

Fluorescência da clorofila *a* e eficiência fotoquímica em *Serjania erecta* Radlk sob variações diurnas e cama de frango ao solo

Cleberton Correia Santos^{1,*}, Rodrigo da Silva Bernardes¹, Mariana Lescano Geist¹, Higor Perikles Guedes Jorge¹, Maria do Carmo Vieira¹

¹Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Faculdade de Ciências Agrárias, Cidade Universitária, Rodovia Itahum – km 12, 79804-970, Dourados – MS, Brasil.

*Autor correspondente: cleber_frs@yahoo.com.br
Artigo enviado em 15/01/2019, aceito em 13/12/2019.

Resumo: As informações técnicas referentes às respostas fotoquímicas de *Serjania erecta* Radlk sob variantes ambientais e uso resíduo orgânico são escassas; daí, a necessidade de pesquisas nesta modalidade. Assim, objetivou-se conhecer os mecanismos de uso da luz por folhas de *S. erecta* em função do uso de cama de frango e variações diurnas. Realizou-se o experimento sob condições de campo, avaliando-se as características fotoquímicas em função de três variações diurnas: 09h00min, 12h00min e 15h00min, sem e com cama de frango ao solo. O arranjo experimental foi em esquema fatorial 3 x 2, no delineamento de blocos casualizados, com oito repetições. Aos 300 dias após o transplântio das mudas, realizaram-se determinações dos parâmetros da fluorescência da clorofila-*a*, fotoquímicas associadas ao fotossistema II e índice de clorofila. Constatou-se menor índice de clorofila ocorreu nas folhas às 12h. As maiores F_v , eficiência quântica fotoquímica do fotossistema II (F_v/F_m) e de conversão de energia química (F_v/F_0) ocorreram nas folhas às 09h e 15h, com e sem cama de frango, respectivamente. Já, os maiores valores do *quenching* não fotoquímico ocorreram às 12h, independente do uso de cama de frango. Em geral, as plantas de *S. erecta* apresentaram mecanismos fotoquímicos visando mitigar possíveis impactos negativos ao aparato fotossintético e a adição de cama de frango ao solo contribuiu nas atividades fotoquímicas às 09h00min.

Palavras-chave: Sapindaceae, fotossistema II, resíduo orgânico, planta medicinal.

Chlorophyll *a* fluorescence and photochemical efficiency in *Serjania erecta* Radlk under diurnal variations and poultry manure in the soil

Abstract: Information regarding the photochemical responses of *Serjania erecta* Radlk under environmental variants and use organic residue are scarce; hence, the need for research in this modality. Thus, it was aimed to know the mechanisms of light use by leaves of *S. erecta* as a function of the use of poultry manure bed and diurnal variations. The experiment was carried out under field conditions, and the photochemical characteristics were evaluated according to three diurnal variations: 9:00 a.m., 12:00 a.m. and 3:00 p.m., without and with poultry manure. The experimental arrangement was in a 3 x 2 factorial scheme, in a randomized complete block design, with eight replications. At 300 days after transplanting of the seedlings, determinations of chlorophyll *a* fluorescence parameters, photochemical associated with photosystem II and chlorophyll index were performed. It was observed a lower chlorophyll index in the leaves at 12h. The

highest F_v , photochemical quantum efficiency of photosystem II (F_v/F_m) and chemical energy conversion (F_v/F_0) occurred in the leaves at 09h and 15h, with and without poultry manure, respectively. Already, the highest values of non-photochemical quenching occurred at 12h, regardless of the use of poultry manure. In general, the *S. erecta* plants presented photochemical mechanisms to mitigate possible negative impacts to the photosynthetic apparatus and the addition poultry manure in the soil contributed photochemical activities at 9:00 a.m.

Keywords: Sapindaceae, photosystem II, organic residue, medicinal plant.

