



## RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DIÁRIA DE ESPÉCIES LENHOSAS SOB ESTRESSE HÍDRICO, EM SOLO COM E SEM ADIÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA

Maria da Assunção Machado Rocha<sup>1</sup>, Juciane Maria Santos Sousa Vieira<sup>2</sup>, Claudivan Feitosa de Lacerda<sup>3</sup>, Francisca Edineide Lima Barbosa<sup>4</sup>

### RESUMO

A baixa disponibilidade de água no solo é um dos fatores mais limitantes para o crescimento e sobrevivência das plantas. O objetivo deste trabalho foi avaliar as respostas dos processos fisiológicos ao longo do dia na fase inicial do crescimento do guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess), mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev) e oiti (*Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch) durante um período de estresse hídrico e outro de reidratação, em solo com e sem adição de matéria orgânica. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento experimental inteiramente casualizados, em arranjo fatorial 3 x 2 x 2, sendo composto por três espécies (guanandi, mogno africano e oiti), dois regimes hídricos (com e sem restrição hídrica) e dois níveis de fertilização orgânica (com e sem adição de matéria orgânica). A irrigação foi suspensa por 15 dias em metade das plantas, enquanto que a outra metade (controle) recebeu irrigação continuamente. Foram realizadas as seguintes avaliações: umidade gravimétrica do solo ( $\theta$ ) e trocas gasosas foliares ( $A$ ,  $E$  e  $g_s$ ). A suspensão da irrigação reduziu o potencial hídrico e as trocas gasosas foliares das três espécies estudadas. As plantas que sofreram estresse hídrico tiveram os maiores valores das trocas gasosas às 7:00 horas em seguida decrescendo ao longo do dia. No período de recuperação, as plantas apresentaram as trocas gasosas semelhantes as plantas continuamente irrigadas, porém com os valores ainda reduzidos.

**Palavras-chave:** trocas gasosas, umidade do solo, potencial hídrico.

## DAILY PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF WOODY UNDER WATER STRESS IN SOIL WITH AND WITHOUT ADDITION OF ORGANIC MATTER

### ABSTRACT

The low availability of water in the soil is one of the limiting factors for the growth and survival of plants. The objective of this work was to evaluate the responses of physiological processes

<sup>1</sup> Mestre, Universidade federal do Ceará, Fortaleza- CE Email: [assunrocha@gmail.com](mailto:assunrocha@gmail.com);

<sup>2</sup> Doutoranda, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages - SC. e-mail: [jucianemariass@gmail.com](mailto:jucianemariass@gmail.com)

<sup>3</sup> PhD Universidade Federal do Ceara, Fortaleza-CE. E-mail: [claudivan\\_@hotmail.com](mailto:claudivan_@hotmail.com)

<sup>4</sup> Dra Ciência do Solo, Universidade federal do Ceara, Fortaleza-CE. e-mail: [edineidelb@gmail.com](mailto:edineidelb@gmail.com)

throughout the day in the early s growth of guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess), african mahogany (*Khaya ivorensis* A. Chev) and oiti (*Licania tomentosa* (Benth) Fritsch). The experiment was conducted in a greenhouse at the Meteorological Station of the UFC, located in Fortaleza (CE). The experimental design was a complete randomized block, factorial 3 x 2 x 2, formed by three species (Guanandi, Mogno Africano and Oiti) two water regimes (irrigated and non- irrigated) and two levels of organic manure (with and without addition of organic matter), with five blocks and two plants per replication. Irrigation was suspended for 15 days on half of the plants, while the other half (controls) received irrigation continuously. The following evaluations were performed: gravimetric soil moisture ( $\theta$ ) and leaf gas exchange ( $A$ ,  $E$  e  $g_s$ ). A suspension of irrigation reduced water potential and leaf gas exchange of the three species studied. Plants that have suffered water stress had the highest gas exchange values of gas exchange at 7:00 hours after decreasing throughout the day. In the recovery period, the plants showed gas exchange like the continuously irrigated plants but with the values further reduced.

