



ARTIGO

## Alterações morfofisiológicas de plantas jovens de *Curatella americana* L. submetidas ao sombreamento

Ândrea Carla Dalmolin<sup>1\*</sup>, Silvio Eduardo de Oliveira Thomas<sup>2</sup>,  
Bruna Cristina Almeida<sup>2</sup> e Carmen Eugenia Rodríguez Ortíz<sup>3</sup>

Recebido: 21 de outubro de 2014      Recebido após revisão: 15 de dezembro de 2014      Aceito: 16 de janeiro de 2015  
Disponível on-line em <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/3195>

**RESUMO:** (Alterações morfofisiológicas de plantas jovens de *Curatella americana* L. submetidas ao sombreamento). *Curatella americana* é o único representante do gênero *Curatella* encontrado no Brasil, sendo uma espécie de alto valor de importância ecológica nas formações de Cerrado brasileiras. Considerando que as espécies vegetais deste bioma estão sob constante ameaça devido a sua degradação, estudos que busquem compreender o comportamento destas espécies são importantes para projetos de recuperação de áreas. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o crescimento, desenvolvimento e trocas gasosas de mudas de *C. americana* submetidas a diferentes níveis de sombreamento. Para tanto 10 mudas de *C. americana* foram submetidas a dois diferentes tratamentos, pleno sol e 76% de sombreamento, 90 dias após a germinação. Em intervalos regulares de 60 dias foram realizadas medidas de altura e diâmetro do coleto, bem como contagem do número de folhas e aos 240 dias após a instalação do experimento foram realizadas medidas de trocas gasosas (taxa fotossintética líquida, condutância estomática, razão Ci/Ca e taxa transpiratória), determinação do conteúdo de pigmentos fotossintéticos e densidade estomática. Plantas a pleno sol apresentaram melhor desenvolvimento que plantas sob sombreamento apresentando maior número de folhas e diâmetro do coleto, bem como, taxa fotossintética, condutância estomática, taxa transpiratória e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) significativamente maior que plantas sombreadas. Os resultados obtidos apontam que a espécie pode ser introduzida juntamente com as espécies pioneiras em projetos de revegetação de áreas.

**Palavras-chave:** Lixeira, Cerrado, sombreamento, trocas gasosas.

**ABSTRACT:** (Morphophysiological alterations in young plants of *Curatella americana* L. subjected to shading). *Curatella americana*, is the only representative of the genus *Curatella* found in Brazil. The species is regarded to have a high ecological importance value in the Brazilian Cerrado formations. Since plant species from this biome are under constant threat due to its degradation, studies aiming to elucidate the behavior of these species are important for future projects of land recovery. This study aimed to evaluate growth, development and gas exchange in *C. americana* saplings subjected to different shading levels. Ten samplings were subjected to two treatments: full sun and 76% shade, at 90 days after germination. At regular 60-day intervals, measurements of stem base height and diameter, and number of leaves, were taken. After 240 days from the beginning of the experiment, measurements of gas exchange (net photosynthesis, stomatal conductance, Ci/Ca ratio, and transpiration rate) were taken, and the content of photosynthetic pigments and stomatal density were determined. Plants under full sun showed higher development than plants under shading, presenting significantly higher values of number of leaves, stem base diameter, photosynthetic rate, stomatal conductance, transpiration rate, and Dickson Quality Index. Our results indicate that the species can be introduced along with pioneer species in land revegetation programs.

**Keywords:** Lixeira, Cerrado, shading, gas exchange.

### INTRODUÇÃO

Entre os fatores físicos ambientais, a luz desempenha um papel relevante na regulação da produção primária, contribuindo de forma efetiva para o crescimento das plantas. A intensidade de luz a qual uma planta é submetida afeta o seu desenvolvimento vegetativo ao exercer efeitos diretos sobre a fotossíntese, abertura estomática e síntese de clorofila (Kozłowski *et al.* 1991, Sesma *et al.* 2009). O maior acúmulo de biomassa de uma espécie esta diretamente ligado a capacidade da mesma de adaptar-se a diferentes condições de disponibilidade de luz, em função do ajustamento fisiológico há uma maior eficiência de conversão de energia, maior produção de

carboidratos e maior crescimento. (Dosseau *et al.* 2007).

Espécies nativas apresentam grande diversidade de respostas à luminosidade, principalmente quanto ao desenvolvimento vegetativo da parte aérea e a sobrevivência das mudas (Scalon 2003). Assim, o sucesso de projetos recuperação de áreas está diretamente ligados a ampla plasticidade fenotípica à luz das espécies a serem utilizadas, o que garante seu estabelecimento (Lima *et al.* 2010).

Há necessidade do desenvolvimento de pesquisas que otimizem a produção de mudas a baixo custo e com qualidade morfofisiológica capaz de atender aos objetivos dos plantios (Jose *et al.* 2005), para isso é notória

1. Prof<sup>a</sup>. Dra. do Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). Rodovia Jorge Amado, Km 16, Bairro Salobrinho, CEP 45662-900, Ilhéus, Bahia, Brasil.

2. Mestrando do Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Av. Fernando Corrêa da Costa, n° 2367, Bairro Boa Esperança, CEP 78060-900, Cuiabá, MT, Brasil.

3. Prof<sup>a</sup>. Dra. do Instituto de Biociências, Departamento de Botânica, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Av. Fernando Corrêa da Costa, n° 2367, Bairro Boa Esperança, CEP 78060-900, Cuiabá, MT, Brasil.

\*Autor para contato. E-mail: [andreacarlad@gmail.com](mailto:andreacarlad@gmail.com)

a necessidade de estudos de adaptação a diversidade ambiental de espécies florestais.

Estudos de adaptação a diferentes ambientes são especialmente interessantes para as espécies de cerrado, uma vez que poucos são os trabalhos sobre a propagação e desenvolvimento de mudas de espécies nativas deste bioma.

