

# CRESCIMENTO INICIAL DE *Tabebuia aurea* SOB TRÊS INTENSIDADES LUMINOSAS EM SOLO ARENOSO

Ademir Kleber Morbeck de Oliveira<sup>1</sup>, Sônia Cristina Juliano de Gualtieri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Biólogo, Dr., Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional, Universidade Anhanguera-Uniderp, Campo Grande, MS, Brasil - akmorbeck@hotmail.com

<sup>2</sup>Bióloga, Dra., Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, UFSCar, São Carlos, Brasil - dscp@ufscar.br

Recebido para publicação: 28/09/2011 – Aceito para publicação: 13/04/2012

---

## Resumo

O crescimento inicial da espécie *Tabebuia aurea* foi analisado mensalmente, durante um período de 150 dias após a emergência, a pleno sol ( $1.200 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , valor máximo) e sob dois sombreamentos artificiais ( $950$  e  $750 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) em solo arenoso. Os resultados indicam que as plântulas se desenvolvem melhor sob luminosidade média e máxima ( $950$  e  $1.200 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ), atingindo, respectivamente,  $7,2$  e  $8,9$  g de matéria seca e índice de robustez de  $0,019$  e  $0,021 \text{ g.cm}^{-1}$  aos 150 dias de cultivo. Para todas as luminosidades nas quais as plântulas foram cultivadas, elas apresentaram elevada plasticidade fenotípica para o índice de robustez e biomassa seca total, indicando adaptação aos ambientes de cultivo.

*Palavras-chave:* Bignoniaceae; sombreamento artificial; plantas medicinais; ipê.

## Abstract

*Initial growth of Tabebuia aurea under three luminous intensities in sandy soil.* The initial growth of *Tabebuia aurea* species was analyzed during a period of 150 days after the emergency, full sun ( $1200 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  maximum values) and under two artificial shade ( $950$  and  $750 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  maximum values) in sandy soil. The obtained results indicate that this species grows better under brightness of  $950$  and  $1200 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , reaching  $7.2$  and  $8.9$  g of dry material and index of robustness  $0.019$  and  $0.021 \text{ g cm}^{-1}$  to 150 days of cultivation. The species presents high phenotypic plasticity in relation to the total biomass and index of robustness parameter, which points to its adaptation to culture environments.

*Keywords:* Bignoniaceae; artificial shadow; medicinal species; ipê.

---

## INTRODUÇÃO

A espécie *Tabebuia aurea* (Manso) B. et H., popularmente conhecida como paratudo ou ipê-amarelo, é comumente encontrada em solos arenosos no Pantanal e em áreas de cerrado, no estado do Mato Grosso do Sul, além de outras regiões da América Latina (SOARES; OLIVEIRA, 2009).

Sua madeira tem valor econômico e é utilizada para confecção de ferramentas, móveis, artigos esportivos e na construção civil, entre outros usos, podendo ainda ser empregada em arborização e paisagismo (LORENZI, 2002). Na medicina popular, é utilizada como antianêmica, antitérmica, diurética, vermífuga e purgativa, visando combater gripe, diabetes, malária e inflamações em geral, entre outros usos (POTT; POTT, 1994; LORENZI; ABREU MATOS, 2002).

Milaneze-Gutierrez *et al.* (2003) destacam que a comercialização de plantas medicinais pode constituir uma opção para a obtenção de renda para o produtor rural, podendo auxiliar na redução do extrativismo e melhorar a qualidade dos produtos de origem vegetal. De acordo com Boeger *et al.* (2009), o estudo sobre as variações de comportamento de crescimento de espécies em diferentes regimes de luz auxiliam no processo de estudo de viabilidade para sua utilização em reflorestamentos ou cultivo, entre outras ações.

Apesar de seu potencial de utilização, existem poucos trabalhos referentes a seu crescimento inicial (CABRAL *et al.*, 2004; PACHECO *et al.*, 2008), necessitando-se, portanto, de mais estudos básicos e aplicados.