Introdução

Serjania erecta Radlk (cipó cinco folhas, Sapindaceae) é uma planta nativa do Cerrado, de porte subarbustivo e utilizada devido as suas propriedades medicinais. A partir do extrato hidroalcolico das folhas constatou-se a presença de saponinas, taninos, flavanóides, triterpenos e proporcionou efeito anti-inflamatório em ratos (Gomic et al., 2008). Além disso, verificou-se inibição do crescimento de *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella setubal*, *Candida albicans*, *Saccharomyces cerevisiae* e *Escherichia coli* a partir do extrato das folhas e raízes (Cardoso et al., 2013). Suas folhas apresentaram elevado índice (acima de 83%) de atividade antioxidante e ação inibitória da ação da colinesterase (Broggini et al., 2010).

Portanto, é necessário conhecer as características associadas ao metabolismo e crescimento da espécie visando seu cultivo *ex situ*, tornando-se necessário o conhecimento das características foliares funcionais relacionadas aos processos e mecanismos fotoquímicos da fotossíntese almejando o uso eficiente da luz. Entretanto, essas respostas podem variar de acordo com as variações diurnas, isto é, ao longo do dia (Caron et al., 2014) em função da intensidade luminosa e temperaturas, entre outros fatores abióticos, podendo ocasionar distúrbios ao aparato fotossintético.

Neste contexto, o uso de ferramentas que possam elucidar as

atividades fotoquímicas da fotossíntese são imprescindíveis, dentre elas a fluorescência da clorofila *a* e atividade no fotossistema II (FS II). Esses parâmetros têm sido difundidos no estudo dos mecanismos fisiológicos, pois permite fazer uma análise dos processos de absorção, transferência e aproveitamento de energia através do FS II (Gonçalves et al., 2012), e conseqüentemente rendimento fotoquímico foliar.

Em outra vertente, dentre os tratos culturais para plantas medicinais, o uso de resíduos orgânicos, tal como a cama de frango é uma prática sustentável, que ao ser adicionada ao solo pode influenciar positivamente nas características fisiológicas das plantas, pois o processo de mineralização ocorre de forma gradual, disponibilizando os nutrientes ao longo do ciclo de cultivo (Souza et al., 2005), podendo contribuir nos processos fotoquímicos da fotossíntese devido a relação desses elementos na etapa fotoquímica da fotossíntese.

Porém, salienta-se que são incipientes estudos científicos que descrevam a relação entre as variáveis ambientais e uso de resíduo orgânico nos processos fotoquímicos para o cultivo da espécie. Assim, objetivou-se com este trabalho conhecer os mecanismos de uso da energia sob diferentes variações diurnas e adição da cama de frango ao solo na fluorescência da clorofila *a* e eficiência fotoquímica no fotossistema II em folhas de *S. erecta*.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido sob condições de campo (22°11'43.7"S e 54°56'08.5"W, 452 metros), da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. O clima da região segundo a classificação de Köppen-Geiger é Aw (Alvares et al., 2013). A espécie foi identificada, e um voucher está depositado no Herbário DDMS, sob número 5395.

Avaliaram-se as respostas fotoquímicas em folhas de plantas jovens de *S. erecta* sob três variações diurnas, nos seguintes horários e temperaturas: 09h00min (27 °C), 12h00min (30 °C) e 15h00min (32 °C), respectivamente, sem e com adição de cama de frango ao solo. O arranjo experimental foi em esquema fatorial 3 x 2, no delineamento de blocos casualizados, com oito repetições, com uma planta cada.

Para isso, coletaram-se frutos de plantas matrizes localizadas no Horto de Plantas Medicinais, da UFGD. Posteriormente, selecionaram-se sementes que apresentavam características morfológicas desejáveis (não chochas), e realizou-se a semeadura em bandejas de poliestireno expandido de 128 células, preenchidas com substrato Bioplant® para obtenção das mudas. Decorridos 60 dias após a semeadura, foi feito o transplantio das mudas para o campo, escolhendo-se as que apresentavam altura média de 10 cm, e adicionaram-se 10 t ha⁻¹ de cama de frango em cova nas parcelas correspondentes.