**Keywords:** gas exchanges, soil moisture, water potential

## INTRODUÇÃO

O semiárido nordestino é caracterizado por um balanço hídrico negativo, devido às baixas e irregulares precipitações pluviométricas. Estas condições causam elevada evapotranspiração e criam um déficit hídrico em quase toda a região (SUDENE, 2010). O estresse hídrico ocorre geralmente na natureza durante toda a vida da planta, ou seja, as plantas sofrem períodos frequentes de déficit hídrico, notadamente aquelas de ambientes secos, desenvolveram mecanismos para se adaptarem às condições de baixa disponibilidade de água no solo.

Portanto, quando a água no solo diminui, o potencial hídrico das plantas é reduzido, em função das maiores resistências criadas para o fluxo de água no sistema solo-planta-atmosfera, assim o potencial hídrico da planta atinge valores muito baixos, devido à redução da disponibilidade de água no solo e a planta não consegue mais extrair água, sendo a perda de turgescência é irreversível (PAIVA; OLIVEIRA, 2006).

O sistema radicular pelo contato direto ao solo é a primeira parte da planta a detectar e sinalizar às demais células, tecidos e órgãos os efeitos do estresse hídrico. A desidratação de parte das raízes pode causar parcial fechamento dos estômatos, evidenciando que está mais relacionado ao conteúdo hídrico do solo do que ao próprio conteúdo hídrico da planta (DAVIES et al., 2002).

Durante o período de estresse hídrico ocorrem inúmeros restrições ao processo metabólico das plantas (FLEXAS et al., 2007), causado tanto pela excessiva demanda evaporativa, como pelo suprimento limitado de água no solo, que por sua vez restringe a atividade fotossintética afetando o crescimento das plantas (YU et al., 2009). A fotossíntese é um dos processos fisiológicos mais sensíveis ao déficit hídrico (PINHEIRO; CHAVES, 2011), pois os estômatos se fecham para proteger a planta contra a perda excessiva de água nos horários mais quentes do dia (SENGUPTA et al., 2011).

A redução da absorção de água pelo sistema radicular também funciona como um sensor da seca no solo, da mesma forma que os estômatos se fecham em resposta ao Déficit de Pressão de Vapor (DPV) que são os sensores da seca no ar, pois, antes que ocorra uma redução do potencial de água na folha, ocorre à indução do fechamento estomático e a inibição do desenvolvimento da área foliar (TARDIEU; DAVIES, 1993).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as respostas dos processos fisiológicos ao longo do dia na fase inicial do crescimento do guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess), mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev) e oiti (*Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch) durante a imposição do estresse hídrico severo e a reidratação, em solo com e sem adição de matéria orgânica.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no período de abril a junho de 2013 em casa de vegetação (tipo capela composta de uma estrutura de alumínio e cobertura plástica de polietileno, com aluminet e orientação no sentido leste-oeste) na área experimental da Estação Meteorológica do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará (UFC), em Fortaleza, CE.

De acordo com a classificação de Köppen (1948), o clima local é do tipo Aw', tropical chuvoso, muito quente, com predomínio de chuvas nas estações do verão e do outono, que corresponde ao período de fevereiro a maio.

O solo utilizado foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2013) e apresenta as seguintes características químicas: pH (água) = 5,1; 10 mg kg<sup>-1</sup> de P; 8,69 g kg<sup>-1</sup> de M.O.; 4,01 cmol<sub>c</sub>kg<sup>-1</sup> de CTC; 62% de V; e 1,30; 1,20; 0,17; 1,82; 0,35; 0,19 cmol<sub>c</sub>kg<sup>-1</sup> de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>, Al<sup>3+</sup> e Na<sup>+</sup>, respectivamente.

