

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS

**Emergência, crescimento inicial e características fotossintéticas de *Licania tomentosa* (Beth.) Fritsch (Chrysobalanaceae) sob diferentes ambientes de luminosidade**

EDUARDA SANTOS DE ANDRADE  
Bacharela em Biologia

CRUZ DAS ALMAS  
BAHIA - BRASIL  
2019

EDUARDA SANTOS DE ANDRADE

**Emergência, crescimento inicial e características fotossintéticas de *Licania tomentosa* (Beth.) Fritsch (Chrysobalanaceae) sob diferentes ambientes de luminosidade**

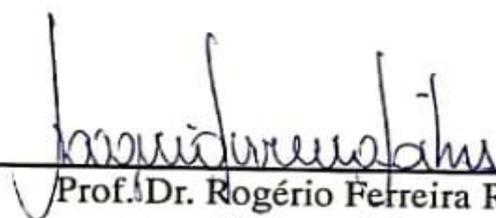
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como parte das exigências do Curso de Graduação de Bacharelado em Biologia, para obtenção do título de Bacharela em Biologia.

CRUZ DAS ALMAS  
BAHIA – BRASIL  
2019

Eduarda Santos de Andrade

“Emergência, crescimento inicial e características fotossintéticas de *Licania tomentosa* (Beth.) Fritsch (Chrysobalanaceae) sob diferentes ambientes de luminosidade”

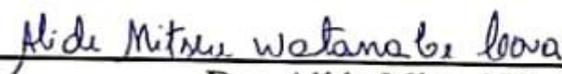
BANCA EXAMINADORA



---

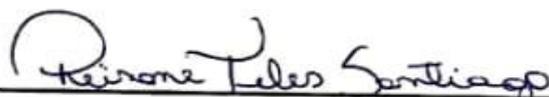
Prof. Dr. Rogério Ferreira Ribas  
(Orientador)

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)



---

Dra. Alide Mitsué Watanabe Cova  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)



---

Msc. Reisane Teles Santiago  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)

A minha mãe e meus irmãos (Fellipe e Nicolle),  
dedico...

## AGRADECIMENTOS

A Deus.

A minha mãe, por toda confiança em mim depositada, por sempre me apoiar e incentivar, e, principalmente, por ter feito de tudo para que eu chegasse até aqui. Te amo!!

Ao meu pai e toda minha família, em especial minhas tias maternas e minha avó Anísia (*in memoriam*), por todo apoio e carinho.

Aos meus amigos, Charles, Bruna e Natália, por sempre estarem presente alegrando os meus dias, sem eles tudo seria mais difícil.

Aos amigos que conquistei durante a graduação, Alana, Bruna, Daniele, Dayala, Joadson, Lucas, Pedro, Robert, Jhones e Rafael que foram de suma importância no meu crescimento pessoal e profissional, em especial, Alana, por toda ajuda na execução do experimento, pelo companheirismo, pela amizade, generosidade e pelos momentos de descontração.

Ao meu orientador, Rogério Ribas, pela paciência, dedicação e conhecimento compartilhado.

A professora Alessandra Nasser Caiafa por ter cedido o espaço para a realização do experimento.

Aos professores, por todo conhecimento compartilhado.

Aos funcionários do Setor de Ciências Biológicas Prof. Elinsmar Adorno, pela ajuda com o cuidado das plantas.

A todos que contribuíram de forma direta e indireta na minha formação.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

## RESUMO

Andrade, Eduarda Santos, Bacharela em Biologia, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Dezembro de 2019. **Emergência, crescimento inicial e características fotossintéticas de *Licania tomentosa* (Beth.) Fritsch (Chrysobalanaceae) sob diferentes ambientes de luminosidade.** Orientador: Rogério Ferreira Ribas.

A disponibilidade de luz é um dos principais fatores que limitam o crescimento e desenvolvimento das plantas. Desta forma, o trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da disponibilidade da luz no estabelecimento inicial e características fisiológicas de *Licania tomentosa* (Beth.) Fritsch. O estudo foi conduzido em área externa do Setor de Ciências Biológicas Prof. Elinsmar Adorno, do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da UFRB, situada no município de Cruz das Almas, BA. Para avaliação da emergência de plântulas, 100 sementes por tratamento foram colocadas diretamente em oito bandejas com areia lavada e igualmente distribuídas em dois tratamentos com variações no regime de luz: sombra (SO), sob condição de sombreamento artificial imposto por tela sombrite, e pleno sol (PS), sob condição de radiação solar direta. As variáveis calculadas foram: porcentagem de emergência (%E), índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME) e velocidade média de emergência (VME). Ao final da emergência, após 76 dias, foi realizado o transplântio para os vasos contendo solo como substrato e após 94 dias foram avaliados o efeito dos tratamentos de luz, nas trocas gasosas, na emissão de fluorescência da clorofila *a* e no teor de pigmentos cloroplastídicos. No final do experimento, 109 dias após o transplântio, os parâmetros de crescimento foram novamente quantificados para avaliar o incremento de biomassa. O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado (DIC), com dois níveis de disponibilidade de luz, com número variável de repetições por tratamento e os resultados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade. A emergência das plântulas de *L. tomentosa* não apresentou diferença estatística entre os tratamentos. As plantas crescidas no PS apresentaram os maiores valores médios de número de folhas, de massa foliar específica (MFE), da taxa de assimilação líquida (TAL), da capacidade máxima fotossintética ( $A_{max}$ ), da taxa de respiração no escuro ( $R_d$ ), das irradiâncias de compensação ( $I_c$ ) e saturação ( $I_s$ ), taxa de assimilação líquida de  $CO_2$  ( $A$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), transpiração ( $E$ ) e teor de carotenoides. Por outro lado, as plantas do SO apresentaram maiores valores de taxa de crescimento relativo (TCR), fluorescência mínima ( $F_0$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ), rendimento de dissipação regulada ( $Y_{NPQ}$ ), bem como do teor de clorofilas *a*, *b* e totais quando comparadas as plantas do PS. A espécie estudada apresentou alterações nas características fotossintéticas de acordo com o ambiente de luz em que as plantas foram submetidas, podendo sobreviver expostas a radiação solar direta ou sombreamento, contudo, as plantas do tratamento pleno sol apresentaram maior fotossintética, o que a caracteriza como uma dependente de luz.

**Palavras-chave:** Plantas de sol e sombra, plasticidade fisiológica, espécies arbóreas tropicais.

## ABSTRACT

Andrade, Eduarda Santos, Bacharela em Biologia, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Dezembro de 2019. **Emergence, early growth and photosynthetic characteristics of *Licania tomentosa* (Beth.) Fritsch (Chrysobalanaceae) under different lighting environments.** Advisor: Rogério Ferreira Ribas.

The availability of light is one of the main factors limiting plant growth and development. Thus, this work aimed to evaluate the effect of light availability on the initial establishment and physiological characteristics of *Licania tomentosa* (Beth.) Fritsch. The study was conducted outside the Department of Biological Sciences. Elinsmar Adorno, from the UFRB Center for Agricultural, Environmental and Biological Sciences, located in Cruz das Almas, BA. For seedling emergence evaluation, 100 seeds were placed directly in eight washed sand trays and equally distributed in two treatments with light regime variations: shade (SO), under artificial shade imposed by shade screen, and full sun (PS) under direct solar radiation. The calculated variables were: emergency percentage (% E), emergency speed index (IVE), mean emergency time (TME) and mean emergency speed (VME). At the end of the emergency, after 76 days, the plants were transplanted to soil containing substrate and after 94 days the effect of light treatments, gas exchange, chlorophyll a fluorescence emission and chloroplast pigment content were evaluated. At the end of the experiment, 109 days after transplantation, growth parameters were again quantified to evaluate the biomass increment. The experiment was conducted in a completely randomized design (DIC), with two levels of light availability, with variable number of repetitions per treatment and the results were subjected to analysis of variance at 5% probability. The emergence of *L. tomentosa* seedlings showed no statistical difference between treatments. The plants grown in PS had the highest average leaf number, specific leaf mass (MFE), net assimilation rate (TAL), maximum photosynthetic capacity ( $A_{max}$ ), dark respiration rate ( $R_d$ ), compensation ( $I_c$ ) and saturation ( $I_s$ ) irradiance, net  $CO_2$  assimilation rate ( $A$ ), stomatal conductance ( $g_s$ ), transpiration ( $E$ ) and carotenoid content. On the other hand, SO plants presented higher values of relative growth rate (TCR), minimum fluorescence ( $F_0$ ), maximum fluorescence ( $F_m$ ), regulated dissipation yield ( $Y_{NPQ}$ ), as well as total chlorophyll *a*, *b*, and totals, when compared with PS plants. The studied species presented alterations in the photosynthetic characteristics according to the light environment in which the plants were subjected, being able to survive exposed to direct solar radiation or shading. light dependent.

