

Análise preliminar das trocas gasosas, fluorescência da clorofila e potencial hídrico de plantas de juazeiro em uma região semi-árida de Sergipe, Brasil

L. M. de J. Santos¹; E. C. Silva², C. D. da Silva Junior^{1,2}

¹Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação (PPEC), Universidade Federal de Sergipe (UFS), 49100-000, São Cristóvão, Sergipe, Brasil

²Departamento de Biologia, Laboratório de Botânica Aplicada, 49100-000, São Cristóvão, Sergipe, Brasil

lm_bio@hotmail.com

(Recebido em 11 de setembro de 2013; aceito em 16 de fevereiro de 2014)

Este trabalho teve o objetivo de realizar uma análise preliminar das variações nas trocas gasosas, fluorescência de clorofila *a* e potencial hídrico caulinar de plantas de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Martius) em condições de campo em uma região no Alto Sertão no Estado de Sergipe, com o intuito de compreender as estratégias de sobrevivência utilizadas por esta espécie às condições climáticas locais, com escassez de chuvas e elevados índices de temperaturas e radiação solar. Para isto avaliou-se a eficiência do fotossistema II (Fv/Fm e Fv/F0), a área da curva OJIP e o índice de performance (IP); além da taxa fotossintética, condutância estomática, transpiração e potencial hídrico caulinar. Os dados da fluorescência apontaram que os indivíduos apresentaram taxas dentro do normal, não indicando condição de estresse. A taxa de fotossíntese (A) foi mais elevada no período da manhã, onde os estômatos estão abertos e o fotossistema em pleno funcionamento, e decresceu gradativamente ao longo do dia até atingir valores negativos no período da tarde, onde a condutância estomática (gs) e a taxa de transpiração (E) também foram mais baixas evitando desta forma a perda excessiva de água. O potencial hídrico caulinar (Ψ_w) variou ao longo do dia, sendo mais negativo no período da manhã. Concluiu-se que esta espécie apresenta estratégias de sobrevivência eficientes, mantendo seus tecidos hidratados em horários com temperaturas mais altas e umidade relativa do ar baixa e assimilam em horários com condições mais favoráveis, evitando desta forma a perda excessiva de água.

Palavras-Chave: Caatinga; eficiência quântica; estresse hídrico; .

Gas exchange, chlorophyll fluorescence and stem water potential preliminary analysis of jujube tree in a semi-arid region of Sergipe, Brazil.

This work aimed to perform an preliminary analysis of the gas exchange, chlorophyll fluorescence and stem water potential of jujube tree (*Ziziphus joazeiro* Martius) under field conditions in a region in Alto Sertão (dry land) in the State of Sergipe, in order to understand the survival strategies used by this species to the local climate, with low rainfall and high levels of temperature and solar radiation. Thus, we evaluated: the efficiency of photosystem II (Fv / Fm and Fv/F0 ratio), the area of the OJIP curve and performance index (PI), besides the photosynthetic rate, stomatal conductance, transpiration and stem water potential. The fluorescence data showed that individuals had normal rates indicating no stress condition. The rate of photosynthesis (A) was higher in the morning, where the stomata are open and fully functional photosystem and decreased gradually throughout the day until reaching negative values in the afternoon, where stomatal conductance (gs) and transpiration rate (E) were also lower thereby avoiding excessive loss of water. The stem water potential (Ψ_w) varied throughout the day, being more negative in the morning. It was concluded that this species presents efficient strategies for survival, keeping your tissues hydrated at times with higher temperatures and lower relative humidity and assimilate at times when conditions are more favorable, thus avoiding excessive loss of water.

Keywords: Caatinga; quantum efficiency, hydric stress.

1. INTRODUÇÃO

O juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Martius) é uma espécie da família *Rhamnaceae* que tem como características um profundo sistema radicular, altura entre 5 a 10 metros, copa globosa e densa, folhas de consistência membranácea a levemente coriácea e os frutos tipo drupa ricos em vitamina C. É conhecida por permanecer verde durante os períodos de estiagem, embora quando o solo apresenta escassez de água pode haver perda das folhas quase que por completo, mas este fato é considerado raro [1-5].

Sua ocorrência nas Caatingas é ampla, sendo registrada desde o Piauí até o norte de Minas Gerais. O juazeiro é considerado de grande importância ecológica por estabelecer-se em áreas degradadas e servir de abrigo e alimento para diversos animais. Além do valor ecológico, esta planta serve desde forrageira até medicinal, sendo muito apreciada pelos sertanejos [6, 4, 7, 8].