O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (Santos et al., 2013), de textura muito argilosa, com os seguintes atributos químicos, de acordo com metodologia de Silva (2009): pH CaCl₂= 5,24; P= 15,83 mg dm⁻³; Ca= 2,88 cmol_c dm⁻³; K= 0,43 cmol_c dm⁻³; Mg= 2,41 cmol_c dm⁻³; Al= 0,06 cmol_c dm⁻³; H+Al= 2,41 cmol_c dm⁻³; SB= 5,73 cmol_c dm⁻³; CTC= 8,79 cmol_c dm⁻³, e V%= 65,2.

A cama de frango utilizada foi de base de casca de arroz semidecomposta adquirida de aviário da região de Dourados, com os seguintes atributos químicos (nutrientes expressos em g kg⁻¹): pH CaCl₂= 6,4; N= 26,6; P= 21,4; K= 11,0; Ca= 38,1; Mg= 11,6, carbono orgânico (267,0) e relação C/N= 10/1. Os tratos culturais realizados constituíram-se de irrigações diárias, utilizando-se aspersores, e controle de plantas espontâneas (coroamento), por meio de capina manual.

No momento em que as plantas (Figura 1a) apresentaram limbos foliares com área de superfície considerável para as avaliações, o que ocorreu aos 300 dias após o transplantio, as folhas foram submetidas a condição de escuro com *leaf clips* (Figura 1b), por 30 minutos, durante o período das 8 às 10h. Logo após, utilizando-se fluorômetro portátil (OS p 30/OPTI-SCIENCES Chlorophylls Fluorometer, Hudson, USA), mensurou-se a emissão das fluorescências inicial (F₀) e máxima (F_m) da clorofila-*a*; a fluorescência variável (F_v) foi calculada pela diferença entre F₀ e F_m.



Figura 1. Planta de *Serjania erecta* (a) e leaf clips para adaptação das folhas à condição de escuro (b).

Calcularam-se as eficiências quântica fotoquímica do fotossistema II (FS II) (F_v/F_m), efetiva da conversão de energia absorvida (F_v/F_0), dissipação máxima ($D_m = 1 - F_m$), rendimento máximo de excitação não fotoquímica (F_0/F_m) (KRAUSE; WEIS, 1991; BAKER, 2008). Foi realizada adaptação das propostas de Genty et al. (1989), Bilger e Bjorkman (1990) e Souza et al. (2009) para determinação dos *quenching* fotoquímico (qP), não fotoquímico (NPQ), eficiência de captura de fótons (ECF) e da antena do FS II (Parâmetro de Genty). Também realizou-se a determinação do índice de clorofila utilizando clorofilômetro portátil SPAD 502 (*Soil Plant Analyzer Development*).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e quando significativos pelo teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, para variações diurnas, e t de Student, para cama de frango ($p < 0,10$), utilizando-se o *software* SISVAR (Ferreira, 2014).

Resultados e Discussão

As fluorescência inicial e máxima da clorofila-*a* e parâmetro de Genty (complexo da antena) não foram influenciadas pelos fatores em estudo ($p > 0,10$), com médias de 0,215; 0,627 e 0,651 elétrons quantum⁻¹, respectivamente. Essa respostas deve-se provavelmente ao fato de que no processo fotoquímico nem todos os elétrons são aproveitados em função de sua perda esperada na transferência entre os aceptores nos fotossistemas (Boureima et al., 2012).

As dissipações de energia e os *quenching* fotoquímico foram influenciados pelos fatores isolados, em que a maior D_m e qP ocorreram nas plantas cultivadas sem e com cama de frango, respectivamente (Figura 2a e b). Quanto as variações diurnas, às 9 h ocorreram menores a D_m e qP, em função de nesse horário a radiação solar incidente ser menor.