Uma das maneiras de se avaliar o crescimento da planta sob diferentes condições é através da análise de crescimento, utilizada para predizer o grau de tolerância das diferentes espécies às mudanças na quantidade de radiação recebida, empregando-se diferentes variáveis para avaliação de suas respostas à intensidade luminosa (BENICASA, 2003). Givnish (1988), Bragg e Westoby (2002) e Taiz e Zeiger (2009) afirmam que a luz afeta a morfologia dos vegetais, e os ajustes morfofisiológicos que ocorrem nas plantas quando submetidas a diferentes condições de luminosidade estão relacionados à manutenção do balanço entre ganho do carbono (fotossíntese) e perda de água (transpiração).

Em relação às espécies nativas, existe uma grande diversidade de respostas quanto ao crescimento relacionado à luminosidade, com muitas dessas estratégias ligadas aos grupos sucessionais a que essas espécies pertencem: pioneiras, intermediárias ou clímaxes (LARCHER, 2004; BEGON *et al.*, 2007).

Lutge (1997) e Taiz e Zeiger (2009) afirmam que, entre os grupos, as espécies verdadeiramente tolerantes ao sombreamento teriam menor plasticidade fenotípica, analisando-se suas características morfológicas e fisiológicas, em comparação às espécies não tolerantes. Dessa maneira, a hipótese desta pesquisa é que *T. aurea* se desenvolve melhor em maiores luminosidades, tomando-se em consideração seu grupo ecológico, pioneira.

Levando-se em conta as características da espécie, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento inicial de *T. aurea* em solo arenoso sob três intensidades luminosas, visando a produção de mudas mais vigorosas.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos de *Tabebuia aurea* foram colhidos de matrizes localizadas no Passo do Lontra, sub-bacia do rio Miranda (Bacia do Alto Paraguai), município de Corumbá, Mato Grosso do Sul, e transportados em sacos de papel para a cidade de São Carlos, São Paulo.

Após a abertura dos frutos por deiscência natural, foram escolhidas sementes sem sinais aparentes de ataque por insetos e de tamanhos similares. Posteriormente, foram colocadas para germinar em caixas tipo gerbox, forradas com duas folhas de papel de filtro, em temperatura ambiente, no laboratório de Fisiologia Vegetal da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Depois da emissão da radícula, as plântulas foram colocadas em bandejas de alumínio contendo vermiculita, irrigadas diariamente com água destilada e, após atingirem a altura de 7 cm acima do substrato, foram transplantadas para sacos de plantio (sacos pretos de 28 x 40 cm – largura x altura –, com capacidade para 8 litros, contendo substrato, sendo que cada recipiente recebeu uma única plântula) e levadas para campo.

O substrato utilizado, Latossolo Vermelho-Amarelo, de textura franco arenosa (68,3% de areia, 5,1% de silte e 26,6% de argila), foi coletado no campus da UFSCar, em área de cerrado, a uma profundidade de 0 a 20 centímetros, peneirado, seco e então enviado para análise. O substrato apresentou as seguintes características (Tabela 1):

Tabela 1. Atributos químicos avaliados para solo coletado na UFSCar [P: fósforo (método da resina mg.dm<sup>-3</sup>), MO: matéria orgânica (%), pH (CaCl<sub>2</sub>), K: potássio (cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>), Ca: cálcio (cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>), Mg: magnésio (cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>), Al: alumínio (cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>), SB: soma das bases].

Table 1. Chemical attributes evaluated for soil collected in UFSCar [P: phosphorus (resin methods mg.dm<sup>-3</sup>), MO: organic matter (%), pH (CaCl<sub>2</sub>), K: potassium (cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>), Ca: calcium (cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>), Mg: magnesium (cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>), Al: aluminum (cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>), SB: sum of bases].

Atributos	P	MO	pH	K	Ca	Mg	Al	SB
Valor	02	2,07	4,33	0,09	0,72	0,56	3,4	1,37

A região onde foi desenvolvido o experimento, cidade de São Carlos, apresenta clima classificado como Cwb, segundo Köppen, com estações climáticas bem definidas, sendo uma seca, de abril a setembro, e outra chuvosa, de dezembro a fevereiro (região tropical). Segundo Nimer (1972), o clima é caracterizado como tropical (pelo ritmo sazonal das precipitações), subquente (por apresentar temperatura média anual abaixo dos 22 °C e pelo menos um mês com temperatura média inferior a 18 °C)

e úmido (curta e pouco sensível estação seca no inverno), com médias anuais de precipitação entre 1.200 e 1.500 mm.

