

Desenvolvimento inicial de mudas de copaíba sob diferentes níveis de sombreamento e substratos¹

Early development of seedlings of copaiba under different shade levels and substrates

Tiago Reis Dutra^{2*}, Paulo Henrique Graziotti³, Reynaldo Campos Santana³ e Marília Dutra Massad²

Resumo - O presente estudo objetivou avaliar a influência de diferentes níveis de sombreamento e tipos de substratos no desenvolvimento inicial de mudas de copaíba. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados no esquema fatorial 5 x 4. Os tratamentos foram compostos pela combinação de cinco substratos, Bioplant®; 70% vermiculita + 30% casca de arroz carbonizada (70V+30CA); 40% vermiculita + 30% casca de arroz carbonizada + 30% fibra de coco (40V+30CA+30FC); 50% vermiculita + 30% casca de arroz carbonizada + 20% areia (50V+30CA+20A); 70% vermiculita + 15% casca de arroz carbonizada + 15% vermicomposto de resíduo de indústria têxtil (70V+15CA+15VC) e quatro níveis de sombreamento, (pleno sol (0%), 30; 50 e 70%) e três repetições. Foram avaliadas as seguintes variáveis: taxa de crescimento absoluto em altura e diâmetro; sobrevivência; massa seca de folhas, caule e raiz; massa seca total; razão entre massa seca da parte aérea e massa seca de raiz; e a razão de massa foliar. Os resultados demonstram que as mudas de copaíba necessitam de sombra em sua fase inicial de desenvolvimento, sendo o nível de 50% de sombreamento uma alternativa viável para produção de suas mudas. As mudas de copaíba crescidas no substrato 70V+30CA apresentaram maior produção de massa seca total, enquanto no Bioplant® observou-se características inferiores para a massa seca de folha, massa seca total e razão de massa foliar.

Palavras-chave - *Copaifera langsolesffii*. Mudas. Plantas. Efeito da luz.

Abstract - This study aimed to evaluate the influence of different shade levels and types of substrates in the initial development of seedlings of Copaiba. The trial was conducted in a randomized block design in a factorial 5 x 4 with five substrates, Bioplant®; 70% vermiculite + 30% rice hulls (70V+30CA), 40% vermiculite + 30% rice hulls + 30% coconut fiber (40V+30CA+30FC), 50% vermiculite + 30% rice hulls + 20% sand (50V+30CA+20A), 70% vermiculite + 15% bark carbonized rice + 15% vermicompost residue of textile industry (70V+15CA+15VC); four levels of shading (full sunlight (0%), 30, 50 and 70%) and three replications. We evaluated the following variables: absolute growth rate in height and diameter, survival, dry mass of leaves, stem and root, total dry mass, dry mass ratio of shoot and root dry weight, and leaf weight. The results show that the seedlings need shade Copaiba in its early stage of development, and the level of 50% shading a viable alternative for production of its seedlings. The seedlings grown in Copaiba 70V+30CA produced more total dry mass, while in Bioplant® inferior characteristics observed for dry weight of leaves, total dry weight and leaf weight.

Key words - *Copaifera langsolesffii*. Seedlings. Plants. Effect of light.

*Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 12/09/2010; aprovado em 13/10/2011
Pesquisa financiada pela FAPEMIG

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais, Fazenda Varginha, Km 02, Rodovia MG-404, Zona Rural, Salinas-MG, Brasil, 39.560-000, tiagoreisdutra@gmail.com, mariliamassad@yahoo.com.br

³Departamento de Engenharia Florestal/FCA-UFVJM, MGT 367, Km 583, nº 5000, Alto da Jacuba, Campus JK, Diamantina-MG, Brasil, 39.100-000, grazzioti@yahoo.com.br, silviculturavfjm@yahoo.com.br

Introdução

A copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.), espécie arbórea da família Leguminosae (Caesalpinioideae) é de ocorrência natural principalmente em Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul, São Paulo e Paraná, sendo também encontrada em outros estados brasileiros abrangidos pelo Bioma Cerrado (NOLETO; SILVEIRA, 2004). A árvore, classificada como espécie clímax, pode ser empregada na arborização rural e urbana, sendo também útil para plantio em áreas degradadas e de preservação permanente (LORENZI, 2002).

