

Respostas do araribá (*Centrolobium tomentosum*) e do mogno-brasileiro (*Swietenia macrophylla*) ao ambiente luminoso: crescimento e forma

Joyce Goulart dos SANTOS ^a, Gabriella da Silva RIBEIRO ^a, Ciro Abbud RIGHI ^{a*}

^a Departamento de Ciências Florestais

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – Universidade de São Paulo,

Av. Pádua Dias, 11, Cx. P.: 09 | CEP: 13418-900 | Piracicaba-SP | Brasil

☎ +55 (19) 3447-6679 Fax: +55 (19) 3447-6679 ✉ ciro@usp.br*

🌐 www.fealq.org.br

* Autor para correspondência

RESUMO

A radiação solar é o fator mais importante na produtividade e crescimento das plantas, influenciando no acúmulo de biomassa, na determinação de sua arquitetura e na perpetuação das plantas. As plantas realizam ajustes morfofisiológicos de modo a permitir a utilização eficiente da energia radiante e ao mesmo tempo evitar danos por excesso de exposição. Isto é fundamental tanto para o estabelecimento e perpetuação de projetos como para o alcance das metas de plantio – produção, comercialização, restauração etc. Desta forma, este trabalho teve como objetivo identificar o ambiente radiativo em que as espécies estudadas apresentassem arquitetura adequada para aproveitamento madeireiro. Assim, foram verificadas as respostas de duas espécies nativas brasileiras com potencial madeireiro já conhecido: 1. araribá (*Centrolobium tomentosum* Guillem. Ex Benth, 1840) e, 2. mogno-brasileiro (*Swietenia macrophylla* King, 1886) quando submetidas a quatro tratamentos com ambientes contrastantes: 1) Pleno Sol (PS); 2) Sombríte Vermelho 35% (SV35%); 3) Sombríte Preto 35% (SP35%) e; 4) Sombreamento Natural em Mata (SNM). Para o araribá, verificou-se nos ambientes com sombreamento intermediário – SV35% e SP35% - maior acúmulo de massa seca e crescimento além de arquitetura adequada para seu uso madeireiro futuro. Já para o mogno-brasileiro, observou-se adaptação sem a perda do potencial madeireiro em uma faixa mais ampla de radiação solar, nos tratamentos PS, SV35% e SP35%.

ABSTRACT

Solar radiation is the most important factor in plant productivity and growth, influencing biomass accumulation, the determination of plant architecture, and the perpetuation of plant species. Plants undergo morphophysiological adjustments to efficiently utilize radiant energy while simultaneously avoiding damage from excessive exposure. This is crucial both for the establishment and maintenance of projects and for achieving planting goals—such as production, commercialization, restoration, and more. Therefore, the aim of this study was to identify the radiative environment in which the studied species would develop an architecture suitable for timber use. The responses of two well-known Brazilian native species with timber potential were evaluated: 1. araribá (*Centrolobium tomentosum* Guillem. Ex Benth, 1840), and 2. Brazilian mahogany (*Swietenia macrophylla* King, 1886), under four contrasting light treatments: 1) Full Sun (FS); 2) 35% Red Shade Net (RS35%); 3) 35% Black Shade Net (BS35%); and 4) Natural Forest Shade (NFS). For araribá, the intermediate shading environments—RS35% and BS35%—resulted in greater dry mass accumulation and growth, along with an architecture suitable for future timber use. In contrast, Brazilian mahogany demonstrated adaptability without a loss of timber potential across a wider range of solar radiation levels, particularly in the FS, RS35%, and BS35% treatments.

Keywords: Brazilian mahogany, araribá, solar radiation, biomass, wood, environment

Palavras-chaves: mogno-brasileiro, araribá, radiação solar, biomassa, madeira, ambiente

INTRODUÇÃO

A radiação solar é um dos principais fatores que impulsionam a fotossíntese e, por conseguinte, o crescimento vegetal (MAWPHLANG, KHARSHIING, 2017). Segundo Bernardes (1993), ela é o fator mais importante na produtividade e no crescimento das plantas por estar envolvida em processos como o acúmulo de biomassa, determinação da forma, orientação, perpetuação da espécie dentre outros (GANDOLFI, 2000).

De modo a utilizar eficientemente a energia radiante e ao mesmo tempo evitar danos por excesso de energia, verificam-se ajustes morfofisiológicos que permitem que as plantas se adequem às diferentes condições de luminosidade (VALLADARES et al., 2007), estas são conhecidas como plasticidade fenotípica. Valladares et al. (2005) apontam que plantas jovens apresentam maiores níveis de plasticidade em comparação às adultas, demonstrando a importância de tais ajustes no estabelecimento das plantas a um ambiente específico. De acordo com Lunz (2006), a partir da redução da disponibilidade de energia luminosa as plantas podem apresentar adaptações morfológicas como aumento da área foliar específica, redução do índice de área foliar (IAF) e da densidade foliar e alterações arquiteturais de copa.

