

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

**CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS E ANATÔMICAS FOLIARES DE *Apuleia  
leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr. (FABACEAE) EM AMBIENTES CONTRASTANTES DE  
LUZ**

**ALANA BATISTA CRUZ  
Bacharel em Biologia**

**CRUZ DAS ALMAS  
BAHIA - BRASIL  
2019**

ALANA BATISTA CRUZ

**CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS E ANATÔMICAS FOLIARES DE *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr. (FABACEAE) EM AMBIENTES CONTRASTANTES DE LUZ**

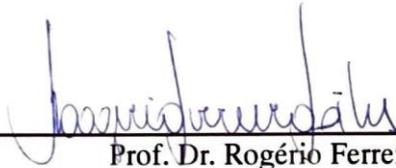
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como parte das exigências do Curso de Graduação de Bacharelado em Biologia, para obtenção do título de Bacharel em Biologia.

CRUZ DAS ALMAS  
BAHIA - BRASIL  
2019

Alana Batista Cruz

“Características fisiológicas e anatômicas foliares de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr. (Fabaceae) em ambientes contrastantes de luz”

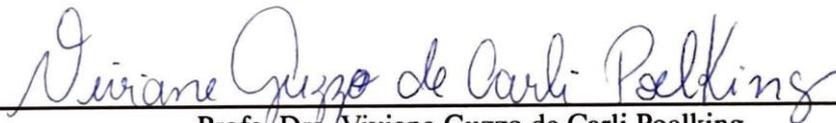
BANCA EXAMINADORA



---

Prof. Dr. Rogério Ferreira Ribas  
(Orientador)

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)



---

Profa. Dra. Viviane Guzzo de Carli Poelking  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB)



---

Msc. Petterson Costa Conceição Silva  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)

CRUZ DAS ALMAS  
DEZEMBRO-2019

“Quem acende uma luz é o primeiro a se beneficiar da claridade.”

Gilbert Chesterton

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado força e coragem para superar os desafios cotidianos.

A toda minha família, em especial aos meus pais, Aelsa e Ladislau, minha tia Marusa e meus avós Epifânia e Ademar, por todo amor, apoio e por todos os conselhos ao longo da minha vida, minha eterna gratidão.

Agradeço imensamente ao meu orientador, Rogério Ferreira Ribas, por ter me acolhido em seu laboratório, pelo carinho, dedicação, paciência e conhecimentos compartilhados ao longo desse trabalho.

Ao professor Fabiano Machado Martins, por ceder seu laboratório para o desenvolvimento de uma etapa desse trabalho, por todos os conselhos, carinho e paciência.

A professora Alessandra Nasser Caiafa, por ter cedido o espaço para montagem e desenvolvimento desse trabalho.

A todos os professores do Bacharelado em Biologia, que contribuíram com a minha formação.

A todos os funcionários do Setor de Ciências Biológicas Prof. Elinsmar Adorno do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da UFRB, que direta ou indiretamente contribuíram com o desenvolvimento desse trabalho.

Aos meus amigos, Bruna, Eduarda, Dayala, Pedro, Joadson, Lucas e Robert por todos os bons momentos vividos, sem o apoio de vocês o caminho seria muito mais difícil, em especial quero agradecer a Eduarda pelo companheirismo e ajuda no desenvolvimento desse trabalho.

À minha prima/irmã Leidemile, juntamente com Andreia e Jade que dividiram seus dias comigo, agradeço pela paciência, respeito e união, vocês se tornaram uma família pra mim.

Ao meu namorado Maurício, por todo amor e carinho, pela paciência, incentivo e ajuda nos momentos mais difíceis.

Aos amigos que a EMBRAPA me proporcionou, em especial a Elaine e Andressa, por todos os momentos de alegria, pelas inúmeras histórias vividas em nossas viagens à fazenda, pela confiança, e ensinamentos compartilhados.

A todos que me ajudaram direta e indiretamente nessa longa caminhada, a todos que acreditaram em mim.

## RESUMO

CRUZ, Alana Batista, Bacharela em Biologia, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Dezembro de 2019. **Características fisiológicas e anatômicas foliares de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr. (Fabaceae) em ambientes contrastantes de luz.** Orientador: Rogério Ferreira Ribas.

As plantas estão continuamente submetidas a diferentes níveis de irradiância que influenciam no seu desenvolvimento e afeta diretamente a abertura estomática, a síntese de clorofila e, por consequência, a assimilação líquida de CO<sub>2</sub>. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar as características fisiológicas e anatômicas foliares de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr. (Fabaceae) em ambientes contrastantes de luz. As sementes foram semeadas diretamente em caixas de areia e distribuídas em dois tratamentos com variações na densidade de fluxo de fótons (DFF): sombra (SO), sob condição de sombreamento artificial imposto por tela sombrite, e pleno sol (PS), sob condição de 100% da radiação solar. Foi analisado o efeito dos distintos tratamentos de luz na emergência de plântulas, no crescimento inicial, no curso diário de assimilação de CO<sub>2</sub> e da emissão de fluorescência da clorofila a, bem como nos teores de pigmentos cloroplastídicos e características anatômicas quantitativas. Apesar dos diferentes níveis de luminosidade não ter influenciado a emergência das plântulas, a maior densidade de fluxo de fótons do PS acarretou em menores valores da assimilação diária de CO<sub>2</sub> ( $A_i$ ), da capacidade máxima fotossintética ( $A_{max}$ ) e do rendimento quântico efetivo do FSII ( $Y_{II}$ ) o que, por sua vez, contribuiu para os menores valores de biomassa total e da taxa de crescimento relativo (TCR) quando comparados com as plantas do SO. Tais reduções foram acompanhadas por uma irreversível queda na razão Fv/Fm ao longo do dia, indicando a ocorrência de danos oxidativos ao complexo coletor de luz e ao centro de reação do fotossistema II e, por consequência, a ocorrência de fotoinibição crônica. Observou-se, também, que os tratamentos de luz afetaram o conteúdo de pigmentos cloroplastídicos e as características anatômicas foliares, com aumento do teores de clorofilas e redução da lamina foliar com a diminuição da disponibilidade de luz. Em resumo, os resultados apontam que os distintos ambientes de luminosidade, na qual as plantas jovens de *A. leiocarpa* estavam submetidas, exibem grande influência no estabelecimento e crescimento inicial da espécie, desencadeando, por um lado, ausência de plasticidade fisiológica e, por outro, presença de plasticidade morfológica.

**Palavras-chave:** Plantas de sol e sombra, emergência de plântulas, biomassa, trocas gasosas

## ABSTRACT

CRUZ, Alana Batista, Bacharela em Biologia, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Dezembro de 2019. Características fisiológicas e anatômicas foliares de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr. (Fabaceae), em ambientes contrastantes de luz. Orientador: Rogério Ferreira Ribas.

**Abstract** Plants are continuously subjected to different levels of irradiance, which influence their development and directly affect the stomatal opening, chlorophyll synthesis and, consequently, the net assimilation of CO<sub>2</sub>. Thus, the present study aimed to evaluate the physiological characteristics and leaf anatomy of *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr. (Fabaceae) in contrasting light environments. The seeds were sown directly in sandboxes and distributed in two treatments with variations in photon flux density (DFF): shade (SO), under artificial shading conditions by shade screen, and full sun (PS), under condition of 100% of solar radiation. The effect of different light treatments on seedling emergence, initial growth, daily course of CO<sub>2</sub> assimilation and chlorophyll *a* fluorescence emission as well as chloroplast pigment contents and quantitative anatomical characteristics were analyzed. Although different light levels did not influence seedling emergence, the higher photon flux density of PS resulted in lower values of daily CO<sub>2</sub> assimilation ( $A_i$ ), maximum photosynthetic capacity ( $A_{max}$ ) and effective quantum yield of FSII. ( $Y_{II}$ ) which, in turn, contributed to the lower values of total biomass and relative growth rate (TCR) when compared to SO plants. These reductions were accompanied by an irreversible fall in the  $F_v/F_m$  ratio throughout the day, indicating the occurrence of oxidative damage to the light collecting complex and the photosystem II reaction center and, consequently, the occurrence of chronic photoinhibition. It was also observed that light treatments affected chloroplast pigment content and leaf anatomical characteristics, with increased chlorophyll content and leaf lamina reduction with reduced light availability. In summary, the results indicate that the different light environments, in which *A. leiocarpa* young plants were subjected, exhibit great influence on the establishment and initial growth of the species, triggering, on the one hand, the absence of physiological plasticity and, on the other, presence of morphological plasticity.

Key-words: Sun and shade plants, seedling emergence, biomass, gas exchange.