Os recipientes contendo as plântulas, regadas diariamente, foram divididos em três grupos. Levando-se em consideração um dia ensolarado, sem nuvens, o primeiro lote foi mantido a pleno sol, com radiação máxima de  $1.200 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  (100% de luminosidade). O segundo, colocado em casa de vegetação coberta com tela de sombreamento (sombrite), com passagem máxima de  $950 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  de radiação (79,2%). O terceiro, colocado em casa de vegetação com passagem máxima de  $750 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  de luminosidade (62,5%). Os valores de luminosidade foram obtidos com o uso de um analisador portátil de gás infravermelho (ADC-LCA-2).

A partir de 37 dias, considerando-se sete dias de crescimento das plântulas antes do transplante e 30 dias de crescimento em saco de plantio, começaram a ser realizadas as coletas mensais (dezembro a maio), para a obtenção das variáveis altura, área foliar, massa da matéria seca da raiz, parte aérea e biomassa total, com o delineamento experimental realizado em blocos ao acaso, em esquema fatorial  $3 \times 5$ , composto por três intensidades luminosas x cinco épocas de coleta, sendo utilizadas quatro plantas por tratamento a cada coleta. Não foram feitas avaliações das plântulas transplantadas (exceto a altura aproximada, 7 cm).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando o programa estatístico Bioestat 4.0 (AYRES *et al.*, 2004), sendo a média das variáveis significativas submetidas ao teste de Tukey a 5% ( $p < 0,05$ ) de probabilidade.

As variáveis biométricas foram obtidas de acordo com as citações de Radford (1967) e Benicasa (2003), sendo altura (cm), área foliar ( $\text{cm}^2$ ), feita através de moldes de papel, e matéria orgânica investida em cada órgão (massa seca), além de ser feita a relação da massa seca da parte aérea com a massa seca da raiz (MSPA/MSR). O índice de plasticidade fenotípica (IPF) foi obtido pela equação: valor máximo do parâmetro avaliado menos o valor mínimo do parâmetro avaliado, dividido pelo valor máximo do parâmetro avaliado; o índice de robustez (IR) ( $\text{g.cm}^{-1}$ ) foi pela fórmula: massa dividida pelo comprimento, determinados de acordo com Valladares (2000).

Para determinação da massa seca, o material foi coletado, acondicionado em sacos de papel e então colocado em estufa de ventilação forçada a  $80\text{--}90 \text{ }^\circ\text{C}$  durante 48 h, sendo posteriormente determinada a massa separadamente em balança analítica.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à altura, os resultados foram similares nas três intensidades luminosas aos 150 dias, atingindo o máximo de 27,5, 28 e 27,1 cm de altura para as intensidades de 750, 950 e  $1.200 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , respectivamente, indicando que as diferentes condições não influenciaram no crescimento (Tabela 2). A única exceção a esse padrão ocorreu a 90 dias, quando plantas cultivadas a  $1.200 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  apresentaram maior altura. O coeficiente de variação para essa variável indicou que os desvios relativamente à média são pequenos (entre 19 e 23%), sinal de crescimento com pequena variação.

De acordo com Larcher (2004), ocorre um ajuste das taxas metabólicas, com maior alocação de carbono para o caule, quando a planta é submetida a condições de radiação que não são as apropriadas ao seu melhor crescimento, o que foi observado, pois todos os tratamentos apresentaram resultados similares, demonstrando que ocorreu uma adaptação da espécie ao ambiente sombreado, com alocação de carbono para o sistema aéreo, o que permitiu um crescimento análogo ao ambiente de pleno sol. Esses resultados indicam que, na fase inicial de crescimento, a espécie apresenta uma plasticidade de comportamento em relação a esse parâmetro, podendo crescer tanto em áreas de dossel fechado como em clareiras, comportamento de espécies pioneiras e secundárias.