Assim, estudos das características ecofisiológicas podem ajudar a avaliar as respostas de espécies arbóreas nativas às diferentes condições ambientais e práticas silviculturais, permitindo, dessa forma, o melhor entendimento dos processos que influenciam em seu estabelecimento e crescimento (CAMPOE et al., 2014).

A escolha das espécies para compor plantios consorciados e de restauração por meio da compreensão das respostas ao ambiente luminoso é fundamental para o estabelecimento e perpetuação desses projetos (SUDING et al., 2015). Conforme Scalón et al. (2002), o grau de tolerância ao sombreamento das espécies pode ser inferido por meio de avaliações das características de seu crescimento. Assim, o crescimento inicial das plantas pode refletir a capacidade de adaptação das espécies às condições ambientais, sobretudo às de luminosidade (ALMEIDA et al., 2005).

Entretanto, a literatura apresenta lacunas em relação ao entendimento das respostas ecofisiológicas, em especial à luminosidade. Assim, conhecer a necessidade de radiação solar de cada espécie e entender suas respostas às diferentes condições é importante para o melhor planejamento de sistemas de produção alternativos e assim fornecer as condições adequadas ao desenvolvimento de cada espécie (NAKAZONO, 2001; SAMPAIO, 2003; RIGHI, 2009; BERNARDES et al., 1998). Desta maneira, buscou-se com este estudo avaliar o crescimento de duas espécies arbóreas nativas em função da quantidade e qualidade da radiação solar, observando-se as modificações induzidas nas plantas submetidas a diferentes condições luminosas e verificando-se seu crescimento na fase de estabelecimento do plantio.

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização

O experimento foi realizado no período de outubro de 2022 a julho de 2023 na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (ESALQ - USP) no município de Piracicaba/SP, Brasil (coordenadas geográficas 22°42'30" S e 47°38'01" O) a uma altitude de 554 m. O clima da região é classificado como Cwa, segundo o método de Köppen (1936), caracterizado com verão úmido e quente e inverno seco e ameno. A temperatura média do mês mais quente é de 24,7 °C e do mês mais frio é de 17,7 °C, com pluviosidade média anual de 1273 mm.

Tratamentos

Foram selecionadas duas espécies arbóreas nativas, a saber: 1. araribá (*Centrolobium tomentosum* Guillem. Ex Benth, 1840) e, 2. mogno-brasileiro (*Swietenia macrophylla* King, 1886). Ambas as espécies são reconhecidas pela boa qualidade de suas madeiras e sua utilidade para a fabricação de peças de alto valor.

O araribá é uma árvore da família das leguminosas (Fabaceae) classificada como secundária a secundária tardia (PIÑA-RODRIGUES et al., 1997) com ocorrência na Mata Atlântica. Pode atingir 30 metros de altura, apresentando copa ampla e tronco cilíndrico e reto. Sua madeira é utilizada na construção civil, naval e na marcenaria. As cascas e raízes da espécie possuem propriedades tintoriais, sendo das cascas extraído um corante de tonalidade rosa ou carmim (BRAGA, 1960).

O mogno-brasileiro tem elevada importância comercial e desde 2014 consta da lista de espécies que, mesmo não estando em perigo de extinção, precisam ter seu comércio fiscalizado. Esta espécie possui ocorrência em toda a América do Sul e Central abrangendo a Amazônia brasileira (COSTA, MORAIS, CAMPOS, 2013). Seu tronco pode atingir 3,5 m de diâmetro e altura de 70 m. O mogno é classificado como uma espécie pioneira ou secundária tardia sendo considerado uma espécie heliófila (exige radiação intensa para desenvolvimento). Porém, a espécie tem sido reconhecida como tolerante a níveis intermediários de disponibilidade de radiação solar (TEREZO, 2002). Sua madeira é durável e utilizada para a fabricação de móveis e artigos de decoração por possuir cor atrativa, durabilidade, estabilidade dimensional e fácil manuseio (RIZZINI, 1990).

Para este estudo, as mudas foram obtidas junto ao viveiro municipal de Piracicaba, Brasil, pertencente à Secretaria Municipal de Agricultura e Abastecimento – SEMA e cultivadas em vasos contendo material de solo (argiloso) com volume de 25 litros. A irrigação foi realizada de forma periódica ao longo de todo o período experimental, evitando-se a ocorrência de déficit hídrico.