## ÍNDICE

Introdução .....	01
Objetivos .....	03
Material e métodos .....	03
Resultados .....	06
Discussão .....	07
Conclusão .....	10
Referências bibliográficas .....	11
Figuras e Tabelas .....	16

## **Introdução**

Os sistemas florestais expressam-se geralmente organizados em mosaicos vegetacionais, formando um ambiente complexo de manchas que podem exibir diferentes regimes de luz, podendo abrigar distintas espécies arbustivo-arbóreas. Estas manchas podem ser, por exemplo, devido a formação de uma clareira pela queda de uma árvore do dossel e, por consequência, no aumento de radiação solar direta e o no desenvolvimento de espécies dependentes de luz (WHITMORE, 1982). Por outro lado, a constante dinâmica e disposição das folhas das árvores faz com que a incidência de raios luminosos que penetram o sub-bosque seja inferior aos que chegam ao dossel e, por consequência, há o desenvolvimento de plantas tolerantes à sombra (GANDOLF, 2000). Dessa forma, as plantas estão continuamente submetidas a diferentes níveis de irradiância, a depender do ambiente em que estão inseridas, como a borda de uma floresta, uma clareira ou um sub-bosque (LEME, 2015).

Esses mosaicos vegetacionais de diferentes regimes de luz exercem forte influência no desenvolvimento da planta, podendo limitar ou promover o seu crescimento por afetar diretamente a abertura estomática, a síntese de clorofila e, por consequência, a assimilação diária de CO<sub>2</sub>. Nesse sentido, diferenças na disponibilidade de luz nos sistemas florestais induzem respostas distintas nas plantas que ocupam ambientes de clareiras e de sub-bosque (ARAGÃO et al., 2014). Por um lado, plantas como as tolerantes à sombra, cuja capacidade fotossintética é reduzida devido a uma menor atividade da rubisco, investem em complexo coletor de luz, enquanto que em outras, como as dependentes de luz, investem em proteínas do ciclo de Calvin e do transporte de elétrons, fazem melhor uso da irradiância e, por consequência, apresentam elevado rendimento fotossintético (RODRIGUES, 2013). Nesse contexto, irradiâncias excessivas podem provocar uma queda na atividade dos centros de reação do fotossistema II e, dessa forma, levar a redução da capacidade máxima fotossintética, evento conhecido como fotoinibição (CARVALHO, 1996).

A plasticidade fenotípica é a capacidade de resposta de um genótipo apresentar diferentes valores fenotípicos de acordo com o ambiente em que está inserido (VALLADARES et al., 2006). Em função disso, grande parte das plantas desenvolvem mecanismos a fim de aclimatar-se aos ambientes nos quais estão inseridas para permitir o crescimento e desenvolvimento do indivíduo (SEARLE et al., 2011). Dessa forma, folhas de indivíduos crescendo em ambientes com baixa disponibilidade de luz apresentam modificações nas características fotossintéticas, bioquímicas, organização de células do mesófilo e frequência estomática quando comparadas com folhas crescendo em ambientes com maior irradiância (SIMS et al., 1998; SCHLUTER et al., 2003). Essa capacidade plástica

que algumas espécies possuem é de grande importância no ponto de vista ecológico uma vez que, possibilita o crescimento da planta em lugares distintos, ampliando dessa forma sua distribuição geográfica (SULTAN, 2000; BRADSHAW, 2006).

Da mesma forma, as sementes das espécies florestais também estão susceptíveis a diversos fatores ambientais, bióticos e abióticos, dentre os abióticos a radiação luminosa detém forte influência no processo de germinação e desenvolvimento da planta (TURCHETTO et al., 2015). O grau de exposição à luz provoca respostas germinativas nas plantas que varia de acordo com a espécie e depende da sua capacidade de aclimatar-se perante os ambientes heterogêneos (KHURAMA et al., 2001; TERASHIMA et al., 2011). Por consequência, as sementes podem ser denominadas de fotoblásticas positivas, quando necessitam de luz, e na ausência de luz são denominadas de fotoblásticas negativas e, ainda, quando a luz não interfere na germinação, as sementes são denominadas fotoblásticas neutras ou não fotoblásticas (MARCOS FILHO, 2005).

O bioma Mata Atlântica apresenta a maior biodiversidade arbórea mundial, porém apesar da sua importância ela está sob constante ameaça devido a exploração de seus recursos (THOMAS et al., 1998). Neste contexto, o desmatamento seguido da atividade agropecuária tem levado à destruição dos recursos naturais (SALVADORI et al., 2013). Estudos com espécies arbóreas tem sido realizadas para o melhor entendimento das mesmas em condições ambientais diversas, assim como o estudo dos fatores ambientais que influenciam nas suas características morfológicas e fisiológicas a fim de fornecerem resultados satisfatórios para programas de recuperação de áreas degradadas (CUZZUOL e MILANEZ, 2012).

*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr. (garapa ou grapiá), é uma espécie arbórea da família Fabaceae com ocorrência desde o Estado do Pará até o Rio Grande do Sul (LORENZI, 2000), e natural de algumas regiões da Argentina, Bolívia, Paraguai, Peru e Uruguai, essa espécie é típica da Floresta Estacional Semidecidual, sendo considerada uma espécie decídua, semi-heliófita ou de luz difusa (CARVALHO, 2003). Sua madeira possui grande valor econômico, sendo utilizada para a fabricação de móveis e na construção civil, e devido a sua exploração, recentemente a espécie foi listada como vulnerável na flora brasileira pela Portaria MMA nº443, de 17 de Dezembro de 2014.

Atualmente existe, ainda, uma grande carência de informações sobre a ecofisiologia de espécies nativas, tornando assim, necessária a realização de estudos para se obter informações sobre as respostas de emergência e crescimento de espécies florestais nativas sob diferentes condições de luminosidade. Tais estudos podem contribuir significativamente para o melhor

entendimento da dinâmica sucessional das florestas tropicais e para a manipulação de espécies tropicais em estratégias de recuperação de áreas degradadas.

## **Objetivos**

### *Geral*

Avaliar a plasticidade morfofisiológica de plantas jovens de *A. leiocarpa* crescidas em ambientes com diferentes regimes de luz.

### *Específicos*

Avaliar a emergência de plântulas, o crescimento inicial, o curso diário de assimilação de CO<sub>2</sub> e da emissão de fluorescência da clorofila a, bem como os teores de pigmentos cloroplastídicos e características anatômicas quantitativas de plantas jovens de *A. leiocarpa* submetidas às condições de pleno sol e de sombreamento artificial imposto por tela sombrite.

## **Material e métodos**

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 (12°40'19" S; 39°06'22" O). Foram utilizadas sementes da espécie arbórea *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr, adquiridas comercialmente através da empresa Arbocenter Comércio de Sementes Ltda.

Para avaliação da emergência de plântulas, 120 sementes por tratamento foram desinfetadas com hipoclorito de sódio a 5% por 5 minutos, lavadas em água corrente, colocadas diretamente em bandejas com areia lavada e igualmente distribuídas em dois tratamentos com diferentes condições 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.

A emergência das plântulas foi avaliada a cada dois dias após a semeadura e ao final de 60 dias foram calculados a porcentagem de emergência (% E), o índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME, dias) e a velocidade média de emergência (VME, sementes dia<sup>-1</sup>) (MAGUIRE, 1962; EDMOND e DRAPALA, 1965; LABOURIAU, 1983).

Ao final do teste de emergência, aos 60 dias após a semeadura, as plântulas foram transplantadas para vasos plásticos contendo 1,7 L de solo 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 de 120 dias, estes parâmetros foram novamente quantificados e, a partir destes dados, foram calculadas a área foliar específica (AFE), massa foliar específica (MFE), relação entre a massa seca da parte aérea e massa seca de raiz (RPA), taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa de assimilação líquida (TAL) (HUNT, 1982).

Ao final do experimento, em 10 plantas/tratamento, foram obtidos os valores integrados das taxas de assimilação líquida diária de CO<sub>2</sub> ( $A_i$ , mol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>), condutância estomática ( $g_{s_i}$ , mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>), transpiração ( $E_i$ , mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>) e eficiência do uso da água (EUA) por meio de cursos diários de trocas gasosas utilizando-se um analisador de gases no infravermelho (IRGA) LI-6400 XT (LI-COR Biosciences Inc., Nebraska, USA) equipado com uma fonte de luz azul/vermelho modelo LI-6400-02B (LI-COR). As medições foram realizadas das 08h00 às 16h00, em intervalos de aproximadamente duas horas, sob densidade de fluxo de fótons (DFF), concentração de CO<sub>2</sub>, temperatura e vapor de H<sub>2</sub>O do ambiente, sendo o ar de referência coletado a 50 cm de altura do solo e homogeneizado em um galão de 10 litros antes de alcançar a câmara foliar.