O estudo foi realizado em vasos com capacidade para 5 kg, sendo que metade dos vasos foi preenchida com uma mistura de solo e matéria orgânica (húmus de minhoca) na proporção de 2:1 (solo com matéria orgânica – CMO), e a outra metade apenas com solo (solo sem matéria orgânica – SMO). O solo depois de misturado ao húmus, na proporção supracitada, apresentou as seguintes características químicas: pH (água) = 6,9; 144 mg kg<sup>-1</sup> de P; 21,41 g kg<sup>-1</sup> de M.O.; 11,61 cmol<sub>c</sub>kg<sup>-1</sup> de CTC; 89% de V; e 3,20; 4,0; 2,24; 1,32; 0,05; 0,85 cmol<sub>c</sub>kg<sup>-1</sup> de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>, Al<sup>3+</sup> e Na<sup>+</sup>, respectivamente.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizados, em arranjo fatorial 3 x 2 x 2, sendo composto por três espécies: guanandi - *Calophyllum brasiliense* Cambes, mogno africano - *Khaya ivorensis* A. Cheve e oiti - *Licania tomentosa* Benth Fritsch, dois regimes hídricos (com e sem restrição hídrica) e dois níveis de fertilização orgânica (com e sem adição de matéria orgânica).

As mudas foram compradas com quatro meses de um viveiro e possuíam certificação de qualidade. Após o transplântio foram irrigadas

diariamente durante oito dias para a aclimação na casa de vegetação. Em seguida, a irrigação foi suspensa por 15 dias em metade das plantas, enquanto que a outra metade (controle) recebeu irrigação diariamente com regador vaso por vaso no período da manhã com volume de um litro. Ao final do período de estresse, as plantas voltaram a ser irrigadas durante 15 dias para a determinação da recuperação, assim o experimento durou 30 dias.

A umidade gravimétrica do solo e trocas gasosas foram medidas aos 15 dias de estresse e após 15 dias de recuperação. A determinação da umidade gravimétrica do solo foi segundo a metodologia da Embrapa (1997). As medições de trocas gasosas, sendo obtidas as seguintes variáveis: condutância estomática ( $g_s$ ), taxa de transpiração ( $E$ ) e taxa de fotossíntese líquida ( $A$ ). Essas medições foram realizadas ao longo dos dias de estresse e recuperação na mesma folha, com intervalo de cerca de 3:00 horas nos seguintes horários: 7:00, 10:00, 13:00 e 16:00 horas na primeira folha completamente madura a partir do ápice, com o auxílio de um analisador de gás infravermelho (IRGA, LI-6400XT, ADC, Hoddesdon), acoplado a uma fonte de radiação artificial com intensidade de 1500  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  e sob condições naturais de temperatura do ar e concentração de CO<sub>2</sub>.

Para a análise da umidade gravimétrica do solo e das trocas gasosas (realizada as 10 horas) os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância ao nível de 1 e 5% de probabilidade utilizando-se do software "Assistat 7.7 BETA" (SILVA; AZEVEDO, 2009). As médias entre os efeitos dos fatores isolados e das interações foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Utilizou-se para a análise dos resultados das trocas gasosas ao longo do dia as médias das repetições e o erro padrão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de estresse, a análise de variância dos dados evidenciou o efeito significativo para os fatores isolados e para a interação entre os fatores espécies, regime hídrica e fertilização orgânica para teor de

umidade gravimétrico do solo (Tabela 1). Entretanto, no período de recuperação observou-se efeito significativo para matéria orgânica.

**Tabela 1-** Resumo da análise de variância para teor de umidade gravimétrica do solo ( $\theta$ ), condutância estomática ( $gs$ ), taxa de transpiração ( $E$ ) e taxa de fotossíntese líquida em três espécies vegetais, em função do regime hídrico e da adubação orgânica no período de estresse.