Para verificar o crescimento das espécies selecionadas às diferentes condições de radiação solar, as mudas foram alocadas em quatro tratamentos, sendo estes: 1. Pleno Sol (PS); 2. Sombreamento Natural em Mata (SNM); 3. Sombrite Preto 35% (SP35%) e; 4. Sombrite Vermelho 35% (SV35%). O tratamento PS representou 100% de luminosidade, condição normalmente adotada em

plantios de restauração e monoculturas. O tratamento SNM visou verificar as respostas das espécies estudadas às condições de luminosidade de floresta, em que a radiação solar sofre decréscimos de intensidade e alterações de sua composição espectral em seu interior. Como as plantas dos estratos superiores atuam como um filtro radiativo absorvendo aqueles comprimentos de onda mais interessantes a elas, o sub-bosque de florestas nativas é composto em grande parte por radiação na região do vermelho extremo. O tratamento SP35% teve como objetivo reduzir a radiação solar em 35% sem alteração do espectro eletromagnético. O tratamento SV35% teve como objetivo avaliar o crescimento das espécies quando submetidas à redução de 35% da radiação solar, porém com maior proporção de ondas na faixa do vermelho (VICTÓRIO et al., 2007). O controle da radiação solar por meio de sombrites é amplamente utilizado de modo a se conhecer a ecofisiologia das espécies estudadas com relação à disponibilidade de radiação solar, sendo as variáveis morfológicas as mais utilizadas para determinação do melhor ambiente luminoso para a espécie (AGUILERA et al., 2004).

Em cada tratamento, foram avaliadas cinco plantas de cada espécie.

Avaliação da luminosidade

A radiação solar em cada tratamento foi avaliada utilizando-se um luxímetro (Instrutherm®) ao longo de todo o dia, com medições realizadas de hora em hora (das 08 às 18 h), a cada dois meses, ao longo do período experimental. Para reduzir o intervalo de tempo entre as medições de cada tratamento foi utilizado o método do caminhamento

avaliando-se em cada momento todos tratamentos. Os dados obtidos no campo foram convertidos de lux para Densidade de Fluxo de Fótons Fotossintéticos (PPFD) – irradiância - por meio da multiplicação pelo fator 0,0185 (LEE, PARK, 2013). Os dados foram agrupados em função das estações do ano (primavera/verão e outono/inverno).

Medidas fitométricas

As medidas fitométricas foram realizadas entre outubro de 2022 e julho de 2023 a fim de verificar a arquitetura e crescimento das plantas no período.

O crescimento das plantas foi avaliado quinzenalmente a partir das seguintes variáveis: 1. Diâmetro do tronco, medido a cinco centímetros do colo da planta com o auxílio de um paquímetro digital (Mitutoyo® Absolute); 2. Altura da planta (do solo até o topo da planta); 3. Altura do tronco (do solo até a inserção do primeiro galho da copa); 4. Diâmetro da copa, tomando-se os alinhamentos norte/sul e leste/oeste, com auxílio de fita métrica de 1,5 m.

As características arquiteturais foram calculadas de acordo com a metodologia proposta por Leong (1980), sendo: 1. Comprimento da copa (diferença entre as medidas de altura da planta e altura do tronco); 2. Porcentagem de copa (relação do comprimento da copa sobre a altura da árvore) e; 3. Área da superfície da copa (área externa da copa calculada considerando um formato cônico).

A área do cone é dada por:

$$A = \pi r^2 + \pi r \sqrt{r^2 + h^2}$$

Onde r é o raio da copa e h refere-se à altura da copa

Determinação da fitomassa aérea

Ao final do período experimental foi realizada a determinação da fitomassa da parte aérea das plantas pelo método destrutivo. As plantas foram cortadas rente ao solo, procedendo-se à separação de seus componentes – tronco com casca, galhos e folhas. A fitomassa dos componentes das plantas foi medida diretamente no campo (peso úmido de campo) utilizando um jogo de balanças de molas de precisão (Pesola®) de diferentes capacidades. O material foi acondicionado em sacos de papel devidamente identificados e levados para secagem (65°C até peso constante) em estufa de circulação forçada (Marconi – MA-035®) pertencente ao laboratório de Ecofisiologia Florestal e Silvicultura – LEFS da ESALQ/USP. Após secagem, determinou-se a massa seca em balança digital de precisão (Bell Inc.®).

