



Growth and chlorophyll indices in seedlings of *Calotropis procera* (Aiton) W. T. Aiton submitted to different levels of shading

Crescimento e índices de clorofila em Calotropis procera submetidas a diferentes níveis de sombreamento

Francisco Romário Andrade Figueiredo¹, João Everthon da Silva Ribeiro^{2*}, Ester dos Santos Coêlho², Jackson Silva Nóbrega³, Manoel Bandeira de Albuquerque²

Abstract: Several abiotic factors may influence the growth and development of forest species. Among these, luminosity is one of the most important, because it affects plant physiological processes and control their metabolism. The objective of this study was to evaluate the effect of different shading levels under growth and chlorophyll indices on *Calotropis procera* plants. The experiment was conducted in a greenhouse in a completely randomized design with 5 treatments (0, 30, 50, 70 and 90% of shading), 8 replicates and one plant per plot. Growth characteristics (leaf area, leaf area index, specific leaf area, leaf area ratio and leaf specific weight) and chlorophyll *a*, *b*, total index and chlorophyll *a/b* ratio were evaluated. The data were submitted to analysis of variance by the F test and in the cases of significance a linear and polynomial regression analysis was performed. Shade levels in the 40% range provide higher leaf area and leaf area index in silk flower plants. The specific leaf area and the leaf area ratio are positively influenced by shading. In shaded environments silk flower plants have reduced chlorophyll indices.

Key words: Silk flower. Luminosity. Photosynthetic pigments.

Resumo: Diversos fatores abióticos podem influenciar o crescimento e desenvolvimento das espécies florestais. A luminosidade é um dos mais importantes, pois afeta os processos fisiológicos vegetais e controla o seu metabolismo. Com isso, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito dos diferentes níveis de sombreamento sob o crescimento e índices de clorofila em mudas de *Calotropis procera*. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (0, 30, 50, 70 e 90% de sombreamento), oito repetições e uma planta por parcela. Avaliaram-se características de crescimento (área foliar, índice de área foliar, área foliar específica, razão de área foliar e peso específico de folha) e os índices de clorofila *a*, *b*, total e a relação clorofila *a/b*. Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F e nos casos de significância realizou-se análise de regressão linear e polinomial. Os níveis de sombreamento na faixa de 40% proporcionam maior área foliar e índice de área foliar em plantas de flor-de-seda. A área foliar específica e a razão de área foliar são influenciadas positivamente pelo sombreamento. Em ambientes sombreados, plantas de flor-de-seda tem seus índices de clorofila reduzidos.

Palavras-chave: Flor-de-seda. Luminosidade. Pigmentos fotossintéticos.

*Corresponding author

Submitted for publication on 04/06/2019 and approved 30/07/2019

¹Agricultural Microbiology Laboratory, Federal University Rural of Semi-Arid, CEP, Mossoró-Rio Grande do Norte, Brasil. romarioagroecologia@yahoo.com.br;

²Plant Ecology Laboratory, Federal University of Paraíba, 58397-000, Areia-Paraíba, Brasil. j.everthon@hotmail.com; estersantos12@hotmail.com; manoel1977@hotmail.com;

³Seed Analysis Laboratory, Federal University of Paraíba, 58397-000, Areia-Paraíba, Brasil. jacksonnóbrega@hotmail.com.

INTRODUCTION

The Silk flower (*Calotropis procera* (Aiton) W. T. Aiton) is an exotic species belonging to the Asclepiadaceae family, with high adaptability to semiarid conditions, where it is considered as biological invasive by some authors (FABRICANTE *et al.*, 2013). It serves as a forage contribution to the herds (FERREIRA *et al.*, 2015; ALMEIDA *et al.*, 2017) and provides increased consumption and weight gain for animals (SILVA *et al.*, 2010). Moreover, it is a plant that has high exploitation potential as green manure due to its high biomass production and the high concentrations of N, P, K in its tissues (SILVA *et al.*, 2018; MEDEIROS *et al.*, 2019).

Although this species has potential for exploitation of its resources, little is known about its behavior under different environmental conditions. Given the economic importance of the species to the various regions, ecophysiological studies involving plant growth, development, reproduction and physiology are required. Among the abiotic factors that most influence the plants, the light regime is fundamental to plant growth and development, promoting morphological and physiological changes in response to light, controlling plant metabolism (TAIZ *et al.*, 2017; COSTA *et al.*, 2018).