Considerado o segundo maior bioma brasileiro, o Cerrado apresenta uma grande heterogeneidade e suas paisagens abrigam uma importante diversidade florística com cerca de 12.000 espécies de plantas vasculares, das quais 35% estão presentes nas formações savânicas, formações essas predominantes na paisagem do bioma (Mendonça *et al.* 2008, Aquino *et al.* 2014).

Entre as espécies encontradas em grande abundância nas áreas de Cerrado que ocupam parte do Estado de Mato Grosso, destaque pode ser dado a *Curatella americana*, popularmente conhecida como lixeira, cajueiro-bravo ou sambaíba (Alexandre-Moreira *et al.* 1999), único representante do gênero *Curatella* encontrado no Brasil. A espécie foi apontada por Felfili *et al.* (2002) como de alto valor de importância ecológica (IVI 31,84) ao ser comparada com outras 63 espécies em área de Cerrado *sensu stricto*. O IVI aponta quais são as espécies mais importantes de uma determinada floresta, assim manutenção destas espécies garante a manutenção da comunidade florestal mais próxima de sua condição natural (Carvalho 2000).

Apresenta ampla distribuição com alguma penetração na Amazônia e no Pantanal (Kissmann & Groth 1995). Contudo, a distribuição da espécie é fortemente influenciada pela altitude, sendo geralmente abundante em áreas de menor altitude, como a Baixada Cuiabana e mais rara em áreas de maior altitude, como o Cerrado do Distrito Federal (Felfili *et al.* 1992).

É uma planta semidecídua, heliófila, seletiva xerófila, característica de terrenos secos do cerrado com dispersão descontínua. Seus exemplares apresentam porte pequeno podendo variar de 1 a 12 metros de altura. As folhas são alternas, ovaladas, com até 26 cm de comprimento, muito áspera, principalmente na face ventral devido ao acúmulo de sílica, suavemente torcidas, quebradiças, de cor verde-claro quando jovens e verde escuro quando completamente expandidas (Lorenzi 1992) com tempo de vida médio de 8 meses (Dalmolin *et al.* 2015). A casca é grossa acinzentada e se despreza em placas.

A espécie produz anualmente grande quantidade de sementes no período de outubro a dezembro com baixo potencial germinativo, o que dificulta a colheita e produção de mudas. Não há produção comercial de lixeira, entretanto, devido as grandes populações existentes da espécie percebe-se um grande potencial extrativista (Revilla 2001) e possibilidade de aproveitamento da planta na indústria como fonte de taninos (Bernal & Correa 1991).

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito do sombreamento sobre o desempenho fisiológico de *C. americana*, buscando contribuir com informações para a conservação da mesma, bem como com informações so-

bre seu manejo buscando melhorar a produção de mudas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente experimento foi conduzido no período de março a dezembro de 2011 no viveiro da Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá, MT. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw com temperatura média anual de 29° C e a precipitação média anual de 1473 mm ano<sup>-1</sup>

As sementes de *C. americana* foram coletadas em outubro de 2010 em região de cerrado *sensu stricto* situado no município de Santo Antônio de Leverger, na Fazenda Miranda, localizada a 15 km sudeste de Cuiabá. A triagem das mesmas foi realizada de forma manual, sendo separadas as que apresentavam algum dano físico, bem como aquelas que ainda não haviam atingido a maturidade fisiológica, esta condição foi percebida pela presença de arilo espesso encobrindo a semente, bem como a liberação de líquido de coloração avermelhada. Em seguida foram semeadas individualmente em sacos plásticos contendo como substrato terra preta. Após 75 dias da semeadura, as mudas consideradas em bom estado fitossanitário foram transplantadas para vasos de 8 litros com substrato de terra preta, permanecendo sob sombreamento natural por mais 20 dias, até implementação do experimento, momento em que as mudas tinham 90 dias após a germinação.

Foram estabelecidos dois tratamentos, pleno sol (100% de radiação incidente) e sombra (com atenuação de 76% de radiação), cada tratamento contou com 5 repetições. O sombreamento foi realizado em casa de vegetação recoberta por tela, “sombrite” de cor vermelha. A opção pela cor de tela se dá em virtude da mesma transmitir comprimentos de ondas próximos aos do dossel das florestas e proporcionar a atenuação de 76% da radiação incidente (Dalmolin *et al.* 2012), atenuação esta semelhante a promovida pelo dossel de florestas.

A fim de acompanhar o crescimento e desenvolvimento das mudas imediatamente após a submissão aos diferentes tratamentos foi contabilizado o número de folhas, bem como realizadas medidas de altura e diâmetro do coleto. A área foliar foi estimada a partir da relação alométrica entre o comprimento e a largura da folha utilizando-se a equação:

$$AF_{\text{medida}} = 1,29 \times AF_{\text{estimada}} + 2,243 \quad (R^2 = 0,92)$$

Estas medidas foram repetidas com intervalos de 60 dias, até as plantas completarem 330 dias de vida, ou 240 dias de submissão ao sombreamento entre as medidas. O intervalo de tempo superior ao usualmente utilizado deve-se ao fato da espécie apresentar crescimento lento, o que não justifica medidas em intervalos de tempo de 30 dias.

Aos 240 dias de submissão aos diferentes níveis de sombreamento, foram realizadas medidas de trocas gasosas, sendo avaliada a taxa de fotossíntese (*A*), condutância estomáticas (*g<sub>s</sub>*), relação entre a concentração intracelular e extra celular de CO<sub>2</sub> (razão Ci/Ca) e taxa transpiratória, para tanto foi utilizado um medidor portátil de fotossíntese (LI-6400, LI-COR Bioscience, Lincoln, NE, USA).