ANÁLISE DOS DADOS

Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Em cada tratamento, as cinco plantas de cada espécie foram distribuídas aleato-

riamente. Para cada variável, a homogeneidade da variância foi examinada pelo teste de Bartlett a 5% de significância, assim como a normalidade dos dados, pelo teste de Shapiro-Wilk a 5% de significância. Posteriormente, foi realizada a análise da variância (Teste F) dos resultados obtidos. Para a comparação entre as médias, foi realizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade (ZAR, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Radiação Solar

Independentemente do tratamento e da estação do ano (primavera/verão e outono/inverno), verificou-se um aumento da irradiância disponível às plantas de forma gradativa ao longo do dia, atingindo valores máximos entre às 12 e 13 horas e paulatina redução a partir das 14 horas nos tratamentos PS, SP35% e SV35% (Figura 1). Com relação ao tratamento SNM, observou-se menor variação da irradiância ao longo do dia devido à captação de parte da radiação solar pelo dossel superior, alterando a disponibilidade e qualidade da radiação solar das plantas do sub-bosque.

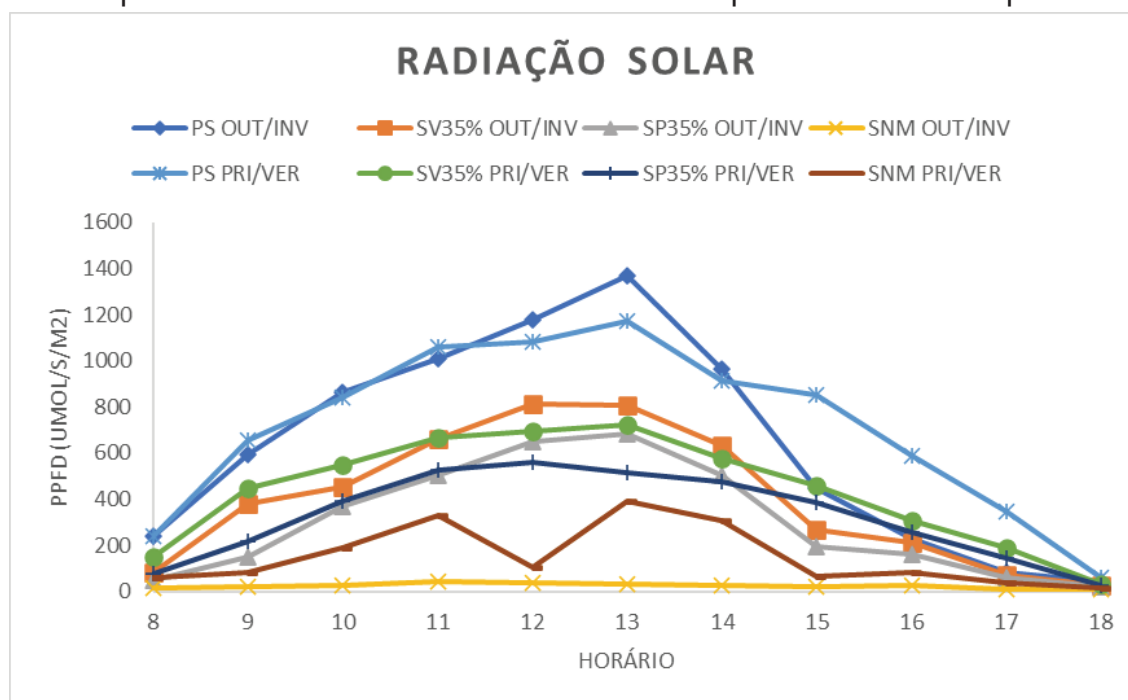


Figura 1. Variação da disponibilidade da densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (PPFD) ao longo do dia na estação primavera/verão e outono/inverno nos diferentes tratamentos experimentais: PS – pleno sol, SV35% - sombrite vermelho a 35%, SP35% - sombrite preto a 35% e, SNM – sombreamento natural da mata nativa. Piracicaba – SP.

A disponibilidade média de irradiância às plantas medida com o sensor ao longo do período experimental foi de 100% no PS, 62,2% no SV35%, 46,6% no SP35% e 14,5% no SNM.