The inter and intraspecific tolerance to different shaded environments is variable depending on the level and amount of light, providing changes in plant height, leaf area expansion and amount of chlorophyll *a*, *b* and total produced (SOUZA *et al.*, 2016). Thus, photosynthesis may be affected by light changes, and adjustments may be made to the photosynthetic apparatus that increase the efficiency of energy absorption and transfer to the process (SOUZA *et al.*, 2011).

The response of plants to different light conditions is not only linked to the supply of energy for photosynthesis, but also to promote signaling to development through light sensitivity receptors at different intensities, spectral quality and polarization state (ALBUQUERQUE *et al.*, 2015).

Several authors report in their work the behavior of different species when subjected to shading conditions, as in guanandi plants (*Calophyllum brasiliense*), that showed reduction in chlorophyll content and increase in growth when shaded under 50% (NERY *et al.*, 2016). Albuquerque *et al.* (2015) found increase in growth and chlorophyll content in castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) shaded at 25 and 50%. On the other hand, observed indifferent behaviors of craibeira plants (*Tabebuia aurea*) when exposed to shading levels (0, 30, 50 and 70%).

INTRODUÇÃO

A flor-de-seda (*Calotropis procera* (Aiton) W. T. Aiton) é uma espécie exótica pertencente à família Asclepiadaceae, com elevada capacidade de adaptação às condições semiáridas, onde é considerada como invasora biológica por alguns autores (FABRICANTE *et al.*, 2013). Ela serve como aporte forrageiro para os rebanhos (FERREIRA *et al.*, 2015; ALMEIDA *et al.*, 2017) e propicia aumento do consumo e ganho de peso aos animais (SILVA *et al.*, 2010). Além disso, é uma planta que possui elevado potencial de exploração como adubo verde em razão de sua alta produção de biomassa e das elevadas concentrações de N, P, K em seus tecidos (SILVA *et al.*, 2018; MEDEIROS *et al.*, 2019).

Apesar dessa espécie apresentar potencial para exploração dos seus recursos, pouco se conhece sobre seu comportamento em diferentes condições do ambiente. Diante da importância econômica da espécie para as diversas regiões, são necessários estudos ecofisiológicos que envolvam o crescimento, desenvolvimento, reprodução e fisiologia das plantas. Dentre os fatores abióticos que mais influenciam os vegetais, o regime de luz é fundamental ao crescimento e desenvolvimento das plantas, promovendo alterações morfológicas e fisiológicas em resposta à luz, controlando o metabolismo vegetal (TAIZ *et al.*, 2017; COSTA *et al.*, 2018).

A tolerância inter e intraespecífica a diferentes ambientes sombreados é variável em função do nível e quantidade de luz, proporcionando alterações na altura da planta, expansão da área foliar e quantidade de clorofila *a*, *b* e total produzida (SOUZA *et al.*, 2016). Assim, a fotossíntese pode ser afetada em função de alterações luminosas, podendo ocorrer ajustes no aparato fotossintético que aumentem a eficiência na absorção e transferência de energia para o processo (SOUZA *et al.*, 2011).

A resposta de plantas a diferentes condições de luminosidade não está atrelada apenas ao fornecimento de energia para a fotossíntese, mas também em promover a sinalização ao desenvolvimento por meio de receptores de sensibilidade a luz em diferentes intensidades, qualidade espectral e estado de polarização (ALBUQUERQUE *et al.*, 2015).

Diversos autores relatam em seus trabalhos o comportamento de diferentes espécies ao serem submetidas a condições de sombreamento, como em plantas de guanandi (*Calophyllum brasiliense*), que apresentaram redução no teor de clorofilas e aumento no crescimento ao serem sombreadas sob 50% (NERY *et al.*, 2016). Albuquerque *et al.* (2015) constataram aumento no crescimento e teores de clorofila em castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) sombreadas a 25 e 50%. Pinto *et al.* (2016), por outro lado, observaram comportamentos indiferentes de plantas de craibeira (*Tabebuia aurea*) ao serem expostas a níveis de sombreamento (0, 30, 50 e 70%).

Given the above and the scarcity of information about this species under shading conditions, this study aimed to evaluate the growth and chlorophyll indices of *Calotropis procera* seedlings, cultivated in different light regimes.

MATERIAL AND METHODS

The experiment was carried out during September and October 2018, in a greenhouse belonging to the Plant Ecology Laboratory, Department of Phytotechnics and Environmental Sciences, Center for Agrarian Sciences (CCA), Federal University of Paraíba (UFPB), Campus II, municipality of Areia, Paraíba state, Brazil. During the experiment, the environment presented an average temperature of 29.3 °C and relative air humidity of 52.5%.