Key-words: Sun and shade plants, physiological plasticity, tropical tree species.

## ÍNDICE

Introdução .....	01
Objetivos.....	01
Material e métodos .....	03
Resultados .....	05
Discussão .....	07
Conclusão .....	09
Referências bibliográficas .....	10
Figuras e Tabelas .....	14
Apêndice.....	19

## Introdução

Devido à grande exploração de florestas no Brasil, causada, principalmente, pela expansão da atividade agropecuária, há uma maior degradação das áreas de cobertura vegetal que vem provocando a eliminação de biomas, e, conseqüentemente, uma drástica redução da diversidade genética fazendo-se necessário estudos sobre a ecofisiologia de espécies florestais para auxiliar na conservação, melhor planejamento e estabelecimento de espécies que servirão como base para programas de restauração de áreas degradadas (Almeida *et al.*, 2004; Ferreira *et al.*, 2000; Melo; Verela, 2006; Mota; Scalon; Heinz, 2012).

Além disso, a escassez em estudos ecofisiológicos de grande parte de espécies arbóreas de florestas tropicais limitam a propagação das mesmas, o que gera um déficit em programas de restauração (Borges, 2012). Portanto, é de suma importância estudar fatores que podem influenciar no desenvolvimento de plantas, dentre eles a disponibilidade de luz, temperatura, água e condições edáficas. No entanto, a luz é um dos mais importantes, pois relaciona-se diretamente com processo fotossintético, crescimento e germinação de sementes, aumentando a relevância do ambiente de luz no qual a planta cresce (Almeida *et al.*, 2004; Melo, 2017).

Neste contexto, a disponibilidade de luz é um dos principais fatores que limitam o crescimento e desenvolvimento das plantas, possui uma grande influência na mortalidade e distribuição das espécies ao longo da sucessão ecológica, pois está diretamente relacionada à fotossíntese, e por isso é considerada importante na dinâmica das florestas, (Atroch *et al.*, 2001; Muniz, 2004; Venturoli *et al.*, 2012).

Assim, o conhecimento da plasticidade fisiológica de espécies arbóreas às variações na luminosidade pode ajudar a explicar os padrões de ocorrência e abundância, além de fornecer condições para implantação de planos de restauração de áreas degradadas (Duz, 2001).

A disponibilidade de luz pode ser alterada pela estrutura da vegetação nas florestas, caracterizada pela formação de estratos que definem ambientes mais ou menos iluminados, nos quais as espécies existentes estão totalmente aclimatadas (Lemes, 2015; Muniz, 2004). O dossel é o estrato mais iluminado de uma floresta com absorção de aproximadamente 94% da energia luminosa, nos cinco primeiros metros, e fornece ao sub-bosque baixa energia luminosa, o que o torna o estrato florestal menos iluminado (Takahashi, 2005).

As folhas que estão expostas a alta radiação solar ao longo do dia, conhecidas como folhas de sol, apresentam um aumento na espessura da lamina foliar, menor teor de nitrogênio, mecanismos de dissipação da energia excessiva, maior número de cloroplastos nas células do mesófilo e, por conseqüência, maior capacidade fotossintética, visto que, a

maquinaria enzimática da fotossíntese está inserida nessa organela (Oguchi *et al.*, 2003). Por outro lado, as folhas do sub-bosque, com menor incidência solar, são caracterizadas por apresentarem uma maior área foliar, maior concentração de nutrientes e de pigmentos para maximizar a captação de energia solar (Rossato *et al.*, 2010).

Modificações nos níveis de luminosidade ao qual uma espécie está aclimatada podem condicionar diferentes respostas em suas características fisiológicas, bioquímicas, anatômicas e de crescimento. Tais respostas consistem na produção de novas folhas apropriadas ao nível de luminosidade diferente da qual a planta estava aclimatada como, por exemplo, mudança na razão entre clorofilas e pigmentos acessórios, número de estômatos, taxas fotossintéticas e respiratórias (Atroch *et al.*, 2001; Cai *et al.*, 2005; Chaves, 1996). Outras alterações associadas à irradiâncias elevadas incluem a diminuição da área foliar específica, espessamento da cutícula, aumento da concentração e atividade da Ribulose-1,5-Bisfosfato Carboxilase Oxigenase (Rubisco), bem como a recuperação rápida da fotoinibição (Barazetti, 2013).

A espécie em estudo, *Licania tomentosa* (Beth.) Fritsch, conhecida popularmente como Oiti, pertencente à família Chrysobalanaceae, é uma espécie arbórea com cerca de 6 a 10 metros de altura. Possui uma copa bastante ampla, além de não possuir raízes muito profundas que danificam o calçamento, o que levou o seu uso em arborização urbana. É também uma espécie muito indicada em reflorestamento de áreas degradadas e sua madeira é bastante utilizada na construção civil, tornando-a muito explorada comercialmente (Andrade; Zoghbi; Maia, 1998; Monteiro *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2018). Dessa forma, é de grande relevância estudos acerca da sua ecofisiologia a fim de contribuir com sua manutenção no ambiente bem como a sua implementação correta em programas de restauração.

## **Objetivos**

### *Geral*

Avaliar a plasticidade fisiológica no estabelecimento e nas características fotossintéticas de *L. tomentosa* em diferentes ambientes de luz.

### *Específicos*

Avaliar e comparar a emergência e o crescimento inicial de plântulas de *L. tomentosa* em diferentes ambientes de luz.

Avaliar e comparar as trocas gasosas de *L. tomentosa* em diferentes ambientes de luz.

Avaliar e comparar a emissão de fluorescência da clorofila *a* de *L. tomentosa* em diferentes ambientes de luz.

Avaliar e comparar o conteúdo de pigmentos cloroplastídicos de *L. tomentosa* em diferentes ambientes de luz.

## **Material e métodos**

O estudo foi conduzido entre os meses de abril e setembro de 2019 em área externa do Setor de Ciências Biológicas Prof. Elinsmar Adorno do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da UFRB, situada no município de Cruz das Almas, BA (12°40'19" S; 39°06'22" O). Foram utilizadas sementes da espécie *L. tomentosa* coletadas de matrizes encontradas no centro da cidade de Cruz das Almas, BA.

### *Emergência*

Para avaliação da emergência de plântulas, 100 sementes por tratamento foram desinfetadas com hipoclorito de sódio a 5% por 5 minutos, lavadas em água corrente e colocadas diretamente em oito bandejas com areia lavada, igualmente distribuídas em dois tratamentos com variações no ambiente de luz: sombra (SO), sob condição de 70% de sombreamento artificial imposto por tela sombrite, e pleno sol (PS), sob condição de 100% da radiação solar direta. A emergência das plântulas foi avaliada em dias alternados, a partir do primeiro dia da semeadura, durante 60 dias. As variáveis calculadas foram: porcentagem de emergência (%E), índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME) e velocidade média de emergência (VME) (Maguire, 1962). As plântulas emergidas foram marcadas, e semanalmente, ao longo de 60 dias foi avaliada a sua sobrevivência por meio da razão nº de plantas sobreviventes/nº plantas emergidas.

### *Crescimento*

Ao final do teste de emergência, 76 dias após a semeadura, as plântulas foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade de 1,7 L contendo solo como substrato (Anexo 1.) e mantidas nos tratamentos descritos acima. No dia do transplante, 10 plântulas/tratamento foram avaliadas quanto à altura (H), número de folhas (NF), massa seca de folhas (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de raiz (MSR) e área foliar (AF). Ao final do experimento, 109 dias após o transplante, estes parâmetros foram novamente quantificados e, a partir destes dados, foram calculadas a área foliar específica (AFE), massa foliar específica (MFE), taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa de assimilação líquida (TAL) (Hunt, 1982) (Figura 1).

### *Trocas gasosas*

As taxas de assimilação líquida de carbono ( $A$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ,  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), transpiração ( $E$ ,  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e eficiência intrínseca de uso da água ( $A/g_s$ ) foram obtidas utilizando-se um analisador de gases no infravermelho (IRGA), modelo LI-6400XT (LI-COR Biosciences Inc., Nebraska, USA) equipado com uma fonte de luz azul/vermelho modelo LI-6400-02B (LI-COR). As medições foram realizadas no 94 dias após o transplante, das 10h00 às 12h00 sob luz saturante artificial de  $1.000 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  e concentração de  $\text{CO}_2$ , temperatura e vapor de  $\text{H}_2\text{O}$  do ambiente, sendo o ar de refer\u00eancia coletado a 50 cm de altura do solo e homogeneizado em um gal\u00e3o de 10 litros antes de alcan\u00e7ar a c\u00e2mara foliar. Para cada planta, foram realizados 10 registros por folha, um a cada 12 segundos, cuja m\u00e9dia foi considerada uma medida.