Medidas fitométricas

Para a espécie araribá, observaram-se maiores valores nos tratamentos SV35% e SP35%, para as seguintes características: altura total, diâmetro de colo e massa seca total (Tabela 1). Estes resultados podem ser relacionados com a maior área, comprimento, diâmetro e porcentagem de copa que as plantas apresentaram nestes tratamentos. O araribá apresentou variações em sua copa apresentando comprimento de copa quase 5 e 2 vezes maior nos tratamentos com disponibilidade mediana de radiação solar do que no PS e SNM, respectivamente. O diâmetro de copa foi maior nos tratamentos SP35% e SV35% em aproximadamente 38% em relação ao PS e 13% maior que em SNM. A área de suas copas foram 116% e 44% maior nos tratamentos SP35% e SV35% em comparação ao PS e SNM, respectivamente. Os resultados obtidos estão de acordo com os trabalhos em que se observaram maiores valores de alturas em condições de sombreamento (MAZZEI et al., 1998; FELFILI et al., 1999; ATROCH et al., 2001). Mazzei e colaboradores (1998 e 1999) verificaram maiores valores de diâmetros de tronco quando as plantas foram submetidas às condições de sombreamento. Poorter (1999) verificou para 15 espécies arbóreas maiores taxas de crescimento em ambientes de irradiância intermediária, pois condições extremas de luminosidade (baixa e alta) podem representar ambientes de estresse para as plantas. Assim, a redução na irradiância disponível em 62,2% no trata-

mento SV35% e de 46,6% no tratamento SP35% propiciaram os ambientes luminosos mais adequados ao araribá nesta fase jovem de seu crescimento e desenvolvimento. Esse ajuste, resultou em maiores valores de diâmetro de tronco, altura total e massa seca da planta reflexo de sua maior área de copa e fotossíntese total.

O mogno-brasileiro apresentou valores superiores em todas as variáveis nos tratamentos PS, SV35% e SP35% em relação ao SNM (Tabela 1), de diâmetro de colo, altura total e massa seca total. Diâmetro do tronco, altura da planta e massa seca foram 42%, 37% e 137% superiores aos observados em plantas cultivadas em SNM respectivamente (Tabela 1). Estes resultados corroboram com a colocação de Gonçalves et al. (2001) que condições de baixa luminosidade podem não fornecer suprimentos adequados de energia, limitando o funcionamento da fotossíntese e assim o crescimento e desenvolvimento das plantas. O mogno-brasileiro exibiu um diâmetro de copa 40% maior nos tratamentos PS, SV35% e SP35% em relação SNM. As plantas no tratamento de menor luminosidade (SNM) apresentaram menor porcentagem de copa enquanto que aquelas em áreas mais iluminadas (PS; SV35% e SP35%) tiveram de 30 a 40% de sua altura coberta por folhas. As mudas sob os tratamentos de luminosidade intermediária (SP35% e SV35%) apresentaram um maior comprimento e superfície de suas copas, ficando aquelas a pleno sol (PS) com tamanho intermediário. As plantas sob maior disponibilidade de radiação (altura média de 1,4 m) cresceram 60% mais do que aquelas no SNM que

apresentavam apenas 88 cm de altura. Apesar de não ter sido possível observar uma diferença estatística em relação ao tratamento a pleno sol (PS), as mudas sob os tratamentos SV35% e SP35% apresentaram uma biomassa aérea do tronco e total 22 e 17% maiores. Há uma necessidade de aumentar o número de repetições em casos como estes em que as diferenças são relativamente pequenas. Dessa forma, observou-se que mogno-brasileiro apresenta capacidade de crescer em ambientes com redução de luminosidade em até 53,4% (valor de radiação solar medido em SP35%) sem que haja interferência negativa no crescimento. Todos estes aspectos indicam tanto o excesso de sombreamento que levou ao pequeno crescimento das mudas como a grande habilidade do mogno-brasileiro em suportar reduções desta magnitude. Apesar de terem apenas ~15% da radiação disponível, as plantas submetidas ao tratamento SNM apresentaram ~40% da biomassa daquelas sob as condições mais adequadas (PS, SV35% e SP35%) – valores similares foram observados também para o araribá – demonstrando um aumento da eficiência do uso da radiação solar. De outro modo, os resultados apontam à baixa eficiência no uso da radiação do mogno quando submetido às condições de alta insolação indicando um possível estresse às plantas.

De acordo com Gonçalves e colaboradores (2012), a adaptação das espécies a diferentes níveis de luminosidade é uma característica desejável para a utilização em plantios comerciais ou de restauração, visto que a radiação solar disponível no ambiente é heterogênea, variando no tempo e no espaço.

Face ao exposto, verificou-se que o araribá e o mogno-brasileiro conseguiram suportar reduções na disponibilidade lumínica ajustando suas características fenotípicas ao ambiente. O mogno-brasileiro conseguiu tolerar reduções de 35% de luminosidade mantendo suas características e biomassa. De outro modo, o araribá apresentou suas melhores produções em ambientes sob sombreamentos moderados (SP35% e SV35%) e reduções de seu crescimento tanto em condições de sombreamento mais severo (SNM) quanto em condições de pleno sol, indicando o estresse ao qual estava submetido e a necessidade de condições específicas para seu melhor crescimento.