The experimental design was completely randomized, with 5 treatments (0, 30, 50, 70 and 90% shading), 8 replications and one plant per experimental unit.

The seeds were collected directly from matrices located in Catolé do Rocha, Paraíba state, Northeast Brazil. Subsequently, the seeds were soaked in distilled water for a period of 12 h and sown in plastic pots with a capacity of 5 dm³, containing substrate composed of vegetable soil and sand (3:1). The chemical characteristics of the substrate are presented in Table 1.

Diante do exposto e da escassez de informações sobre essa espécie em condições de sombreamento, objetivou-se com este trabalho avaliar o crescimento e os índices de clorofila em mudas de *Calotropis procera*, cultivadas em diferentes regimes luminosos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante os meses de setembro e outubro de 2018, em casa de vegetação pertencente ao Laboratório de Ecologia Vegetal, do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais, do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II, município de Areia, estado da Paraíba, Brasil. Durante a condução do experimento, o ambiente apresentou temperatura média de 29,3 °C e umidade relativa do ar de 52,5%.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 5 tratamentos (0, 30, 50, 70 e 90% de sombreamento), 8 repetições e uma planta por unidades experimental.

As sementes foram coletadas diretamente em matrizes localizadas no município de Catolé do Rocha, estado da Paraíba, Nordeste do Brasil. Posteriormente, as sementes foram embebidas em água destilada por um período de 12 h e semeadas em vasos plásticos com capacidade para 5 dm³, contendo substrato composto por terra vegetal e areia (3:1). As características químicas do substrato estão apresentadas na Tabela 1.

Table 1 – Chemical characteristics of the substrate (organic soil + sand) used in the experiment, Areia – PB. 2019

Tabela 1 – Características químicas do substrato (terra vegetal + areia) utilizado no experimento, Areia – PB. 2019

	P	K	Na ⁺	H+Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	M.O.	
pH in H ₂ O	mg dm ³		cmol _c dm ³								g kg ⁻¹
4.7	109.81	216.02	0.48	6.11	0.05	4.20	2.60	7.83	13.94	65.31	

SB: bases sum; CTC: cation exchange capacity; M.O.: organic matter.

SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; M.O.: matéria orgânica.

Three seeds per pot were used and thinned at 15 days after emergence (DAE) to select the most uniform individuals (4 cm height). Then, the plants were transferred to different shading levels, and evaluations were started at 30 days after emergence (DAE). The experimental site (greenhouse) had high coverage and specific areas (width and length), so that the light during the day was not influenced (North-South direction). To obtain the shading levels, a digital luximeter (Minipa, model MLM-1011) was used, and the irradiance in the shades was calculated in proportion to the full sun condition. The shades were purchased from local businesses. Plant irrigation occurred daily, maintaining the field capacity, determined by the gravimetric method according to the methodology described by Souza *et al.* (2000).

At 60 DAE, to measure the leaf area (cm²), the leaves of each plant were collected (repeat) and then digitized through a flatbed scanner (Canon model P-215II). The images were processed and analyzed by the Software *ImageJ*[®], determining the leaf area (RIBEIRO *et al.*, 2018). From the leaf area data, we calculated the leaf area index, specific leaf area (cm² g⁻¹), leaf area ratio (cm² g⁻¹) and specific leaf weight (g cm⁻²), according to Benincasa (2003).

The quantification of chlorophyll *a*, *b*, total and *a/b* ratio was performed on four leaves of the middle third of the plants using a portable chlorophyll meter (ClorfiLOG[®], model CFL 1030). Results were expressed as means of the four measurements. Data were subjected to analysis of variance and in cases of significance, polynomial regression analysis was performed, with the adjustment of representative curves. For statistical analysis, SAS[®] was used (CODY, 2015).

RESULTS AND DISCUSSION

Leaf area (AF) and leaf area index (IAF) showed similar behavior, with adjustment. This expressed the best performance in the shading levels of 41.4 and 40.4%, with values in the order of 621.4 and 9.7 cm², respectively (Figures 1A and 1B), characterizing as a possible estiolation. This increase may also be related to a plant acclimatization mechanism, since, according to Almeida *et al.* (2015), The reduction of light induces morphophysiological modifications, such as increases in PA and FAI, which may provide higher photosynthetic efficiency.