A demanda crescente por espécies florestais nativas para formação de reflorestamentos comerciais ou com fins conservacionistas gera cada vez mais uma necessidade de produção de mudas dessas espécies cujo sucesso depende do conhecimento prévio de suas características de desenvolvimento (CUNHA *et al.*, 2005). Entretanto, procedimentos e recomendações técnicas para a produção de mudas de qualidade são muito escassos, havendo apenas naquelas que detêm maior interesse econômico.

A disponibilidade de luz (sombreamento) e o tipo de substrato são alguns dos fatores que influenciam o desenvolvimento de mudas em fase de viveiro. A luz exerce papel de destaque sobre todos os estágios do desenvolvimento vegetal (SILVA *et al.*, 2007). Segundo Scalon *et al.* (2003), os diferentes graus de luminosidade causam, em geral, mudanças morfológicas e fisiológicas na planta, sendo que o grau de adaptação é ditado por características particulares de cada espécie em interação com seu meio.

O sombreamento artificial realizado através do uso de telas do tipo “sombrite” é um método muito utilizado no estudo das necessidades luminosas das diferentes espécies em condições de viveiro, por ser uma prática capaz de isolar e quantificar o efeito da intensidade luminosa e fornecer às parcelas experimentais condições uniformes de iluminação, quando comparadas aos estudos em condições naturais (RÊGO; POSSAMAI, 2006).

A respeito do sombreamento, pesquisas sobre o crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas têm sido realizadas visando a resposta das mesmas sob diferentes condições de luminosidade. Segundo Silva *et al.* (2007) mudas de *Hymenaea parvifolia* apresentaram maior produção de massa seca sob 50% de sombreamento, enquanto Dantas *et al.* (2009) observaram que mudas de *Caesalpinia pyramidalis* não foram influenciadas pela luminosidade à qual foram submetidas.

A seleção do substrato destaca-se entre as técnicas silviculturais empregadas no manejo de viveiro de produção de mudas arbóreas, tendo em vista sua fundamental importância no crescimento e desenvolvimento das plantas. De acordo com Lacerda *et al.* (2006), inúmeros

substratos em sua constituição original ou combinada são usados atualmente para propagação de espécies florestais via seminal ou vegetativa, onde maior ênfase tem sido dada à pesquisa de diferentes combinações de substratos, que influenciam o desenvolvimento das mudas produzidas.

Na escolha do substrato como um meio de crescimento de mudas, devem ser consideradas algumas propriedades físicas e químicas, como capacidade de retenção de água, porosidade (COSTA; DANTAS, 2009), teor nutricional e capacidade de troca de cátions (OLIVEIRA *et al.*, 2008), além do baixo custo e disponibilidade nas proximidades da região de consumo. Vários resultados sobre substratos que proporcionam maior qualidade das plantas são encontrados em diferentes espécies, como a areia para mudas de *Annona crassiflora* (CAVALCANTE *et al.*, 2008), mistura de 40% de esterco bovino e 60% de serragem para *Ilex paraguariensis* (WENDLING *et al.*, 2007).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes níveis de sombreamento e tipos de substratos no desenvolvimento inicial de mudas de copaíba.

Material e métodos

As sementes de copaíba foram coletadas de sete matrizes localizadas no município de São Gonçalo do Rio das Pedras-MG a 1090 m de altitude, latitude 18°23'21.9" Sul e longitude 43°32'30.2" Oeste, em setembro de 2008. O estudo foi realizado durante os meses de dezembro de 2008 a abril de 2009 e conduzido no Centro Integrado de Propagação de Espécies Florestais (CIPEF) do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, Diamantina, MG.