As folhas utilizadas para medidas de intercâmbio gasoso, foram coletadas para determinação da concentração de clorofilas, utilizando solvente orgânico dimetil sulfoxido (DMSO) saturado com carbonato de cálcio (5%), segundo a metodologia de Porra *et al.* (1989) e Welburnn (1994). Nestas mesmas folhas foi realizada a determinação da densidade estomática, seções foliares de 0,5cm<sup>2</sup> foram submetidas a uma solução de hidróxido de sódio (5%) por um período de 2 horas, e posteriormente em solução de hipoclorito de sódio (5%), permanecendo nesta até a sua total clarificação, posteriormente foram coradas com azul de toluidina. A contagem de estômatos foi realizada utilizando-se o Programa AnatiQuanti desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa.

Ao final do experimento foram realizadas medidas de altura e diâmetro utilizadas para o cálculo do Índice de Qualidade de Dickson (IQD).

Ao longo do experimento foi monitorada a temperatura e a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) dentro da casa de vegetação (sombreado) e a pleno sol, sendo utilizado para tanto termopares do tipo T e piranômetro.

#### Análise estatística

Para análise das variáveis número de folhas, área foliar, altura e diâmetro das plantas, foi empregada uma Anova de dois fatores considerando-se o tempo e os diferentes tratamentos, para as demais variáveis foi avaliado somente o efeito dos diferentes tratamentos pelo Teste F, com um nível de probabilidade de erro de 5% ( $\alpha = 0,05$ ).

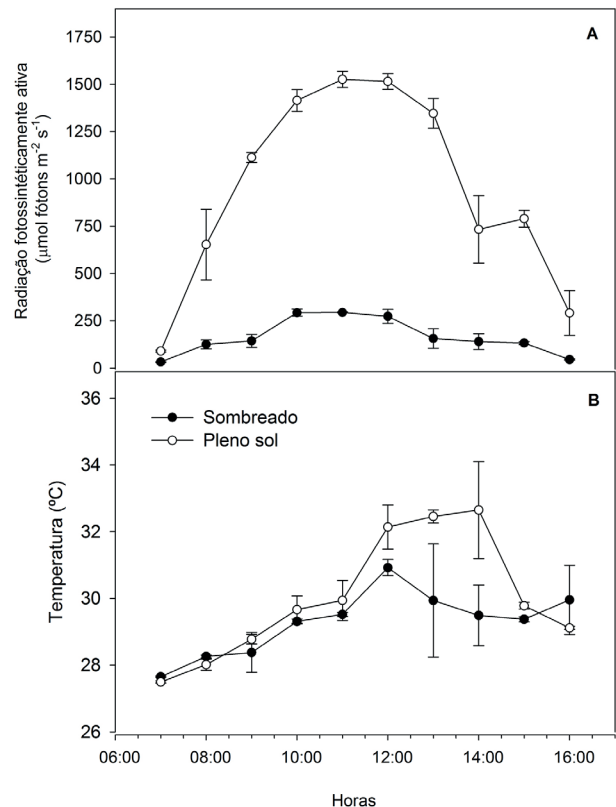
## RESULTADOS

### Microclima

A média diária de temperatura aferida dentro (29,27±0,30) da casa de vegetação não foi significativamente diferente da média diária aferida fora da casa de vegetação (30,0±0,58). No entanto diferenças significativas puderam ser observadas no curso diário de temperatura (Fig. 1A). Com relação a PAR foram observadas diferença significativas nos valores médios (±EP) dentro (163,0 ± 29,0  $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e fora (948,8 ± 162,0  $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) da casa de vegetação, bem como entre os horários (Fig. 1B).

### Crescimento das plantas

Todas as plantas sobreviveram ao período de 240 dias de sombreamento. As variáveis de crescimento apresentaram efeito significativo do tempo e do sombreamento, contudo não foi observada a interação dos dois fatores



**Figura 1.** A. Radiação Fotossinteticamente Ativa (PAR) nos ambientes a pleno sol e sombreado. B. Valores médios de temperatura do ar (T). Valores médios ± desvio padrão.

(Tab. 1). Plantas submetidas ao sombreamento apresentaram uma redução significativa em seu número de folhas (Fig. 2A) e diâmetro do coleto (Fig. 2D) aos 120 dias de submissão aos tratamentos. Em contra partida apresentaram altura significativamente maior que as plantas a pleno sol a partir dos 180 dias de estabelecimento dos tratamentos (Fig 2B), com uma taxa de crescimento de 0,50 (±0,03) mm por dia<sup>-1</sup> e 0,58 (± 0,13) mm por dia<sup>-1</sup> para pleno sol e sombreado respectivamente. Maiores valores de área foliar foram observados logo no início do experimento, aos 60 dias (Fig 2C). Plantas sombreadas apresentaram também menores valores de IQD (4,96 ± 0,80) que as plantas a pleno sol (8,62 ± 0,75), sendo estes valores estatisticamente diferentes (Fig. 4D).