Em relação ao parâmetro área foliar, há um aumento contínuo dos valores para todos os ambientes de cultivo. Ao final do experimento, aos 150 dias, os valores máximos obtidos são similares para todos os tratamentos, com indivíduos cultivados em  $750 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  apresentando  $394,3 \text{ cm}^2$ , em  $950 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ,  $388 \text{ cm}^2$ , e em  $1.200 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ,  $402,1 \text{ cm}^2$  (Tabela 2). O coeficiente de variação para essa variável indicou que os desvios relativamente à média são grandes (entre 49 e 60%), sinal de crescimento com grande variação, o que seria esperado.

Porém deve-se frisar que os valores similares foram obtidos ao final do processo de crescimento (150 dias). Durante quase todo o período de avaliação, plantas crescidas em 950 e 1.200  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  apresentaram maiores valores de área foliar.

Tabela 2. Valores médios de altura e área foliar de *Tabebuia aurea* após 37, 60, 90, 120 e 150 dias, cultivadas em sacos plásticos em três condições luminosas.

Table 2. Average values of height and foliar area of *Tabebuia aurea* after 37, 60, 90, 120 and 150 days, cultivated in bags of plantation under three luminous conditions.

Dias	37,5% sombreamento		20,8% sombreamento		Pleno sol	
	Altura (cm)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Altura (cm)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Altura (cm)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )
37	15,0aA	73,9 aA	16,0aA	104,2 aB	17,5 aA	111,8 aC
60	19,8 bA	132,4 bA	16,9 aA	108,2 aB	19,3 aA	140,2 bA
90	19,8 bA	195,7cA	21,1 bA	211,8 bB	25,6 bB	253,8 cC
120	20,0cA	200,7 cA	24,0cA	295,6 cB	25,8 bA	320,7 dC
150	27,5 dA	394,9 dA	28,0dA	388,2dA	27,1 bA	402,1 eA
d.p.	4,7	120	5	122	4,3	121
c.v. (%)	23	60	24	55	19	49

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Boeger *et al.* (2009), trabalhando com quatro espécies, encontrou diferenças significativas para *Mikania glomerata* Spreng. e *Bauhinia forficata* Link., com plantas crescendo no tratamento sombra com maior área foliar. Já para *Maytenus ilicifolia* (Schrad.) Planch. e *Vitex megapotamica* (Spreng.) Moldenke, não ocorreram diferenças entre indivíduos crescendo em maior ou menor luminosidade quanto a área foliar, resultados similares aos encontrados para *T. aurea*, ao final do experimento.

Vários estudos indicam que plantas em ambientes sombreados geralmente alocam maior quantidade de biomassa nas folhas com maior área foliar (POORTER, 1999; LEE *et al.*, 2000). Smith *et al.* (1997), Klich (2000) e Gonçalves *et al.* (2005) também descrevem que as folhas mudam suas características estruturais para se adaptar a diferentes níveis de luminosidade. Larcher (2004) e Taiz e Zeiger (2009) informam que a alteração desse parâmetro também é um mecanismo para compensar as baixas intensidades luminosas. Para o período de estudo, as áreas foliares similares indicam adaptação da espécie para todos os ambientes com diferentes níveis de sombreamento, resultado similar ao parâmetro altura e também indicando plasticidade de comportamento na fase inicial de crescimento.

A massa da parte aérea indica que todas as intensidades luminosas propiciaram acúmulo de biomassa similar aos 150 dias, não ocorrendo diferenças significativas no crescimento. As plântulas cultivadas sob 750  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  apresentaram, em média, 2,3 g na luminosidade de 950  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  e 2,4 g em 1.200  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  (Tabela 3), com um aumento gradual na massa seca da parte aérea no decorrer do tempo, o que seria esperado. Apenas aos 37 e 120 dias ocorreram diferenças significativas no acúmulo de massa seca, com plantas cultivadas em 950 e 1.200  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  apresentando maiores valores. O coeficiente de variação para essa variável indicou que os desvios relativamente à média são grandes (entre 44 e 58%), indicação de crescimento com grande variação. Esse parâmetro também demonstra que a espécie possui, nessa fase, capacidade de adaptação e crescimento em diferentes situações de luminosidade, outro indicativo de pertencer a mais de um grupo sucessional, pois não ocorreu um melhor crescimento, contínuo, para determinada luminosidade.