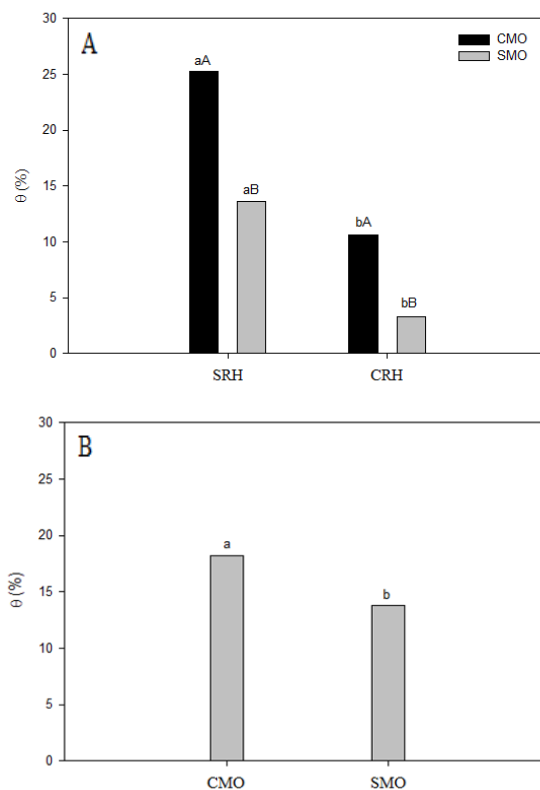
FV	GL	QM			
		$\theta$	$gs$	$E$	$A$
Espécie (A)	2	5.60591ns	0.00922**	3.22990*	2.25342ns
R. H. (B)	1	1395.27151**	0.18341**	128.65662**	343.43461**
F. O. (C)	1	807.12810**	0.03733**	20.36884**	42.38249**
A x B	2	29.41514*	0.00591*	1.57442ns	3.08440ns
A x C	2	3.96490ns	0.00070ns	0.11235ns	2.67681ns
B x C	1	41.77468*	0.1239**	1.52555ns	1.96006ns
A x B x C	2	14.48658ns	0.00027ns	0.10252ns	0.23019ns
Tratamento	11	213.73812	0.02412	14.59904	36.75153
Resíduo	24	7.69978	0.00149	0.75097	1.82240
Total	35				
CV%		21.04	32.54	23.00	27.76
<b>ESPÉCIE</b>					
Guanandi		13,70a	0,096a	3,25a	4,64a
Mogno A.		13,44a	0,081ab	2,96ab	3,96a
Oiti		12,41a	0,072b	2,39b	3,88a
<b>R. H.</b>					
SRH		19,41a	0,122a	4,11a	6,63a
CRH		6,96a	0,044b	1,62b	1,69b
<b>F. O.</b>					
CMO		17,02a	0,103a	3,45a	5,16a
SMO		8,45b	0,060b	2,29b	3,16b

A interação entre os fatores regime hídrico x fertilização orgânica afetou de forma significativa o teor de umidade gravimétrico do solo (Figura 1). Os maiores valores de umidade foram obtidos no solo irrigado, de maneira que a suspensão da irrigação provocou redução

na disponibilidade de água no solo. Entretanto, a adição de matéria orgânica resultou em maiores teores de umidade do solo, tanto no solo sem restrição hídrica como no com restrição hídrica no período de estresse (Figura 1A) e na fase de recuperação (Figura 1B).

**Figura 1-** Umidade gravimétrica do solo em função do regime hídrico e da adubação orgânica no período de estresse (A) e ao final do período de recuperação (B). Na figura A as médias seguidas da mesma letra minúscula, para regime hídrico, e maiúscula, para adubação orgânica, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CMO – com matéria orgânica; SMO – sem matéria orgânica; SHR – sem restrição hídrica; CRH – com restrição hídrica.