#### *Curvas de fotoss\u00edntese em resposta \u00e0 luz*

Os valores de capacidade m\u00e1xima fotossint\u00e9tica ( $A_{\text{m\u00e1x}}$ ), rendimento qu\u00e2ntico aparente ( $\alpha$ ), taxa respirat\u00f3ria no escuro ( $R_d$ ) e as irradi\u00eancias de compensa\u00e7\u00e3o ( $I_c$ ) e de satura\u00e7\u00e3o ( $I_s$ ) foram estimados a partir de ajustes de curvas de resposta da fotoss\u00edntese \u00e0 irradi\u00eancia. Os dados foram obtidos utilizando a rotina “light curve” do software OPEN 4.04, em dez valores de Photosynthetically Active Radiation (PAR) em ordem decrescente (0, 15, 30, 60, 120, 250, 500, 1000, 1500 e 2000) e concentra\u00e7\u00e3o de  $\text{CO}_2$ , temperatura e vapor de  $\text{H}_2\text{O}$  do ambiente, e ajustados utilizando-se o modelo de equa\u00e7\u00e3o da hip\u00e9rbole retangular do tipo  $A = \{[(A_{\text{m\u00e1x}} \alpha \text{ DFF}) / (A_{\text{m\u00e1x}} + (\alpha \text{ DFF}))] - R_d\}$  (Thornley, 1976). Por regress\u00e3o linear dos primeiros pontos da curva foram estimados os valores de  $\alpha$ ,  $R_d$  e  $I_c$ , sendo  $\alpha$  a inclina\u00e7\u00e3o da curva,  $R_d$  a intercep\u00e7\u00e3o da reta com o eixo y e  $I_c$  a intercep\u00e7\u00e3o da reta com o eixo x (Escalona *et al.*, 1999). A  $I_s$  foi estabelecida no valor de densidade de fluxo de f\u00f3tons (DFF), em que a fotoss\u00edntese líquida ( $A$ ) \u00e9 igual a 90% da fotoss\u00edntese m\u00e1xima ( $A_{\text{m\u00e1x}}$ ) (Quero *et al.*, 2006).

#### *Fluoresc\u00eancia da clorofila a*

As medidas de fluoresc\u00eancia da clorofila *a* foram obtidas utilizando um fluor\u00f4metro port\u00e1til modulado OS5p (Opti-Sciences, Hudson, USA). Ap\u00f3s trinta minutos de adapta\u00e7\u00e3o ao escuro, foram obtidos os par\u00e2metros de fluoresc\u00eancia basal ( $F_0$ ), fluoresc\u00eancia m\u00e1xima ( $F_m$ ) e rendimento qu\u00e2ntico potencial ( $F_v/F_m$ ) do fotossistema II (FSII). Os rendimentos das vias competitivas de desexcita\u00e7\u00e3o da energia absorvida no FSII: rendimento qu\u00e2ntico efetivo ( $Y_{II}$ ); rendimento qu\u00e2ntico de dissipa\u00e7\u00e3o regulada ( $Y_{NPQ}$ ); e o rendimento qu\u00e2ntico de dissipa\u00e7\u00e3o n\u00e3o-regulada ( $Y_{NO}$ ); foram determinados de acordo com Kramer *et al.* (2004) e Klughammer e Schreiber (2008).

#### *Curvas de fluoresc\u00eancia em resposta \u00e0 luz*

Os valores da taxa máxima de transporte de elétrons (ETR<sub>máx</sub>) e irradiância inicial de saturação (*K*) foram derivados a partir de curvas de fluorescência em resposta à luz obtidos em folhas pré-adaptadas ao escuro por 30 minutos. As curvas de resposta da ETR foram avaliadas em sete níveis crescentes de luz actínica (0, 120, 494, 1060, 1554, 2000 e 2557  $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) durante sete minutos, em sete est\u00e1dios de 60s cada. Ao final de cada n\u00edvel de luz foi aplicado um pulso de luz saturante, com intensidade de 3500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  e dura\u00e7\u00e3o de 0,8s, para determina\u00e7\u00e3o da ETR. O modelo de equa\u00e7\u00e3o exponencial do tipo  $\text{ETR} = \{\text{ETR}_{\text{m\u00e1x}} [1 - \exp(-\text{DFF}/K)]\}$  foi utilizado para ajustar os pares de pontos na curva ETR em fun\u00e7\u00e3o da DFF para cada planta (Vassilev; Manolov, 1999).

### *Pigmentos cloroplast\u00eddicos*

Para a extra\u00e7\u00e3o de pigmentos foram retirados discos foliares de \u00e1rea conhecida (0,39  $\text{cm}^2/\text{disco}$ ) e imediatamente imersos em 3 mL de dimetilsulf\u00f3xido (DMSO), em tubos vedados e envoltos em papel alum\u00ednio. Os tubos foram mantidos 48 horas em estufa a 60 \u00b0C. Ap\u00f3s a extra\u00e7\u00e3o, a absorv\u00eancia das amostras foi determinada a 480, 649 e 665 nm com o aux\u00edlio do Espectrofot\u00f4metro Digital Ultravioleta Microprocessado - Q798U2M. O c\u00e1lculo dos teores de clorofila e carotenoides, expressos em  $\text{mg g}^{-1} \text{MS}$ , foi feito de acordo com as equa\u00e7\u00f5es propostas por Wellburn (1994) para extratos em DMSO:

$$\text{Clorofila } a \text{ (mg g}^{-1}\text{)} = 12,7 \times A_{665} - 2,69 \times A_{649}$$

$$\text{Clorofila } b \text{ (mg g}^{-1}\text{)} = 22,9 \times A_{649} - 5,10 \times A_{665}$$

$$\text{Carotenoides (mg g}^{-1}\text{)} = (1000 \times A_{480} - 3,27 \times \text{Clorofila } a - 104 \times \text{Clorofila } b)/229$$

### *An\u00e1lise dos dados*

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado (DIC), com dois n\u00edveis de disponibilidade de luz, com n\u00famero vari\u00e1vel de repeti\u00e7\u00f5es por tratamento, a depender da vari\u00e1vel/par\u00e2metro em estudo. Os resultados foram submetidos \u00e0 an\u00e1lise de vari\u00e2ncia a 5% de probabilidade ( $p \leq 0,05$ ). Foi utilizado o programa Sisvar (Ferreira, 1998) para compara\u00e7\u00e3o das m\u00e9dias e o SigmaPlot V.8 (SPSS Inc., USA) para elabora\u00e7\u00e3o dos gr\u00e1ficos.

## **Resultados**

A emerg\u00eancia das pl\u00e2ntulas de *L. tomentosa* iniciou 14 dias ap\u00f3s a semeadura no tratamento de pleno sol e 16 dias na condi\u00e7\u00e3o de sombreamento artificial.

Os valores m\u00e9dios porcentagem de emerg\u00eancia (%E), \u00edndice de velocidade de emerg\u00eancia (IVE), tempo m\u00e9dio de emerg\u00eancia (TME) e velocidade m\u00e9dia de emerg\u00eancia

(VME) não diferiram estatisticamente entre os tratamentos pleno sol e sombreamento artificial (Figura 2).

Os resultados referentes à alocação de biomassa evidenciaram que o número de folhas, a massa foliar específica e a taxa de assimilação líquida de carbono apresentaram diferença estatística entre os tratamentos, com maiores valores para as plantas do pleno sol. Por outro lado, a taxa de crescimento relativo foi significativamente maior nas plantas de sombreamento artificial. Para as demais variáveis não houve diferença estatística (Tabela 1).

Conforme observado na Figura 3, com exceção da eficiência do uso da água (EUA) que não diferiu entre os tratamentos, os valores médios de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*), condutância estomática (*g<sub>s</sub>*) e transpiração (*E*) foram, respectivamente, 22,3%, 37,5% e 21,9% maiores nas plantas do pleno sol em relação às plantas do sombreamento artificial.

Com o ajuste das curvas da assimilação do CO<sub>2</sub> em resposta à densidade de fluxo de fótons, observou-se que, com exceção do rendimento quântico aparente ( $\alpha$ ), os valores de capacidade máxima fotossintética (*A<sub>max</sub>*), taxa respiratória no escuro (*R<sub>d</sub>*), irradiância de compensação (*I<sub>c</sub>*) e irradiância de saturação (*I<sub>s</sub>*) foram significativamente maiores nas plantas do pleno sol em relação às plantas do sombreamento artificial. Por outro lado, as respostas dos parâmetros fotoquímicos em função do aumento da irradiância mostraram que o regime de luz não teve efeito significativo sobre a taxa máxima de transporte de elétrons (*ETR<sub>max</sub>*) e a irradiância inicial de saturação (*K*) (Tabela 2 e Figura 5).