Utilizou-se três sementes por vaso e realizou-se o desbaste aos 15 dias após a emergência (DAE), para seleção dos indivíduos mais uniformes (4 cm de altura). Em seguida, as plantas foram transferidas para os diferentes níveis de sombreamento, sendo iniciadas as avaliações aos 30 dias após a emergência (DAE). O local de condução do experimento (casa de vegetação) apresentava cobertura alta e áreas específicas (largura e comprimento), de modo que a luminosidade durante o período do dia não fosse influenciada (sentido Norte-Sul). Para obtenção dos níveis de sombreamentos, utilizou-se um luxímetro digital (Minipa, modelo MLM-1011), e calculou-se a irradiância nas sombrites em comparação proporcional com a condição a pleno sol. As sombrites foram adquiridas no comércio local. A irrigação das plantas ocorreu diariamente, mantendo-se a capacidade de campo, determinada pelo método gravimétrico de acordo com a metodologia descrita por Souza *et al.* (2000).

Aos 60 DAE, para mensuração da área foliar (cm²), coletaram-se as folhas de cada planta (repetição) e em seguida digitalizou-as através de um scanner de mesa (Canon modelo P-215II). As imagens foram processadas e analisadas pelo Software *ImageJ*[®], determinando a área foliar (RIBEIRO *et al.*, 2018). A partir dos dados de área foliar, calculou-se o índice de área foliar, área foliar específica (cm² g⁻¹), razão de área foliar (cm² g⁻¹) e peso específico de folha (g cm⁻²), de acordo com Benincasa (2003).

A quantificação dos índices de clorofila *a*, *b*, total e relação *a/b* foi realizada em quatro folhas do terço médio das plantas, empregando clorofilômetro portátil (ClorfiLOG[®], modelo CFL 1030). Os resultados foram expressos como médias das quatro medidas. Os dados foram submetidos à análise de variância e nos casos de significância, realizou-se análise de regressão polinomial, com o ajuste das curvas representativas. Para realização das análises estatísticas, utilizou-se o SAS[®] (CODY, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área foliar (AF) e o índice de área foliar (IAF) apresentaram comportamento semelhante, com ajuste. Isso expressou o melhor desempenho nos níveis de sombreamento de 41,4 e 40,4%, com valores na ordem de 621, 4 e 9,7 cm², respectivamente (Figuras 1A e 1B), caracterizando como um possível estiolamento. Esse incremento também pode estar relacionado a um mecanismo de aclimação das plantas, visto que, de acordo com Almeida *et al.* (2015), a redução da luminosidade induz a modificações morfofisiológicas, como aumentos na AF e IAF, o que pode proporcionar maior eficiência fotossintética.