Boeger *et al.* (2009), trabalhando com quatro espécies, encontraram diferenças significativas para massa fresca e seca da parte aérea de *M. glomerata*, com maiores valores para plantas crescidas na sombra. Já *B. forficata*, *M. ilicifolia* e *V. megapotamica* não apresentaram diferenças significativas entre indivíduos crescendo em maior ou menor luminosidade, resultados similares aos encontrados para *T. aurea*, ao final do experimento. Trabalhos como Klich (2000), com *Elaeagnus angustifolia* L. e Hanba *et al.* (2002), com espécies do gênero *Acer*, indicaram resultados contrários, com plantas crescendo em diferentes luminosidades apresentando diferenças na sua morfologia foliar.

Em relação ao sistema radicular, as plantas crescidas em maior luminosidade sempre apresentaram valores mais elevados, chegando a 4,8 e 6,5 g em 950 e 1.200  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , respectivamente, aos 150 dias (Tabela 3). O coeficiente de variação para essa variável indicou que os desvios relativamente à média são grandes (entre 79 e 83%), sinal de crescimento com grande variação, o que seria esperado. Resultados similares foram encontrados por Dias-Filho (2000), trabalhando com *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu e *B. humidicola* (Rendle) Schweick, com plantas sombreadas alocando significativamente menos biomassa nas raízes e mais nas folhas.

Larcher (2004) e Taiz e Zeiger (2009) afirmam haver uma hierarquia para a distribuição de energia produzida pelas plantas. Geralmente, os centros de crescimento são supridos com fotoassimilados provenientes da fonte mais próxima, sendo então a raiz suprida com carbono pelas folhas da base do caule. Em continuidade, as folhas centrais suprem o caule e as folhas do topo suprem as folhas jovens em crescimento. Dessa maneira, as folhas situadas na base da copa, que sofrem um maior sombreamento causado pelas folhas situadas na parte superior, ficaram ainda mais prejudicadas pelo sombreamento artificial produzido nas casas de vegetação. Assim, quanto maior o sombreamento, menor massa seca da raiz e, quanto maior a intensidade luminosa, maior acúmulo de matéria seca, o que foi verificado para a espécie.

Por outro lado, Poorter (1999) afirma que plantas crescendo à plena luz investem em biomassa radicular para compensar a perda de água por transpiração e, devido às altas taxas fotossintéticas, produzem maior biomassa por unidade de área foliar, o que não foi observado para esta espécie.

Em todos os tratamentos, houve uma tendência constante de aumento de massa seca total (MST) (Tabela 3), com plantas cultivadas sob 1.200  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , a partir de 120 dias, apresentando o maior valor e atingindo, aos 150 dias, 8,9 g, indicando melhor adaptação à maior luminosidade. A luminosidade de 750  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  apresentou o menor acúmulo de biomassa (6,1 g). Esse maior crescimento está relacionado à capacidade de armazenamento de fotoassimilados no sistema radicular, mais acentuado a plena luz. O coeficiente de variação para essa variável indicou que os desvios relativamente à média são grandes (entre 66 e 78%), sinal de crescimento com grande variação, o que seria esperado no decorrer do tempo.

Tabela 3. Valores médios da massa seca (g) da parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MST) de *Tabebuia aurea* após 37, 60, 90, 120 e 150 dias, cultivadas em sacos plásticos em três condições luminosas.

Table 3. Average values of dry weight of the aerial part (MSPA), root (MSR) and total dry biomass (MST) of *Tabebuia aurea* after 37, 60, 90, 120 and 150 days, cultivated in bags of plantation under three luminous conditions.

Dias	37,5% sombreamento			20,8% sombreamento			Pleno sol		
	MSPA	MSR	MST	MSPA	MSR	MST	MSPA	MSR	MST
37	0,4 aA	0,2 aA	0,6 aA	0,7 aB	0,4 aB	1,1 aB	0,9 aB	0,5 aB	1,4 aB
60	0,9 bA	0,8 bA	1,7 bA	1,0 bA	1,0 bAB	1,9 bAB	1,0 aA	1,3 bB	2,3 bB
90	1,2 cA	1,8 cA	3,0 cA	1,3 bA	1,9 cA	3,3 cA	1,4 bA	2,4 cB	3,8 cB
120	1,5 cA	1,7 cA	2,9 cA	2,0 Cb	3,1 dB	5,2 dB	2,3 cB	3,6 dB	5,9 dB
150	2,3 dA	3,8 dA	6,1 dA	2,4 dA	4,8 eB	7,4 eB	2,4 cA	6,5 eC	8,9 eC
d.p.	1,2	1,4	2,1	1,5	1,8	2,5	1,6	2,3	3,0
c.v. (%)	58	81	72	8	79	66	44	83	68