Quanto à sobrevivência, o juazeiro é considerada uma espécie sensível a variação da quantidade de água no solo, pois na análise das medições do potencial hídrico caulinar em período de estiagem e chuvoso, o juazeiro e outras espécies da Caatinga apresentaram um aumento do potencial hídrico com a variação no nível de água no solo do período seco para o chuvoso [9].

A baixa precipitação e a marcante sazonalidade em associação a outros fatores ambientais característicos do bioma Caatinga, como altas temperaturas e alta intensidade luminosa, provocam uma elevada demanda evaporativa e consequentemente dessecação do solo. A disponibilidade de água no solo é um dos fatores que mais afetam a taxa fotossintética de uma planta. O déficit hídrico altera o metabolismo e causa perdas na produtividade dos vegetais [10,11, 9].

Plantas submetidas a estresse hídrico severo frequentemente apresentam um marcante efeito fotoinibitório, caracterizado por um decréscimo significativo do rendimento quântico. Neste caso, o déficit hídrico em combinação com altos níveis de irradiância, pode causar uma significativa redução na eficiência da fotossíntese [12].

O objetivo deste estudo foi acompanhar ao longo do dia as variações nas trocas gasosas, fluorescência de clorofila *a* e potencial hídrico caulinar do juazeiro no Alto Sertão do Estado de Sergipe.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na unidade de conservação Monumento Natural Grotta do Angico, Alto Sertão do Estado de Sergipe. Esta unidade de conservação situa-se entre os municípios de Poço Redondo e Canindé de São Francisco, as margens do Rio São Francisco. Foram coletados dados das trocas gasosas, da fluorescência da clorofila *a* e do potencial hídrico caulinar de dez indivíduos, e dados ambientais (temperatura, umidade relativa do ar e precipitação). Os dados de precipitação acumulada durante o ano de 2012 foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (INPE, 2012), coletados na estação Agrometeorológica em Poço Redondo (Figura 1A). A temperatura e umidade relativa do ar foram aferidas utilizando um termohidrometro digital, *in situ*. Durante o período de avaliação a temperatura do ar variou de 32,1 °C a 39,6 °C e a umidade relativa do ar de 28% a 58% (Figura 1B).

As coletas foram realizadas após um período de chuvas temporárias, no mês de março de 2012 (Figura 1A). Foram feitas avaliações em folhas totalmente expandidas e próximas à região apical dos ramos em indivíduos adultos. Os dados foram coletados a cada duas horas das 08h às 16h. As avaliações de transpiração (E), condutância estomática (gs) e fotossíntese (A), foram feitas utilizando um sistema portátil de gás a infravermelho (PPSystems, Hitchin, UK), modelo CIRAS-2. A avaliação da cinética de emissão da fluorescência transiente ou polifásica (O-JIP) da clorofila *a* foi medida em folhas totalmente expandidas, utilizando-se um fluorômetro portátil

(Handy-PEA, Hanstech, King's Lynn, Norkfolk, UK). As medidas foram realizadas em folhas previamente adaptada ao escuro (uso de cliques foliares) durante 50 minutos. Os sinais de fluorescência foram registrados a cada 10 μ s durante 1s de iluminação (3000 μ mol fótons $m^{-2}.s^{-1}$). A intensidade de fluorescência aos 50 μ s foi considerada como sendo F0.