O estudo das respostas de espécies arbóreas nativas sob diferentes níveis de radiação solar é fundamental, por possibilitar o conhecimento de características da planta e permitir a inferência sobre as melhores condições de manejo. Isto possibilitará o desenvolvimento de sistemas produtivos melhores e mais ajustados às diferentes espécies e à cada local, principalmente com relação à fase de estabelecimento dos plantios.

Não foi possível observar diferenças entre o sombreamento proporcionado pelos sombrites preto e vermelho (filtro) dadas as diferenças da radiação solar disponível medida (62,2% no SV35% e 46,6% no SP35%). De outro modo, isto indica uma faixa ótima de sombreamento às mudas ao redor de 50%. Há necessidade de experimentos de longo prazo para se avaliar as diferenças acumulativas entre plantas submetidas a diferentes ambientes radiativos tanto em sua intensidade como em qualidade espectral.

Tratamentos	Diâmetro de colo (mm)	Altura total (m)	Comprimento de copa (m)	Diâmetro de copa (m)	Área de copa (m²)	Porcentagem de copa (%)	Massa seca de tronco (g)	Massa seca de folhas (g)	Massa seca total (g)
Araribá									
PS	23,14 ± 1,86 ab	0,71 ± 0,12 ab	0,07 ± 0,06 b	0,72 ± 0,09 b	0,85 ± 0,20 b	10,01 ± 0,07 b	65,92 ± 20,36 b	34,66 ± 8,58 ns	100,58 ± 28,35 b
SV35%	25,41 ± 2,57 a	1,03 ± 0,24 a	0,48 ± 0,17 a	0,97 ± 0,08 a	1,80 ± 0,42 a	45,33 ± 0,10 a	116,97 ± 35,46 a	88,43 ± 34,11 ns	205,40 ± 69,43 a
SP35%	27,00 ± 1,40 a	0,95 ± 0,15 a	0,40 ± 0,15 a	1,02 ± 0,03 a	1,88 ± 0,22 a	41,07 ± 0,13 a	127,72 ± 29,30 a	110,19 ± 21,73 ns	237,91 ± 45,67 a
SNM	20,52 ± 1,59 b	0,59 ± 0,09 b	0,13 ± 0,06 b	0,88 ± 0,12 ab	1,27 ± 0,34 ab	23,21 ± 0,13 ab	45,42 ± 7,78 b	40,58 ± 14,73 ns	86,00 ± 20,34 b
Mogno									
PS	28,51 ± 2,74 a	1,33 ± 0,22 a	0,45 ± 0,28 ab	0,82 ± 0,06 a	1,37 ± 0,43 ab	31,96 ± 0,16 a	164,31 ± 47,77 a	84,98 ± 39,16 a	249,29 ± 84,51 a
SV35%	28,73 ± 2,04 a	1,40 ± 0,13 a	0,62 ± 0,25 a	0,85 ± 0,08 a	1,61 ± 0,54 a	42,88 ± 0,14 a	196,63 ± 34,58 a	104,11 ± 36,08 a	300,74 ± 66,99 a
SP35%	29,36 ± 2,22 a	1,47 ± 0,15 a	0,64 ± 0,18 a	0,89 ± 0,10 a	1,72 ± 0,19 a	42,97 ± 0,08 a	200,65 ± 30,49 a	84,64 ± 15,79 a	285,29 ± 40,99 a
SNM	20,23 ± 3,76 b	0,88 ± 0,01 b	0,05 ± 0,02 b	0,59 ± 0,14 b	0,58 ± 0,27 b	5,33 ± 0,03 b	81,65 ± 27,64b	22,89 ± 14,41 b	104,54 ± 32,94 b

Tabela 1. Parâmetros de arquitetura das mudas de araribá e mogno-brasileiro, expressos em média e desvio padrão para cada um dos tratamentos experimentais: PS – pleno sol, SV35% - sombrite vermelho a 35%, SP35% - sombrite preto a 35% e SNM – sombreamento natural da mata nativa durante o período experimental. Piracicaba - SP

*ns não significativo
**Médias na mesma coluna seguidas por letras iguais não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, em nível de 5 % de significância

CONCLUSÕES

O Araribá e o mogno-brasileiro apresentaram padrões distintos de resposta à radiação solar. O Araribá apresentou um maior crescimento quando cultivado sob sombreamento entre, aproximadamente, 46 e 62% indicando uma faixa ótima para seu desenvolvimento. Condições de pleno sol e de grande sombreamento, equivalente ao proporcionado por florestas maduras bem fechadas reduziram o crescimento da espécie. De outro modo, o mogno-brasileiro apresentou uma faixa mais ampla de adaptação à radiação solar, desde pleno sol à uma redução da radiação solar ao redor de ~55%, sem redução de seu crescimento. O mogno-brasileiro exibiu um crescimento reduzido quando submetido à uma condição de sombreamento elevado com ~15% de disponibilidade de radiação. Ambos os casos demonstraram a alta capacidade das espécies estudadas em suportar uma grande

redução na disponibilidade da radiação solar (~15%) mantendo-se vivas por aumentar a eficiência no seu uso.

AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos à Secretaria Municipal de Agricultura e Abastecimento – SEMA – e o viveiro municipal da Prefeitura de Piracicaba – SP pela doação das mudas na pessoa da Sra. Clementina Rossin. Aos Srs. Donizete Aparecido Sabino e Natanael da Silva Duarte pelo apoio incansável durante a realização deste estudo. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de iniciação científica do projeto referente ao processo número 2021/11140-4. Os autores são gratos ao revisor anônimo por seus valiosos comentários e criteriosa correção. Certamente estes contribuíram para o aprimoramento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S.M.Z.; SOARES, A.M.; CASTRO, E. M de; VIEIRA, C. V.; GAJEGO, E.B., 2005. Alterações morfológicas e alocação de biomassa em plantas jovens de espécies florestais sob diferentes condições de sombreamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 62-68.
- AGUILERA, D.B.; FERREIRA, F.A.; CECON, P.R., 2004. Crescimento de *Siegesbeckia orientalis* sob diferentes condições de luminosidade. **Planta Daninha**, 22:43-51.
- ATROCH, E.M.A.C.; SOARES, A.M.; ALVARENGA, A.A.; CASTRO, E.M., 2001. Crescimento, teor de clorofilas, distribuição de biomassa e características anatômicas de plantas jovens de *Bauhinia forficata* Link. submetidas a diferentes condições de sombreamento. **Ciência e Agrotecnologia**, v.25, p.853-862.
- BERNARDES, M.S., 1993. **Simulation of agroforestry systems: the case of rubber tree associated with other crops**. Wageningen. Wageningen Agricultural University. (Monografia).
- BERNARDES, M.S.; GOUDRIAAN, J.; CÂMARA, G.M.S.; DOURADO-NETO, D., 1998. Tree-crop interactions in agroforestry system of rubber with soybean and maize. In: CONGRESS OF THE EUROPEAN SOCIETY FOR AGRONOMY, 5., Nitra, 1998. Short communications. Nitra: ESA, v.2, p.125-126.
- BRAGA, R., 1960. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. Fortaleza: Departamento Nacional de Obras Contra as Secas.
- CAMPOE, O.C.; IANELLI, C.; STAPE, J.L.; COOK, R.L.; MENDES, J.C.T.; VIVIAN, R., 2014. Atlantic Forest tree species responses to silvicultural practices in a degraded pasture restoration plantation: From leaf physiology to survival and initial growth. **Forest Ecology and Management**, 233-242.
- COSTA, J.R.; MORAIS, R.R.; CAMPOS, L.S., 2013. **Cultivo e manejo do mogno (*Swietenia macrophylla* King)**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental.
- FELFILI, J.M.; HILGBERT, L.F.; FRANCO, A.C.; SOUSA-SILVA, J.C.; RESENDE, A.V.; NOGUEIRA, M.V.P., 1999. Comportamento de plântulas de *Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *rubiginosum* (Tul.) Benth. sob diferentes níveis de sombreamento, em viveiro. **Revista Brasileira de Botânica**, v.22, n.2, p.297-301.
- GANDOLFI, S., 2000. **História Natural de uma Floresta Estacional Semidecidual no Município de Campinas** (São Paulo, Brasil). Tese de Doutorado, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 520p.
- GONÇALVES, J.F.C.; MARENCO, R.A.; VIEIRA, G., 2001. Concentration of photosynthetic pigments and chlorophyll fluorescence of mahogany and tonka bean under two light environments. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.13, n.2, p.49-157.