Os valores de capacidade máxima fotossintética ( $A_{máx}$ ), rendimento quântico aparente ( $\alpha$ ), taxa respiratória no escuro (Rd) e as irradiâncias de compensação (Ic) e de saturação (Is) foram estimados a partir de ajustes de curvas de resposta da fotossíntese à irradiância. Os dados foram obtidos utilizando a rotina “light curve” do software OPEN 4.04, em dez valores de DFF em ordem decrescente (2000, 1500, 1000, 500, 250, 120, 60, 30, 15 e 0) e concentração de CO<sub>2</sub>, temperatura e vapor de H<sub>2</sub>O do ambiente, e ajustados por meio do modelo de equação da hipérbole retangular do tipo  $A_n = \{[(A_{máx} \alpha \text{ DFF}) / (A_{máx} + (\alpha \text{ DFF}))] - Rd\}$  (THORNLEY, 1976). Por regressão linear dos primeiros pontos da curva foram estimados os valores de  $\alpha$ , Rd e Ic, sendo  $\alpha$  a inclinação da curva, Rd a interceptação da reta com o eixo y e Ic a interceptação da reta com o eixo x (ESCALONA et al., 1999). A Is foi estabelecida no valor de DFF, em que a fotossíntese líquida (A) é igual a 90% da fotossíntese máxima ( $A_{máx}$ ) (QUERO et al., 2006).

Os dados de fluorescência da clorofila *a* foram obtidos imediatamente após as leituras de trocas gasosas utilizando um fluorômetro portátil modulado OS5p (Opti-Sciences, Hudson, USA). Após 30 minutos de adaptação ao escuro, foram obtidos os valores de fluorescência mínima ( $F_0$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ) e o rendimento quântico potencial ( $F_v/F_m$ ) do fotossistema II (FSII). Os rendimentos das vias competitivas de desexcitação da energia absorvida no FSII, rendimento quântico efetivo [ $Y(II)$ ], rendimento quântico de dissipação não-regulada [ $Y(NO)$ ] e rendimento quântico de dissipação regulada [ $Y(NPQ)$ ], foram

determinados de acordo com KRAMER *et al.* (2004) e KLUGHAMMER e SCHREIBER (2008).

Os valores da taxa máxima de transporte de elétrons ( $ETR_{m\acute{a}x}$ ) 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  $\mu\text{mol f\acute{o}tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) durante sete minutos, em sete estádios de 60s cada. Ao final de cada nível de luz foi aplicado um pulso de luz saturante, com intensidade de 3500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  e duração de 0,8 s, para determinação da ETR. O modelo de equação exponencial do tipo  $ETR = \{ETR_{m\acute{a}x} [1 - \exp(-DFF/k)]\}$  foi utilizado para ajustar os pares de pontos na curva ETR em função da DFF para cada planta (VASSILEV & MANOLOV, 1999).

Os teores de clorofila e carotenoides foram determinados segundo o método proposto por Hiscox e Israelstam (1979). Em nove plantas/tratamento foram retirados discos foliares de área conhecida (0,3927  $\text{cm}^2/\text{disco}$ ) e imediatamente imersos em 3 mL de dimetilsulfóxido (DMSO), em tubos vedados e envoltos em papel alumínio. Os tubos foram mantidos no escuro em temperatura ambiente por um período de aproximadamente 48 horas. Após a extração, a absorbância das amostras foi determinada a 480, 649 e 665 nm com o auxílio do Espectrofotômetro Digital Ultravioleta Microprocessado - Q798U2M. O cálculo dos teores de clorofila e carotenoides, expressos em  $\text{mg g}^{-1}$ , foi realizado de acordo com as equações propostas por WELLBURN (1994) para extratos em DMSO.

Para o estudo anatômico, folhas completamente expandidas foram coletadas e fixadas em FAA (formalina, ácido acético, álcool etílico 50%, 1:1:18 v/v) por 24 horas (JOHANSEN 1940), submetidas a vácuo em dessecador durante o processo de fixação e estocadas em álcool etílico 70%. As peças foram isoladas e desidratadas na sequência 85 e 95% de álcool etílico, sendo mantida por duas horas em cada. Posteriormente as amostras foram submetidas à mistura de álcool etílico 95% mais resina, por quatro horas e em seguida apenas a resina pura (Historesin Leica, preparada conforme instruções do fabricante). As amostras foram emblocadas em moldes plásticos, e após a sua secagem foram realizadas secções seriadas transversais e longitudinais com espessura de aproximadamente 12  $\mu\text{m}$ , obtidas com uso de micrótomo rotativo. As secções foram coradas com azul-de-toluidina e as lâminas permanentes montadas com verniz vitral incolor. As fotomicrografias foram obtidas em microscópio Olympus BX51 equipado com câmera digital Olympus E330. As escalas das figuras foram obtidas por meio da projeção de uma lâmina micrométrica fotografada/digitalizada nas mesmas condições ópticas das demais ilustrações.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com dois níveis de disponibilidade de luz e com número variável de repetições por tratamento, a depender da variável/parâmetro em estudo. Os resultados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade. Foi utilizado o programa Sisvar (2014) para comparação das médias e o SigmaPlot V.8 (SPSS Inc., USA) para elaboração dos gráficos.

## Resultados

A emergência das plântulas de *A. leiocarpa* ocorreu a partir do oitavo dia após a semeadura tanto nas condições de pleno sol (PS) quanto na de sombreamento artificial imposto por tela sombrite (SO).

A partir da análise de variância pode-se observar que não houve diferença estatística entre os tratamentos para a porcentagem de emergência (% E), o índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME, dias) e a velocidade média de emergência (VME, sementes.dia<sup>-1</sup>) (Figura 1). Os valores médios encontrados para as variáveis de emergência para as plântulas dos tratamentos PS e SO foram, respectivamente, de 85 e 88,3% para % E; 1,86 e 1,96 para IVE; 15,2 e 15,1 dias para TME e 0,065 e 0,067 sementes dia<sup>-1</sup> para VME.

Houve diferença estatística entre os tratamentos para as variáveis de crescimento, exceto para razão raiz parte aérea (RPA) e a taxa de assimilação líquida (TAL) (Tabela 1). Os resultados mostraram que as plantas do SO apresentaram maiores valores do comprimento da parte aérea, das massas secas de raiz, caule, folíolos e total, número de folíolos, área foliar e da taxa de crescimento relativo quando comparado com as plantas do PS. Por outro lado, os valores médios da massa foliar específica foram 50,0 % maiores nas plantas do PS em relação às plantas do SO.

De acordo com as curvas do curso diário de trocas gasosas, verificou-se que as plantas do PS apresentaram, na maioria dos horários avaliados ao longo do dia, as menores taxas de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> ( $A_i$ ), de condutância estomática, de transpiração e de eficiência do uso da água (EUA) (Figura 2).

Os dados integrados do curso diário de trocas gasosas (mol m<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup>) encontram-se na Tabela 2. Verificou-se que o valores diários integrados da taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> ( $A_i$ ) e de eficiência do uso da água (EUA<sub>*i*</sub>) foram, respectivamente, 43 % e 65 %, maiores nas plantas do SO em relação as plantas do PS. Por outro lado, os valores diários da condutância estomática ( $g_{s_i}$ ) e da taxa de transpiração ( $E_i$ ) não diferiram estatisticamente entre os tratamentos de PS e SO.

Conforme observado ao longo do dia, as condições de luminosidade as quais as plantas estavam expostas acarretaram em alterações nos valores de fluorescência mínima ( $F_0$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ) e o rendimento quântico potencial ( $F_v/F_m$ ) do fotossistema II (FSII), com os maiores valores para o tratamento SO. Por outro lado, os valores de rendimento quântico de dissipação não-regulada ( $Y_{NO}$ ) e rendimento quântico de dissipação regulada ( $Y_{NPQ}$ ) não diferiram nos horários avaliados ao longo do dia (Figura 3).

Com o ajuste das curvas da assimilação de  $CO_2$  em resposta à densidade de fluxo de fótons, observou-se que os valores médios da capacidade máxima fotossintética ( $A_{max}$ ) foram 74,5% maiores nas plantas do SO em relação às plantas do PS. Por outro lado, não houve diferença para os valores de rendimento quântico aparente ( $\alpha$ ), respiração no escuro ( $R_d$ ), irradiância de compensação ( $IC$ ) e irradiância de saturação ( $IS$ ) entre as plantas do PS e SO. De forma semelhante, os valores da taxa máxima de transporte de elétrons ( $ETR_{max}$ ) e irradiância inicial de saturação ( $K$ ), derivados a partir de curvas de fluorescência em resposta à luz, também não diferiram entre as plantas do PS e SO (Figura 4; Tabela 3).

Os dados dos teores de pigmentos cloroplastídicos em base de massa seca revelaram que os valores de teores de clorofila *a*, clorofila total, razão entre os teores de carotenoides e clorofilas e razão entre os teores de clorofila *a* e clorofila *b* não apresentaram diferença estatística entre as plantas de pleno sol (PS) e de sombra (SO). Por outro lado, os valores de clorofila *b* foram 58% maiores nas plantas do SO, enquanto que os de carotenoides foram 118% maiores nas plantas do PS (Figura 5).