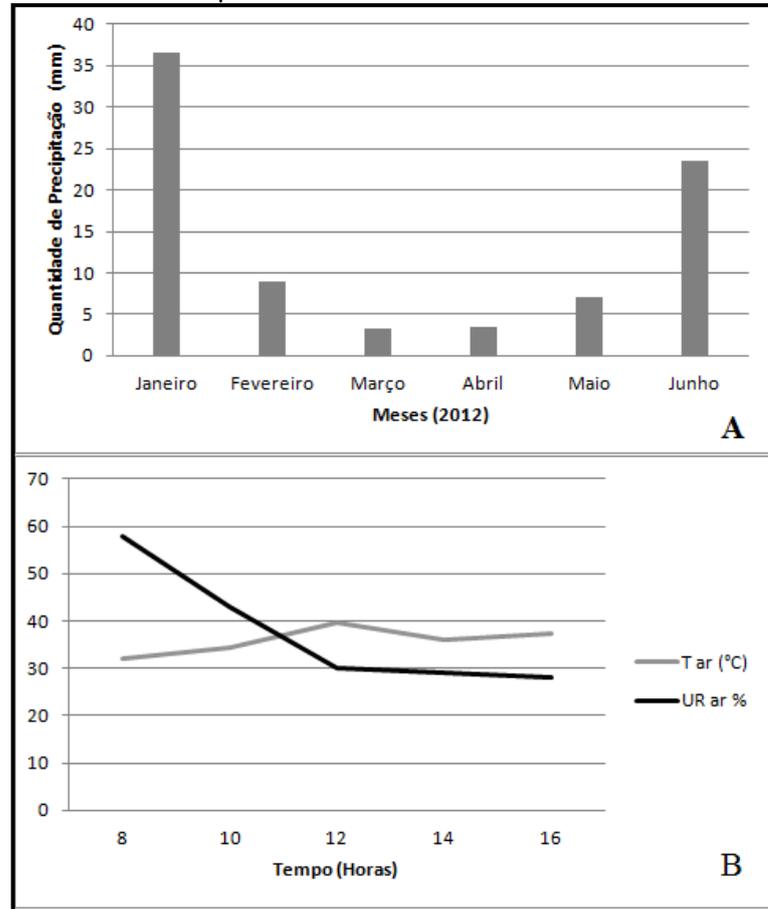


Figura 1: A - Distribuição da precipitação acumulada durante o primeiro semestre de 2012 (estação Agrometeorológica de Poço Redondo). Fonte: INPE (2012); B - Variação da temperatura (T_{ar}) e da umidade relativa do ar (%UR ar) durante o curso diário no Alto Sertão do estado de Sergipe.

O potencial hídrico caulinar (Ψ_w) foi medido em ramos apicais, usando-se uma bomba de pressão modelo 3005 (Santa Barbara Soil Moisture, USA).

Os valores dos dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Os testes estatísticos foram feitos utilizando o programa Assistat 7.6 e os gráficos foram feitos utilizando o programa GraphPad Prism 5. Os sinais da fluorescência transiente OJIP foram obtidos automaticamente pelo programa Handy - PEA (Hansatech).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O déficit de pressão de vapor (DPV) é uma variável que depende da umidade relativa do ar e da temperatura [13]. Durante o curso diário os valores do DPV oscilaram pouco das 8 às 14 horas, permanecendo em torno de 5 KPa. A partir das 14 horas o DPV decresceu para 3,7 KPa às 16 horas, onde apresentou diferença significativa dos demais horários (Figura 2). O DPV elevado pode diminuir a taxa fotossintética e aumentar a fotorrespiração devido ao efeito do DPV no controle do fechamento dos estômatos, que leva à diminuição da quantidade de carbono interno [14].

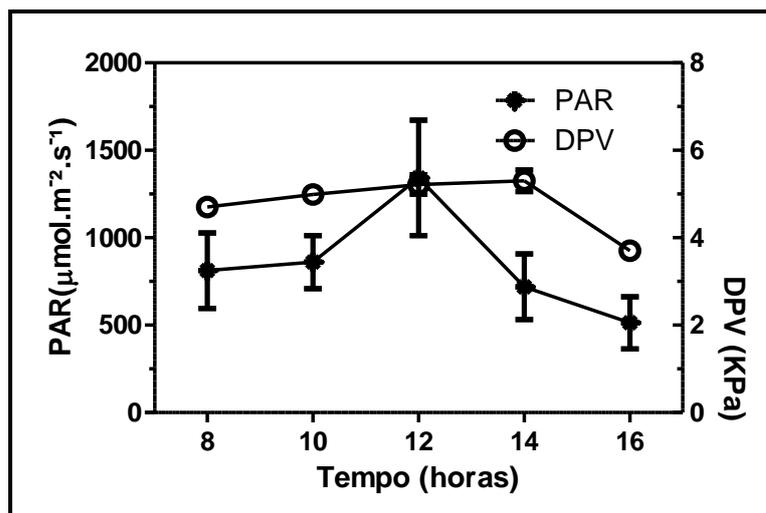


Figura 2: PAR (Radição Fotossinteticamente Ativa) \pm desvio padrão; DPV (Déficit de Pressão de Vapor) \pm desvio padrão, em plantas de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.), durante o curso diário no Alto Sertão do estado de Sergipe.

A radiação elevada combinada com outros fatores ambientais adversos contribuiu com a diminuição da capacidade fotossintética da planta, podendo levar esta à fotoinibição [15]. Neste estudo a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) oscilou durante o curso diário, devido à presença de nuvens, com valores próximos a $700 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ no período da manhã, atingindo seu máximo de aproximadamente $1300 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ao meio dia. No período da tarde os valores de PAR decresceram até atingir $500 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ às 16 horas, embora esses valores não tenham diferido significativamente entre si (Figura 2).