- GONÇALVES, J.F.C.; SILVA, C.E.M.; JUSTINO, G.C.; NINA JÚNIOR, A.R., 2012. 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.
- KÖPPEN, W., 1936. **Das geographische System der Klimate**. Gebrüder Borntraeger: Berlin, Germany. p. 1–44.
- LEE, S.; PARK, S., 2013. **Energy savings of home growing plants by using daylight and LED**. In Proceedings of the 2013 IEEE Sensors Applications Symposium Proceedings, Galveston, TX, USA, 19-21.
- LEONG, W., 1980. **Canopy modification and its effects on growth and yield of *Hevea brasiliensis***. Faculty of Agricultural Sciences of Ghent. 283 p. (*Tese de Doutorado*).
- LUNZ, A.M.P., 2006. **Crescimento e produtividade do cafeeiro sombreado e a pleno sol**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 94 p., (*Tese de Doutorado*)
- MAWPHLAND, O.I.L.; KHARSHIING, E.V., 2017. Photoreceptor mediated plant growth responses: implications for photoreceptor engineering toward improved performance in crops. **Front Plant Science**. DOI: 10.3389/FPLS.2017.01181.
- MAZZEI, L.J., FELFILI, J.C.; REZENDE, A.V.; FRANCO, A.C.; SOUSA-SILVA, J.C., 1998. Crescimento de plântulas de *Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire, Steyermark e Frodin em diferentes níveis de sombreamento no viveiro. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v.3, p.27-36.
- MAZZEI, L.J.; SOUSA-SILVA, J.C.; FELFILI, J.M.; REZENDE, A.V.; FRANCO, A.C., 1999. Crescimento de plântulas de *Hymenaea coubaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee e Lang. em viveiro. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer, Brasília**, v.4, p.21-29.
- NAKAZONO, E.M.; COSTA, M.C.; FUTATSUGI, K.; PAULILO, M.T.S., 2001. Crescimento inicial de *Euterpe edulis* Mart. em diferentes regimes de luz. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 2, p. 173–179.
- PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; LOPES, L.; BLOOMFIELD, V.K., 1997. Análise do desenvolvimento de espécies arbóreas da Mata Atlântica em sistema de plantio adensado para a revegetação de áreas degradadas de encosta, no entorno do Parque Estadual do Desengano (RJ). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. **Do substrato ao solo: trabalhos voluntários**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p. 283-291.
- POORTER, L., 1999. Growth responses of 15 rain-forest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits. **Functional Ecology**, v.13, n. 3, p.396-410.

- RIGHI C.A., 2009. **A utilização do eucalipto em sistemas agroflorestais: produção, ambiente e inserção social**. Piracicaba- SP, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. (*Dissertação de mestrado*).
- RIZZINI, C.T., 1990. **Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira**. 2 ed. São Paulo: Edgar Blucher.
- SAMPAIO, L.S., 2004. **Radiação e crescimento de plantas jovens de açaí em sistemas agroflorestais**. 2003. Tese (Doutorado em Fitotecnica) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SCALON, S. de P.Q., MUSSURY, R.M., RIGONI, M.R., VERALDO, F., 2002. Crescimento inicial de mudas de espécies florestais nativas sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 26, n.1, p. 1-5.
- SUDING, K.; HIGGS, E.; PALMER, M.; CALLICOTT, J.B.; ANDERSON, C.B.; BAKER, M.; GUTRICH, J.J.; HONDULA, K.L.; LAFEVOR, M.C.; LARSON, B.M.H; RANDALL, A.; RUHL, J.B.; SCHWARTZ, K.Z.S., 2015. Committing to ecological restoration. **Science** 348, 638-640. DOI: 10.1126/Science.aaa4216.
- TEREZO, E.F. de M., 2002. **Estatu-
ra do mogno (*Swietenia macro-
phylla*, King) na Amazônia brasi-
leira**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente.
- VALLADARES, F.; ARRIETA, S.; ARANDA, I.; LORENZO, D.; TENA, D.; SÁNCHEZGÓMEZ, D.; SUA-
REZ, F.; PARDOS, J., 2005. A. Sha-
de tolerance, photoinhibition sensi-
tivity and phenotypic plasticity of
Ilex aquifolium in continental-Medi-
terranean sites. **Tree Physiology**,
v. 25, n. 8, p. 1041-1052.
- VALLADARES, F.; GIANOLI, E.; GÓ-
MEZ, J. M., 2007. Ecological limits
to plant phenotypic plasticity. **New
Phytologist**, v. 176, p. 749-763.
- VICTÓRIO, C. P.; KUSTER, R. M.;
LAGE, C. L. S, 2007. Qualidade de
Luz e Produção de Pigmentos Fo-
tossintéticos em Plantas In Vitro de
Phyllanthus tenellus Roxb. **Revista
Brasileira de Biociências**, Porto
Alegre, v. 5, supl. 2, p. 213-215.
- ZAR, J.H., 2010. Multiple comparisons.
In: PEARSON PRENTICE-HALL
(ed.). *Biostatistical Analysis*. 5. ed,
226–248.

Recebido em: dez, 11, 2024.

Aceito em: jun, 17, 2025