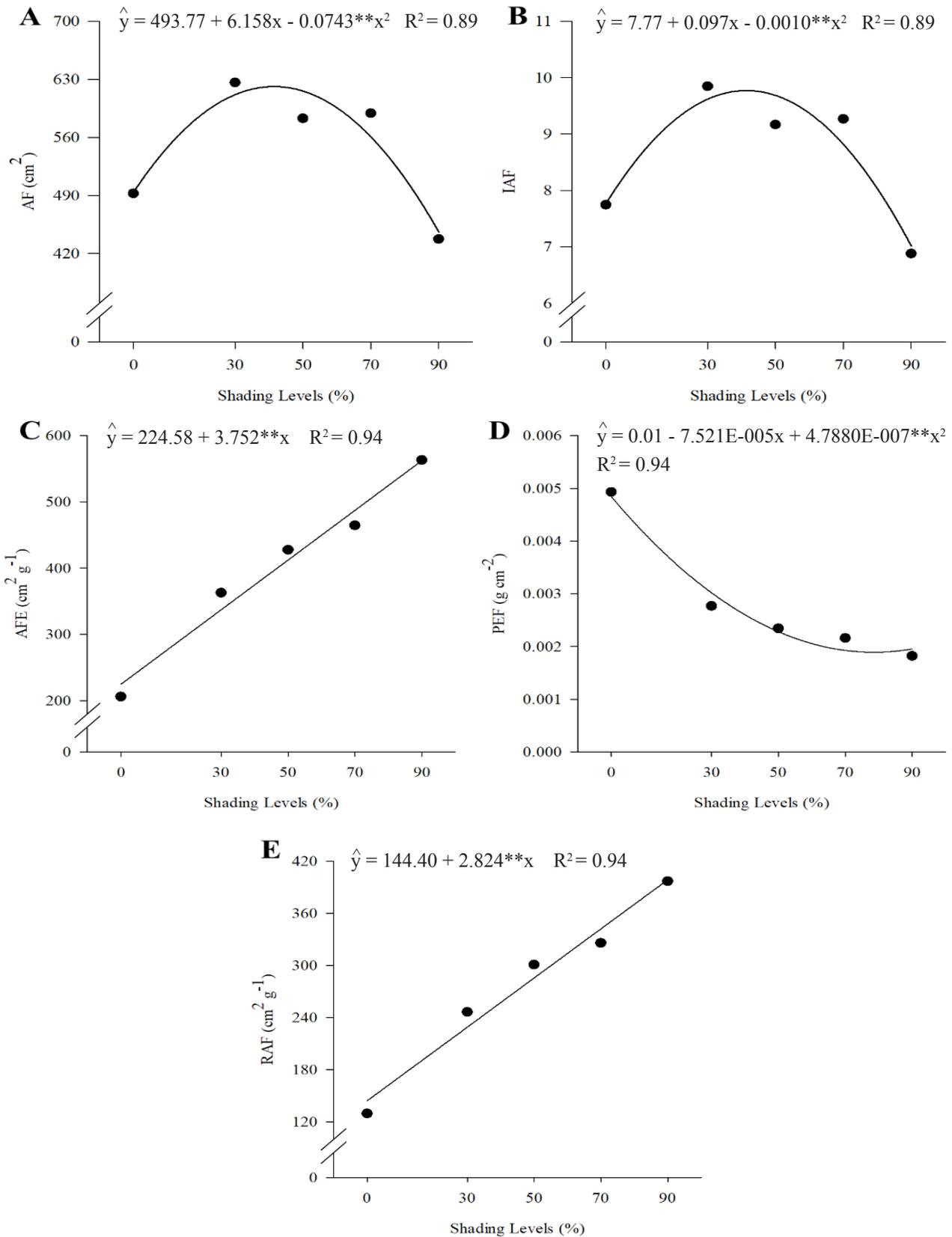


Figure 1 - Leaf area (A), leaf area index (B), specific leaf weight (C), specific leaf area (D) and leaf area ratio (E) in silk flower (*Calotropis procera*) plants in function of shading levels.

Figura 1 - Área foliar (A), índice de área foliar (B), peso específico de folha (C), área foliar específica (D) e razão de área foliar (E) em plantas de flor-de-seda (*Calotropis procera*) em função dos níveis de sombreamento.

The plants conducted in full sun (0%) presented higher specific leaf weight (PEF), estimated at 0.0047 g cm⁻². However, this value was reduced to a shading level of 78.5%, which was 0.0018 g cm⁻² (Figure 1C). This behavior may be indicative that the translocation and partition of assimilates to the leaves in relation to the total dry matter were negatively influenced with the increase of shading levels (ARAÚJO; DANTAS, 2014).

For specific leaf area (AFE) and leaf area ratio (RAF), linear increases can be observed as the level of shading has been increased (Figures 1D and 1E). These results may be related to the fact that plants exposed to shade have higher cell volume and corroborate with Costa *et al.* (2014) in *Mentha piperita* plants. However, they differ with those obtained by Chang *et al.* (2008) in *Ocimum basilicum*, where shading above 75% resulted in lower plant height, lower weight, lower leaf area.

For chlorophyll *a*, *b* and total indices, the increase in shading levels provided linear reductions (Figures 2A, 2B and 2C). The highest values were found in full sun, which may be an indication that silk flowering plants are adapted to environments with high light. And hypothetically, they would have increased chlorophyll content to maximize photosynthetic processes in this light condition.

For chlorophyll *a/b* ratio there were increases up to 65.5% shading with maximum efficiency of 4.02 ICF (Figure 2D). In this sense, it is evident that the species under study is adapted to high light environments, with marked reductions in chlorophyll *a* and *b* indexes, consequently, a higher chlorophyll *a/b* ratio (TAIZ *et al.*, 2017).

According to Azevedo (2014), when subjected to shading conditions, plants tend to increase chlorophyll *a*, *b* and total indexes in order to maximize light capture, a fact not found in the present work. In this sense, Lenhard *et al.* (2013) stated that the increase of photosynthetic pigments in plants conducted under low light intensity is an alternative to optimize photophosphorylation and induce higher energy production and thus maximize their photosynthetic process.

From the results obtained, it could be proved that the silk flower is a species adapted to environments with high amount of light, which may be a limiting factor for its growth and development, as well as physiological processes.