Os dados relacionados à emissão fluorescência da clorofila *a* estão representados na Figura 4. Observa-se que os valores médios de *F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>*, que corresponde ao rendimento quântico máximo do fotossistema II (FSII) e de *Y<sub>NO</sub>*, que representa rendimento quântico de dissipação não-regulada, não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos, enquanto que a fluorescência mínima (*F<sub>0</sub>*) a fluorescência máxima (*F<sub>m</sub>*) e rendimento quântico de dissipação regulada (*Y<sub>NPQ</sub>*) apresentaram as maiores médias nas plantas de sombreamento artificial. Em contrapartida, o rendimento quântico efetivo do FSII (*Y<sub>II</sub>*) foi significativamente maior nas plantas do pleno sol.

Os resultados encontrados para o conteúdo de pigmentos cloroplastídicos estão apresentados na Figura 6. Com exceção da razão clorofila *a*/clorofila *b*, houve diferença significativa entre os tratamentos para os demais valores do conteúdo de pigmentos cloroplastídicos ( $p < 0,05$ ). Os teores de clorofila *a*, *b* e total foram, respectivamente, 47,9%, 43,8% e 46,9% maiores em plantas sombreadas quando comparadas com as plantas de pleno sol, enquanto que o teor de carotenoides e a razão carotenoides/clorofilas totais foram, respectivamente, 26,3% e 89,3% maiores nas plantas de pleno sol quando comparada com as plantas do sombreamento artificial.

## Discussão

De acordo com os resultados obtidos foi possível observar que a emergência das plântulas de *L. tomentosa* não foi influenciada pelos tratamentos, o que pode propiciar uma ampla capacidade de distribuição da espécie, pois, suas plântulas poderão emergir tanto em ambientes mais abertos como os de clareira, bem como nos ambientes mais sombreados do sub-bosque (Mota; Scalon; Heinz, 2012).

O maior número de folhas nas plantas de pleno sol pode estar relacionado a uma resposta da espécie para essas condições de luminosidade. Estes resultados não diferem dos encontrados por Borges *et al.* (2014), ao avaliar o crescimento de *Tabebuia heptaphylla* sob condições de sombreamento artificial e pleno sol, na qual as plantas sob condições de alta irradiância apresentaram maior número de folhas. A massa foliar específica é um dos principais componentes de aclimatação às condições contrastantes de luminosidade (Feng *et al.*, 2004). Os maiores valores desta variável, observado nas plantas do pleno sol, é resultado do aumento no número de células dos parênquimas lacunoso e paliçádico, desencadeando um incremento na quantidade e capacidade da maquinaria fotossintética, o que explica os maiores valores na assimilação líquida de carbono (*A*) nas plantas nestas condições de luz (Aranda *et al.*, 2004; Evans; Poorter, 2001; Poorter, 1999). Em pesquisas realizadas por Lima *et al.*, (2010)*a*, foi observado resultados similares para *Caesalpinia echinata*, *Cariniana legalis*, *Genipa americana*, em que os valores de massa foliar específica foram maiores com o aumento da luminosidade. O aumento na taxa de assimilação líquida nas plantas do pleno está estritamente relacionado a capacidade da espécie em aclimatar sua maquinaria fotossintética ao aumento da luminosidade (Lima, *et al.*, 2008). Por outro lado, a taxa de crescimento relativo, que representa um incremento na biomassa da planta em relação à massa pré-existente, foi maior nas plantas de sombreamento artificial. Esses resultados são contraditórios aos resultados encontrados por Pinto *et al.*, (2016) estudando *Tabebuia aurea* em diferentes níveis de luminosidade, na qual foi observada uma redução na taxa de crescimento relativo com o aumento do sombreamento.

A atividade de carboxilação da Rubisco é paralela à assimilação de CO<sub>2</sub> pelas plantas, sendo assim, os menores valores de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (*A*) no sombreamento artificial pode estar relacionado a uma menor quantidade da enzima nas plantas deste tratamento, que se associa a uma menor massa foliar específica (Boardman, 1977). Os maiores valores da condutância estomática (*gs*) nas plantas do pleno sol pode estar relacionado a maior ativação da Rubisco com o aumento da luminosidade, o que, por sua vez, induz a abertura dos estômatos. (Percy; Sims, 1994; Valladares, 1997). Os maiores valores

de  $g_s$  das plantas do pleno sol acarretaram em uma maior taxa de transpiração ( $E$ ), provavelmente em resposta a maior demanda evaporativa deste ambiente, sem, contudo, afetar a eficiência de uso da água (EUA). Estes resultados não são diferentes aos encontrados por Nascimento (2017), na qual plantas jovens de *Hevea brasiliensis* apresentaram maiores valores de assimilação líquida de  $CO_2$  ( $A$ ), condutância estomática ( $g_s$ ) e transpiração ( $E$ ) sob condições de alta irradiância.

Os valores da capacidade máxima fotossintética  $A_{max}$ , respiração no escuro ( $R_d$ ), irradiância de compensação ( $I_C$ ) e irradiância de saturação ( $I_S$ ) foram, respectivamente, 25,6%, 47,3%, 44,7% 23,2% menores nas plantas do sombreamento artificial quando comparadas as plantas de pleno sol. A diminuição dos valores de  $R_d$ ,  $I_C$  e  $I_S$  é considerada uma estratégia adaptativa, pois contribui com a manutenção do balanço positivo de carbono, permitindo a sobrevivência das plantas em ambientes sombreados (Kitajima, 1994; Nascimento, 2009). Resultados semelhantes foram observados em plantas de *Swietenia macrophylla* submetidas a diferentes níveis de luminosidade, em que a capacidade máxima fotossintética ( $A_{máx}$ ) e a taxa respiratória no escuro ( $R_d$ ) apresentaram menores valores nas plantas sob sombreamento (Gonçalves *et al.*, 2012).

Os valores do rendimento quântico máximo do FSII ( $F_v/F_m$ ) e o rendimento quântico de dissipação não regulada ( $Y_{NO}$ ) não apresentaram alterações em função dos tratamentos, indicando que a alta luminosidade do pleno sol não causou danos na maquinaria fotossintética e, por consequência, promovendo o uso eficiente da energia pelo fotossistema II (Klughammer; Schreiber, 2008; Mengarda *et al.*, 2008). Os maiores valores da fluorescência mínima ( $F_0$ ) observado nas plantas do sombreamento artificial podem ser atribuídos à um aumento no tamanho das antenas coletoras de luz e se correlaciona com o aumento esperado no teor de clorofilas totais para plantas que crescem nesse ambiente (Anderson *et al.*, 1997). Por outro lado, os menores valores da fluorescência máxima ( $F_m$ ) observado nas plantas do pleno sol podem estar relacionados com a ativação de mecanismos de fotoproteção como, por exemplo, de dissipação de energia excessiva por meio do ciclo das xantofilas (Demmig-Adams; Adams, 1992). De modo semelhante, *Dipteryx odorata* também apresentou menores valores da fluorescência mínima ( $F_0$ ) e fluorescência máxima ( $F_m$ ) quando cultivadas a pleno sol (Gonçalves *et al.*, 2010). O rendimento quântico efetivo ( $Y_{II}$ ) corresponde a uma maior eficiência de conversão fotoquímica da energia luminosa pelo fotossistema II e o aumento nesse parâmetro nas plantas do pleno sol pode ser explicado pela maior capacidade máxima fotossintética observada neste tratamento. Como consequência, as plantas do pleno sol apresentaram menor dissipação do excesso de energia na forma de calor, como pode ser

observado pelos menores valores do rendimento quântico de dissipação regulada ( $Y_{NPQ}$ ) (Klughammer; Schreiber, 2008).

Os maiores teores de clorofila *a*, *b* e total nas plantas do sombreamento artificial quando comparados com as plantas do pleno sol indicam um efeito compensatório à baixa luminosidade e, por consequência, um aumento na capacidade de absorção de luz em ambientes sombreados (Almeida *et al.*, 2004; Taiz; Zeiger, 2004). Por outro lado, a redução do teor desses pigmentos em plantas de pleno sol é devido a sua susceptibilidade a foto-oxidação quando submetidas a alta irradiância, bem como na menor síntese destes pigmentos em um ambiente onde a luz não é limitante (Mota; Scalon; Heinz, 2012). Felseburgh *et al.* (2016), ao avaliar o conteúdo de pigmentos cloroplastídicos de *Aniba parviflora* sob condições de sombreamento artificial e pleno sol, também observou um aumento no teor de clorofilas nas plantas cultivadas sob baixa intensidade luminosa. Os maiores valores de carotenoides e da razão carotenoides/clorofilas totais nas plantas de pleno sol pode ser explicado pelo papel dos carotenoides na fotoproteção da maquinaria fotossintética quando esta é exposta à alta intensidade luminosa (Kerbaudy, 2008). Resultados diferentes foram observados em estudo realizado por Lima *et al.* (2010)*b* em que *Hymenaea courbaril* e *Enterolobium contortisiliquum* apresentaram maiores valores de carotenoides quando cultivadas em sombreamento artificial, esses resultados podem estar relacionado a função do carotenoide como pigmento acessório auxiliando a absorção de luz nos complexos coletores de luz.