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O índice de plasticidade fenotípica foi de 0,91 para a luminosidade de 750  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  e 0,85 para 950 e 1.200  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , indicando que, para esse parâmetro, a plasticidade fenotípica é alta, para as três condições luminosas. Os valores obtidos são similares entre si, sinalizando uma adaptação das plantas aos ambientes de cultivo, uma vez que existe habilidade de alterar sua fisiologia/morfologia em decorrência de interações ambientais. Novamente, pode-se afirmar que a espécie apresenta capacidade de crescimento em diferentes condições ambientais, sendo adaptada a situações de maior ou menor luminosidade.

A espécie é considerada uma árvore pioneira no Pantanal, de acordo com Pott e Pott (1994), e sua alta plasticidade fenotípica em função de diferentes níveis de sombreamento é um indicativo dessa característica. Esse tipo de adaptação é comum em espécies pioneiras, que possuem uma grande variação morfológica ao longo de diferentes gradientes ambientais (CANHAM, 1989), permitindo sua sobrevivência em variadas situações.

A proporção de massa alocada para a parte aérea e raízes (Tabela 4) sofreu uma alteração no decorrer das coletas. Inicialmente, a maior parte da massa era acumulada na parte aérea, porém com uma diminuição proporcional contínua desses valores nos órgãos superiores à medida que as plantas cresciam. A partir de 60 dias, o sistema radicular começa a receber a maior parte da massa produzida. Ao final do experimento, a proporção era de 0,6 em  $750 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  e  $0,51 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  em 950 e 0,38 em  $1.200 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . Ocorre uma tendência constante de maior acúmulo no sistema radicular, porém essa tendência é mais acentuada no tratamento  $1.200 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . O coeficiente de variação para essa variável indicou que os desvios relativamente à média são grandes (entre 51 e 69%), sinal de crescimento com grande variação, o que seria esperado no decorrer do tempo.

Tabela 4. Valores médios da relação MSPA/MSR de *Tabebuia aurea* após 37, 60, 90, 120 e 150 dias cultivadas em sacos plásticos em três condições luminosas.

Table 4. Average values of MSPA/MSPS relation of *Tabebuia aurea* after 37, 60, 90, 120 and 150 days, cultivated in bags of plantation under three luminous conditions.

Dias	37,5% sombreamento	20,8% sombreamento	Pleno sol
37	1,70 aA	1,90 aA	1,90 aA
60	1,10 bA	1,00 bA	0,78 bA
90	0,66 cA	0,69 bcA	0,65 bA
120	0,65 cA	0,65 cA	0,60 bA
150	0,60 cA	0,51 cA	0,37 cB
d.p.	4,8	5,4	5,9
c.v. (%)	51	58	69

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os indivíduos respondem de forma distinta aos diferentes níveis de intensidade luminosa, em termos de alocação de fotoassimilados, morfologia e crescimento relativo. De acordo com Mulkey *et al.* (1996) e Larcher (2004), sob baixa intensidade luminosa haverá menor alocação de fotoassimilados preferencial para as raízes do que para as folhas. Pooter (1999) afirma que uma modificação importante observada em plantas crescendo sob alta intensidade luminosa seria o maior investimento em biomassa do sistema radicular, o que foi observado para as plantas desta espécie, resultando em maiores valores de razão de massa radicular e no balanço mais adequado entre a superfície de transpiração foliar e biomassa radicular.

De acordo com Paulilo e Felipe (1995) e Marschner (1995), plantas de ambientes pouco férteis ou sujeitos a estresses periódicos também possuem uma tendência de armazenar maiores quantidades de nutrientes na raiz, para aproveitá-los quando a oferta desse nutriente for menor, mantendo assim um crescimento constante. Esse pode ser o caso desta espécie, que em vários de seus ambientes naturais, como a região do Pantanal ou o Cerrado, está sujeita a estresses sazonais (SOARES; OLIVEIRA, 2009).