As plantas conduzidas em pleno sol (0%) apresentaram maior peso específico de folha (PEF), estimado em 0,0047 g cm⁻². No entanto, esse valor foi reduzido até o nível de sombreamento de 78,5%, cujo valor foi de 0,0018 g cm⁻² (Figura 1C). Esse comportamento pode ser um indicativo de que a translocação e partição de assimilados para as folhas em relação à matéria seca total foram influenciados negativamente com o aumento dos níveis de sombreamento (ARAÚJO; DANTAS, 2014).

Para a área foliar específica (AFE) e a razão de área foliar (RAF), podem-se observar aumentos lineares à medida que se elevou o nível de sombreamento (Figuras 1D e 1E). Esses resultados podem estar relacionados ao fato de que as plantas conduzidas na sombra possuem maior volume de células e corroboram com Costa *et al.* (2014) em plantas de *Mentha piperita*. Entretanto, divergem com os obtidos por Chang *et al.* (2008) em *Ocimum basilicum*, onde sombreamento acima de 75% resultou em menor altura de plantas, menor peso, menor área foliar. Para os índices de clorofila *a*, *b* e total, o aumento dos níveis de sombreamento proporcionou reduções lineares (Figuras 2A, 2B e 2C). Os maiores valores foram constatados a pleno sol, o que pode ser um indicativo de que as plantas de flor-de-seda são adaptadas a ambientes com alta quantidade de luz. E, hipoteticamente, teriam aumentado os teores de clorofila para maximizar os processos fotossintéticos nesta condição de luminosidade.

Para a razão clorofila *a/b* houve acréscimos até o sombreamento de 65,5% com máxima eficiência de 4,02 ICF (Figura 2D). Nesse sentido, fica evidente que a espécie em estudo é adaptada a ambientes de alta luminosidade, com reduções acentuadas nos índices de clorofila *a* e *b*, consequentemente, maior relação clorofila *a/b* (TAIZ *et al.*, 2017).

De acordo com Azevedo (2014), ao serem submetidas a condições de sombreamento, as plantas tendem a aumentar os índices de clorofila *a*, *b* e total com o objetivo de maximizar a captura de luz, fato não constatado no presente trabalho. Nesse sentido, Lenhard *et al.* (2013) afirmaram que o aumento dos pigmentos fotossintéticos em plantas conduzidas sob baixa intensidade luminosa é uma alternativa para otimizar a fotofosforilação e induzir a maior produção de energia e, assim, maximizar seu processo fotossintético.

Diante dos resultados obtidos, pôde-se comprovar que a flor-de-seda é uma espécie adaptada a ambientes com alta quantidade de luz, podendo esse ser um fator limitante para seu crescimento e desenvolvimento, bem como processos fisiológicos.