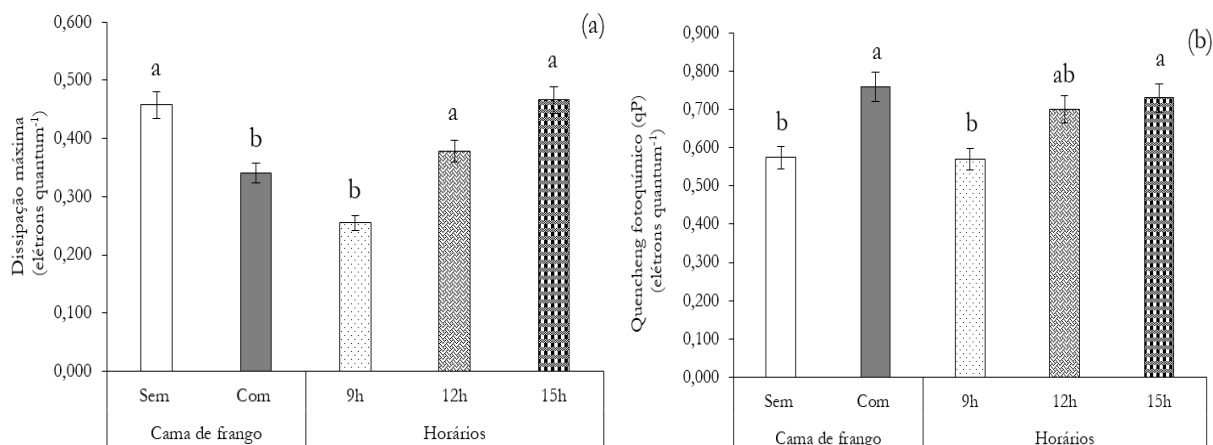


Figura 2. Dissipação máxima (a) e *quenching* fotoquímico – qP (b) em folhas de plantas de *S. erecta* em diferentes horários e adição de cama de frango ao solo. Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey, para horários, e t de Student, para cama de frango ($p > 0,10$).

Quanto aos resultados de D_m e qP, estes sugerem que a adição desse resíduo orgânico ao solo atua de forma benéfica na estabilidade do uso de energia solar pela espécie, isto é, a presença dos nutrientes é importante no processo fotoquímico da fotossíntese. Na cama de frango, há presença de nutrientes importantes no metabolismo fotoquímico e bioquímico da fotossíntese, tais como o nitrogênio e magnésio, pois estão associados na formação e estabilidade das moléculas de clorofilas e outras enzimas (Taiz e Zeiger, 2013). O qP indica a proporção dos centros de reação do FS II que estão abertos (Silva et al., 2006), sendo desejável para que ocorra de forma sincronizada o processo de transferência de elétrons.

A menor temperatura foliar ocorreu às 9h (Figura 3a) provavelmente devido à menor temperatura do ambiente e maior umidade do ar. Isso, porque nesse horário, geralmente a demanda evaporativa da atmosfera é menor, e a partir desse horário, ocorre aumento do déficit de pressão de

vapor d'água, da radiação solar, da temperatura e o declínio na umidade relativa (Tatagiba et al., 2008).

O menor índice de clorofila ocorreu nas folhas às 12h (Figura 3b) devido à elevada intensidade de luz nesse horário, o que pode ter causado fotoinibição dinâmica do pigmento fotossintético. Consequentemente, devido à redução das clorofilas houve menor eficiência de captura de fótons (Figura 3c) pelas folhas sob este horário.

As características eficiência fotoquímica no FS II (F_v/F_m), de conversão de energia absorvida (F_v/F_0), rendimento máximo não fotoquímico (F_0/F_v) e *quenching* não fotoquímico (NPQ) foram influenciadas pela interação horários e cama de frango (Figura 4). Os maiores valores de F_v , eficiência quântica fotoquímica do fotossistema II (F_v/F_m) e de conversão de energia química (F_v/F_0) ocorreram nas folhas às 09h e 15h, com e sem cama de frango, respectivamente.