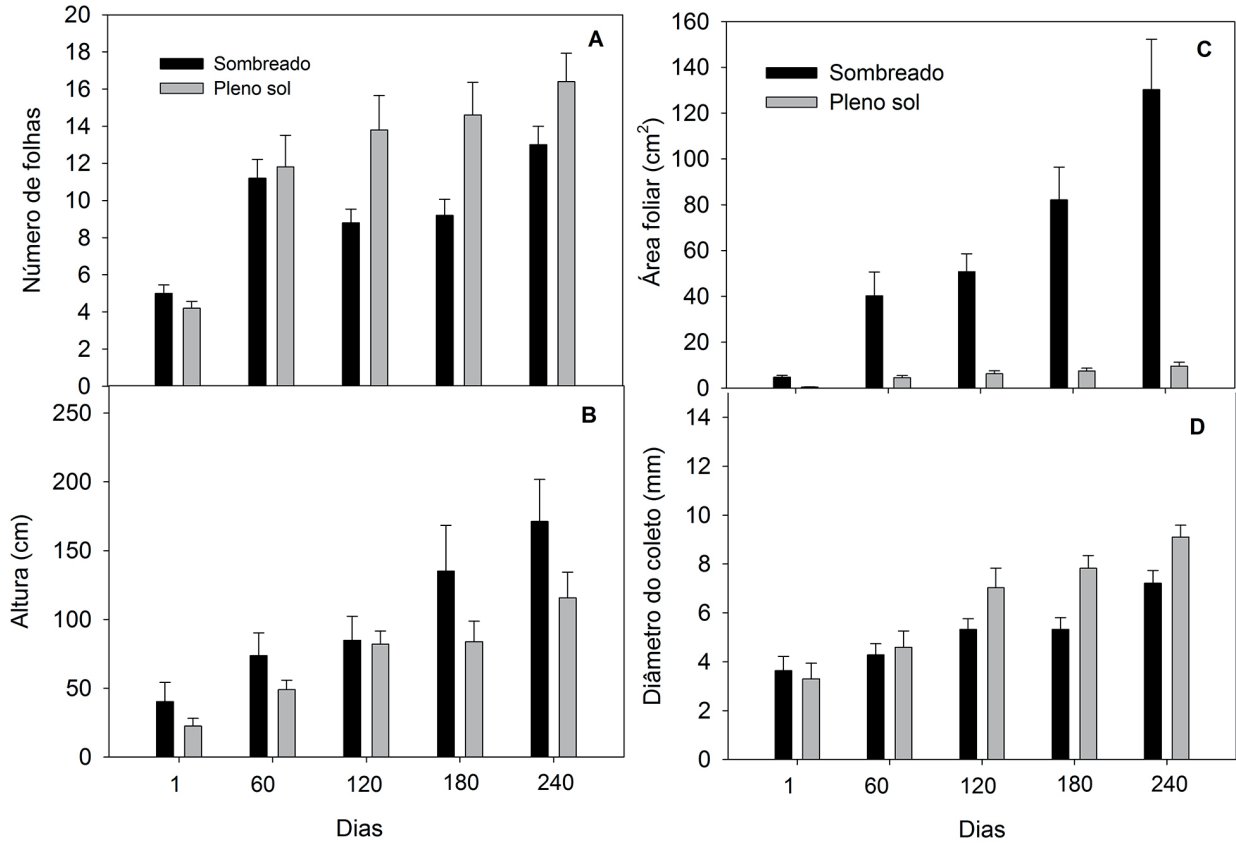
### Trocas gasosas

Sobre os parâmetros de trocas gasosas também houve efeito significativo do sombreamento, os valores de *A* de *C. americana* decresceram 75,47% em relação ao ambiente de pleno sol (Fig. 3A). A diminuição significativa

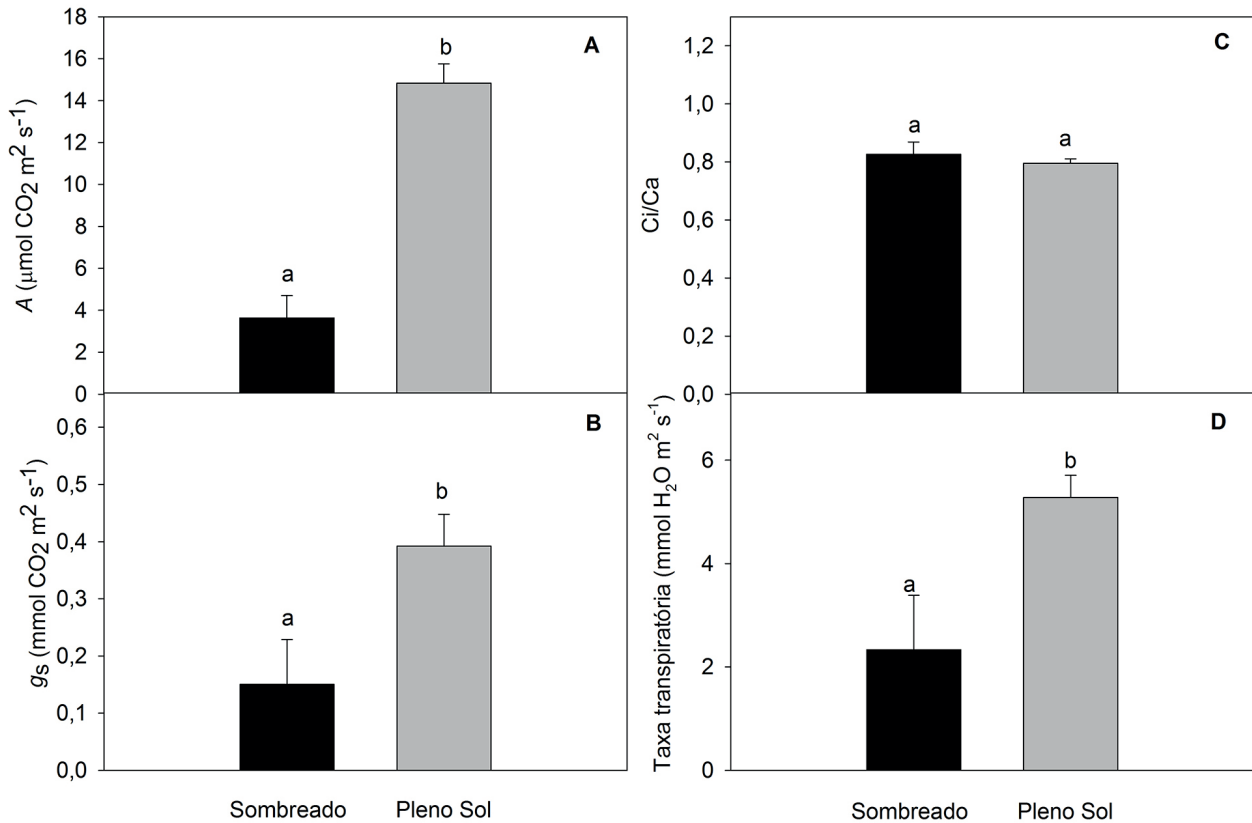
**Tabela 1.** Resumo da ANOVA de dois fatores para as variáveis de crescimento de plantas de *C. americana* submetidas ao sombreamento. *n* = 5.