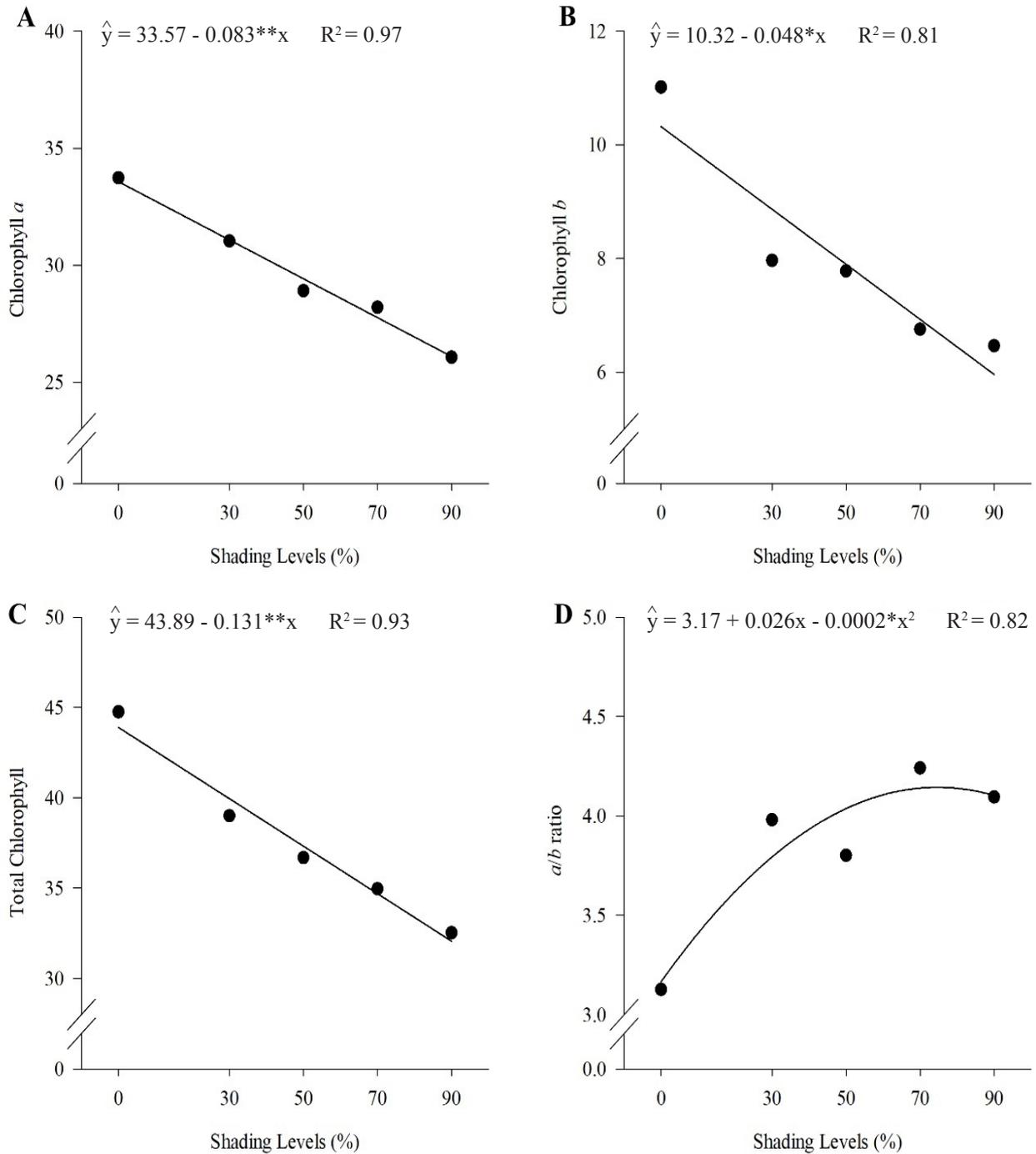


Figure 2 - Chlorophyll a (A), chlorophyll b (B), total chlorophyll (C) and the chlorophyll a/b (D) ratio in silk flowering plants (*Calotropis procera*) as a function of shading levels.

Figura 2 - Clorofila a (A), clorofila b (B), clorofila total (C) e a relação clorofila a/b (D) em plantas de flor-de-seda (*Calotropis procera*) em função dos níveis de sombreamento.

CONCLUSION

High shading levels provide reductions in growth as well as chlorophyll indices of silkworm plants.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) and Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) for the scholarship.

CONCLUSÃO

Os altos níveis de sombreamento proporcionam reduções no crescimento, bem como nos índices de clorofila de plantas de flor-de-seda.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão das bolsas.

CITED SCIENTIFIC LITERATURE

ALBUQUERQUE, T. C. S.; EVANGELISTA, T. C.; ALBUQUERQUE NETO, A. A. R. Níveis de sombreamento no crescimento de mudas de castanheira do Brasil. **Revista Agro@ambiente**, v. 9, n. 4, p. 440-445, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i4.3025>

ALMEIDA, J. C. C.; ROCHA, N. S.; NEPOMUCENO, D. D.; ARAÚJO, R. P.; SILVA, T. O.; MORENZ, M. J. F.; ABREU, J. B. R.; CARVALHO, C. A. B.; MACEDO, R. O. Composição mineral de leguminosas forrageiras cultivadas sob diferentes níveis de sombreamento. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 367-376, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n1p367>

ALMEIDA, I. V. B.; NEDER, D. G.; BATISTA, F. R. C.; DUTRA, W. F. Caracterização e seleção precoce de genótipos de flor-de-seda (*Calotropis procera*) com potencial forrageiro. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3, p. 794-801, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252017v30n328rc>

ARAÚJO, M. N.; DANTAS, B. F. Desenvolvimento de mudas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) submetidas a diferentes substratos e sombreamentos. **Revista Sodebras**, v. 9, n. 101, p. 116-122, 2014.

AZEVEDO, G. F. C. Photosynthetic parameters and growth in seedlings of *Bertholletia excelsa* and *Carapa guianensis* in response to pre-acclimation to full sunlight and mild water stress. **Acta Amazônica**, v. 44, n. 1, p. 67-78, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672014000100007>

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas, noções básicas**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

CODY, R. An Introduction to SAS® University Edition. Cary: SAS Institute, 2015. 49p.