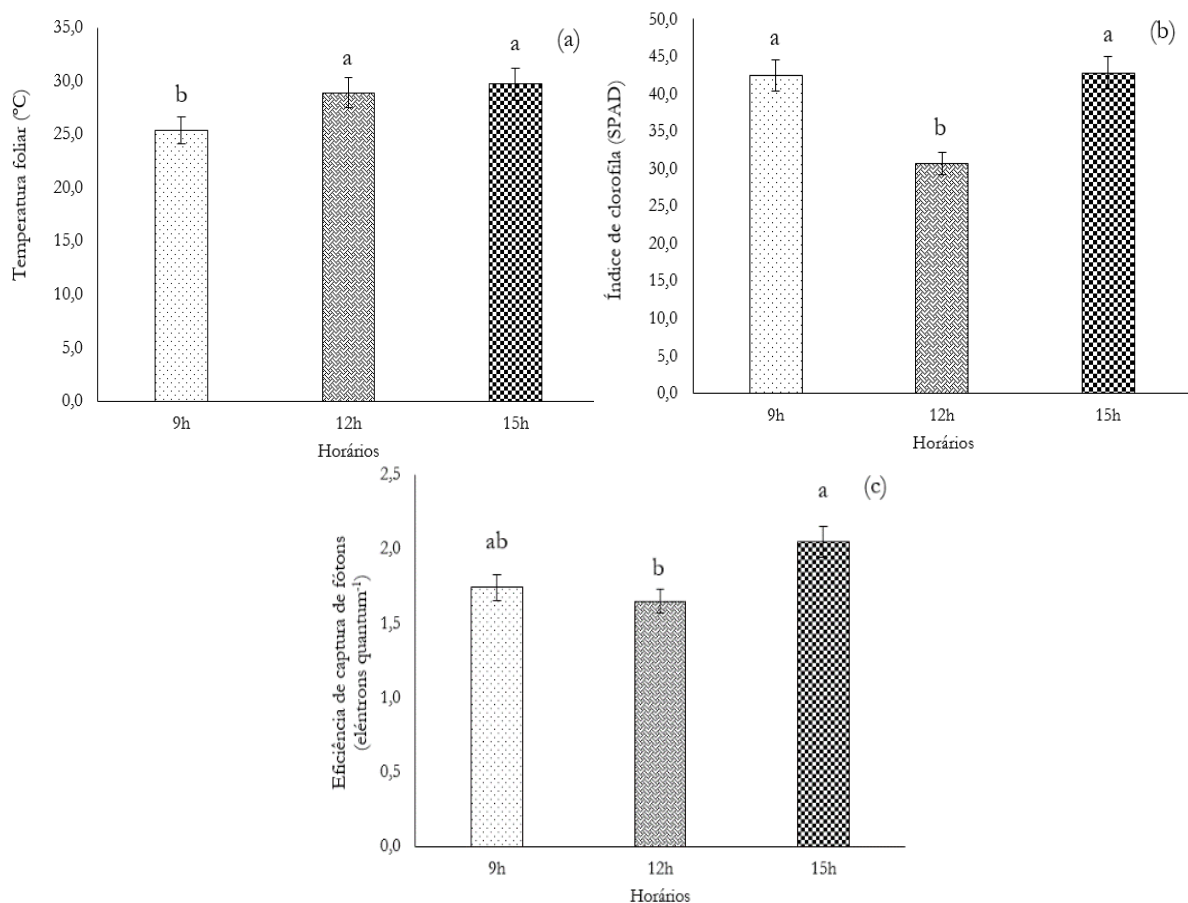


Figura 3. Temperatura foliar (a), índice de clorofila (b) e eficiência de captura de fótons (c) em folhas de plantas de *S. erecta* sob variações diurnas. Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p > 0,10$).

As maiores características de eficiência fotoquímica no FS II (F_v/F_m), de conversão de energia absorvida (F_v/F_0), rendimento máximo não fotoquímico (F_0/F_v) e *quenching* não fotoquímico (NPQ) foram influenciadas pela interação entre horários de avaliação e cama de frango (Figura 4). Os maiores valores de F_v , eficiência quântica fotoquímica do fotossistema II (F_v/F_m) e de conversão de energia química (F_v/F_0) ocorreram nas folhas as 09h e 15h, com e sem cama de frango, respectivamente. Nesses horários, a radiação incidente não apresenta elevada intensidade quando comparada à que ocorre geralmente às 12h em dias

ensolarados (Caron et al., 2014). A razão F_v/F_m tem sido difundida para detectar alterações no aparato fotossintético por meio da eficiência fotoquímica, ou seja, redução dessa característica reflete em possíveis alterações no FS II (Schansker et al., 2011).