Os resultados mostraram também que as diferentes condições de luminosidade afetaram todas as características estruturais analisadas no limbo, com exceção do parênquima lacunoso (Tabela 6). As plantas do SO apresentam folhas, em seção transversal, parênquima paliçádico menos espesso, variando de uma a duas camadas celulares, com pouca justaposição, acompanhadas do parênquima lacunoso caracterizado por células irregulares e grande espaçamento intercelular. Em contraste, as folhas do PS apresentaram células do parênquima paliçádico significativamente mais alongadas, dispostas em justaposição, variando em estratos de uma a duas células, além de células do parênquima lacunoso com células irregulares apresentando pouco espaço intercelular (Figura 6).

## Discussão

De acordo com os resultados encontrados, foi observado que não houve diferença nas variáveis de emergência em resposta aos ambientes de luz no qual as sementes de *A. leiocarpa* estavam expostas, o que permite inferir que essa espécie apresenta considerável

plasticidade no processo de estabelecimento inicial, podendo suas sementes germinar e as plântulas se estabelecer em ambientes sombreados ou com alta incidência de radiação solar direta. Em um estudo semelhante, utilizando a mesma espécie, também não foi encontrado diferença no processo de germinação de *Apuleia leiocarpa*, submetida a diferentes condições de luminosidade, considerada fotoblástica neutra (HENICKA et al., 2006).

O sucesso da sobrevivência de espécies arbóreas em ambientes florestais, fundamenta-se na plasticidade fenotípica, capacidade essa evidenciada pela avaliação do crescimento inicial sob diferentes condições de luminosidade. Em geral, há redução no crescimento conforme aumento do sombreamento devido à menor assimilação fotossintética de carbono e, por consequência, menor produção de fotoassimilados (LIMA et al., 2010; BORGES et al., 2014). Esses resultados são contraditórios aos encontrados no presente estudo, em que as plantas do PS apresentaram valores de biomassa total e da taxa de crescimento relativo, respectivamente, 85,9% e 40,4% menores quando comparado às plantas do SO, mesmo exibindo valores de massa foliar específica (MFE) 48,3% maiores (Tabela 1). O aumento da MFE pode ser resultado da diminuição do tamanho das folhas e o aumento na quantidade e da capacidade do maquinário fotossintético por unidade de área e, em geral, está diretamente relacionado com a maior disponibilidade de luz no ambiente de crescimento e desenvolvimento das plantas, com folhas de sol apresentando valores superiores as folhas de sombra. GABURRO (2013), trabalhando com três espécies arbóreas, *Cariniana estrellensis*, *Cedrela odorata* e *Manilkara salzmannii*, tolerantes ao sombreamento sob condições contrastantes de luminosidade, também encontrou maiores valores de MFE nas plantas dos ambientes mais iluminados. Assim, a ausência de incremento de biomassa em paralelo a uma maior MFE no PS pode ser resultado de um excesso de luz absorvido pelas plantas, o que acarretou em um crescimento limitado da espécie neste ambiente.

De fato, a maior incidência de radiação luminosa sobre as plantas do PS ocasionou, ao longo do curso diário de trocas gasosas, em menores valores de condutância estomática ( $g_s$ ), acompanhados, por um lado, de menores taxas de fotossíntese ( $A$ ) e, por outro, de maiores taxas de transpiração ( $E$ ) quando comparados às plantas do SO. Como resultado, os valores diários integrados de assimilação líquida de  $CO_2$  ( $A_i$ ) e de eficiência do uso da água ( $EUA_i$ ) nas plantas do PS foram, respectivamente, 30,1% e 39,4% menores do que os valores diários alcançados nas plantas do SO. Além disso, as plantas do PS apresentaram, ainda, menores valores de massa seca de raiz, o que pode ter limitado a capacidade de absorção de água e, por consequência, na privação do  $CO_2$  interno induzido pela queda de  $g_s$ , resultando em um excesso de luz absorvida. Esse excesso de luz absorvida pode resultar num decréscimo da

eficiência máxima fotossintética e em danos foto-oxidativos a maquinaria fotossintética, o que é denominado fotoinibição (LONG et al., 1994; VIEIRA et al., 2012). Tal constatação pode ser demonstrada pelos valores da razão  $F_v/F_m$  ao longo do dia e da capacidade máxima de assimilação de carbono ( $A_{max}$ ) das plantas do PS que, por sua vez, foram significativamente menores aos obtidos nas plantas do SO. Em geral, tem sido demonstrado que espécies tolerantes à sombra apresentam uma reduzida capacidade de aclimatação quando comparadas as espécies dependentes de luz, e ao serem submetidas a ambientes com excesso de energia luminosa, superior a capacidade fotossintética, apresentam um decréscimo na atividade do FSII e, por consequência são mais susceptíveis à fotoinibição do que as espécies dependentes de luz (DIAS et al., 2005) (Figuras 2 e 3; Tabela 2).

Em contraste, as plantas do SO apresentaram quadro oposto em relação aos resultados acima, com maiores valores diários de assimilação líquida de  $CO_2$ , provavelmente, em função da maior capacidade máxima fotossintética associada a maior concentração interna do  $CO_2$  no interior do mesofilo, ocasionada pela maior abertura dos estômatos nestas condições. Além disso, as plantas do SO apresentaram elevados valores de rendimento quântico efetivo ( $Y_{II}$ ), ao lado de menores valores dos rendimentos quânticos de dissipação não-regulada ( $Y_{NO}$ ) e regulada ( $Y_{NPQ}$ ), indicando que a maior parte da energia de excitação foi utilizada para a fotossíntese (MAXWELL E JOHNSON, 2000). Como resultado, as plantas do SO apresentaram maior ganho diário de carbono, o que ficou evidenciado pelos valores de biomassa total, área foliar e TCR que foram significativamente maiores em relação as plantas do PS.

Os resultados dos tratamentos de PS e SO sobre o conteúdo de pigmentos cloroplastídicos indicam que os níveis de irradiância na qual as plantas estavam expostas não ocasionaram maiores alterações nas características ópticas das folhas, com exceção dos valores de clorofila *b*, que foram maiores nas plantas do SO, e de carotenoides, que foram maiores nas plantas do PS (Figura 5). Da mesma forma, FAVARETTO (2011), trabalhando com plantas de *Hymenaea courbaril* L. var. *estilbocarpa*, *Esenbeckia leiocarpa*, *Cariniana legalis* e *Tabebuia roseo-alba* sob condições de pleno sol e sombra, também encontrou resultados semelhantes tanto para clorofila *b* quanto para carotenoides. O aumento nos teores de clorofila *b* nas plantas do SO é considerado uma estratégia adaptativa para maximizar a captura de luz em ambientes sombreados, em razão da clorofila *b* absorver comprimentos de ondas distintos da clorofila *a* e realizar a transferência de energia para o centro de reação, maximizando a captura de energia de excitação que efetivamente atua nas reações fotoquímicas (SOUZA et al., 2011). Por outro lado, os maiores valores de carotenoides nas

plantas do PS indica o possível papel protetor desses pigmentos contra os efeitos deletérios da alta intensidade de luz. Os carotenoides, em particular as xantofilas, têm sido considerados pigmentos protetores, uma vez que podem reduzir a quantidade de luz absorvida pelas clorofilas do centro de reação (DEMMIG-ADAMS, 1990).

Diferente dos teores de pigmentos, os tratamentos de PS e SO afetaram significativamente a anatomia foliar de *A. leiocarpa*, na qual as folhas do SO apresentaram valores para a espessura do limbo 19,3% menores quando comparadas com plantas do PS. De fato, espécies tolerantes a sombra apresentam folhas mais delgadas quando cultivadas em baixa luminosidade, como resposta anatômica para maximizar a absorção de luz (ARAGÃO et al., 2014). Por outro lado, as plantas do PS apresentaram folhas mais espessas, em especial, devido a presença de células do parênquima paliçádico mais alongadas e variando em estratos de uma a duas células (Figura 6), o que indica o investimento em camadas de tecido fotossintetizante e, por consequência, maior massa foliar específica e maior capacidade fotossintética (CAMPBELL et al., 2018). Entretanto, tal arranjo anatômico não acarretou em maior ganho de carbono nas plantas do PS, como evidenciado pelos menores valores diários integrados de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> ( $A_i$ ), provavelmente em decorrência de uma absorção de luz maior do que a sua capacidade máxima fotossintética (MULKEY & PEARCY, 1992).