FV	Gl	Quadrado médio			
		Htotal	DC	N	AF
Tempo	4	10,49**	23,85**	17,51**	21,19**
Cobertura	1	6,51**	8,00**	13,93**	4,90**
Interação	4	0,71 <sup>ns</sup>	1,54 <sup>ns</sup>	2,05 <sup>ns</sup>	1,02 <sup>ns</sup>

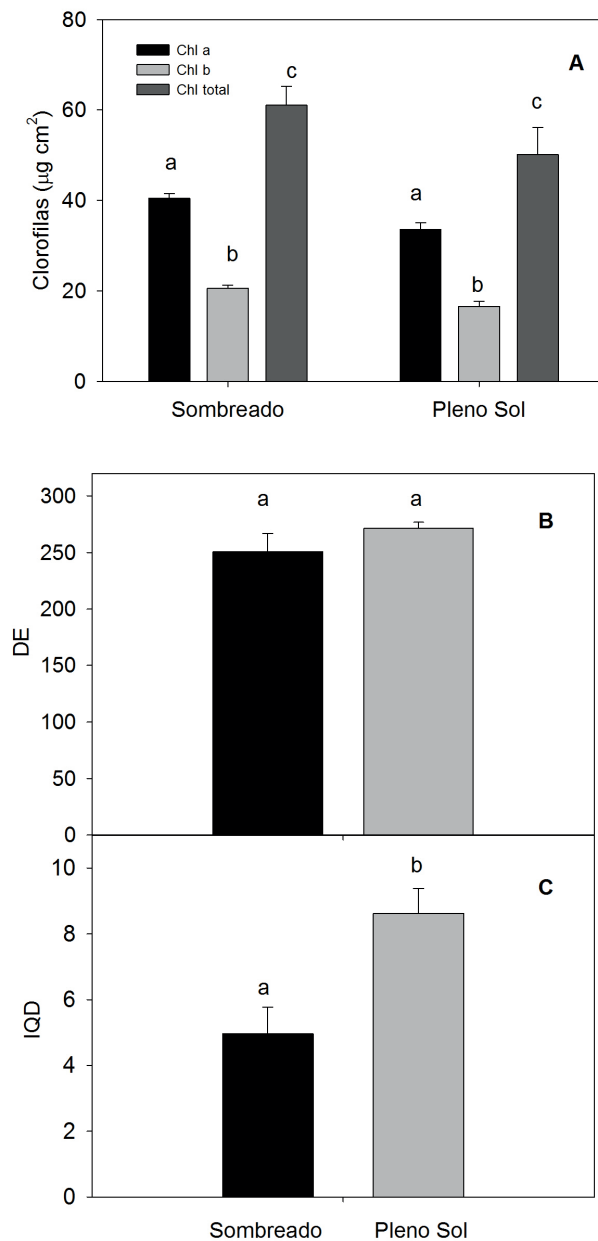
\*\* Significativo pelo teste F,  $p < 0,01$ ; ns, não significativo pelo teste F,  $p < 0,05$ . Abreviaturas: Htotal, altura total; DC, Diâmetro do coleto; N, número de folhas; AF, Área foliar.



**Figura 2.** Variáveis de crescimento de plantas de *C. americana* submetidas a diferentes disponibilidades de luz. Valores médios  $\pm$  erro padrão ( $n=5$ ).



**Figura 3.** Taxa fotossintética ( $A$ ), condutância estomáticas ( $g_s$ ), relação entre a concentração intracelular e extra celular de  $\text{CO}_2$  ( $C_i/C_a$ ) e taxa transpiratória de plantas de *C. americana* em diferentes condições de disponibilidade de luz. Valores médios  $\pm$  erro padrão ( $n=5$ ).



**Figura 4.** Concentração de clorofilas, Densidade Estomática (DE) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de plantas de *C. americana* submetidas a diferentes condições de disponibilidade de luz. Valores médios  $\pm$  erro padrão ( $n=5$ ).

nos valores de  $A$  pode ser atribuída à diminuição em 61,64% nos valores de  $g_s$  na condição de sombreado (Fig 3B). Sob sombreado observou-se também uma redução significativa de 55,8% na taxa transpiratória (Fig 3D). A redução de  $A$  e  $g_s$  promoveu a diminuição na  $EIUA$  nas plantas mantidas sobre sombreado, que apresentaram valores iguais a  $1,93 (\pm 0,42) \mu\text{mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$ , estes são 31,23% menores que os observados nas plantas a pleno sol ( $2,81 \pm 0,06 \text{ mmol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$ ). Entretanto, a diminuição observada em  $g_s$  não foi severa o suficiente para promover quedas significativas na razão  $C_i/C_a$  que se manteve próxima entre os dois tratamentos, com redução de apenas 3,77% sob sombreado.

### Pigmentos e Densidade Estomática

Embora plantas sombreadas tenham apresentado aumento na concentração de pigmentos fotossintéticos, os valores observados nestas não foram significativamente diferentes daqueles observados para as plantas em pleno sol (Fig 4A). Contudo, quando analisada a concentração de clorofilas  $a$  e  $b$  dentro de um mesmo tratamento, pode-se observar uma concentração significativamente maior de clorofila  $a$  do que clorofila  $b$ , tanto para pleno sol ( $F=36,17$   $p=0,003$ ) quanto para o tratamento sombreado ( $F=14,69$ ,  $p=0,005$ ). Não foi observada diferença significativa entre a razão clorofila  $a/b$  em função do sombreado, plantas a pleno sol apresentaram uma razão clorofila  $a/b$  igual a  $2,02 \pm 0,006$  e plantas sombreadas de  $1,96 \pm 0,07$  ( $F=0,79$ ,  $p=0,4011$ ).