O maior acúmulo de fitomassa seca no sistema radicular de *T. aurea*, a partir de 60 dias (Tabela 4), seria uma estratégia de sobrevivência durante os períodos desfavoráveis, pois uma maior alocação de fotoassimilados para a parte radicular propiciaria uma maior reserva quando as condições ambientais, como, por exemplo, o estresse hídrico, fossem adversas. Nesse sentido, as plantas crescidas sob maior intensidade luminosa seriam mais adaptadas para um possível estresse hídrico ou nutricional.

Em relação ao índice de robustez (Tabela 5), todos os tratamentos apresentaram tendência de crescimento, indicando que, à medida que as plantas da espécie crescem, ficam mais resistentes às alterações ambientais. Porém plantas crescendo em  $1.200 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  demonstraram maior robustez ( $0,021 \text{ g.cm}^{-1}$ ) aos 150 dias, em comparação com as plantas que cresceram a  $750 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . O coeficiente de variação para essa variável indicou que os desvios relativamente à média são grandes (entre

49 e 52%), sinal de crescimento com grande variação, o que seria esperado no decorrer do tempo. Os resultados encontrados indicam que as plântulas crescidas em maior luminosidade foram mais vigorosas. Os índices de plasticidade, 0,84 em 750  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , 0,78 em 950  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  e de 0,76 em 1.200  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , também demonstram que a espécie apresenta uma grande habilidade em alterar sua morfologia em decorrência de interações ambientais, como menor luminosidade.

Tabela 5. Valores médios em  $\text{g.cm}^{-1}$  de índice de robustez de *Tabebuia aurea* após 37, 60, 90 e 120 dias cultivadas em sacos de plantio em três condições luminosas.

Table 5. Average values in  $\text{g.cm}^{-1}$  of index of robustness of *Tabebuia aurea* after 37, 60, 90, 120 and 150 days, cultivated in bags of plantation under three luminous conditions.

Dias	37,5% sombreamento	20,8% sombreamento	Pleno sol
37	0,002 aA	0,004 aB	0,005 aB
60	0,006 bA	0,008 bB	0,008 bB
90	0,009 cA	0,012 cB	0,011 cB
120	0,008 cA	0,014 cB	0,014 cB
150	0,013 dA	0,019 dB	0,021 dB
d.p.	0,0039	0,0056	0,0063
c.v. (%)	50	49	52

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A espécie se desenvolve bem em diferentes luminosidades, demonstrando adaptação e capacidade de crescimento. Mas uma maior luminosidade seria mais adequada, produzindo mudas mais robustas. Dias-Filho (2000), com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *B. humidicola*, indica que variadas espécies, mesmo gramíneas, também conseguem desenvolver rapidamente ajustes fenotípicos em resposta a diferentes níveis de sombreamento.

## CONCLUSÃO

A espécie *Tabebuia aurea* apresenta melhor crescimento inicial quando mantida em maiores intensidades luminosas, com maior acúmulo de biomassa e índice de robustez, além de apresentar elevada plasticidade fenotípica para todos os ambientes de cultivo.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa concedida aos dois autores, e aos consultores, pelas sugestões dadas.

## REFERÊNCIAS

- AYRES, M.; AYRES JR., M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. S. **BioEstat 4.0**: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Manaus: Sociedade Civil Mamirauá, 2004. 364 p.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia**: de indivíduos a populações. Porto Alegre: Artmed, 2007. 752 p.
- BENICASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.
- BOEGER, M. R. T.; ESPÍNDOLA JÚNIOR, A.; MACCARI JÚNIOR, A.; REISSMANN, C. B.; ALVES, A. C. A.; RICKLI, F. L. Variação estrutural foliar de espécies medicinais em consórcio com erva-mate, sob diferentes intensidades luminosas. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 1, p. 215 - 225, 2009.
- BRAGG, J. G.; WESTOBY, M. Leaf size and foraging for light in a sclerophyll woodland. **Functional Ecology**, Oxford, v. 16, p. 633 - 639, 2002.