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DIÁRIA DE ESPÉCIES LENHOSAS SOB ESTRESSE HÍDRICO, EM SOLO COM E SEM ADIÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA



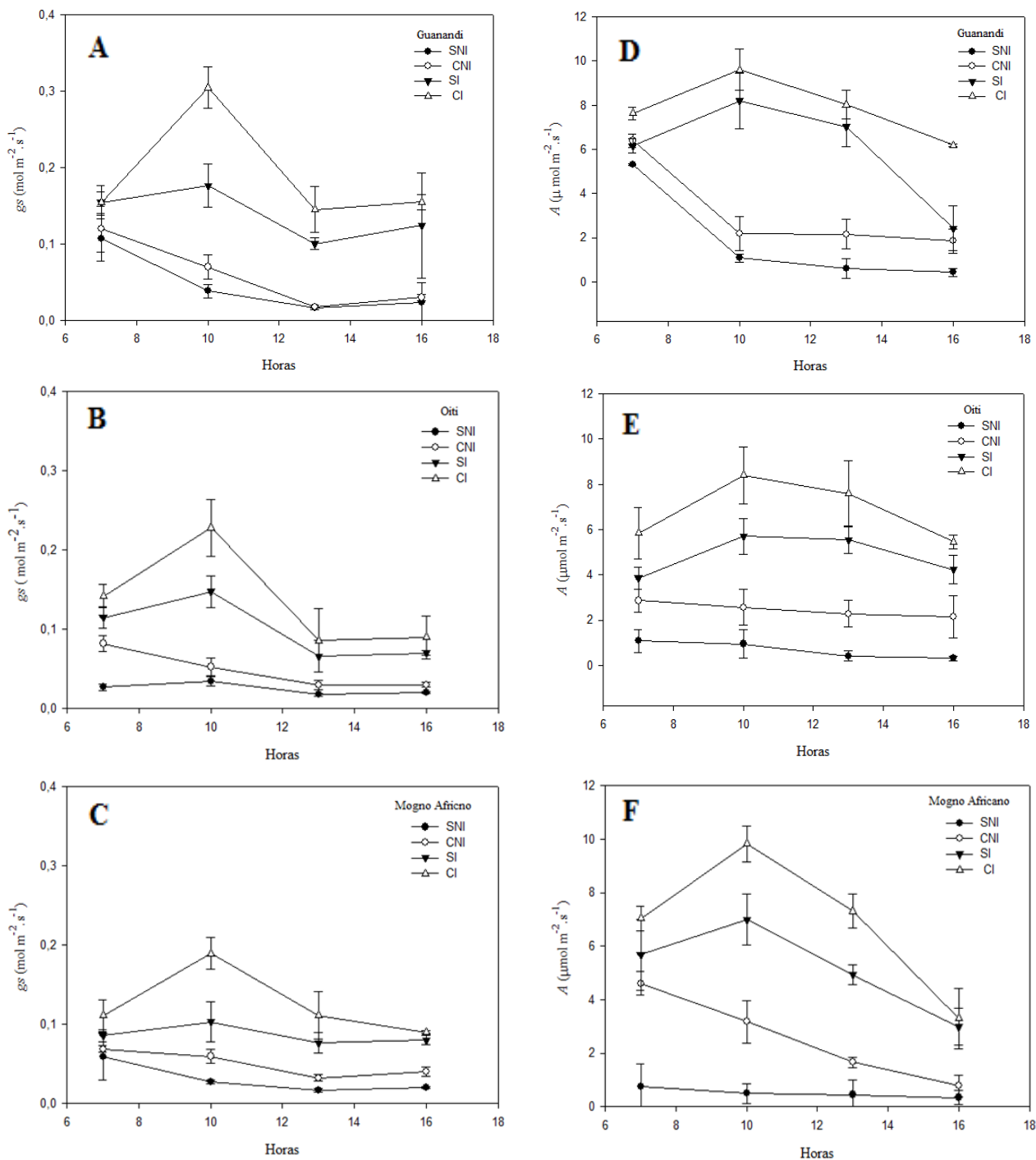
A redução da disponibilidade de água no solo (Figura 1), devido à suspensão da irrigação, provocou decréscimo no potencial hídrico foliar (dados não mostrados), provavelmente em função da maior resistência criada para o fluxo de água no sistema solo-planta-atmosfera (TAIZ; ZEIGER, 2013) e da redução na extração de água do solo (PAIVA; OLIVEIRA, 2006).