Plantas sombreadas apresentaram uma densidade estomática de  $250,72 (\pm 15,92)$  estômatos/ $\text{mm}^2$ , estes valores não foram significativamente diferentes dos observados para plantas a pleno sol ( $249,85 \pm 21,59$ ) estômatos/ $\text{mm}^2$  (Fig. 4B). Folhas de *C. americana* são classificadas como hipoestomáticas, ou seja, apresentam estômatos somente em sua superfície abaxial, contudo nas plantas submetidas ao sombreado observou-se o desenvolvimento de estômatos na superfície adaxial das folhas, nessa face a densidade estomática foi igual a  $19,34 \pm 4,90$  estômatos/ $\text{mm}^2$ .

### DISCUSSÃO

As folhas constituem o principal órgão fotossintetizante, a fim de aumentar a absorção de luz e consequentemente o ganho total de carbono, são comuns alterações morfológicas e fisiológicas foliares quando as plantas estão submetidas à baixa intensidade de radiação (Osunkoya *et al.* 1994). De fato para *C. americana* pode-se verificar um aumento significativo da AF quando em condição de sombreado. O maior investimento em área foliar contrapõe-se ao número de folhas, uma vez que as plantas sob pleno sol apresentaram um maior número de folhas ao final do experimento, de acordo com Dousséau *et al.* (2007), plantas mantidas sob maior incidência luminosa tendem a apresentar maior número de folhas e área foliar reduzida. A diminuição da área foliar quando as plantas estão a pleno sol colabora com a diminuição da taxa transpiratória, em função da diminuição da superfície de evaporação (Larcher 2000).

Por outro lado, quando sombreadas, o microclima mais ameno garante uma menor temperatura foliar e menor taxa transpiratória, assim uma maior alocação de carbono pode ocorrer para aumentar a superfície foliar (Gonçalves *et al.* 2012a), garantindo a captação de luz em condições de menor disponibilidade da mesma. O aumento da área foliar com o sombreado é uma das adaptações que permite as plantas investirem em crescimento de superfície foliar fotossintetizante (Lenhard *et al.* 2013).

A maior altura apresentada pelas plantas sob sombreado ocorre em resposta a um crescimento mais rápido promovido pelo maior investimento no alongamento

celular, sendo bastante comum em plantas sombreadas (Mota *et al.* 2013). Esse consiste em um importante mecanismo de adaptação e uma estratégia de escape de baixas condições de luminosidade (Moraes Neto *et al.* 2000).

Plantas de *C. americana* quando sombreadas apresentaram menores taxas fotossintéticas, associado a esse fato há um maior investimento para crescimento em altura comprometendo a alocação de carbono para espessamento do coleto, assim um decréscimo linear do diâmetro do coleto com diferentes intensidades de radiação ou maior tempo de submissão ao sombreamento pode ser observado (Fonseca *et al.* 2002). Esta a diminuição de coleto é comum em outras espécies florestais como *Trema micranta*, *Sclerolobium paniculatu*, *Avicennia germinans* (Fonseca *et al.* 2002, Lopes *et al.* 2013), quando submetidas a sombreamento.

O maior diâmetro do coleto em áreas pouco sombreadas é uma das características de plantas heliófilas (Aguiar *et al.* 2011), que por crescerem em pleno sol apresentam maiores fluxos transpiratórios e demandam sistemas radiculares maiores e mais eficientes, bem como sistema vascular mais bem desenvolvido, o que pode favorecer o crescimento em diâmetro (Gonçalves *et al.* 2012b).

Em geral, a proporção entre clorofila *a* e *b* decresce com o aumento do sombreamento (Kozłowski *et al.* 1991), devido a maior concentração de clorofila *b*, em função de uma maior degradação dessa em relação à clorofila *a* (Engel & Poggiani 1991), assim a capacidade das plantas maximizarem a captura por luz em ambientes sombreados está relacionada com a relação clorofila *a/b* (Engel & Poggiani 1991). Embora no presente trabalho foi observada uma menor relação clorofila *a/clorofila b* no tratamento sombreado ( $1,96 \pm 0,07$ ) essa não chegou a ser significativamente diferente da relação observada para pleno sol ( $2,02 \pm 0,006$ ).

As variáveis de trocas gasosas apresentaram decréscimo quando as plantas foram submetidas à condição de sombreamento, com exceção da razão *Ci/Ca*. Os menores valores de *A* podem ser atribuídos a redução significativa de  $g_s$  no tratamento sob menor irradiância. Segundo Costa & Marengo (2007), a intensidade luminosa é um dos principais fatores responsáveis por alterações em  $g_s$ , e estas refletem nas taxas assimilatória líquida e na eficiência de carboxilação (Schock *et al.* 2014). Os maiores valores ocorreriam quando a radiação solar é máxima, permanecendo altos até que o potencial hídrico da folha seja reduzido, induzindo o fechamento dos estômatos (Ferreira *et al.* 1999).

Associado a esse fato deve-se considerar que em condição de sombreamento não há completa ativação dos fotossistemas o que acaba comprometendo a etapa fotoquímica da fotossíntese, gerando uma menor quantidade de ATP e NADPH, a serem utilizados para a fixação de  $CO_2$  na etapa bioquímica, expresso em menores valores de *A* (Flexas *et al.* 2004).

Além de influenciar *A*, a diminuição de  $g_s$  promoveu a diminuição da taxa transpiratória. A diferença signifi-

ficativa entre os valores de taxa transpiratória pode ser atribuída ainda a um aumento significativo da mesma em plantas a pleno sol, uma vez que a maior incidência de radiação sobre a folha promove um aumento de temperatura desta, aumentando assim a diferença de pressão de vapor entre o ar e folha, o que facilita a transpiração (Luttge 1997, Schock 2014).