O experimento foi conduzido por 130 dias em delineamento em blocos casualizados, com cinco repetições, no esquema fatorial 5 x 4, sendo avaliados quatro níveis de sombreamento: pleno sol (0% de sombreamento), 30% de sombreamento, 50% de sombreamento e 70% de sombreamento; e cinco substratos: Bioplant®, 70% vermiculita + 30% casca de arroz carbonizada (70V+30CA), 40% vermiculita + 30% casca de arroz carbonizada + 30% fibra de coco (40V+30CA+30FC), 50% vermiculita + 30% casca de arroz carbonizada + 20% areia lavada (50V+30CA+20A), 70% vermiculita + 15% casca de arroz carbonizada + 15% vermicomposto de resíduo de indústria têxtil (70V+15CA+15VC). A unidade experimental foi constituída pela parcela total de 10 plantas, sendo todas as mudas mensuradas.

Para a caracterização química dos substratos uma amostra foi enviada ao Laboratório de Fertilidade do Solo

da UFVJM para análises químicas. Em outra amostra foi determinado o nitrogênio total pelo método de Kjeldahl (destilação), conforme descrito por Embrapa (1997). Para a obtenção do carbono orgânico foi utilizado o método de Walkley e Black (1934). As características físicas de porosidade total, macroporosidade, microporosidade, densidade aparente e capacidade máxima de retenção de água dos substratos, foram determinadas através de metodologia proposta por Carvalho e Silva (1992) (TAB. 1).

Antes do plantio, todos os substratos receberam 7,0 g dm⁻³ de Osmocote de liberação lenta (5 a 6 meses) contendo 15-09-12 (N-P-K) + micronutrientes e em seguida foram acondicionados em tubetes cônicos com capacidade volumétrica de 280 cm³.

Para quebra de dormência, as sementes foram imersas em ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄ a 98%) por cinco minutos, e lavadas em água corrente por 10 minutos

(PEREZ; PRADO, 1993). Em seguida, colocou-se três sementes por tubete, já preenchidos com seus respectivos tipos de substratos, dispostos em bandejas de polipropileno tipo caixa (620 x 420 x 165 mm) com 54 células redondas. As bandejas foram postas em casa de vegetação coberta com filme plástico (150 microns de espessura) com tela de sombreamento de 50% sob irrigação por nebulização intermitente com vazão de 7 L h⁻¹.

Quarenta dias após a semeadura realizou-se o desbaste deixando-se apenas a planta mais vigorosa, além de realizar o re-espacamento dos tubetes intercalando-os entre as células da bandeja. Em seguida, foram transferidas para área de crescimento a céu aberto onde foram submetidas aos tratamentos de sombreamento (0; 30; 50 e 70%). As diferentes intensidades de sombreamento foram obtidas com o uso de telas de polipropileno preto ("sombrite"). As irrigações nesse setor foram realizadas por microaspersores bailarinas com vazão de 240 L h⁻¹.

Tabela 1 - Características químicas e físicas dos substratos utilizados na produção de mudas de copaíba

Características	Substrato				
	Bioplant®	70V+30CA	40V+30CA+30FC	50V+30CA+20A	70V+15CA+15VC
C (dag kg ⁻¹)	20,47	1,67	9,32	1,59	2,06
N (dag kg ⁻¹)	0,31	0,13	0,11	0,14	0,18
M.O (dag kg ⁻¹)	35,21	2,87	16,03	2,73	3,54
pH (água)	5,0	6,7	6,7	6,6	6,7
P (mg dm ⁻³)	935,0	69,0	37,0	70,9	64,0
K (mg dm ⁻³)	1.061,0	313,0	240,0	272,0	451,0
Ca (cmol _c dm ⁻³)	15,9	4,4	1,3	1,7	7,9
Mg (cmol _c dm ⁻³)	4,6	11,0	8,4	6,0	7,2
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	5,8	1,7	1,5	1,5	1,5
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,9	0,2	0,3	0,1	0,2
T (cmol _c dm ⁻³)	24,1	16,4	10,6	9,7	16,5
T (cmol _c dm ⁻³)	29,0	17,9	11,8	11,1	17,8
SB (cmol _c dm ⁻³)	23,2	16,2	10,3	9,6	16,3
m (%)	4,0	1,0	3,0	1,0	1,0
V (%)	80,2	91,0	87,0	86,0	92,0
Porosidade Total (dm ³ dm ⁻³)	80,6	69,3	69,8	61,6	68,9
Macroporosidade (dm ³ dm ⁻³)	34,7	33,9	37,7	33,5	35,7
Microporosidade (dm ³ dm ⁻³)	45,9	35,4	32,1	28,0	33,2
Densidade aparente (kg m ⁻³)	0,0001	0,0002	0,0001	0,0005	0,0003
CMRA (mL 55 cm ⁻³)	25,3	19,5	17,7	15,4	18,3