A assimilação de carbono (A) (Figura 3A) reduziu gradativamente ao longo do dia, atingindo valores negativos após as 14 horas. A redução da assimilação de carbono pode estar associada ao aumento do DPV até às 14 horas e a redução da PAR a partir das 12 horas (Figura 2), que proporcionaram redução na abertura estomática (Figura 3B). A redução da fotossíntese pode demonstrar que houve uma limitação estomática em função da redução da umidade relativa do ar e aumento da temperatura, fato esse que pode ser comprovado através do aparato fotossintético que permaneceu em funcionando como pode ser visto no desempenho dos dados referentes à fluorescência da clorofila *a* (Figura 4).

Em um trabalho desenvolvido com espécies pioneiras, assim como *Z. juazeiro*, constatou-se que os valores das taxas de fotossíntese nestas espécies também eram maiores nas primeiras horas da manhã e decrescem ao longo do dia [16].

A condutância estomática (gs) pode ter sofrido influência do DPV, já que esta diminuiu gradativamente de $125,94 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ do início da manhã para $59,26 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ às 14h e no final da tarde a condutância estomática apresentou um leve aumento (Figura 3B), ao contrário do que foi observado com o DPV que elevou-se até às 14 horas decrescendo no final da tarde (Figura 2). Em um trabalho com dez espécies da caatinga, no início da estação seca, foi constatado que a resistência estomática foi menor às 10 horas em *Z. juazeiro*, indicando maior condutância estomática neste horário [17]. Foi observado que em *Coccoloba nucifera* os valores da (gs) também foram maiores no início da manhã [18]. A redução na abertura estomática comprova que a queda na taxa de fotossíntese foi devido à diminuição na assimilação.

A queda da condutância estomática e conseqüentemente na fotossíntese ao longo do dia pode ser atribuída ao aumento do DPV, sem excluir o efeito da alta irradiância [19]. Plantas submetidas à deficiência hídrica além de causar uma redução da abertura estomática também reduzem o tempo em que os estômatos permanecem abertos [20].

A taxa de transpiração teve seu pico na primeira medição do dia, horário em que os estômatos estão abertos e a fotossíntese apresentou as maiores taxas, decrescendo até às 14 horas onde apresentou os menores valores $2,15 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. A variação na taxa de transpiração

não foi significativamente diferente ao longo do curso diário (Figura 3C). Plantas submetidas ao estresse hídrico atingiram os maiores valores de taxas de transpiração no início da manhã, ao contrário das plantas bem irrigadas que atingiram os maiores picos de transpiração ao meio dia, quando a PAR apresenta seus maiores valores [21]. Em aceroleiras os menores valores da taxa de transpiração também é às 14 horas com o fechamento parcial dos estômatos, enquanto que os maiores valores foram encontrados no início da manhã e final da tarde [11]. Em um estudo realizado com espécies da Caatinga, as maiores taxas de transpiração foram às 10 horas, inclusive para o *Z. juazeiro* [17].