Com a redução significativa nos valores de  $g_s$ , comprometendo assim a entrada de  $CO_2$  para a câmara subestomática, era esperado que houvesse uma diminuição da concentração intracelular de  $CO_2$  ( $C_i$ ) e consequentemente menores valores da razão *Ci/Ca*, contudo esse fato não foi observado e a razão *Ci/Ca* manteve-se igual entre os dois tratamentos. Embora a entrada de  $CO_2$  seja menor em função da diminuição de  $g_s$ , o consumo de  $CO_2$  na etapa de Carboxilação do Ciclo de Calvin provavelmente foi comprometida, em função de uma menor síntese de NADPH e ATP na etapa fotoquímica como resposta a baixa irradiação. A menor produção de NADPH e ATP acarreta danos ao processo de regeneração da RuBP e posteriormente de carboxilação, implicando em maior acúmulo de  $CO_2$  intra celular (Flexas *et al.* 2004, Dias & Bruggemann 2007).

Considerando que o IQD reflete a relação entre altura e diâmetro do coleto, os menores valores de IQD observados para as plantas sob sombreamento refletem o grande crescimento em altura apresentado por estas, e a menor alocação de carbono para espessamento do coleto. Este índice tem sido bastante utilizado como um bom indicador de qualidade das mudas, Segundo Gomes (2001) quanto maior o valor do índice, melhor o padrão de qualidade da muda. Valores de IQD semelhantes aos encontrados no presente trabalho foram relatados por Aguiar *et al.* (2011), ao estudar o crescimento de mudas de pau-brasil sob diferentes condições de sombreamento.

Com relação à densidade estomática, os valores observados para *C. americana* estão próximos aos encontrados por Boeger & Wisniewski (2003) para 23 espécies florestais, bem como aos observados por Rossato *et al.* (2009) para espécies congêneras de cerrado e mata de galeria. Crescendo em ambiente natural, plantas de *C. americana* apresentam-se hipoestomáticas, contudo, as mudas que se desenvolveram em condição sombreada passaram a apresentar características anfi-hipoestomáticas, o que segundo Leite & Scatena (2001) é característico de plantas de ambientes mesofíticos.

## CONCLUSÃO

A condição de 70% de sombreamento promoveu alterações nos parâmetros de crescimento, bem como de trocas gasosas em *C. americana*. As maiores taxas fotossintéticas apresentadas pela espécie em condição de pleno sol, associadas aos maiores valores de IQD nesse tratamento, demonstram que a espécie é adaptada a condições de alta irradiância, sendo esta a condição ideal para seu desenvolvimento.

## REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE-MOREIRA, M.S., PIUVEZAN, M.R., ARAÚJO, C.C. & THOMAS, G. 1999. Studies on the anti-inflammatory and analgesic activity of *Curatella americana* L. *Journal of Ethnopharmacology*, 67: 171-177.
- AGUIAR, F.F.A., KANASHIRO, S., TAVARES, A.R., NASCIMENTO, T.D.R. & ROCCO, F.M. 2011. Crescimento de mudas de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.), submetidas a cinco níveis de sombreamento. *Revista Ceres*, 58: 729-734.
- AQUINO, F.G., PEREIRA, C.S., PASSOS, F.B. & OLIVEIRA, M.C. 2014. Composição florística e estrutural de um cerrado sentido restrito na área de proteção de manancial Mestre D'Armas, Distrito Federal. *Bioscience Journal*, 30: 565-575.
- BERNAL, H.Y., CORREA, J.E. (edit.). *Especies vegetales promisorias de los países del convenio Andrés Bello*. Bogotá: Guadalupe, 507p. Tomo VI. (PREVECAB. Série Ciência e Tecnologia, 21). 1991.
- BOEGER, M.R.T. & WISNIEWSKI, C. 2003. Comparação da morfologia foliar de espécies arbóreas de três estádios sucessionais distintos de floresta ombrófila densa (Floresta Atlântica) no Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 26: 61-72.
- CARVALHO, J.O.P. 2000. Classificação em grupos ecológicos das espécies mais importantes em uma área da Floresta Nacional de Tapajós, Belterra, PA. Comunicado Técnico, EMBRAPA.
- COSTA, G.F. & MARENCO, R.A. 2007. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). *Acta Amazonica*, 37: 229-234.
- DALMOLIN, A.C., LOBO, F. de A., VOURLITIS, G.L., SILVA, P.R., DALMAGRO, H.J., ANTUNES-JR. M.Z. & ORTIZ, C.E.R. 2015. Is the dry season an important driver of phenology and growth for two Brazilian savanna tree species with contrasting leaf habitats? *Plant Ecology*, 216: 407-417.
- DALMOLIN, A.C., DALMAGRO, H.J., LOBO, F. de A., ANTUNES-JR, M.Z., ORTÍZ, C.E.R. & VOURLITIS, G.L. 2012. Effects of flooding and shading on growth and gas exchange of *Vochysia divergens* Pohl (Vochysiaceae) of invasive species in the Brazilian Pantanal. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 24: 75-84.
- DIAS, M.C. & BRUGGEMANN, W. 2007. Differential inhibition of photosynthesis under drought stress in *Flaveria* species with different degrees of development of the C4 syndrome. *Photosynthetica*, 45: 75-84.
- DOSSEAU, S., ALVARENGA, A.A., SANTOS, M.O. & ARANTES, L.O. 2007. Influência de diferentes condições de sombreamento sobre o crescimento de *Tapira guianensis* Alb. *Revista Brasileira de Biociências*, 5: 477-479.
- ENGEL, A.A. & POGGIANI, F. 1991. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 3: 39-45.
- FELFILI, J.M., SILVA-JR, M.C., REZENDE, A.V., MACHADO, J.W.B., WALTER, B.M.T., SILVA, P.E.N. & HAY, J.D. 1992. Análise comparativa da florística e fitossociologia da vegetação arbórea do Cerrado Senso Stricto na Chapada Pratinha, DF- Brasil. *Acta Botânica Brasileira*, 6: 25-46.
- FELFILI, J.M., NOGUEIRA, P.E., SILVA JUNIOR, M.C., MARIMON, B.S. & DELITTI, W.B.C. 2002. Composição florística e fitossociologia do cerrado sentido restrito no município de Água Boa, MT. *Acta Botanica Brasileira*, 16: 103-112.
- FERREIRA, C.A.G., da VIDE, A. C. & CARVALHO, L. R. 1999. Relações hídricas em mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook., em tubetes, aclimatadas por tratamentos hídricos. *Cerne*, 5: 95-104.
- FLEXAS, J., BOTA, J., LORETO, F., CORNIC. & SHARKEY, T.D. 2004. Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C<sub>3</sub> plants. *Plant Biology*, 6: 269-279.
- FONSECA, E.P., VALERIA, S.V., MIGLIORANZA, E., FONSECA, N.A.N. & COUTO, L. 2002. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. *Revista Árvore*, 26: 515 - 523.
- GOMES, J. M. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K. 2001. 126f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.
- GONÇALVES, J.F.C., SILVA, C.E.M., JUSTINO, G.C. & NINA JUNIOR, A.R. 2012a. Efeito do ambiente de luz no crescimento de plantas jovens de mogno (*Swietenia macrophylla* King). *Scientia Forestalis*, 40: 337-344.
- GONÇALVES, J.F.C., MELO, E.G.F., SILVA, C.E.M., FERREIRA, M.J. & JUSTINO, G.C. 2012b. Estratégias no uso da energia luminosa por plantas jovens de *Genipa spruceana* Steyererm ao alagamento. *Acta Botanica Brasílica*, 26: 391-398.
- JOSE, A.C., DAVIDE, A.C. & OLIVEIRA, S.L. 2005. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. *Revista Cerne*, 11: 187-196.
- KISSMANN, K.G. & GROTH, D. 1995. *Plantas infestantes e nocivas*. São Paulo: BASF. 683p.
- KOZŁOWSKI, T.T., KRAMER, P.J. & PALTARDY, S.G. 1991. *The physiological ecology of woody plants*. San Diego: Academic Press.
- LARCHER, W. *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000. 531 p.
- LEITE, K.R.B. & SCATENA, V.L. 2001. Anatomia do segmento foliar de espécies de *Syagrus* Mart. (Arecaceae) da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. *Sitientibus. Série Ciências Biológicas*, 1: 3-14.
- LENHARD, N.R., PAIVA NETO, V.B., SCALON, S.P. & ALVARENGA, A.A. 2013. Crescimento de mudas de pau-ferro sob diferentes níveis de sombreamento. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 43: 178-186.
- LIMA, M.A.O., MIELKE, M.S., LAVINSKY, A.O., FRANÇA, S., ALMEIDA, A.A.F., & Gomes, F.P. 2010. Crescimento e plasticidade fenotípica de três espécies arbóreas com uso potencial em sistemas agroflorestais. *Scientia Forestalis*, 38: 527-534.
- LOPES, E.C., ARAUJO, E.C., COSTA, R.J., DAHER, R.F. & FERNANDES, M.E.B. 2013. Crescimento de mudas de mangue sob diferentes níveis de sombreamento na península de Ajuruteua, Bragança, Pará. *Acta Amazônica*, 43: 291-296.
- LORENZI, H. 1992. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa: Editora Plantarum.
- LUTTGE, U. 1997. Interaction of stress factors and the midday depression in plants with C3: photosynthesis. *Physiological Ecology of Tropical Plants*, 35: 122-124.
- MENDONÇA, R.C., FELFILI, J.M., WALTER, B.M.T., SILVA-JUNIOR, M. C., REZENDE, A. V., FILGUEIRAS, T. S., NOGUEIRA, P. E. E. & FAGG, C. W. 2008. Flora Vascular do Cerrado: checklist com 12.356 espécies. In: ALMEIDA, S. M., SANO, S. P., RIBEIRO, J. F. (Ed.). *Cerrado: Ecologia e Flora*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. p. 422-442.
- MORAES NETO, S.P., GONÇALVES, J.L.M., TAKAKI, M., CENCI, S. & GONÇALVES, J.C. 2000. Crescimento de mudas de algumas espécies arbóreas que ocorrem na Mata Atlântica, em função do nível de luminosidade. *Revista Árvore*, 24: 35-45.
- MOTA, L.H.S., SCALON, S.P.Q. & MUSSURY, R.M. 2013. Efeito do condicionamento osmótico e sombreamento na germinação e no crescimento inicial das mudas de angico (*Anadenanthera falcata* Benth. Sp.). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 15: 655-663.
- OSUNKOYA, O., ASH, J.E., HOPKINS, M.S., & GRAHAM, A.W. 1994. Influence of seed size and seedlings ecological attributes on shade tolerance of rainforest tree species in Northern Queensland. *Journal of Ecology*, 82: 149-163.
- PORRA, R.J., THOMPSON, W.A. & KRIEDEMANN, P.E. 1989. Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents: Verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy. *Biochim Biophys Acta*, 975: 384-394.
- REVILLA, J. 2001. *Plantas da Amazônia: oportunidades econômicas e sustentáveis*. Manaus: SEBRAE-AM/INPA. 405 p.
- ROSSATO, D.R., HOFFMANN, W.A. & FRANCO, A.C. 2009. Carac-

- terísticas estomáticas de pares congêneros de cerrado e mata de galeria crescendo numa região transicional no Brasil Central. *Acta Botanica Brasílica*, 23: 499-508.
- SCALON, S.P.Q., MUSSURY, R.M., RIGONI, M.R. & SCALON FILHO, H. 2003. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq) A. Robyns sob condição de sombreamento. *Revista Árvore*, 27: 753-758.
- SCHOCK, A.A., RAMM, A., MARTINAZZO, E.G., SILVA, D.M. & BACARIN, M.A. 2014. Crescimento e fotossíntese de plantas de pinhão-mansão cultivadas em diferentes condições de luminosidade. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18: 3-9.
- SESMA, E.B., DEMUNER, V.G & HEBLING, S.A. 2009. Efeito de diferentes níveis de sombreamento sobre o crescimento inicial de *Jatropha curcas* L. em casa de vegetação. *Natureza online*, 7: 31-36
- WELLBURN, A.R. 1994. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Journal of Plant Physiology*, 144:307-313.