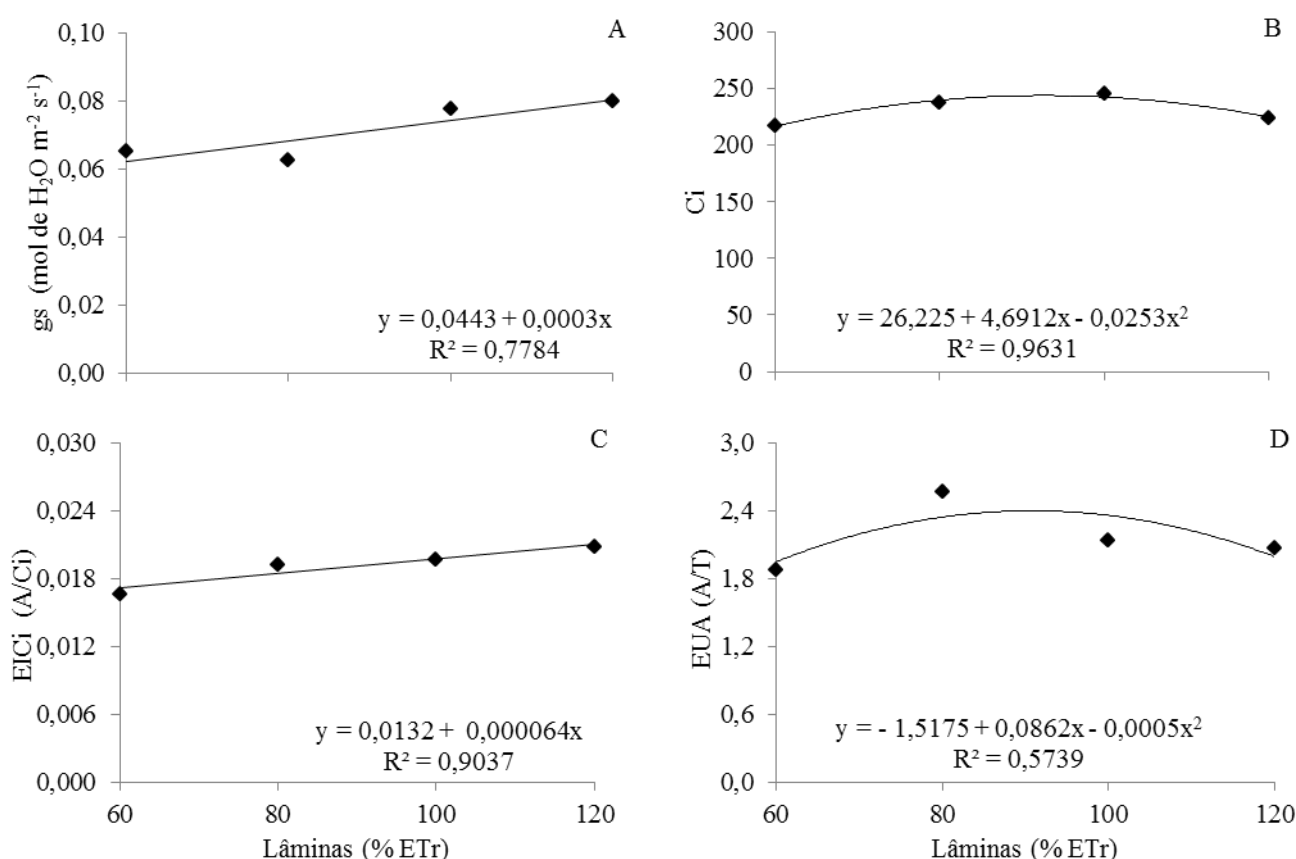


**Figura 1.** Taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> –A (A) e transpiração –E (B) do tomateiro em função das lâminas de irrigação aplicadas na fase de floração da cultura. Pombal, PB, 2012.

O incremento da quantidade de água aplicada às plantas de tomateiro ocasionaram aumento linear na condutância estomática ( $g_s$ ), quando o estresse foi aplicado na fase de floração (Figura 2A), sendo esta na ordem de 13,54% por aumento de 20% da ETr, ou seja, redução de 40,63% ( $0,018 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) na  $g_s$  das plantas irrigadas com 120% da ETr quando comparadas as sob 60% da ETr.

Estes resultados mostram que o efeito da deficiência hídrica causou redução sobre condutância estomática e taxas de transpiração, isso ocorre devido à redução do potencial da água na folha, onde a diminuição desse potencial provoca o fechamento dos estômatos, diminuindo a condutância estomática e consequentemente o decréscimo na transpiração. (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Analisando a equação de regressão para a concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) na fase de floração (Figura 2B), em função das lâminas de água de irrigação, o modelo ao qual os dados se ajustaram foi o quadrático, onde nota-se que o intervalo de 88 a 97% da ETr promoveram a máxima concentração interna de  $\text{CO}_2$  nas plantas, sendo que lâminas de água inferiores ou superiores a este intervalo resultaram em  $C_i$  inferiores. Ressalta-se que a concentração interna de  $\text{CO}_2$  no mesófilo foliar é reduzida pelo fechamento estomático, com consequente diminuição na taxa de assimilação de dióxido de carbono (JADOSKI et al. 2005). Esta resposta do mesófilo torna-se progressivamente mais importante com o aumento da deficiência em água (PARRY et al., 2002).