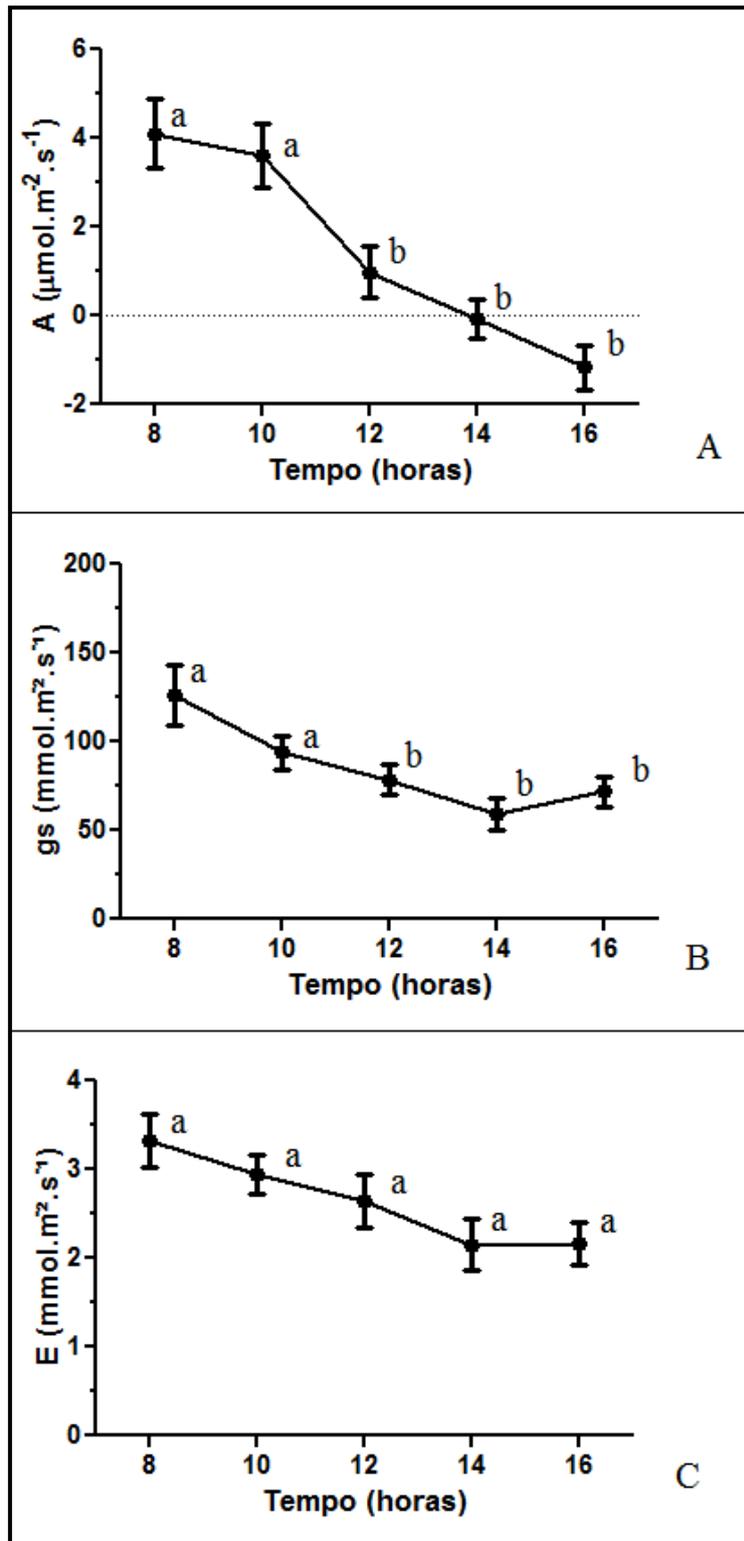


Figura 3: A - Fotossíntese Líquida (A) \pm desvio padrão; B - Condutância Estomática (gs) \pm desvio padrão; C - Taxa de Transpiração (E) \pm desvio padrão em plantas de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.), durante o curso diário no Alto Sertão do estado de Sergipe. Letras iguais não diferiram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A eficiência do fotossistema II (F_v/F_m) variou pouco durante o curso diário, não apresentando diferença significativa, com os valores oscilando entre 0,78 e 0,75 (Figura 4A). Quando as plantas estiverem em condições não estressantes, seus valores se encontrarão entre 0,75 e 0,85 como foram encontrados neste estudo, indicando que os indivíduos de juazeiros não apresentaram fotoinibição ao longo do dia [22]. Embora esse estudo tenha sido conduzido no final da estação seca, as eventuais chuvas de verão nos meses que antecederam o período de coleta (Figura 1) devem ter sido responsáveis pela manutenção da hidratação do tecido, protegendo assim o aparato fotossintético de danos nos fotossistemas.