COSTA, A. G.; CHAGAS, J. H.; BERTOLUCCI, S. K. V.; PINTO, J. E. B. P. Níveis de sombreamento e tipos de malha no crescimento e produção de óleo essencial de hortelã-pimenta. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 194-199, 2014.

COSTA, I. J. S.; COSTA, B. N. S.; ASSIS, F. A.; MARTINS, A. D.; PIO, L. A. S.; PASQUAL, M. Growth and physiology of jelly palm (*Butia capitata*) grown under colored shade nets. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 40, p. 1-8, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.35332>

CHANG, X.; ALDERSON, P. G.; WRIGHT, C. J. Solar irradiance level alters the growth of basil (*Ocimum basilicum*) and its content of volatile oils. **Environmental and Experimental Botany**, v. 63, p. 216-223, 2008.

FABRICANTE, J. R.; OLIVEIRA, M. N. A.; SIQUEIRA FILHO, J. A. Aspectos da ecologia de *Calotropis procera* (Apocynaceae) em uma área de Caatinga alterada pelas obras do Projeto de Integração do Rio São Francisco em Mauriti, CE. **Rodriguésia**, v. 64, n. 3, p. 647-654, 2013.

FERREIRA, M. L. A.; SILVA, R. A.; PINTO, M. S. C.; SILVA, E. A.; SILVA, F. J. Determinação da área foliar da flor de seda (*Calotropis procera*) no sertão paraibano. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 1, p. 53-55, 2015.

- LENHARD, N. R.; PAIVA NETO, V. B.; SCALON, S. P. Q.; ALVARENGA, A. A. Crescimento de mudas de pau-ferro sob diferentes níveis de sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, p. 178-186, 2013.
- MEDEIROS, M. L. S.; DEMARTELAERE, A. C. F.; LIMA, J. S. S.; SILVA, M. L.; PÁDUA, G. V. G. Consorciação de caupi-hortaliça e beterraba sob diferentes quantidades de flor-de-seda incorporadas ao solo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 1, p. 12-20, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v14i1.6001>
- NERY, F. C.; PRUDENTE, D. O.; ALVARENGA, A. A.; PAIVA, R.; NERY, M. C. Desenvolvimento de mudas de guanandi (*Calophyllum brasiliens* Cambess.) sob diferentes condições de sombreamento. **Revista Brasileira de Biosciências**, v. 14, n. 3, p. 187-192, 2016.
- PINTO, J. R. S.; DOMBROSKI, J. L. D.; FREITAS, R. M. O.; SOUZA, G. O.; SANTOS JÚNIOR, J. H. Crescimento e índices fisiológicos de *Tabebuia aurea*, sob sombreamento no semiárido. **Floresta**, v. 46, n. 4, p. 465-472, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v46i4.42665>
- RIBEIRO, J. E. S.; BARBOSA, A. J. S.; ALBUQUERQUE, M. B. Leaf area estimate of *Erythroxylum simonis* Plowman by linear dimensions. **Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 2, p. 1-7, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.010817>
- SILVA, J. G. M.; LIMA, G. F. C.; AGUIAR, E. M.; MELO, A. A. S.; RÊGO, M. M. T. Cactáceas nativas associadas a fenos de flor de seda e sabiá na alimentação de borregos. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 3, p. 123-129, 2010.
- SILVA, I. N.; BEZERRA NETO, F.; BARROS JÚNIOR, A. P.; LIMA, J. S. S.; CHAVES, A. P.; ALBUQUERQUE, J. R. T.; LINS, H. A.; SANTOS, M. G.; SOARES, E. B. Agronomic performance and economic profitability of lettuce fertilized with *Calotropis procera* as a green manure in a single crop. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 10, p. 1573-1577, 2018.
- SOUZA, C. C.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, I. F.; AMORIM NETO, M. S. Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 3, p. 338-342, 2000.
- SOUZA, G. S.; SANTOS, A. R.; SILVA, J. S.; FERREIRA, D. R. Teores de pigmentos fotossintéticos, taxa de fotossíntese e estrutura de cloroplastos de plantas jovens de *Mikania laevigata schultz* Bip. Ex Baker (guaco) cultivadas sob malhas coloridas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, p. 1-14, 2011.
- SOUZA, R. R.; CAVALCANTE, M. Z. B.; SILVA, E. M.; AMARAL, G. C.; BRITO, L. P. S.; AVELINO, R. C. Alterações morfofisiológicas e crescimento de helicônias em função de diferentes ambientes de sombreamento. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 2, p. 214-222, 2016.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.