Consequentemente, ocorreu maior aproveitamento da luz, fazendo com que as folhas apresentem maior capacidade de conversão, contribuindo para maior eficiência fotoquímica (Figura 4a), como observado neste estudo. Já, os maiores valores do *quenching* não fotoquímico (NPQ) ocorreram às 12h, independente do uso de cama de frango (Figura 4e).

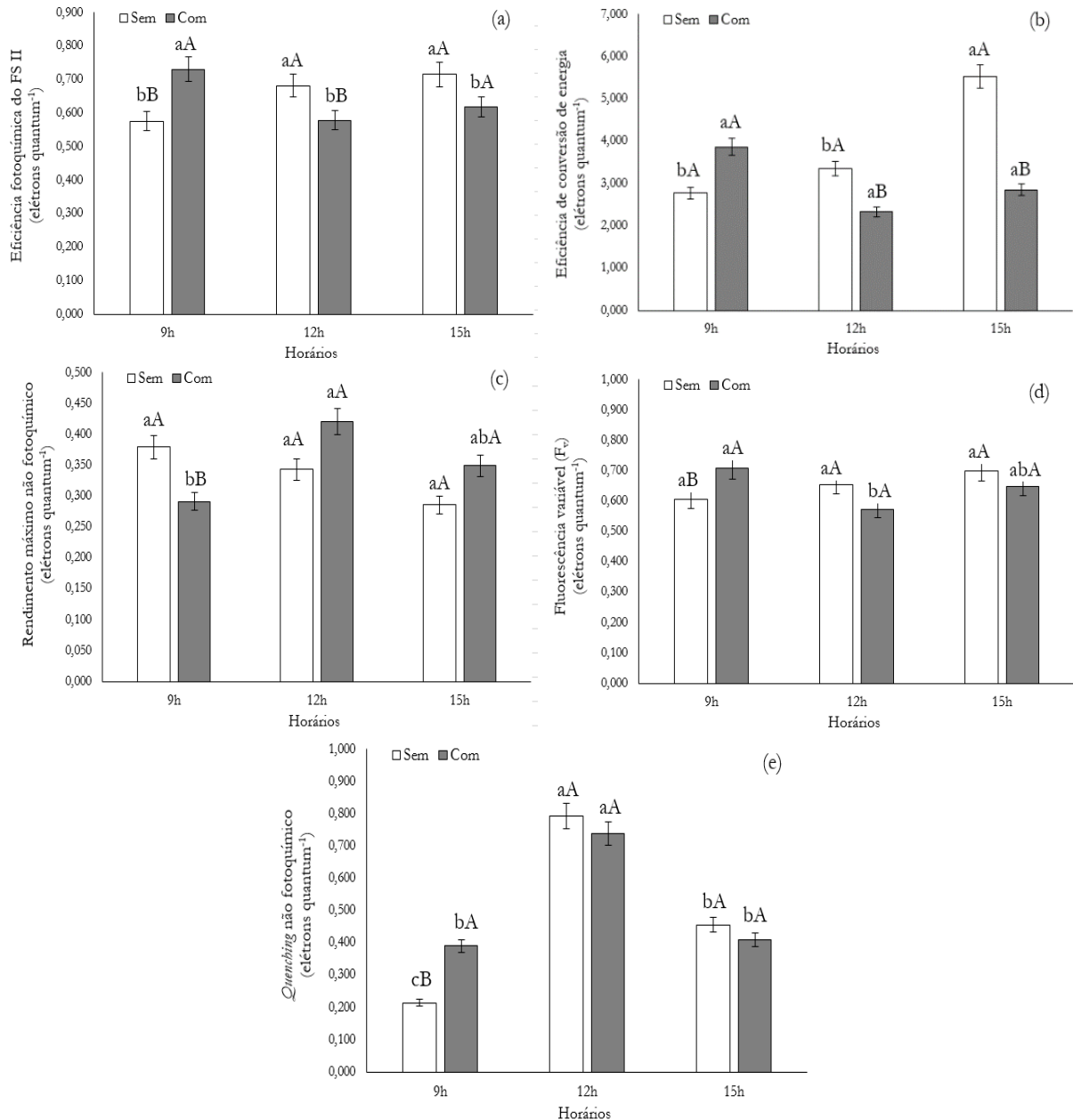


Figura 4. Eficiência fotoquímica do fotossistema II – F_v/F_m (a), conversão de energia absorvida – F_v/F_0 (b), rendimento máximo não fotoquímico – F_0/F_v (c), fluorescência variável – F_v (d) e *quenching* não fotoquímico – NPQ (e) em folhas de plantas de *S. erecta* em diferentes horários e adição de cama de frango ao solo. Médias seguidas por letras iguais minúsculas não diferem entre si, pelo teste de Tukey, para variações diurnas, e maiúsculas, pelo teste t de Student, para cama de frango ($p>0,10$).

O NPQ representa a perda de energia para o ambiente na forma de calor no ciclo das xantofilas (Klughammer e Schreiber, 2008), sendo essa não aproveitada no processo fotoquímico da fotossíntese. Essa resposta deve-se ao fato de que nesse horário ocorre o maior pico de intensidade da radiação solar incidente,

fazendo com que haja excesso de radiação para as folhas absorver e as converterem.

Assim, as folhas não utilizam toda energia proveniente dessa radiação, dissipando-a, visando reduzir possíveis danos foto-oxidativos das clorofilas e ao aparato fotossintético. De maneira semelhante, constatou-se decréscimo dos parâmetros da eficiência fotoquímica em

plantas de *Gallesia integrifolia* (Spreng.) sob maiores intensidade de radiação (Bacarin et al., 2016). Em plantas jovens de *Aleurites fordii* Hemsl. ocorreram incrementos nas características fisiológicas ao longo da variação diurnas (Caran et al., 2017) em função da maior radiação luminosa incidente.