M.O. = matéria orgânica; t = capacidade efetiva de troca de cátions; T = capacidade de troca de cátions; SB = soma de bases; m = saturação por alumínio; V = saturação por bases; CMRA = capacidade máxima de retenção de água. Bioplant®; 70% vermiculita + 30% casca de arroz carbonizada (70V+30CA); 40% vermiculita + 30% casca de arroz carbonizada + 30% fibra de côco (40V+30CA+30FC); 50% vermiculita + 30% casca de arroz carbonizada + 20% areia (50V+30CA+20A); 70% vermiculita + 15% casca de arroz carbonizada + 15% vermicomposto de resíduo de indústria têxtil (70V+15CA+15VC)

Duas adubações de cobertura foram realizadas, sendo a primeira com uma solução de 3,0 g L⁻¹ de Ca(NO₃)₂ aos 40 dias após a semeadura. A segunda adubação foi realizada 90 dias após a semeadura com uma solução contendo, em mg L⁻¹: 5,5 de Ca(NO₃)₂, 1,5 de MgSO₄, 2,63 de KCl, 0,9 de NH₄H₂PO₄ (MAP), 2,0 de (NH₄)₂SO₄, 0,035 H₃BO₃, 0,004 de CuSO₄, 0,015 de ZnSO₄, 0,017 de MnSO₄, 0,02 de ferrilene, 2,5 de super simples (ALFENAS *et al.*, 2004).

Aos 40 e 130 dias após semeadura (DAS), realizou-se a mensuração da altura da parte aérea (H; cm) através do uso de uma régua, bem como o diâmetro do coleto das plantas (DC; mm) com o auxílio de um paquímetro digital de marca Caliper Within 300 mm, com precisão de 0,01 mm. Com os dados iniciais e finais de H e DC foram calculadas a taxa média de crescimento absoluto em altura e diâmetro através da metodologia adaptada de Hunt (1982):

$$TCAH=(H2-H1)/(t2-t1) \quad (1)$$

$$TCAD=(DC2-DC1)/(t2-t1) \quad (2)$$

Onde: TCAH = taxa de crescimento absoluto em altura (cm dia⁻¹), TCAD = taxa de crescimento absoluto em diâmetro (mm dia⁻¹) e t = tempo, com índice 1 = valor inicial (40 DAS) e índice 2 = valor final (130 DAS).

Aos 130 dias também foi mensurada a sobrevivência das mudas (número de plantas vivas).

Todas as plantas, após realização das mensurações anteriores foram colhidas e separadas em folhas, caule e sistema radicular. Em seguida foram lavadas em água corrente e secas em estufa com circulação forçada de ar, a aproximadamente 65 °C, até peso constante. Avaliou-se massa seca de folhas (MSF; g planta⁻¹), massa seca de caule (MSC; g planta⁻¹) e massa seca da raiz (MSR; g planta⁻¹).

A partir dos dados primários, variáveis subsequentes foram determinadas: massa seca total; razão entre massa seca parte aérea massa seca raiz; e razão de massa foliar:

$$MST=MSF+MSC+MSR \quad (3)$$

$$MSPA/MSR=(MSF+MSC)/MSR \quad (4)$$

$$RMF=MSF/MST \quad (5)$$

Em que: MST = matéria seca total (g planta⁻¹), MSPA/MSR = razão entre massa seca parte aérea massa seca raiz e RMF = razão de massa foliar (g g⁻¹).