## **Conclusão**

A espécie arbórea *Licania tomentosa* apresentou alteração nas características fotossintéticas de acordo com o ambiente de luz em que as plantas foram submetidas, podendo sobreviver expostas a radiação solar direta ou sombreamento, contudo, as plantas do tratamento pleno sol apresentaram maior fotossintética, o que a caracteriza como uma espécie dependente de luz.

## Referências bibliográficas

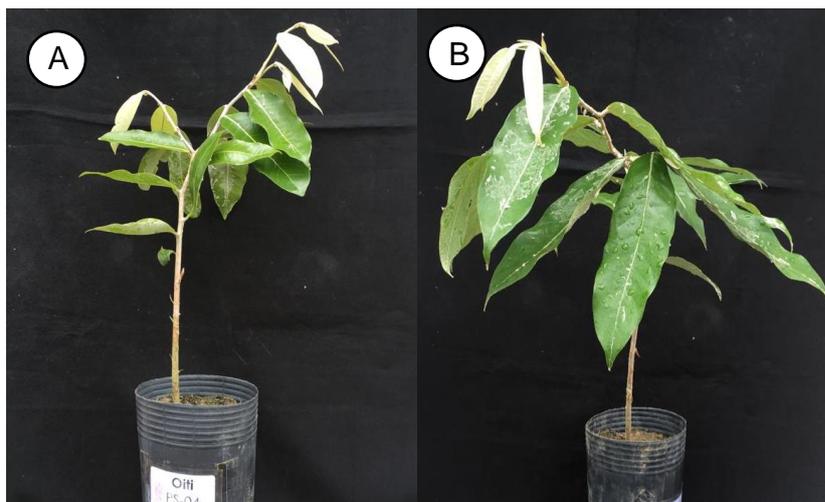
- ALMEIDA, L. P.; ALVARENGA, A. V.; CASTRO, E. M.; ZANELA, S. M.; VIEIRA, C. V. Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetidas a níveis de radiação solar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 83-88, 2004.
- ANDERSON, J. M.; PARK, Y.-I. AND CHOW, W S. Photoinactivation and photoprotection of photosystem II in nature. **Physiologia Plantarum**. v. 100, p.214-223, 1997.
- ANDRADE, E. H. A; ZOGHBI, M. D. G. B; MAIA, J. G. S. Constituintes voláteis dos frutos de *Licania tomentosa* Benth. **Acta Amazonica**. Manaus, v.28 no.1 Mar. 1998.
- ARANDA, I.; PARDO, F.; GIL, L.; PARDOS, J.A. Anatomical basis of the change in leaf mass per area and nitrogen investment with relative irradiance within the canopy of eight temperate tree species. **Acta Oecologica**, Berlin, v.25, p.187-195, 2004.
- ATROCH, E. M. A. C.; SOARES, Â. M.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M. Crescimento, teor de clorofilas, distribuição de Biomassa e características anatômicas de plantas jovens de *Bauhinia forficata* link submetidas à diferentes condições de sombreamento. **Ciências agrotécnica**, Lavras, v.25, n.4, p.853-862, 2001.
- BARAZETTI, V. M. **Respostas fisiológicas de plantas jovens variantes de Pau-Brasil à diferentes níveis de irradiação**. 2013. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual de Santa Cruz, 2013.
- BOARDMAN, N. K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. **Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 28, p.355-377, 1977.
- BORGES, V. P. **Ecofisiologia de *Tabebuia heptaphylla* (Vellozo) Toledo em ambientes contrastantes de luz**. 2012. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2012.
- BORGES, V. P.; COSTA, M. A. P.C.; RIBAS, R. F. Emergência e crescimento inicial de *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo em ambientes contrastantes de luz. **Revista Árvore**, v.38, n.3, p.523-531, 2014.
- CAI, Z. Q.; RIJKERS, T.; BONGERS, F. Photosynthetic acclimation to light changes in tropical monsoon forest woody species differing in adult stature. **Tree Physiol**, v.25, p.1023-1031, 2005.
- CHAVES, L. C. B. **Trocas gasosas, atividade da redutase do nitrato, composição química e estrutura anatômica em plântulas de *Theobroma cacao* submetidas a diferentes irradiâncias e doses de nitrogênio**. 1996. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1996.
- DEMMIG-ADAMS, B.; ADAMS III, W.W. Photoprotection and other responses of plants to high light stress. **Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biolog**, v.43, p.599-626, 1992.

- DUZ, S. M. **Respostas de crescimento de três espécies arbóreas da Floresta Atlântica à variação na quantidade de luz**. 2001. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- ESCALONA, J.M.; FLEXAS, J.; MEDRANO, H. Stomatal and non-stomatal limitations of photosynthesis under water stress in field-grown grapevines. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.26, p.421-433, 1999.
- EVANS, J.R.; POORTER, H. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.24, p.755-767, 2001.
- FELSEMBURGH, C. A. A; SANTOS, K. J. S; CAMARGO, P. B; CARMO, J. B. Respostas ecofisiológicas de *Aniba parviflora* ao sombreamento. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.36(87), p.201-210, 2016.
- FENG, Y.L.; CAO, K.F.; ZHANG, J.L. Photosynthetic characteristics, dark respiration, and leaf mass per unit area in seedlings of four tropical tree species grown under three irradiances. **Photosynthetica**, Praga, v.42, p.431-437, 2004.
- FERREIRA, D. F. Sisvar - sistema de análise de variância para dados balanceados. **Lavras: UFLA**, 1998. 19 p.
- FERREIRA, J. N.; RIBEIRO, J. F. R.; GOMES, A. C. Germinação de sementes de *Piptadenia gonoacantha* Mart. sob inundação. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, DF, v. 5, n. 1, p. 95-104, 2000.
- GONÇALVES, J. F. C; SILVA, C. E; GUIMARÃES, 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(1), p.89 – 98, 2010.
- GONÇALVES, J. F; SILVA, C. E. M; JUSTINO, G. C; JUNIOR, A. R. N. Efeito do ambiente de luz no crescimento de plantas jovens de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Scientia Forestalis.**, Piracicaba, v. 40, n. 95, p. 337-344, 2012.
- HUNT, R. Plant growth curves: The functional approach to plant growth analysis. London, **Edward Arnold**. 1982.
- KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. 2ª ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2008. 445p.
- KLUGHAMMER, C.; SCHREIBER, U. Complementary PSII quantum yield calculated from simple fluorescence parameters measured by PAM fluorometry and saturation pulse method. **PAM Application Notes**, Effeltrich, v.1, p. 27-35, 2008.
- KRAMER, D.M.; JOHNSON, G.; KIIRATS, O.; EDWARDS, G.E. New fluorescence parameters for the determination of QA redox state and excitation energy fluxes. **Photosynthesis Research**, v.79: 209–218, 2004.
- KITAJIMA, K. Relative importance of photosynthetic traits and allocation patterns as correlates of seedling shade tolerance of 13 tropical trees. **Oecologia**, v.98: 419-428, 1994.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMA Artes e Textos, 2004. 531 p.