- CABRAL, E. L.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore submetidas a estresse hídrico. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 241 - 251, 2004.
- CANHAM, C. D. Different responses to gaps among shade tolerant tree species. **Ecology**, New York, v. 70, n. 3, p. 548 - 550, 1989.
- DIAS-FILHO, M. B. Growth and biomass allocation of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2335 - 2341, 2000.
- GIVNISH, T. J. Adaptation to sun and shade: a whole-plant perspective. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 15, p. 63 - 92, 1988.
- GONÇALVES, J. F. C.; VIEIRA, G.; MARRENCO, R. A.; FERRAZ, J. B.; JÚNIOR, U. M. S.; BARROS, F. C. Nutritional status and specific leaf area of mahogany and tonka beans under two light environments. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 35, n. 1, p. 23 - 27, 2005.
- HANBA, Y. T.; KOGAMI, H.; TERASHIMA, I. The effect of growth irradiance on leaf anatomy and photosynthesis in *Acer* species differing in light demand. **Plant Cell and Environment**, Kyoto, v. 25, p. 1021 - 1030, 2002.
- KLICH, M. G. Leaf variations in *Elaeagnus angustifolia* related to environmental heterogeneity. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 44, p. 171 - 183, 2000.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2004. 531 p.
- LEE, D. W.; OBERBAUER, S. F.; JOHNSON, P.; KRISHNAPILAY, B.; MANSOR, M.; MOHAMAD, H.; YAP, S. K. Effects of irradiance and spectral quality on leaf structure and function in seedlings of two southeast Asian *Hopea* (Dipterocarpaceae) species. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 87, n. 4, p. 447 - 455, 2000.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4 ed. Nova Odessa: Plantarum, 2002. v. 1. 384 p.
- LORENZI, H.; ABREU MATOS, F. J. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas**. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 512 p.
- LUTGE, U. **Physiological ecology of tropical plants**. Berlin: Springer-Verlag, 1997. 289 p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889 p.
- MILANEZE-GUTIERRE, M. A.; MELLO, J. C. P.; DELAPORTE, R. H. Efeitos da intensidade luminosa sobre a morfoanatomia foliar de *Bouchea fluminensis* (Vell.) Mold. (Verbenaceae) e sua importância no controle de qualidade da droga vegetal. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 23 - 33, 2003.
- MULKEY, S. S.; CHAZDON, R. L.; SMITH, A. P. (ed.). **Tropical forest plant ecophysiology**. New York: Chapman Hall, 1996. 675 p.
- NIMER, E. Climatologia da região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 1, p. 3 - 38, 1972.
- PACHECO, M. V.; MATOS, V. P.; FELICIANO, A. L. P.; FERREIRA, R. L. C. Germinação de sementes e crescimento inicial de plântulas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 143 - 150, 2008.
- PAULILO, M. T. S.; FELIPPE, G. M. Respostas de plântulas de *Qualea grandiflora* Mart., uma espécie arbórea de cerrado, à adição de nutrientes minerais. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 109 - 112, 1995.

POOTER, L. Growth responses of 15 rain-forest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits. **Functional Ecology**, Oxford, v. 13, n. 3, p. 396 - 410, 1999.

POTT, V. J.; POTT, A. **Plantas do Pantanal**. Corumbá: EMBRAPA-SPI, 1994. 320 p.

RADFORD, P. J. Growth analysis formulae - their use and abuse. **Crop Science**, Madison, v. 7, n. 3, p. 171 - 175, 1967.

SMITH, W. K.; VOGELMANN, T. C.; DELUCIA, E. H.; BELL, D. T.; SHEPHERD, K. A. Leaf form and photosynthesis: do leaf structure and orientation interact to regulate internal light and carbon dioxide? **Bioscience**, Washington, v. 47, n. 11, p. 785 - 793, 1997.

SOARES, J. J.; OLIVEIRA, A. K. M. Os paratudais no Pantanal de Miranda. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 339 - 347, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 722 p.

VALLADARES, F. Light and plant evolution: adaptation to the extremes versus phenotypic plasticity. In: GREPPIN, H. **Advanced studies in plant biology**. Geneve: University of Geneve, 2000. p. 341 - 355.