Desta forma, estudos científicos que contribuem na obtenção de informações referentes as estratégias de uso da luz pelas espécies vegetais tornam-se imprescindíveis para estabelecer manejo e tratos culturais para seu cultivo *ex situ* visando mitigar possíveis impactos negativos ao aparato fotossintético, aqui demonstrado pela adição de cama de frango ao solo, o que favoreceu a estabilidade e maximização das atividades fotoquímicas no FS II em determinadas variações diurnas.

Conclusões

As plantas de *Serjania erecta* Radlk apresentaram mecanismos fotoquímicos foliares visando mitigar possíveis impactos negativos ao aparato fotossintético em função das variações diurnas.

A adição de cama de frango ao solo contribuiu para maior aproveitamento do rendimento fotoquímico e estabilidade das atividades no fotossistema II às 9 horas da manhã.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsas, e à Fundação de Apoio ao Desenvolvimento de Ensino, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso do Sul (FUNDECT), pelo apoio financeiro.

Referências

ALVARES, C. L.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

BACARIN, M.A.; MARTINAZZO, E.G.; CASSOL, D.; FALQUETO, SILVA, D. M. Daytime variations of chlorophyll a fluorescence in pau d'álho seedlings. **Revista Árvore**, v. 40, n. 6, p. 1023-1030, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622016000600007>

BAKER, B. Chlorophyll Fluorescence: A Probe of Photosynthesis in Vivo. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 89-113, 2008. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092759>.

BILGER, W.; BJÖRKMAN, O. Role of the xanthophyll cycle in photoprotection elucidated by measurements of light-induced absorbance changes, fluorescence and photosynthesis in leaves of *Hedera canariensis*. **Photosynthesis Research**, v. 25, p. 173-185, 1990.