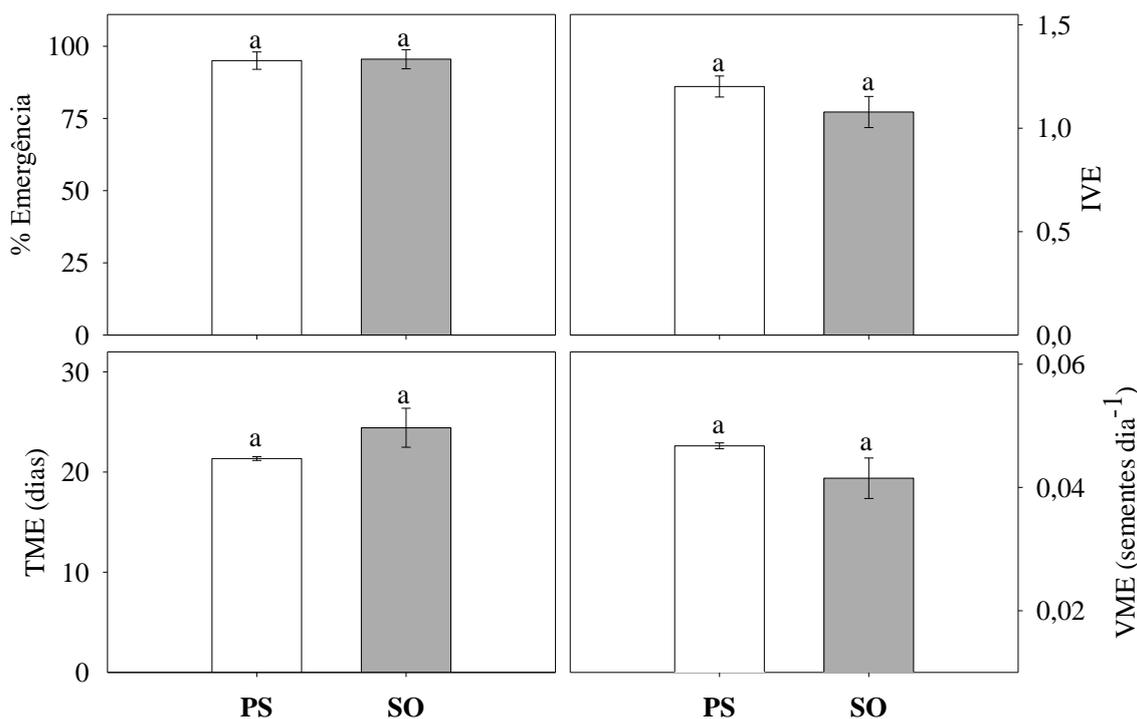
- LEMES, G. M. **Resposta anatômica e fisiológica de folhas de *Ocotea odorifera* (VELL) Rohwer (Lauracea) sob gradientes de estresse luminoso.** 2015. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2015.
- LIMA, J. D; SILVA, B. M. S; MORAES, W. S; DANTAS, V. A. V, ALMEIDA, C. C. Efeitos da luminosidade no crescimento de mudas de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinoideae). **Acta Amazonica**, v. 38(1) 5 – 10. 2008.a
- LIMA, A. L. S.; ZANELLA, F.; CASTRO, D. M. Crescimento de *Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang. e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Leguminosae) sob diferentes níveis de sombreamento. **Acta Amazonica**, v.40(1): 43 – 48. 2010.b
- LIMA, M. A. O; MIELKE, M. S; LAVINSKY, A. O; FRANÇA, S; ALMEIDA, A. A. F; GOMES, F. P. Crescimento e plasticidade fenotípica de três espécies arbóreas com uso potencial em sistemas agroflorestais. **Scientia Forestalis.**, Piracicaba, v.38, n. 87, p. 527-534, set. 2010.
- MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 1, p. 176-177, 1962.
- MELO, M.F.F.; VARELA, V.P. Aspectos morfológicos de frutos, sementes, germinação e plântulas de duas espécies florestais da Amazônia. **Revista Brasileira de Sementes** 28: 54-62. 2006.
- MELO, J. C. F. J. Adaptações estruturais de sete espécies ciófitas arbustivas de Floresta Ombrófila Densa. **Hoehnea**. v.44(2), p.193-201, 2017.
- MENGARDA, L. H. G; GOMES, T. D. U. H; COSTALONGA, S. A; COSTA, A. F. S; COSTA, A. N; CAETANO, L. C. S; SILVA, D. M. Estudo da fluorescência da clorofila a em folhas de sol e folhas de sombra de goiabeira (*Psidium guajava*), cultivar paluma. **XX Congresso Brasileiro de Fruticultura**. Vitória, ES, 2008.
- MONTEIRO, K. L; OLIVEIRA, C; SILVA, B. M. S; MÔRO, F. V; CARVALHO, D. A. Caracterização morfológica de frutos, de sementes e do desenvolvimento pós-seminal de *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch. **Ciência Rural**, v. 42, n. 1, 2012.
- MOTA, L.H.S.; SCALON, S.P.Q.; HEINZ, R. Sombreamento na emergência de plântulas e no crescimento inicial de *Dipteryx alata* Vog. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 423-431, 2012.
- MUNIZ, M. R. A. **Estudo do regime de luz nas quatro principais formações fitogeográficas no estado de São Paulo durante o inverno do ano de 2003.** 2004. Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- NASCIMENTO, L. J. **Crescimento e assimilação de carbono em plantas jovens de *Attalea funifera* mart. submetidas ao sombreamento e ao estresse hídrico.** 2009. Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC, 2009.
- NASCIMENTO, N. F. **Características morfofisiológicas de plantas jovens de *Hevea brasiliensis* (WILLD. EX ADR DE JUSS.) MUELL. ARG.) submetidas a diferentes**

- ambientes lumínicos e ao estresse hídrico.** 2017. Dissertação (Mestrado)- Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (MCTI-INPA). 2017.
- OGUCHI, R.; HIKOSAKA, K.; HIROSE, T. Does the photosynthetic light-acclimation need change in leaf anatomy?. **Plant, Cell and Environment**, v.26:505-512, 2003.
- PEARCY, R. W., & SIMS, D. A. Photosynthetic acclimation to changing light environments: scaling from the leaf to the whole plant. Exploitation of environmental heterogeneity by plants. **Ecophysiological Processes Above-and Belowground**, v.45, p.174, 1994.
- PINTO, J. R. S; DOMBROSK, J. L. D; FREITAS, R. M. O; SOUZA, G. O; JUNIOR, J. H. S. Crescimento e índices fisiológicos de *Tabebuia aurea*, sob sombreamento no Semiárido. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 46, n. 4, p. 465 - 472, 2016.
- POORTER, L. Growth responses of 15 rain-forest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits. **Functional Ecology** 13:396-410. 1999.
- QUERO, J.L.; VILLAR, R.; MARANHÓN, T.; ZAMORA, R. Interactions of drought and shade effects on seedlings of four *Quercus* species: physiological and structural leaf responses. **New Phytologist**, v.170, p.819–834, 2006.
- ROSSATO, D. R.; TAKAHASHI, F. S. C.; SILVA, L. C. R.; FRANCO, A. C. Características funcionais de folhas de sol e sombra de espécies arbóreas em uma mata de galeria no Distrito Federal, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. 24(3): 640-647. 2010.
- SILVA, J.J.R et al., Emergência de plântulas e armazenamento de endocarpos de *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch. **Nucleus**, v.15, n.1, abr.2018.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.
- TAKAHASHI, F. S. C. **Utilização de luz por árvores no sub- dossel em uma floresta primária na Amazônia Central.**2005. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2005.
- THORNLEY, J.H.M. Mathematical Models in Plant Physiology. In: **Academic Press**, London, 1976, 318p.
- VALLADARES, F., ALLEN, M. T., & PEARCY, R. W. Photosynthetic responses to dynamic light under field conditions in six tropical rainforest shrubs occurring along a light gradient. **Oecologia**, v.111(4), p.505-514, 1997.
- VASSILEV, A., MANOLOV, P. Chlorophyll fluorescence of barley (*H. vulgare* L.) seedlings grown in excess of Cd. **Bulgarian Journal of Plant Physiology**, v.25, p.67-76, 1999.
- VENTUROLI, F; FRANCO, A. C; FAGG, C. W; FELFILI, J. M. Regime de luz em uma floresta estacional, semidecídua sob manejo, em Pirenópolis, Goiás. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.36, n.6, p.1135-1144, 2012.
- WELLBURN, A.R. 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** v. 144, p. 307-313, 1994.

## Figuras e Tabelas



**Figura 1.** Plantas jovens de *Licania tomentosa* após 109 dias de cultivo sob condições de pleno sol (A) e sombreamento artificial (B) no campus da UFRB, Cruz das Almas, BA.