## **Conclusão**

O cultivo sob condições contrastantes de luminosidade mostrou efeitos diferenciados sobre as características ecofisiológicas de *A. leiocarpa*. Com exceção da emergência de plântulas, os tratamentos de pleno sol e sombreamento artificial impostos às plantas resultaram em uma série de alterações no crescimento inicial, no curso diário de assimilação de CO<sub>2</sub> e da emissão de fluorescência da clorofila *a*, bem como nos teores de pigmentos cloroplásticos e características anatômicas quantitativas. Contudo, as respostas apresentadas pelas plantas encontradas no pleno sol foram, em geral, menos pronunciadas que as encontradas no sombreamento artificial, indicando a ocorrência de fotoinibição crônica e, por consequência, uma baixa plasticidade fisiológica, a qual é frequentemente associada com espécies tolerância à sombra.

## Referências bibliográficas

- ARAGÃO, D.S., LUNZ, A.M.P, OLIVEIRA, L.C, RAPOSO, A. e FERMINO JUNIOR, P.C.P. Efeito do sombreamento na anatomia foliar de plantas jovens de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 4, p. 631-639, 2014.
- 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**, Viçosa - MG, v. 3, n. 38, p.523-531, abr. 2014.
- BRADSHAW, A.D. Unravelling phenotypic plasticity – why should we bother? **New Phytologist**. v. 170, p. 244- 248, 2006.
- CAMPBELL, G., MIELKE, M. S., RABELO, G. R., & DA CUNHA, M. Key anatomical attributes for occurrence of *Psychotria schlechtendaliana* (Müll. Arg.) Müll. Arg. (Rubiaceae) in different successional stages of a tropical moist forest. **Flora**, v. 246, p. 33-41, 2018.
- CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. **Embrapa Informação Tecnológica**, Colombo, v.1, n. 2, p.1039, 2003.
- CARVALHO, P. E. R. **Influencia da intensidade luminosa e do substrato no crescimento, no conteúdo de clorofila e na fotossíntese de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. Subsp. *canjerana*, *Calophyllum brasiliense* Camb. e *Centrolobium robustum* (Vell.) Mart. Ex Benth., na fase juvenil.** 1996. 157p. Tese (Doutorado) - Escola de Florestas - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996.
- CUZZUOL, G. R. F.; MILANEZ, C. R. D. Morphological and Physiological Adjustments in Juvenile Tropical Trees Under Constrastaing Sunlight Irradiance. In: Mohammad Mahdi Najafpour. (Org.). **Photosynthesis - Fundamental Aspects**. Rijeka: InTech - Open Access Publisher, v. 1, p. 501- 518. 2012.
- DEMMIG-ADAMS, B. Carotenoids and photoprotection in plants: A role for the xanthophyll zeaxanthin. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1020, p. 1-24, 1990.
- DIAS, D. P. **Fotoinibição da fotossíntese em mudas de acariquara (*Minquartia guianensis* Aubl., Olacaceae) e mogno (*Swietenia macrophylla* King, Meliaceae), em função do tempo de exposição a radiação solar na amazônia central.** 2005. Dissertação (Ciências de Florestas Tropicais (CFT)) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, p. 70, 2005.

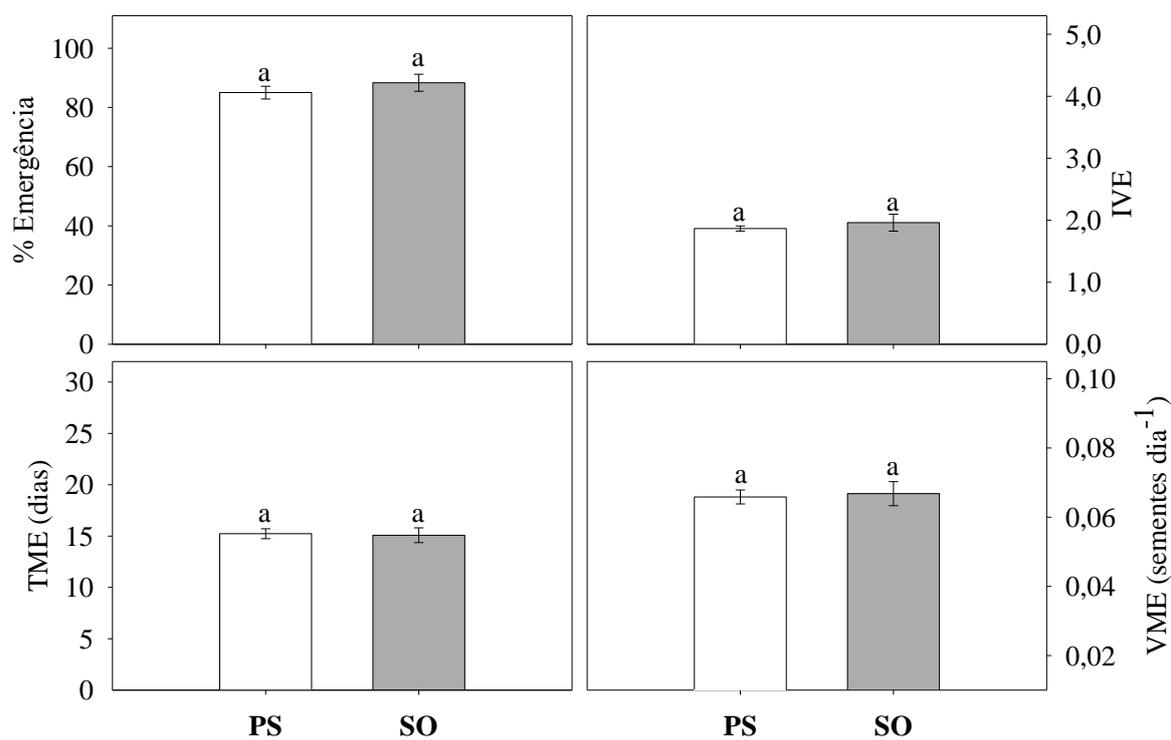
- EDMOND, J.B.; DRAPALA, W.J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v. 71, p. 428-434, 1965.
- ESCALONA, J.M.; FLEXAS, J.; MEDRANO, H. Stomatal and non-stomatal limitations of photosynthesis under water stress in field-grown grapevines. *Australian Journal of Plant Physiology*, Melbourne, v.26, p.421-433, 1999.
- FAVARETTO, V. F. et al. Differential responses of antioxidant enzymes in pioneer and late-successional tropical tree species grown under sun and shade conditions. **Environmental and Experimental Botany**, v. 70, p. 20-28, 2011.
- GABURRO, T. A. **Plasticidade fenotípica de três arbóreas tropicais em condições de irradiância contrastantes**. 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo, 2013.
- GANDOLFI, SERGIUS. **Historia natural de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas (São Paulo, Brasil)**. 2000. 1p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Campinas, SP, 2000.
- HENICKA, G. D. S., BRAGA, L. F., SOUSA, M. P., & CARVALHO, M. A. C. Germinação de sementes de *Apuleia leiocarpa* (Vogel.) JF Macbr.: temperatura, fotoblastismo e estresse salino. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 4, n. 1, p. 37-46, 2006.
- HISCOX, J.D., ISRAELSTAM, G.F. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v.57, p.1332-1334, 1979.
- HUNT, R. Plant growth curves: The functional approach to plant growth analysis. **Edward Arnold**, London, p.248, 1982.
- JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. **McGraw-Hill**, New York, v. 3 n. 8, p. 523, 1940.
- KHURAMA, E.; SINGH, J.S. Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. **Environmental Conservation**, Cambridge, v. 28, n.1, p.39-52, 2001.
- 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 stat and excitation energy fluxes. **Photosynthesis Research**, v.79, p.209-218, 2004.
- LABOURIAU, L.G. A germinação das sementes. **Washington: OEA**, p. 174, 1983.
- LEME, G. M. **Resposta anatômica e fisiológica de folhas de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer (Lauraceae) sob gradiente de estresse luminoso**. 2015. 46 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Tecnologia Ambiental) - Universidade Federal de Alfenas, Minas Gerais, 2015.
- 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 - SP, v. 87, n. 38, p.527-534, set. 2010.
- LONG, S.P., HUMPHRIES, S., FALKOWSKI, P.G. Photoinhibition of photosynthesis in nature. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 45, n. 1, p. 633-662, 1994.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2.ed. Nova Odessa: Plantarum, 2000. p. 368.
- MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 1, p. 176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, p. 495, 2005.
- MAXWELL, K., JOHNSON, G.N. Chlorophyll fluorescence - a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, n. 345, p. 659-668, 2000.
- MULKEY, S. S.; PEARCY, R. W. Interactions between acclimation and photoinhibition of photosynthesis of a tropical forest understorey herb, *Alocasia macrorrhiza*, during simulated canopy gap formation. **Functional Ecology**, p. 719-729, 1992.
- 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.