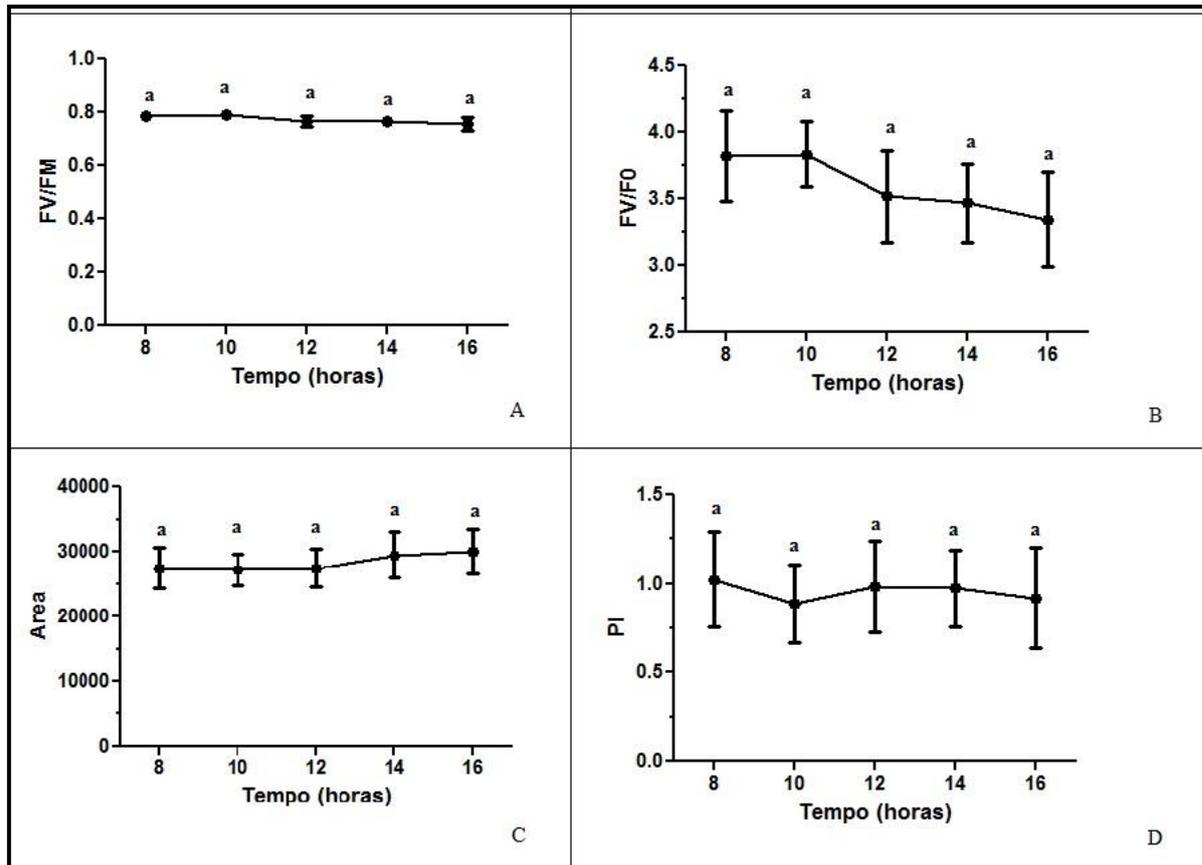


Figura 4: A (F_v/F_m) - Eficiência do fotossistema II \pm desvio padrão; B F_v/F_0 - Eficiência do fotossistema II \pm desvio padrão; C (Área) - Pool de elétrons transportado para o ciclo de Calvin \pm desvio padrão; D (PIabs) - Índice de Performance absoluto do Fotossistema II \pm desvio padrão em plantas de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.), durante o curso diário no Alto Sertão do estado de Sergipe. Letras iguais não diferiram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A eficiência do fotossistema calculada pela razão F_v/F_0 tem sido recomendada para detectar mudanças induzidas por condições estressantes, embora tenha as mesmas informações básicas que a razão F_v/F_m ela é mais sensível, amplificando pequenas alterações no fotossistema detectadas pela F_v/F_m . Os valores de F_v/F_0 oscilaram pouco ao longo do dia, não apresentando diferenças estatísticas (Figura 4B). Manteve-se estável das 8 às 10 horas e, a partir das 10 horas, horário em que há uma maior PAR, houve uma tendência de queda nesses valores para 3,5 ao meio dia, que continuou decrescendo até o final da tarde.

O pool de elétrons transportado pelo ciclo de Calvin, aqui representado pela área, variou pouco ao longo do dia, não apresentando diferença significativa entre os horários (Figura 4C). Este resultado comprova os dados obtidos com a eficiência do fotossistema medida pela F_v/F_m em que há um bom funcionamento do fotossistema II, não ocorrendo fotoinibição.

O Índice de Performance absoluto (PIabs), é considerado um parâmetro mais sensível para a detecção e quantificação de estresse em plantas [23]. Os indivíduos estudados não apresentaram sintomas de estresse. Os valores do Índice de Performance absoluto oscilou em torno de 1,0 durante o curso diário e não houve diferença significativa entre os horários estudados (Figura 4D).

O potencial hídrico caulinar (Ψ_w) médio das plantas de *Z. juazeiro*, variou ao longo do dia, sendo mais negativo no período da manhã, onde atingiu $-1,12$ MPa às 10 horas, horário em que foi registrada a maior abertura estomática e as maiores taxas fotossintética e de transpiração. Obviamente com um maior consumo de água para desempenhar suas atividades fotossintéticas. No período da tarde com o aumento do DPV a planta diminuiu a abertura estomática como mecanismo de defesa para evitar a perda excessiva de água e conservar os tecidos hidratados. O valor do potencial hídrico foi menos negativo em torno de $-0,4$ MPa, apresentando uma diferença significativa entre as coletas do período da manhã e da tarde (Figura 5).