**Figura 2.** Condutância estomática – $g_s$  (A), concentração interna de  $\text{CO}_2$  – $C_i$  (B) Eficiência instantânea da carboxilação – $EIC_i$  (C) e eficiência no uso da água – $EUA$  (D) do tomateiro em função das lâminas de irrigação aplicadas na fase de floração da cultura. Pombal, PB, 2012.

Conforme equações de regressão para eficiência instantânea da carboxilação (Figura 2C) houve comportamento linear, com incremento na  $EIC_i$  de 9,69% por aumento de 20% da Evapotranspiração Real, ou seja, aumento de 29,09% na eficiência instantânea da carboxilação ao comparar o menor e o maior nível de água estudado.

Conforme Machado et al. (2005), a eficiência instantânea de carboxilação, no presente trabalho, deve-se,

sobretudo, aos incrementos registrados na concentração interna de dióxido de carbono e aos ganhos na taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$ .

Estudando-se a eficiência no uso da água ( $EUA$ ) em função das lâminas de irrigação, tem-se comportamento quadrático (Figura 2D), onde nota-se resposta positiva no fornecimento das lâminas de água até 86% da ETr, obtendo-se, nesta, a máxima  $EUA$  das plantas 2,19 ( $A/T$ ), respectivamente, sendo que, a partir

desta lâmina, ocorreu redução da EUA. De modo geral, sob estresse hídrico as plantas adotam um mecanismo conservativo, reduzindo a condutância estomática e a transpiração e aumentando a eficiência do uso da água. Nessas condições, a taxa de fotossíntese também acaba sendo reduzida (FERRAZ et al., 2012).

## CONCLUSÕES

1. O tomateiro expressou variações nas trocas gasosas e na eficiência instantânea da carboxilação, em função das diferentes lâminas de água na fase de floração.
2. A condutância estomática do tomateiro é a variável fisiológica mais sensível a redução das lâminas de água.
3. Lâminas entre 80 e 90% da Evapotranspiração Real proporcionaram uma maior concentração interna de CO<sub>2</sub> e eficiência no uso da água do tomateiro.

## REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, M. A. R. Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: UFLA, 2004. 400p.
- ALVINO, A.; D'ANDRIA, R.; ZERBI, G. Yield and quality of processing tomato varieties, as raw and canned product, with relation to irrigation level. *Acta Horticulturae*, n. 194, p. 117-124, 1986
- ELOI, W. M. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre o cultivo do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) em ambiente protegido. 111f. 2007. Tese (Doutorado em Agronomia)-ESALQ, Piracicaba, 2007.
- FERRAZ, R.L.S.; MELO, A.S.; SUASSUNA, J.F.; BRITO, M.E.B.; FERNANDES, P.D.; NUNES JÚNIOR, E.S. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. *Revista Pesquisa Tropical*. v.42, n.2, p.181-188, 2012.
- FERREIRA, P.V. Estatística experimental aplicada à agronomia. Maceió: UFAL/EDUFAL/FUNDEPES, 2000. 437p.
- GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. de. Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. In: Simpósio “Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada”. Campina Grande: UFPB, 1997. 383p.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. 2010, disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> acesso em: 26 de jun. 2011.
- JADOSKI, S. O.; KLAR, A. E.; SALVADOR, E. D. Relações hídricas e fisiológicas em plantas de pimentão ao longo de um dia. *Ambiência*, v. 1, n. 1, p. 11-19, 2005.
- MACHADO, E. C. et al. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 40, n. 12, p. 1161- 1170, 2005.
- MARIM, B.G.; SILVA, D.J.H.; GUIMARÃES, M.A.; BELFORT, G. Sistemas de tutoramento e condução do tomateiro visando produção de frutos para consumo in natura. *Horticultura Brasileira*, v.23, p.951-955. 2005.
- PARRY, M.A.J.; ANDRALOJC, P.J.; KHAN, S.; LEA, P.J.; KEYS, A.J. Rubisco activity: effects of drought stress. *Annals of Botany*, v.89, p.833-839. 2002.
- PEIXOTO, C. P.; CERQUEIRA, E. C.; SOARES FILHO, W. S.; CASTRO NETO, M. T.; LEDO, C. A. S.; MATOS, F. S.; OLIVEIRA, J. G. Análise de crescimento de diferentes genótipos de citros cultivados sob déficit hídrico. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 439-443, 2006.
- ROSA L., DILLENBURG L., FORSETH I. Responses of soybean leaf angle, photosynthesis and stomatal conductance to leaf and soil water potential. *Ann Botany*, v.67, p.51-58. 1991.
- SILVA, M.R. Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico durante a fase de rustificação. 105f. Dissertação (Mestrado e Silvicultura) - Universidade do Paraná, Curitiba, 1998.
- SILVA, E. L., PEREIRA, G. M., CARVALHO, J. A., VILELA, L. A. A., FARIA, M. A. Manejo de irrigação das principais culturas. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2000. 89p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4º ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.