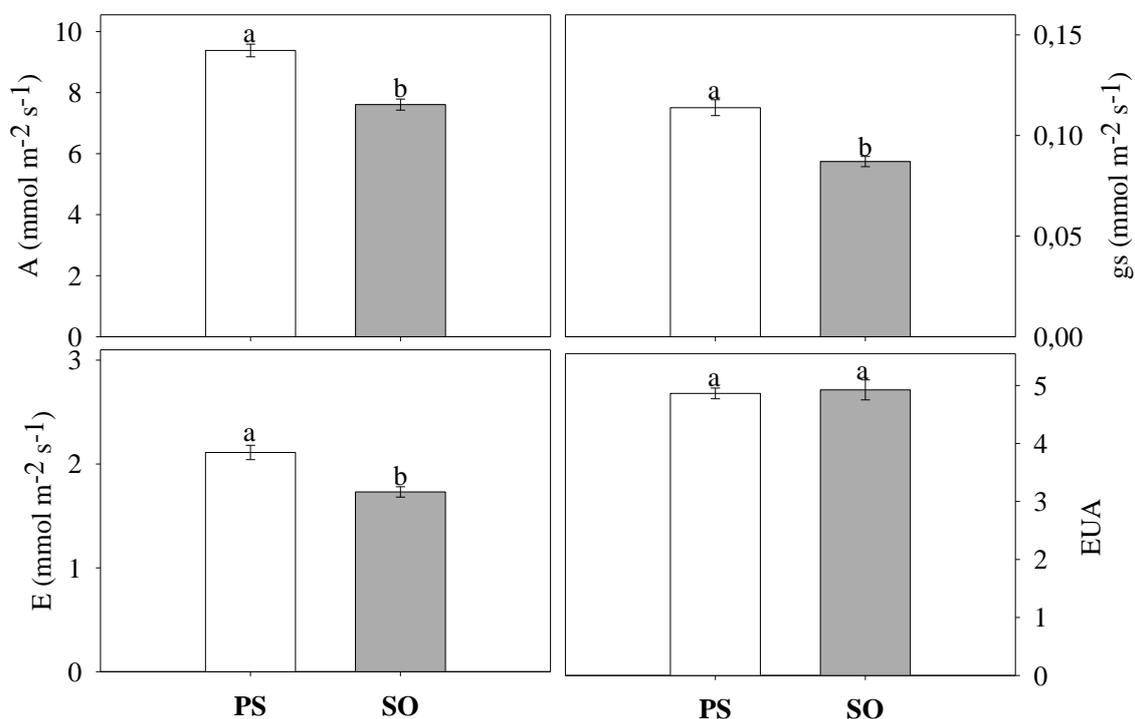


**Figura 2.** Porcentagem de emergência (% Emergência), índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME) e velocidade média de emergência (VME) de sementes em plantas jovens de *Licania tomentosa* sob condições de pleno sol (PS) e sombreamento artificial (SO) no campus da UFRB, Cruz das Almas, BA. Barras indicam o erro padrão da média e letras diferentes representam diferenças significativas pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ).

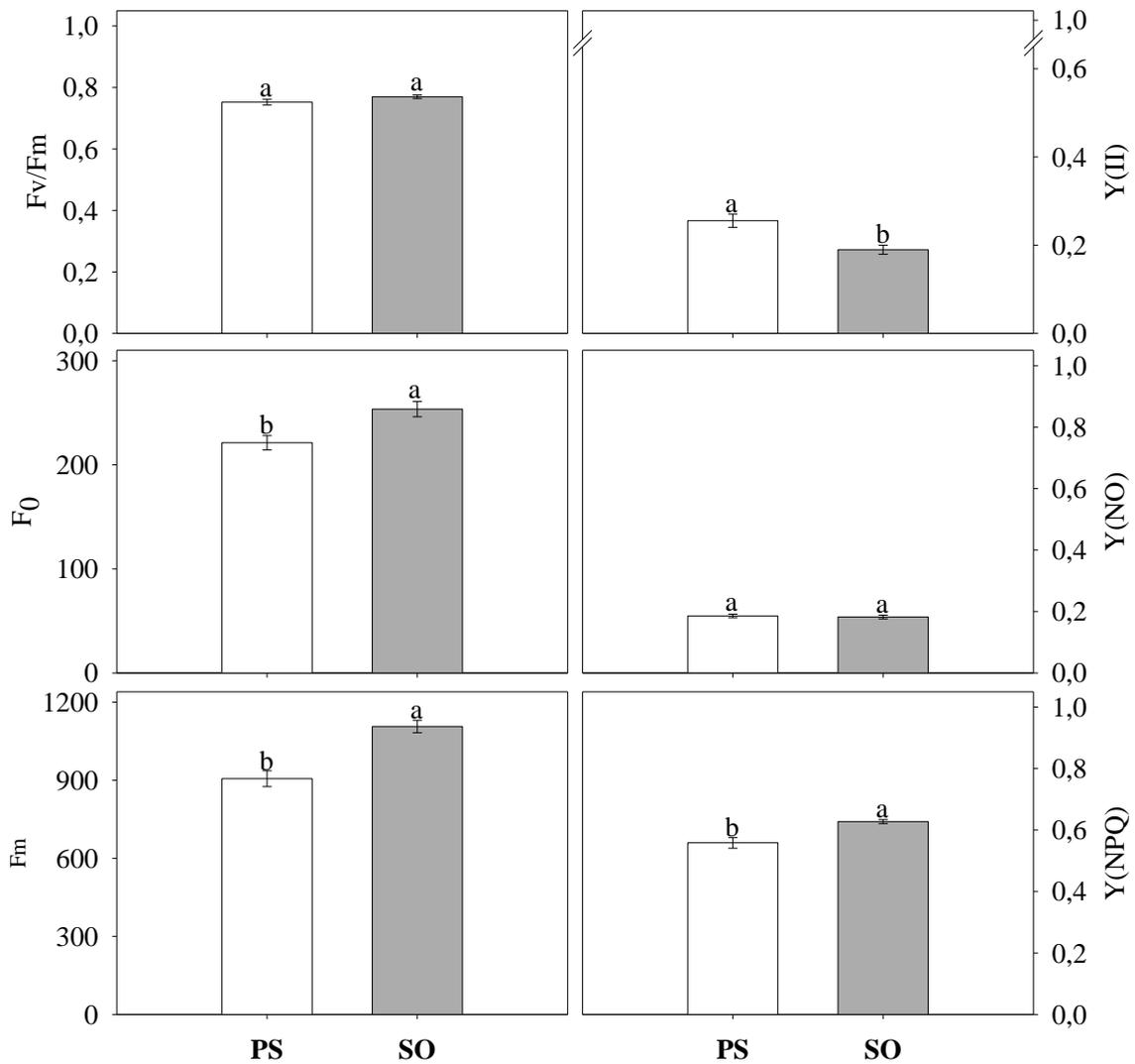
**Tabela 1.** Valores médios ( $\pm$  erro padrão) das massas secas de raiz, caule, folíolos e total (g), razão raiz parte aérea, número de folíolos, área foliar e massa foliar específica em plantas jovens de *Licania tomentosa* sob condições de pleno sol (PS) e sombreamento artificial (SO) no *campus* da UFRB, Cruz das Almas, BA.

Parâmetros	Tratamento		
	Pleno Sol (PS)	Sombra (SO)	p-Anova*
Massa seca de raiz (g)	5,04 $\pm$ 0,32	4,18 $\pm$ 0,29	0,065
Massa seca de caule (g)	4,98 $\pm$ 0,23	4,69 $\pm$ 0,26	0,426
Massa seca de folhas (g)	4,76 $\pm$ 0,38	4,30 $\pm$ 0,22	0,325
Massa seca total (g)	14,78 $\pm$ 0,88	13,18 $\pm$ 0,65	0,164
Razão raiz parte aérea	0,52 $\pm$ 0,02	0,46 $\pm$ 0,01	0,062
Número de folhas	25,70 $\pm$ 3,02	17,60 $\pm$ 1,61	0,029
Área foliar (cm <sup>2</sup> )	395,58 $\pm$ 34,07	480,85 $\pm$ 29,47	0,074
Massa foliar específica (g cm <sup>-2</sup> )	0,011 $\pm$ 0,0003	0,006 $\pm$ 0,0003	0,000
Taxa de crescimento relativo (mg. g <sup>-1</sup> . dia <sup>-1</sup> )	14,36 $\pm$ 0,52	16,51 $\pm$ 0,64	0,018
Taxa de assimilação líquida (mg. cm <sup>-2</sup> . dia <sup>-1</sup> )	0,47 $\pm$ 0,02	0,37 $\pm$ 0,02	0,007

\*p  $\leq$  0,05 representa diferença significativa entre as médias pelo Teste F. (n=10).



**Figura 3.** Valores médios da assimilação de carbono (A), condutância estomática (gs), transpiração (E) e eficiência do uso da água (EUA) em plantas jovens de *L. tomentosa* sob condições de pleno sol (PS) e sombreamento artificial (SO) no *campus* da UFRB, Cruz das Almas, BA. Barras representam o erro padrão (n=12).