- RODRIGUES, J. V. F. C. **Ecofisiologia de espécies arbóreas de campina na Amazônia Central**. Manaus: [s.n.], 2013. 105p. Tese (Ciências de Florestas Tropicais (CFT)) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2013.
- SALVADORI, SERGIO LUIZ et al. Análise de sobrevivência e crescimento de *Cordia trichotoma*, Boraginaceae, Lamiales, no sul de Mato Grosso Do Sul-Brasil. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 4, p. 735-742, 2013.
- SCHLUTER, U., MUSCHAK, M., BERGER, D., & ALTMANN, T. Photosynthetic performance of an *Arabidopsis* mutant with elevated stomatal density (sdd1-1) under different light regimes. **Journal of Experimental Botany**, v. 54, n. 383, p. 867-874, 2003.
- SEARLE, S.Y., THOMAS, S., GRIFFIN, K.L., HORTON, T., KORNFELD, A., YAKIR, D., HURRY, V., TURNBULL, M.H. Leaf respiration and alternative oxidase in field-grown alpine grasses respond to natural changes in temperature and light. **New phytologist**, vol. 189, p. 1027-1039, 2011.
- SIMS, D. A.; SEEMANN, J. R.; LUO, Y. Elevated CO<sub>2</sub> concentration has independent effects on expansion rates thickness of soybean leaves across light and nitrogen gradients. **Journal of Experimental Botany**, v. 49, n. 320, p. 583-591, 1998.
- SOUZA, G.S.; CASTRO, E. M.; SOARES A. M.; SANTOS A R.; Alves; E. Teores de pigmentos fotossintéticos, taxa de fotossíntese e estrutura de cloroplastos de plantas jovens de *Mikania laevigata* Schultz Bip. ex Baker cultivadas sob malhas coloridas. **SEMINA: Ciências Agrárias**, Londrina - PR, v. 32, n. 1, p.1843-1854, 2011.
- SULTAN, S.E. Phenotypic plasticity for plant development, function and life history. Trends in **Plant Science**, v. 5, p. 537-542, 2000.
- TERASHIMA, I., HANBA, Y. T., THOLEN, D., & NIINEMETS, Ü. Leaf functional anatomy in relation to photosynthesis. **Plant Physiology**, v. 155, n. 1, p. 108-116, 2011.
- THOMAS, W. W.; CARVALHO, A. M. V.; AMORIM, A. M. A.; GARRISON, J.; ARBELÁEZ, A. L. Plant endemism in two forests in southern Bahia, Brazil. **Biodiversity and Conservation**, v.7, p.311-322, 1998.
- THORNLEY, J.H.M. Mathematical Models in Plant Physiology. In: **Academic Press**, London, 1976, 318p.

- TURCHETTO, F., TABALDI, L. A., RORATO, D. G., & GOMES, D. R. Aspectos ecofisiológicos limitantes da regeneração natural. **Ecologia e Nutrição Florestal**, v.3, n.1, p.18-30, 2015.
- VALLADARES, F. SANCHEZ-GOMES D, ZAVALA M. A. Quantitative estimation of phenotypic plasticity: bridging the gap between the evolutionary concept and its ecological applications. **Journal of Ecology**. v. 94, p. 1103-1116. 2006.
- 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, FÁBIO; FRANCO, AUGUSTO CÉSAR; FAGG, CHRISTOPHER WILLIAM; FELFILI, JEANINE MARIA. Regime de luz em uma floresta estacional semidecídua sob manejo, em Pirenópolis, Goiás. **Revista Árvore**, v.36, n.6, p.1135-1144, 2012.
- VIEIRA T.O.; LAGE-PINTO F.; RIBEIRO D.R.; ALENCAR T.S.; VITÓRIA A.P. Estresse luminoso em plântulas de jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*, Lecythidaceae): monitoramento da capacidade de aclimatação fotossintética sob duas intensidades luminosas. **Vértices**. v.13, p.129-142, 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.
- WHITMORE, T.C. On Pattern and Process in Forests. In: Newman, E.I. (ed.) *The Plant Community as a Working Mechanism*. Special publ. Series of The British Ecological Society. nº 1, **Blakweel Scientific**, Oxford, England, p.45-59, 1982.

## Figuras e Tabelas

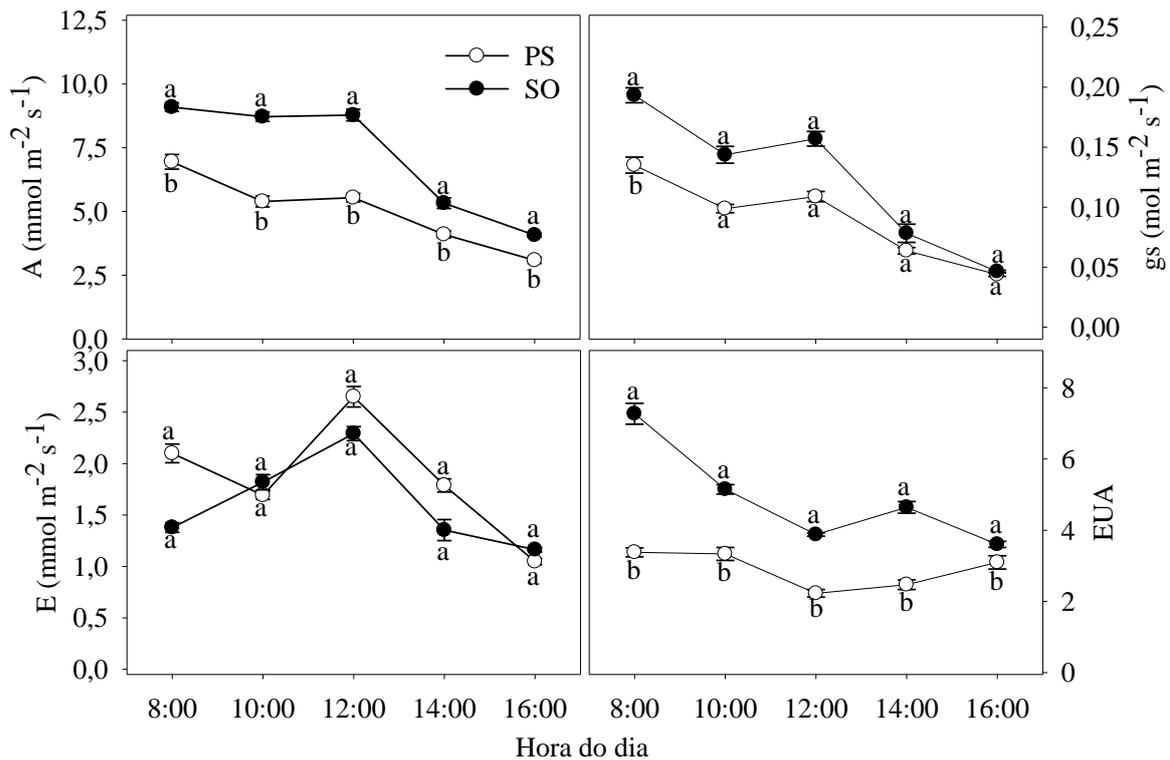


**Figura 1.** Porcentagem de emergência (% Emergência), índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME) e velocidade média de emergência (VME) de plântulas de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr., aos 36 dias após a semeadura em ambiente de pleno sol (PS) e sob condição de sombreamento artificial imposto por tela sombrite (SO). 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) do comprimento da parte aérea, das massas secas de raiz, caule, folíolos e total (g), razão raiz parte aérea, número de folíolos, área foliar, massa foliar específica, taxa de crescimento relativo e taxa de assimilação líquida em plantas jovens de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr. (Fabaceae) 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*
Comprimento parte aérea (cm)	13,5 $\pm$ 0,6	36,0 $\pm$ 3,5	0,000002
Massa seca de raiz (g)	0,46 $\pm$ 0,04	3,00 $\pm$ 0,60	0,000054
Massa seca de caule (g)	0,21 $\pm$ 0,02	1,40 $\pm$ 0,30	0,000047
Massa seca de folíolos (g)	0,11 $\pm$ 0,01	1,24 $\pm$ 0,23	0,000023
Massa seca total (g)	0,80 $\pm$ 0,06	5,66 $\pm$ 1,04	0,000033
Razão raiz parte aérea	1,40 $\pm$ 0,11	1,12 $\pm$ 0,05	0,092800
Número de folíolos	7,33 $\pm$ 0,72	28,8 $\pm$ 2,97	0,000001
Área foliar (cm <sup>2</sup> )	19,4 $\pm$ 1,97	307,1 $\pm$ 64,0	0,000044
Massa foliar específica (g cm <sup>-2</sup> )	0,0063 $\pm$ 0,0006	0,0042 $\pm$ 0,0004	0,032822
Taxa de crescimento relativo	13,73 $\pm$ 0,62	23,03 $\pm$ 1,50	0,000019
Taxa de assimilação líquida	0,18 $\pm$ 0,02	0,23 $\pm$ 0,02	0,150103

\*p  $\leq$  0,05 representa diferença significativa entre as médias pelo Teste F. (n=9 no PS; n=5 no SO).