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando o efeito do tipo de substrato foi significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott (p < 0,05). Os efeitos dos níveis de sombreamento foram analisados por meio de regressões, e o valor de F foi corrigido; sendo apresentadas somente as equações cujos coeficientes de maior grau foram significativos (p < 0,05).

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software Sisvar 5.1 Build 72 (FERREIRA, 2007).

Resultados e discussão

O efeito da interação entre os principais fatores avaliados nesse trabalho (tipo de substrato e níveis de sombreamento) foi significativo apenas para a taxa de crescimento em diâmetro (TCAD) (TAB. 2).

Verificou-se que a TCAD das mudas em resposta aos níveis de sombreamento e tipos de substrato foi muito distinta (TAB. 3). Ao analisar os resultados dessa variável, observa-se que para as mudas crescidas no substrato 70V+30CA não ocorreu o ajuste da equação a um nível de até 5% de probabilidade, indicando não haver diferença entre os níveis de sombreamento avaliados.

A taxa de crescimento absoluto em altura, massa seca de folha, massa seca de raiz, massa seca total e razão de massa foliar sofreram efeito significativo do tipo de substrato (TAB. 2). Verifica-se que as mudas crescidas nos substratos 70V+30CA, 40V+30CA+30FC, 50V+30CA+20A e 70V+15CA+15VC apresentaram médias, em boa parte dos casos, superiores ao Bioplant® (FIG. 1).

O maior incremento diário em altura foi notado para as plantas crescidas nos substratos Bioplant® (0,11 cm dia⁻¹), 70V+30CA (0,09 cm dia⁻¹), 40V+30CA+30FC (0,09 cm dia⁻¹) e 50V+30CA+20A (0,09 cm dia⁻¹) (FIG. 1a). Apesar do Bioplant® apresentar os maiores teores de nutrientes (TAB. 1), nota-se que possivelmente a espécie apresenta um baixo requerimento nutricional. Corroboram com essa afirmação os resultados observados por Duboc *et al.* (1996), que concluíram que as mudas de copaíba apresentaram uma pequena demanda nutricional para o Mg, K, B e Zn. Segundo Resende *et al.* (2000), a taxa de crescimento das espécies parece ser um fator determinante de sua responsividade à fertilização, onde espécies classificadas como clímax, por apresentarem em geral uma lenta incorporação de fotoassimilados, demonstram um menor requerimento de nutrientes.

Os níveis de sombreamento influenciaram significativamente a taxa de crescimento em altura, sobrevivência das mudas, massa seca do caule e razão de massa foliar (TAB. 2).

Segundo Moraes Neto *et al.* (2000) dentre os parâmetros utilizados para avaliar as respostas de crescimento de plantas à intensidade luminosa, o uso mais freqüente é a altura da planta, visto que a capacidade em crescer rapidamente quando sombreadas é um mecanismo de adaptação, compreendendo em uma valiosa estratégia para escapar do sombreamento. Esse comportamento foi

Tabela 2 - Análise de variância dos parâmetros avaliados nas mudas de copaíba (*Copaifera langsdorffii*) aos 130 dias após semeadura

FV	GL	Quadrado médio				
		TCAH	TCAD	Sobrevivência	Massa Seca Folha	Massa Seca Caule
Bloco	2	7,2 e-5 ^{ns}	1 e-6 ^{ns}	0,417 ^{ns}	0,032 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Substrato (S)	4	1,6 e-4 ^{**}	6 e-4 ^{**}	0,517 ^{ns}	0,155 ^{**}	0,003 ^{ns}
Sombreamento (Sb)	3	6,5 e-4 ^{**}	3 e-6 ^{ns}	0,331 [*]	0,025 ^{ns}	0,029 ^{**}
S x Sb	12	3,3 e-5 ^{ns}	2 e-4 [*]	0,561 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,001 ^{ns}
CVexp (%)		13,39	9,65	9,80	16,90	36,45
Resíduo	38					
		Massa Seca Raiz	Massa Seca Total	MSPA/MSR	Razão de Massa Foliar	
Bloco	2	0,007 ^{ns}	0,021 ^{ns}	0,131 ^{ns}	0,005 ^{ns}	
Substrato (S)	4	0,275 ^{**}	0,815 ^{**}	0,152 ^{ns}	0,007 [*]	
Sombreamento (Sb)	3	0,035 ^{ns}	0,067 ^{ns}	0,084 ^{ns}	0,013 ^{**}	
S x Sb	12	0,016 ^{ns}	0,036 ^{ns}	0,023 ^{ns}	0,001 ^{ns}	
CVexp (%)		25,67	18,72	26,31	13,40	
Resíduo	38					