Em um trabalho feito com *Z. Juazeiro* e outras espécies da Caatinga o potencial hídrico das espécies estudadas foi sensível à variação da quantidade de água no solo, pois apresentaram uma diferença considerável no potencial hídrico caulinar medido nos períodos seco e chuvoso, demonstrando uma sensibilidade à variação do teor de água no solo [9]. Indivíduos adultos de juazeiro em condições naturais apresentaram potenciais hídricos negativos, abaixo de -2 MPa em período de estiagem [8]. Os autores sugerem que estas plantas diminuem o seu potencial hídrico durante a estação seca para tolerar o déficit hídrico.

Essa variação marcante nos valores de potencial hídrico ao longo do dia sugerem que o juazeiro apresenta um comportamento anisotrópico [24], uma vez que a redução dos seus valores ocorreram nos horários de maior abertura estomática e, conseqüentemente, maior perda de água. Ao mesmo tempo demonstra uma grande capacidade de recuperação do status hídrico à medida que a perda de água é restringida pela redução da abertura estomática (Figuras 3 e 5).

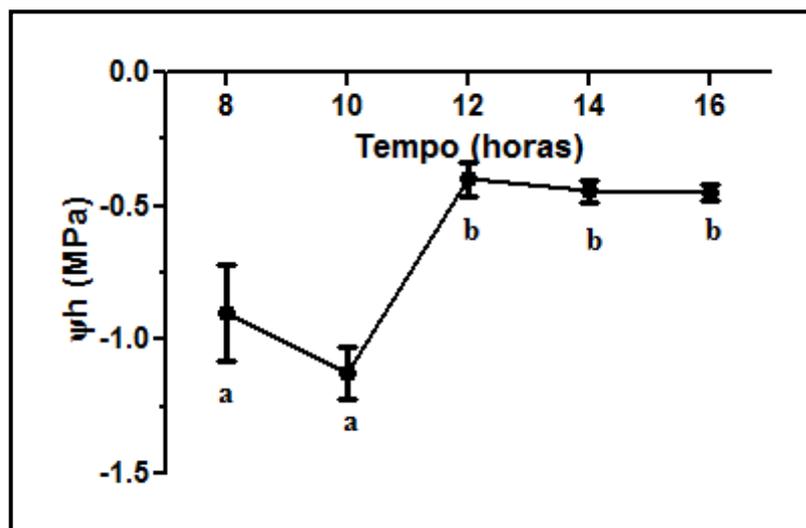


Figura 5: Potencial Hídrico Caulinar (Ψ_w) \pm desvio padrão em plantas de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.) durante o curso diário no Alto Sertão do estado de Sergipe. Letras iguais não diferiram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4. CONCLUSÃO

De acordo com os dados encontrados, concluímos que os indivíduos de *Ziziphus joazeiro* apresentam estratégias de sobrevivência eficientes, evitando a perda excessiva de água e favorecendo a integridade do aparato fotossintético.

5. AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES. •

1. Silva, L.M.M.; Matos, V.P. Morfologia de Frutos, Sementes e Plântulas de Catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* TUL. – Caesalpinaceae) e de Juazeiro (*Zizyphus joazeiro* MART. – Rhamnanaceae). Revista Brasileira de Sementes, vol. 20, n. 2, 1998, p. 25-31.
2. Giulietti, A.M.; Bocage Neta, A.L.; Castro, A.A.J.F.; Gamarra-Rojas, C.F.L.; Sampaio, E.V.S.B.; Virgínio, J.F.; Queiroz, L.P.; Figueiredo, M.A.; Rodal, M.J.N.; Barbosa, M.R.V. Harley, R.M. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. In: Silva, J.M.C.; Tabarelli, M.; Fonseca, M.T. Lins, L.V. (orgs.). Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2003.
3. Prado, D.E. As Caatingas da América do Sul. In: Leal, I.R.; Tabarelli, M.; Silva, J.M.C. (ed.). Ecologia e conservação da caatinga. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2003, p. 3-73.
4. Carvalho, P.E.R. Juazeiro *Zizyphus joazeiro*. EMBRAPA Colombo, PR, 2007, p. 1-8.
5. Lorenzi, H. Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil, vol. 1/5ª ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008. 235 p.
6. Tigre, C.B. Estudo de silvicultura especializada do nordeste. Fortaleza, 1977. 179 p.
7. Lacerda, A.V.; Barbosa, F.M.; Barbosa, M.R.V. Estudo do comportamento arbustivo-arbóreo de matas ciliares na bacia do rio Taperobá, semiárido paraibano: uma perspectiva para a sustentabilidade dos recursos naturais. Oecologia Brasiliensis, vol. 11, n. 3, 2007, p. 331-340.
8. Silva, M.A.V. da; Silva, M.A.M. da; Souza, R.P. de; Maciel, L.S.; Nogueira, R.J.M.C. Influência da sazonalidade nas relações hídricas de *Zizyphus joazeiro* MART. no agreste pernambucano. In: X Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão – jepex –UFRPE: Recife, 18 a 22 de outubro de 2010.
9. Trovão, D.M.B.M.; Fernandes, P.D.; Andrade, L.A.; Neto J.D. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, vol. 11, n.3, 2007, p. 307-311.
10. Santos, R.F.; Carlesso R. Déficit Hídrico e os Processos Morfológico e Fisiológico das Plantas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, vol. 2, n. 3, 1998, p. 287-294.
11. Nogueira, R.J.M. C.; Moraes, J.A.P.V.; Burity, H.A. Curso diário e sazonal das trocas gasosas e do potencial hídrico foliar em aceroleiras. Pesquisa Agropecuária Brasileira, vol. 35, n. 7, 2000, p. 1331-1342.
12. Baker, N.R. Light-use efficiency and photoinhibition of photosynthesis in plants under environmental stress. In: Smith, J.A.C.; Griffiths, H. (Eds.) Water deficit plant responses from cell to community, 1993, p. 221-235.
13. Marengo, R.A.; Lopes, N.F. Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. 3ªed. Viçosa, MG: UFV, 2009.
14. Dias, D.P.; Marengo, R.A. Fotossíntese e fotoinibição em mogno e acariquara em função da luminosidade e temperatura foliar. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, vol. 42, n.3, 2007, p. 305-311.
15. Moraes, R.R de; Gonçalves, J.F. de; Santos Júnior, U.M. dos; Dunisch, O.; Santos, A.L.W. dos. Chloroplastid Pigment Contents and Chlorophyll *a* Fluorescence in Amazonian Tropical Three Species. Revista Árvore, vol. 31, n. 5, 2007, p. 959-966.
16. Ribeiro, R.V.; Souza, G.M.; Oliveira, R.F.; Machado, E.C. Photosynthetic responses of tropical tree species from different successional groups under contrasting irradiance conditions. Revista Brasileira de Botânica, vol. 28, n. 1, 2005, p. 149-161.
17. Silva, E.C. da; Nogueira, R.J.M.C.; Azevedo Neto, A.D. de; Brito, J.Z. de; Cabral, E.L. Aspectos ecofisiológicos de dez espécies em uma área de caatinga no município de Cabaceiras, Paraíba, Brasil. Iheringia, Série Botânica, vol. 59, n. 2, 2004, p. 201-205.
18. Passos, C.D.; Passos, E.E.M.; Prado, C.H.B. de A. Comportamento Sazonal do Potencial Hídrico e das Trocas Gasosas de Quatro Variedades de Coqueiro-Anão. Revista Brasileira de Fruticultura, vol. 27, n. 2, 2005, p. 248-254.
19. Costa, G.F. da; Marengo, R.A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). Acta Amazonica, vol. 37, n. 2, 2007, p. 229-234.
20. Larcher, W. Ecofisiologia Vegetal. São Carlos, RiMa. São Paulo, 2000, 529 p.
21. Oliveira, A.D. de; Fernandes, E.J.; Rodrigues, T. de J.D. Condutância Estomática como Indicador de Estresse Hídrico em Feijão. Eng. Agrícola, vol. 25, n.1, 2005, p. 86-95.
22. Maxwell, K.; Johnson, G. Chlorophyll fluorescence-a practical guide. Journal of Experimental Botany, vol. 51, 2000, p. 659-668.
23. Christen, D., Schonmann, S., Jermimi, M., Strasser, R.J., Défago, G. Characterization and early detection of grapevine (*Vitis vinifera*) stress responses to esca disease by in situ chlorophyll fluorescence and comparison with drought stress. Env. Exp. Botany. vol.60. 2007. p. 504-514.

24. Tardieu, F.; Simonneau, T. Variability among species of stomatal control under fluctuating soil water status and evaporative demand: modeling isohydric and anisohydric behaviours. *Journal of Experimental Botany*, vol.49, p. 419-432, 1998.