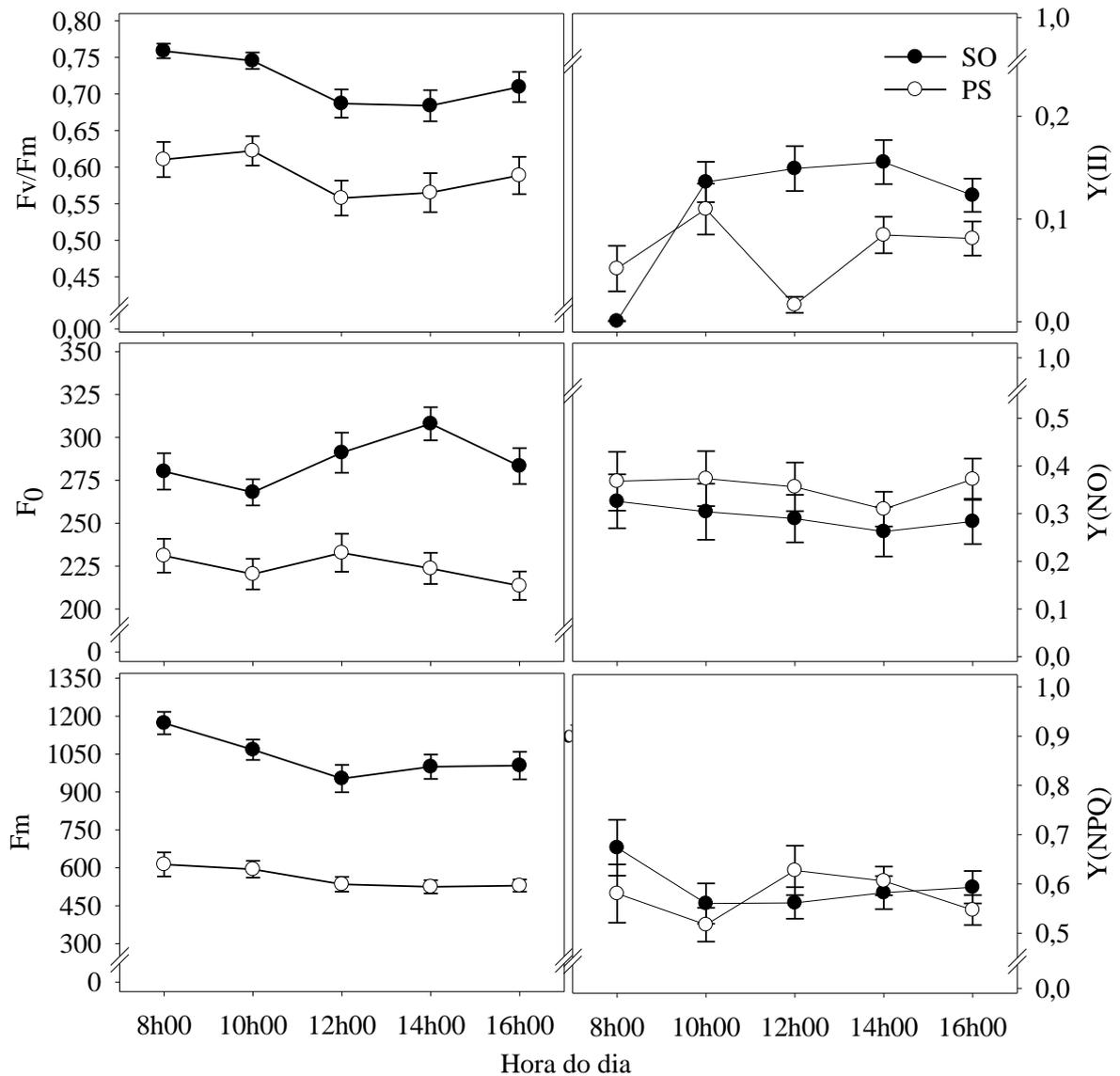


**Figura 2.** Curso diário da assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (A), transpiração (E), condutância estomática (gs) e eficiência do uso da água (EUA) em plantas jovens de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr., em condições de pleno sol (PS, ○) e sombreamento imposto por tela sombrite (SO, ●) no *campus* da UFRB, Cruz das Almas, BA. Letras diferentes indicam diferenças entre os tratamentos na mesma hora do dia ( $p \leq 0,05$ ). Barras representam o erro padrão (n=9).

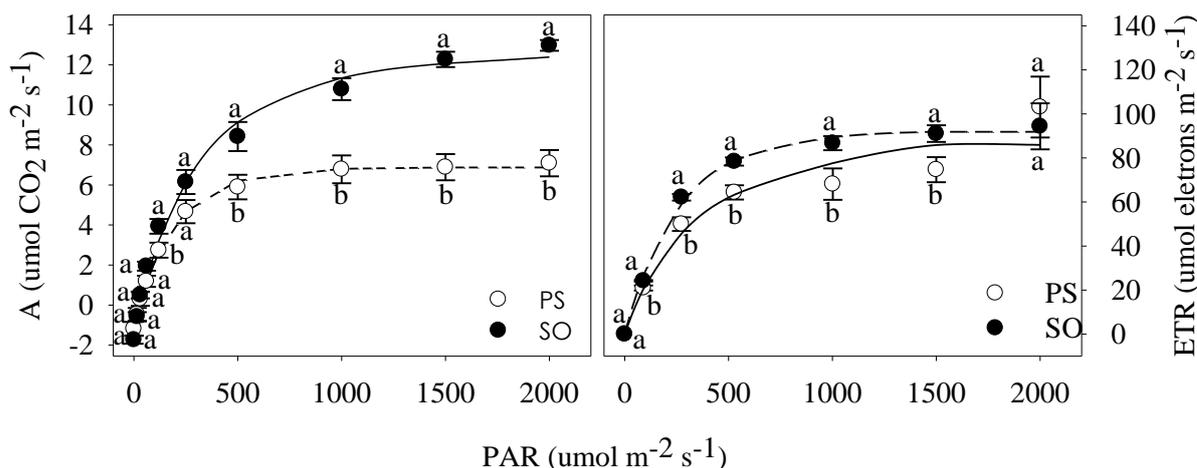
**Tabela 2.** Valores diários integrados da taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> ( $A_i$ ), condutância estomática ( $gs_i$ ), taxa de transpiração ( $E_i$ ) e eficiência do uso da água ( $EUA_i$ ) em plantas jovens de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr., em condições de pleno sol (PS) e sombreamento imposto por tela sombrite no *campus* da UFRB, Cruz das Almas, BA.

Parâmetros	Tratamento		
	Pleno Sol (PS)	Sombra (SO)	p-Anova*
$A_i$ (mol.CO <sub>2</sub> .m <sup>-2</sup> .dia <sup>-1</sup> )	0,18 ± 0,022	0,26 ± 0,01	0,014827
$gs_i$ (mol.H <sub>2</sub> O.m <sup>-2</sup> .dia <sup>-1</sup> )	3242,53 ± 304,11	4437,47 ± 458,92	0,103298
$E_i$ (mol.H <sub>2</sub> O.m <sup>-2</sup> .dia <sup>-1</sup> )	66,79 ± 5,92	57,34 ± 5,20	0,280685
$EUA_i$	0,0027 ± 0,0004	0,0046 ± 0,0003	0,008952

\* $p \leq 0,05$  representa diferença significativa entre as médias pelo Teste F. (n=9).



**Figura 3.** Curso diário do rendimento quântico máximo do FS II ( $F_v/F_m$ ), fluorescência mínima ( $F_0$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ), rendimento quântico efetivo do FSII ( $Y(II)$ ), rendimento quântico de dissipação não-regulada [ $Y(NO)$ ] e rendimento quântico de dissipação regulada [ $Y(NPQ)$ ] em plantas jovens de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr. (Fabaceae) sob condições de pleno sol (PS, ○) e sombreamento artificial (SO, ●) no *campus* da UFRB, Cruz das Almas, BA. Letras diferentes indicam diferenças entre os tratamentos na mesma hora do dia ( $p \leq 0,05$ ). Barras representam o erro padrão ( $n=9$ ).