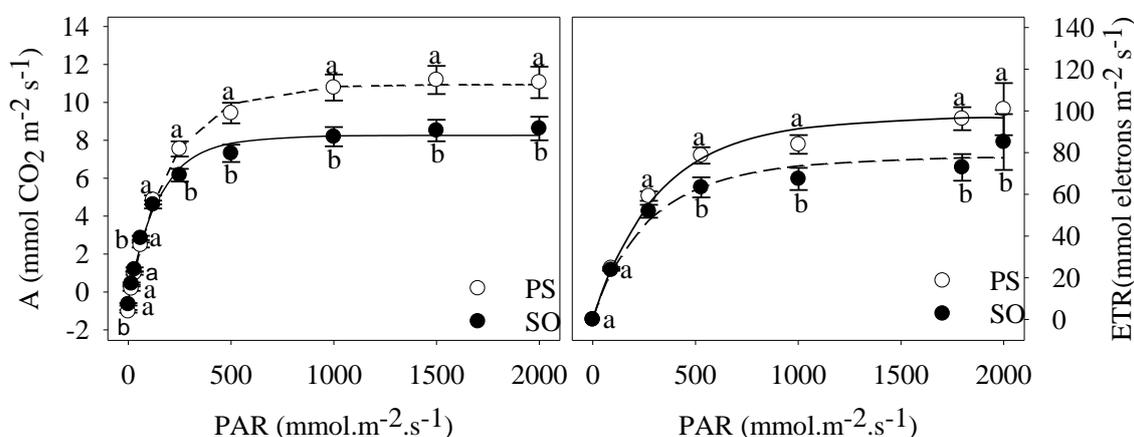


**Figura 4.** Valores médios do rendimento quântico máximo do FSII ( $F_v/F_m$ ), fluorescência mínima ( $F_0$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ) e dos rendimentos quânticos efetivo,  $Y(II)$ ; de dissipação não regulada,  $Y(NO)$ ; e de dissipação regulada,  $Y(NPQ)$ ; em plantas jovens de *Licania tomentosa* sob condições de pleno sol (PS) e sombreamento artificial (SO) no campus da UFRB, Cruz das Almas, BA. Barras representam o erro padrão ( $n=12$ ).

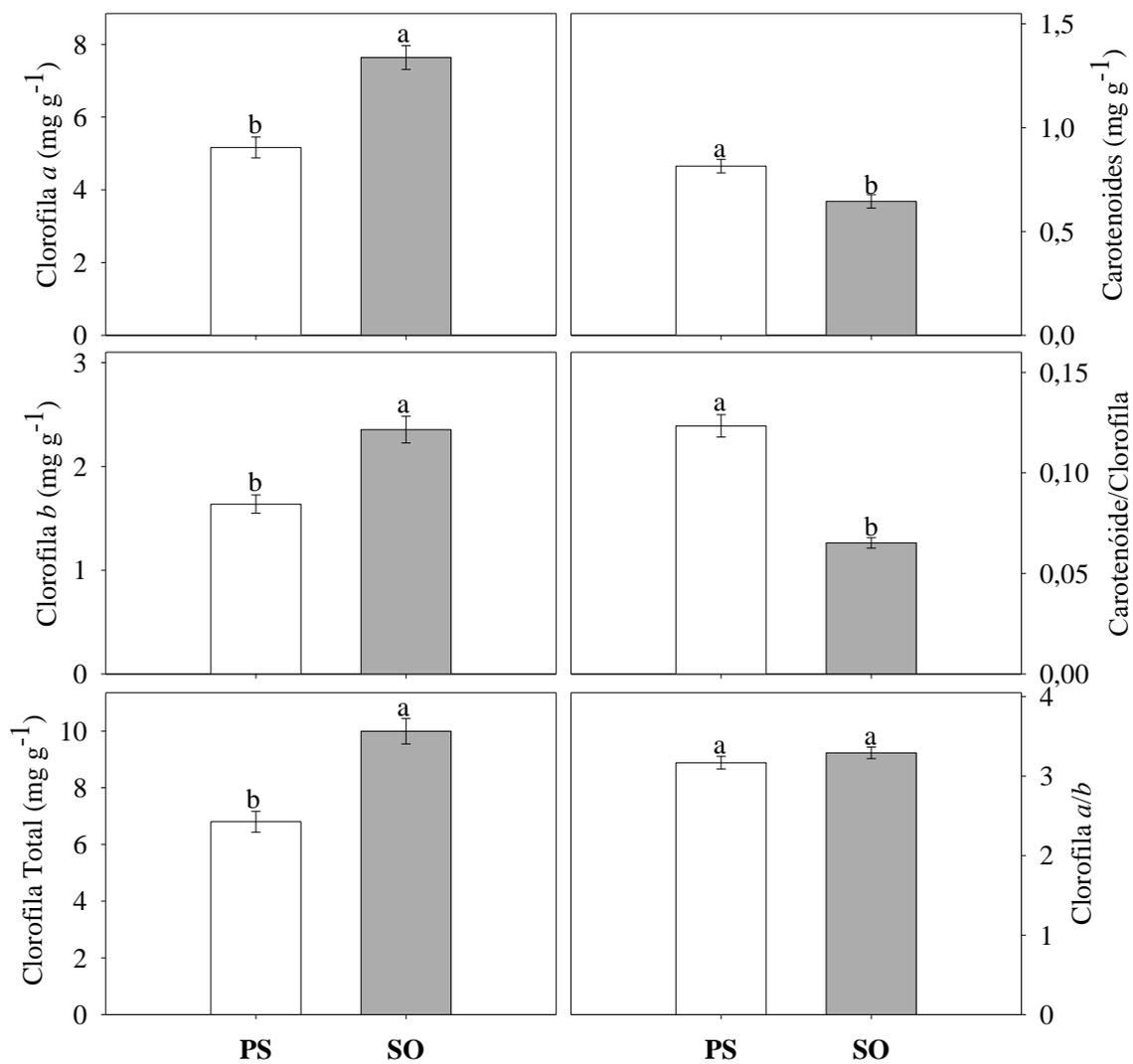
**Tabela 2.** Capacidade máxima fotossintética ( $A_{max}$ ), rendimento quântico aparente ( $\alpha$ ), respiração no escuro (Rd), irradiância de compensação (IC), irradiância de saturação ( $I_s$ ), taxa máxima de transporte de elétrons ( $ETR_{max}$ ) e irradiância inicial de saturação ( $K$ ) em plantas jovens de *Licania tomentosa* sob condições de pleno sol (PS) e sombreamento artificial (SO) no campus da UFRB, Cruz das Almas, BA.

Parâmetros	Tratamento		
	Pleno Sol (PS)	Sombra (SO)	p-Anova*
$A_{max}$ ( $\mu\text{mol.CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ )	11,7 $\pm$ 0,7	8,7 $\pm$ 0,6	0,003
$\alpha$	0,06 $\pm$ 0,00	0,05 $\pm$ 0,00	0,855
Rd ( $\mu\text{mol.CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ )	0,74 $\pm$ 0,07	0,39 $\pm$ 0,05	0,000
Ic ( $\mu\text{mol.fótons}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ )	12,3 $\pm$ 1,3	6,8 $\pm$ 0,9	0,002
$I_s$ ( $\mu\text{mol.fótons}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ )	195,3 $\pm$ 13,0	150,0 $\pm$ 13,6	0,025
$ETR_{max}$ ( $\mu\text{mol.elétrons}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ )	97,6 $\pm$ 6,7	78,4 $\pm$ 8,7	0,091
$K$ ( $\mu\text{mol.fótons}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ )	326,2 $\pm$ 33,9	276,1 $\pm$ 44,6	0,380

\*p  $\leq$  0,05 representa diferença significativa entre as médias pelo Teste F. (n=12)



**Figura 5.** Capacidade máxima fotossintética ( $A_{max}$ ) e taxa máxima de transporte de elétrons ( $ETR_{max}$ ) em função do aumento da densidade de fluxo de fótons (DFF) em plantas jovens de *Licania tomentosa* sob condições de pleno sol (PS,  $\circ$ ) e sombreamento artificial (SO,  $\bullet$ ) no campus da UFRB, Cruz das Almas, BA. Barras representam o erro padrão (n=12).



**Figura 6.** Teores de clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total, carotenóides, razão entre os teores de carotenóides e clorofilas e razão entre os teores de clorofila *a* e clorofila *b* em plantas jovens de *Licania tomentosa* sob condições de pleno sol (PS) e sombreamento artificial (SO) no *campus* da UFRB, Cruz das Almas, BA. Barras representam o erro padrão (n=12).

## Apêndice

### Anexo 1. Caracterização física e química do solo utilizado para uso no experimento

		mg/dm <sup>3</sup>		cmol/dm <sup>3</sup>								
MO%	pH	P	K	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H+Al	Na	S	CTC	V%
1,18	5,1	1,3	48	1,5	1,0	0,5	0,2	3,0	0,040	1,66	4,66	35,62
<b>Capacidade de campo 10kPa (cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>)</b>				<b>Ponto de murcha 1500kPa (cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>)</b>			<b>Areia (%)</b>	<b>Silte (%)</b>	<b>Argila (%)</b>	<b>Textura</b>		
0,4507				0,185			68,25	20,22	11,53	Franco arenosa		

Análise realizada pelo LAFSMA – Laboratório de análise de fertilizantes, solo e monitoramento ambiental LTDA – Cruz das Almas – BA