A capacidade de retenção de água pela matéria orgânica manteve maior conteúdo de água no solo durante a suspensão da irrigação, favorecendo a manutenção do estado hídrico das plantas que receberam esse insumo. Pois, no início do experimento o solo com matéria orgânica tinha 21,41 g kg<sup>-1</sup>MO e no final 23,69 g kg<sup>-1</sup>MO. Enquanto o solo sem matéria orgânica

no início do experimento tinha 8,49 g kg<sup>-1</sup>MO e 10,55 g kg<sup>-1</sup>MO no final.

As trocas gasosas (*A*, *E* e *gs*) afetou de forma significativa nos fatores isolados. Houve efeito significativo da interação entre os fatores regime hídrico x fertilização orgânica na *gs* (Tabela 1). A condutância estomática foi afetada negativamente pela suspensão da irrigação nas três espécies estudadas. Em termos relativos, a restrição hídrica causou uma redução de 45,8 % nas plantas com matéria orgânica e 50% sem matéria orgânica. Desta forma, verificou-se que a aplicação de matéria orgânica favoreceu a abertura estomática tanto nas plantas sem restrição hídrica quanto nas com restrição hídrica (Figura 2).

**Figura 2-** Condutância estomática e taxa de fotossíntese líquida diária em folhas de guanandi (A e D), oiti (B e E) e mogno africano (C e F) em função do regime hídrico e da adubação orgânica no período de estresse. Cada valor representa a média de três repetições (n=3) e o erro padrão da média ( $\pm$  SE). CNI- solo com matéria orgânica sem restrição hídrica; SNI- solo sem matéria orgânica sem restrição hídrica; CI- solo com matéria orgânica com restrição hídrica; SI- solo.



A maior retenção de água no solo com fertilização orgânica resultou em maiores valores de  $E$ , resultados semelhante ao observado para a  $g_s$  (Tabela 1). No solo sem matéria orgânica ocorreu restrição hídrica com o prolongar do estresse, de modo que o transporte de água no sistema solo-planta-atmosfera reduziu com a diminuição da condutividade hidráulica do solo e o abastecimento de água para as raízes tornou-se limitado, restringindo a

$g_s$ , em seguida a  $E$  e a  $A$ . É importante salientar que a taxa de transpiração depende da umidade do solo, bem como do enraizamento em profundidade e da densidade da área da raiz (MANZONI et al., 2013).

A  $g_s$  das plantas que tiveram suspensa a irrigação apresentaram o valor máximo às 7:00 horas decrescendo até as 13 horas, permanecendo constante até às 16:00 horas (Figura 2). O mogno apresentou os menores

valores em relação às outras espécies (Figura 2 C). Quando a água do solo é reduzida, os estômatos se fecham em uma manhã ensolarada, mantendo-se fechados para evitar a desidratação dos tecidos (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Por outro lado, quando as plantas foram irrigadas continuamente a  $g_s$  atingiu o valor máximo às 10:00 horas, em seguida decrescendo até 13:00 horas permanecendo constante até as 16:00 horas (Figura 2), em que os maiores valores foram observados no guanandi. Provavelmente, o aumento da demanda evaporativa e as altas temperaturas o abastecimento de água nas folhas era menor que a perda de água, mesmo com o solo na capacidade de campo, assim os estômatos se fecharam para evitar a redução do potencial de água na folha (ZHOU et al., 2010). A partir das 13:00 horas quando houve redução da demanda evaporativa houve o restabelecimento da  $g_s$  até às 16:00 horas.