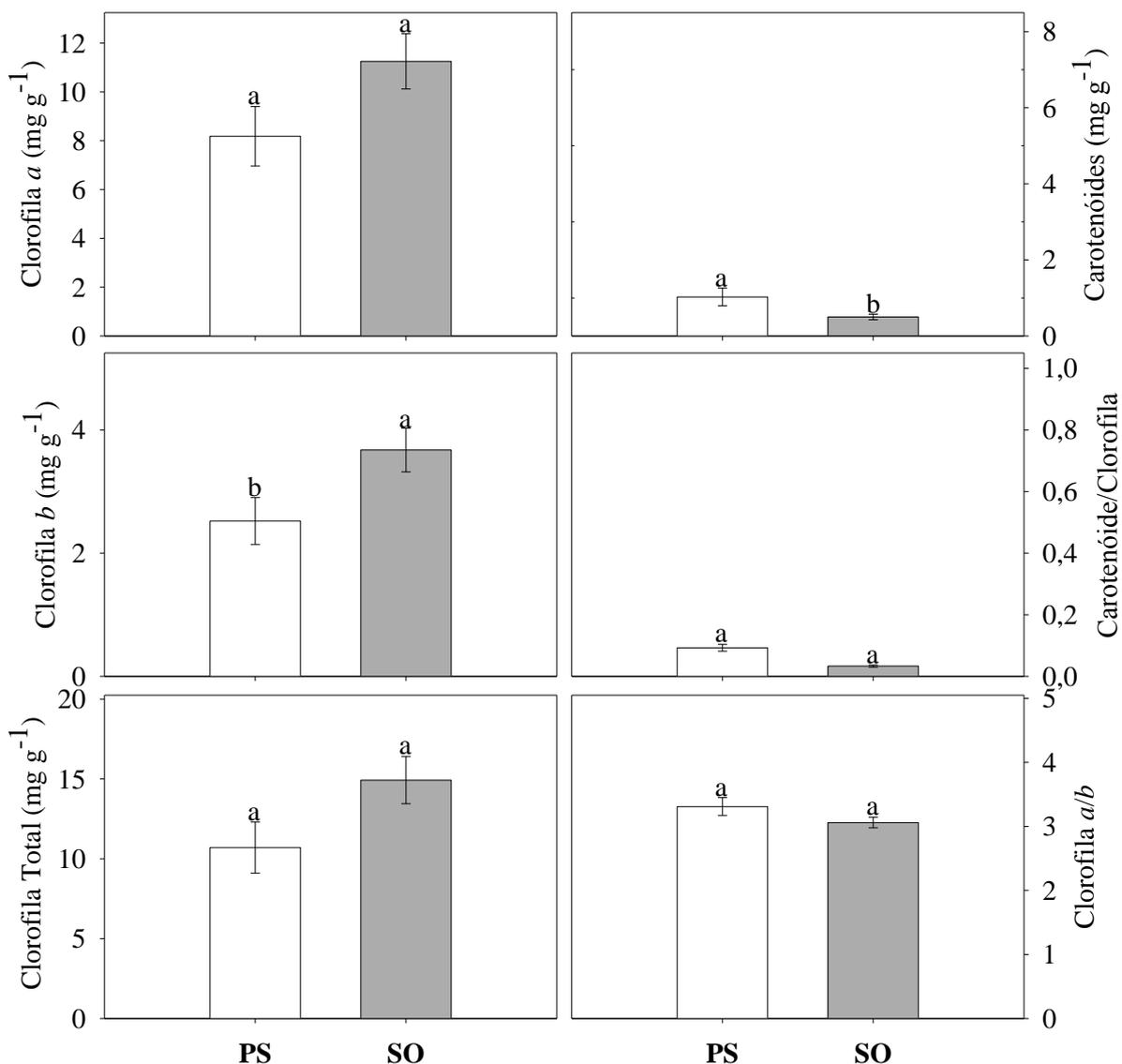


**Figura 4.** Capacidade máxima de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (A<sub>max</sub>) e taxa aparente de transporte de elétrons (ETR<sub>max</sub>) em função do aumento da densidade de fluxo de fótons (DFP) em plantas jovens de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr. (Fabaceae) sob condições de pleno sol (PS, ○) e sombreamento artificial (SO, ●) no campus da UFRB, Cruz das Almas, BA. Barras representam o erro padrão (n=9).

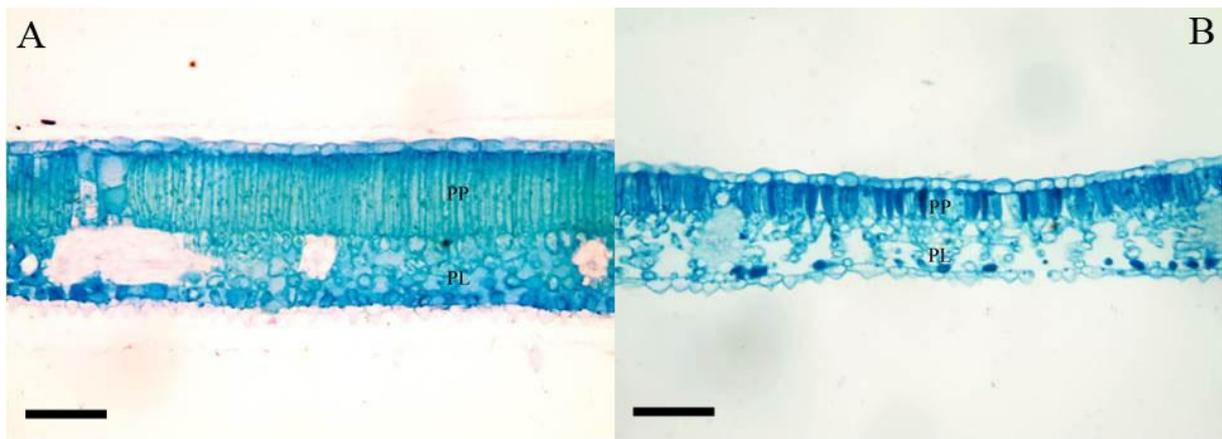
**Tabela 3.** Capacidade máxima fotossintética (A<sub>max</sub>), rendimento quântico aparente (α), respiração no escuro (Rd), irradiância de compensação (IC), irradiância de saturação (IS), taxa máxima de transporte de elétrons (ETR<sub>max</sub>) e irradiância inicial de saturação (K) em plantas jovens de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr. (Fabaceae) sob condições de pleno sol (PS) e sombreamento artificial (SO) no campus da UFRB, Cruz das Almas, BA.

Parâmetros	Tratamento		
	Pleno Sol (SO)	Sombra (SO)	p-Anova*
A <sub>max</sub> (μmol.CO <sub>2</sub> .m <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> )	7,88 ± 0,62	13,75 ± 0,70	0,000
α	0,04 ± 0,004	0,04 ± 0,006	0,820
Rd (μmol.CO <sub>2</sub> .m <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> )	1,00 ± 0,31	0,94 ± 0,23	0,893
IC (μmol.fótons.m <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> )	25,17 ± 8,22	21,23 ± 4,78	0,697
IS (μmol.fótons.m <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> )	195,64 ± 14,84	415,40 ± 117,26	0,067
ETR <sub>max</sub> (μmol.elétrons.m <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> )	90,03 ± 11,30	92,13 ± 4,12	0,871
K (μmol.fótons.m <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> )	405,75 ± 100,43	268,59 ± 24,05	0,235

\*p ≤ 0,05 representa diferença significativa entre as médias pelo Teste F. (n=9).



**Figura 5.** Teores de clorofila a, clorofila b, clorofila total, carotenoides, razão entre os teores de carotenoides e clorofilas e razão entre os teores de clorofila a e clorofila b em plantas jovens de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr. (Fabaceae) sob condições de pleno sol (PS) e sombreamento artificial (SO) no *campus* da UFRB, Cruz das Almas, BA. Letras diferentes indicam diferenças entre os tratamentos ( $p \leq 0,05$ ). Barras representam o erro padrão (n=9).



**Figura 6:** Fotomicrografias de seções transversais de folhas de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr. (Fabaceae) sob condições de pleno sol (A) e sombreamento artificial (B) no *campus* da UFRB, Cruz das Almas, BA. (PP = parênquima paliçádico; PL = parênquima lacunoso). Escala = 30  $\mu$ m.

**Tabela 4.** Valores médios ( $\pm$  erro padrão) da espessura ( $\mu$ m) do limbo, dos parênquimas paliçádico e lacunoso e do mesofilo em plantas de *Apuleia leiocarpa* aos 192 dias após emergência, em condições de pleno sol (PS) (A) e sombreamento imposto por tela sombrite (SO) (B) no *campus* da UFRB, Cruz das Almas, BA.

Parâmetros	Tratamento		
	Pleno Sol	Sombra	p-Anova
Espessura do limbo	51,9 $\pm$ 3,13	41,9 $\pm$ 2,72	0,000
Parênquima lacunoso	14,8 $\pm$ 3,11	14,4 $\pm$ 1,78	0,543
Parênquima paliçádico	26,4 $\pm$ 1,60	19,9 $\pm$ 2,89	0,000
Mesofilo	41,3 $\pm$ 3,38	34,4 $\pm$ 3,40	0,000

\* $p \leq 0,05$  representa diferença significativa entre as médias pelo Teste F. (n=9).