BOUREIMA, S.; OUKARROUM, A.; DIQOUF, M.; CISSE, N.; VAN DAMME, P. Screening for drought tolerance in mutant germplasm of sesame (*Sesamum indicum*) probing by chlorophyll a fluorescence. **Environmental and Experimental Botany**, v. 81, p. 37-43, 2012. <http://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.02.015>

BROGGINI, L. S. C.; FERNANDES, R. S.; NOGUEIRA, T.; SUZANO, F. R.; CAETANO, A. L.; BUCK, H. S.; COUTO, L. B.; FRANÇA, S. C.; PEREIRA, P. S. Behavioral and enzymatic bioassays with *Serjania erecta* Radlk., Sapindaceae, correlated with cognitive

- dysfunctions, **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 4, p.519-528, 2010.
- CARON, B. O.; PERRANDO, E. R.; SCHIMIDT, D.; MANFRON, P. A.; BEHLING, A.; ELLI, E. F.; ELOY, E. Relações fisiológicas em mudas de pata-de-vaca (*Bauhinia forficata* Link). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 2, p.196-201, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-05722014000200005>
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, p. 109-112, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>
- GENTY, B.; BRIANTAIS, J. M.; BAKER, N. R. The relationship between the quantum yield of the photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. **Biochemistry Biophysics Acta**, v. 10, p. 87-92, 1989.
- GOMIG, F.; PIETROVSKI, E. F.; GUEDES, A.; DALMARCO, E. M.; CALDERARI, M. T.; GUIMARA, E. S. C. L.; PINHEIRO, R. M.; CABRINI, D. A.; OTUKI, M. F. Topical anti-inflammatory activity of *Serjania erecta* Radlk (Sapindaceae) extracts. **Journal of Ethnopharmacol**, v. 118, p. 220-224, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2008.03.017>
- GONCALVES, J. F. C.; SILVA, C. E.; GUIMARAES, D. G.; BERNARDES, R. S. Análise dos transientes da fluorescência da clorofila *a* de plantas jovens de *Carapa guianensis* e de *Dipteryx odorata* submetidas a dois ambientes de luz. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 1, p. 89-98, 2010.
- KLUGHAMMER, C.; SCHREIBER, U. Saturation pulse method for assessment of energy conversion in PS I. **PAM Application Notes**, v. 1, p. 11-14, 2008.
- KRAUSE, G.H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 42, p. 313-349, 1991.
- LONG, S. P.; HUMPHRIES, S.; FALKOWSKI, P.G. Photoinhibition of photosynthesis in nature. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 45, p. 633-662, 1994.
- SCHANSKER, G.; TÓTH, S. Z.; KOVÁCS, L.; HOLZSWARTH, A. R.; GARAB, G. Evidence for a fluorescence yield change driven by a light-induced conformational change within photosystem II during the fast chlorophyll *a* fluorescence rise. **Biochemical and Biophysical Acta (BBA) - Bioenergetics**, v. 1807, n. 9, p. 1032-1043, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbabi.2011.05.022>
- SILVA, M. M. P.; VASQUEZ, H. M.; BRESSAN-SMITH, R.; SILVA, J. F. C.; ERBESDOBLER, E. D.; ANDRADE JUNIOR, P. S. C. Eficiência fotoquímica de gramíneas forrageiras tropicais submetidas a deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 67-74, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982006000100008>
- SOUZA, G. M.; BALMANT, B. D.; VITOLO, H. F.; GOMES, K. B. P.; FLORENTINO, T. M.; CATUCHI, T. A.; VIEIRA, W. L. Estratégias de utilização de luz e estabilidade do desenvolvimento de plântulas de *Cordia superba* Cham. (Boraginaceae) crescidas em diferentes ambientes luminosos. **Acta botânica brasílica**, v. 23, n. 2, p. 474-485, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062009000200019>

TATAGIBA, S. T.; PEZZOPANE, J. E. M.;
PENCHEL, R. M.; REIS, E. F. Variabilidade
diurna e sazonal das trocas gasosas e do
potencial de água das folhas de clones de
eucalyptos. **Engenharia na Agricultura**, v.
16, n. 2, p. 225-237, 2008.