As taxas de  $A$  e de  $E$  das plantas em que foi suspensa a irrigação apresentaram os valores máximo às 7:00 horas decrescendo ao longo do dia, enquanto as plantas irrigadas continuamente tiveram o valor máximo às 10:00 horas decrescendo em seguida até às 16:00 horas (Figura 2). Provavelmente, a redução da  $A$  e  $E$  as 13:00 horas ocorreu em virtude da redução da  $g_s$ , devido ao aumento do déficit de pressão de vapor do ar (DPV) (OLIVER et al., 2009) e da temperatura (EAMUS et al., 2008). Essa redução ocorre em função a demanda atmosférica ser maior que a absorção de água pela planta causando o fechamento dos estômatos (SENGUPTA et al., 2011)

Comparando-se as plantas que receberam matéria orgânica verificou-se que a suspensão da irrigação provocou reduções na  $A$  e  $E$  para as espécies guanandi (Figura 2 D), oiti (Figura 2 E) e mogno africano (Figura 2 F), respectivamente. Para as plantas que não receberam o insumo o grau de decréscimo causado pelo estresse hídrico foi ainda maior, respectivamente. A sensibilidade dos processos fotossintéticos ao estresse hídrico variou de acordo com as espécies, bem como com o nível de gravidade do estresse hídrico (CHAVES et al., 2009).

Segundo Taiz e Zeiger, (2013) as espécies diferem morfológicamente entre si, em quantidade, distribuição, tamanho e forma dos estômatos que são características específicas de cada espécie. A diminuição da  $A$  é geralmente observado em plantas sob condições de estresse hídrico (HESSINI et al., 2009). A redução do fluxo de água nas plantas é o fechamento do estômato, conseqüentemente reduz o fluxo de  $CO_2$  que chega aos cloroplastos (CHAVES et al., 2009).

Apesar do forte impacto da suspensão da irrigação sobre as taxas de  $A$ ,  $E$  e  $g_s$ , verificou-se grande recuperação após o período de reidratação em todas as espécies (dados não apresentados), porém os valores das plantas que foram continuamente irrigadas permaneceram ainda superiores com comportamento semelhantes as plantas continuamente irrigadas, onde as maiores taxas ocorreu as 10:00 horas.

A recuperação das variáveis  $g_s$ ,  $E$  e  $A$  após 15 dias de reidratação não atingiu o mesmo nível das plantas irrigadas e não teve a mesma intensidade para as três espécies. Contudo, a recuperação, indicando que o grau de estresse imposto provocou alterações irreversíveis nas funções e estruturas foliares. Segundo Anyia e Herzog (2004) as taxas de recuperação das trocas gasosas são menores em plantas submetidas ao estresse hídrico severo.

Segundo Santos et al. (2013) ao avaliarem as variações sazonais das trocas gasosas ( $A$ ,  $E$  e  $g_s$ ) em duas regiões distintas uma semiúmida e a outra semiárida com duas estações uma chuvosa e na outra seca. No período seco da região semiúmida a  $E$  e  $A$  apresentaram valores mais elevados no período da manhã e menores durante a tarde, entretanto na região semiárida a  $E$  e a  $A$  foram consideradas extremamente baixa durante todo o dia, o mesmo observado nesse trabalho.

## CONCLUSÕES

A restrição hídrica tornou-se mais severa nas plantas sem adição de matéria orgânica com prolongar do estresse, dessa forma a adição desse insumo ao solo aumentou a

disponibilidade de água no solo reduzido os efeitos deletérios do estresse das trocas gasosas.

No período de reidratação o solo com esse insumo as plantas tiveram uma melhor recuperação do estado hídrico e das trocas gasosas foliares, porém a recuperação não foi completa indicando que o estresse atingiu as estruturas e funções celulares de forma irreversível. Contudo das espécies estudadas o mogno africano apresentou mais sensível ao estresse e apresentou menor recuperação.

### AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pela bolsa concedida ao primeiro autor. Ao INCTSal e ao CNPq pelo apoio financeiro para a realização deste trabalho.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANYIA, A.O.; HERZOG, H. Genotypic variability in drought performance and recovery in cowpea under controlled environment. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.190, n.2 p.151–159, 2004.
- CHAVES, M. M., FLEXAS, J., PINHEIRO, C., Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell, **Ann. Bot.**, v.103, p.551–560, 2009.
- DAVIES, W. J.; WILKINSON, S.; LOVEYS, B. Stomatal control by chemical signaling and the exploitation of this mechanism to increase water use efficiency in agriculture. **New Phytologist, Lancaster**, v. 153, n. 3, p. 449-460, 2002.
- EAMUS, D., TAYLOR, D.T., MACINNIS-NG, C.M.O., SHANAHAN, S., SILVA, L. Comparing model predictions and experimental data for the response of stomatal conductance and guard cell turgor to manipulations of cuticular conductance, leaf-to-air vapour pressure difference and temperature: feedback mechanisms are able to account for all observations. **Plant, Cell and Environment**, v.31, p.269–277, 2008.
- EMBRAPA**. Centro Nacional de Pesquisa de solos. Manual de métodos de análise do solo. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- EMBRAPA**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Novo Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos. Brasília: Embrapa, 2013.
- FLEXAS, J.; DIAZ-ESPEJO, A.; GALMÉS, J.; KALDENHOFF, R.; MEDRANO, H.; RIBAS-CARBO, M. Rapid variations of mesophyll conductance in response to changes in CO<sub>2</sub> concentration around leaves. **Plant Cell and Environment**, v.30, p.1284–1298, 2007.
- HESSINI, K., MARTÍNEZ, J.P., GANDOUR, M., ALBOUCHI, A., SOLTANI, A., ABDELLY, C., Effect of water stress on growth, osmotic adjustment, cell wall elasticity and water-use efficiency in *Spartina alterniflora*. **Environmental and Experimental Botany**. v. 67, p.312–319, 2009.
- KOPPEN, W. **Climatologia**. Fondo de Cultura Econômica. México. 1948. 479p.
- MANZONI; S.; VICO; G.; KATUL, G.; PORPORATO, A. Biological Constraints on water transport in the soil-plant-atmosphere. **Water Resource Research**, v.51, p.292-304, 2013.
- PAIVA, R.; OLIVEIRA, L. M. **Fisiologia e Produção Vegetal**. Lavras. ed. UFLA. p. 104, 2006.
- PINHEIRO, C.; CHAVES, M.M. Photosynthesis and drought: can we make metabolic connections from available. **Journal of Experimental Botany**, v.62, p.869–882, 2011.
- SENGUPTA, D.; KANNAN, M.; REDDY, A. R. A root proteomics-based insight reveals dynamic regulation of root proteins under progressive drought stress and recovery in *Vigna radiata* (L.) Wilczek. **Planta**, v. 233, p.1111–1127, 2011.



RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DIÁRIA DE ESPÉCIES LENHOSAS SOB ESTRESSE HÍDRICO, EM SOLO COM E SEM ADIÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA

SILVA, F. de A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal components analysis in the software assistat-statistical attendance, In: World Congress on Computers in Agriculture, 7<sup>th</sup> Reno-NV-USA American Society of Agricultural and Biological engineers, 2009.

SANTOS, C. M. DOS; VERISSIMO, V.; WANDERLEY FILHO, H. C. DE L.; FERREIRA, V. M.; CAVALCANTE, P. G. DA S., ROLIM, E. V.; ENDRES, L. Seasonal variations of photosynthesis, gas exchange, quantum efficiency of photosystem II and biochemical responses of *Jatropha curcas* L. grown in semi-humid and semi-arid areas subject to water stress. **Industrial Crops and Products**, v. 41, p. 203–213, 2013.

SUDENE, 2010. Superintendência de desenvolvimento do nordeste. Disponível em, <http://www.sudene.gov.br> (acesso 12.10.2013).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

TARDIEU, F.; DAVIES, W. J. Integration of hydraulic and chemical signalling in the control of stomatal conductance and water status of droughted plants. **Plant, Cell and Environment**, v.16 p.341-349, 1993.

YU, D. J.; KIM, S. J.; LEE, H. J.; Stomatal and non-stomatal limitations to photosynthesis in field-grown grapevine cultivars. **Biol. Plant**. v.53, p.133–137, 2009.

ZHOU, Q.; YU, B. Changes in content of free, conjugated and bound polyamines and osmotic adjustment in adaptation of vetiver grass to water deficit. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.48, p.417–425, 2010.