TCAH Taxa de crescimento absoluto em altura; TCAD - taxa de crescimento absoluto em diâmetro; MSPA/MSR - Relação massa seca da parte aérea massa seca de raiz. ** significativo a 1%; * significativo a 5%; ns - não significativo a 5%; CV_{exp} % = coeficiente de variação

Tabela 3 - Coeficientes das equações de regressão obtidos para as diferentes variáveis (y) analisadas em função do nível de sombreamento (x) para mudas de copaíba (*Copaifera langsdorffii*) aos 130 dias após semeadura

Substrato	Taxa de crescimento absoluto de diâmetro (mm dia ⁻¹)	R ²
Bioplant®	$\hat{y} = 0,0096 - 0,0000434^{**} x + 0,0000998^{*} x^2$	0,99 ^{**}
70V+30CA	$\hat{y} = \bar{y} = 0,011$	
40V+30CA+30FC	$\hat{y} = 0,0104 + 0,0000639^{*} x - 0,0000011^{**} x^2$	0,91 ^{**}
50V+30CA+20A	$\hat{y} = 0,01057 + 0,0000776^{**} x - 0,0000013^{*} x^2$	0,99 ^{**}
70V+15CA+15VC	$\hat{y} = 0,0082 + 0,0000264^{**} x$	0,99 ^{**}

Modelos ajustados: $y = b_0 + b_1 x$; $y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2$, níveis de significância dos coeficientes das regressões - ^{*}(0,05 > p ≥ 0,01), ^{**}(p < 0,01). V = % de vermiculita; CA = % de casca de arroz carbonizada; FC = % de fibra de côco; VC = % de vermicomposto de resíduo de indústria têxtil; A = % de areia lavada

notado para as mudas de copaíba em presença de sombra, apresentando uma resposta linear crescente da TCAH com a elevação dos níveis de sombreamento (FIG. 2b).

A sobrevivência das mudas apresentou comportamento quadrático para os níveis de sombra (FIG. 2a). A diminuição da incidência de luz sobre as mudas foi responsável por uma maior percentagem de sobrevivência das mesmas quando comparadas ao tratamento a pleno sol (0% de sombreamento), contudo, seu valor máximo (9,91 plantas vivas) seria alcançado com 48% de sombreamento.

A produção de MSF apresentou-se estatisticamente superior nos substratos 70V+30CA, 40V+30CA+30FC, 50V+30CA+20A e 70V+15CA+15VC (FIG. 1b). Essa resposta poderia ser atribuída aos teores de N, P e K (TAB. 1) presentes nesse substrato, entretanto, os valores estão bem abaixo do recomendado por Gonçalves e Poggiani

(1996), citado por Alfenas *et al.* (2004) para produção de mudas florestais. Duboc *et al.* (1996) observaram que as mudas de copaíba apresentaram baixa exigência nutricional em seu desenvolvimento, pois foram capazes de ajustar sua produção de massa seca da parte aérea em resposta a mudanças no ambiente nutricional proporcionada pelos tratamentos de omissão de nutrientes.

Observou-se que as mudas desenvolvidas nos substratos Bioplant® e 50V+30CA+20A apresentaram produção de MSR inferiores aos demais (FIG. 1c). O substrato 50V+30CA+20A apresentou menor porosidade total quando comparado aos demais (TAB. 1), fator que prejudica o desenvolvimento do sistema radicular, além de reduzir sua capacidade de retenção de água. Esse substrato apresentou uma alta densidade aparente (0,0005 kg m⁻³) e segundo Ferraz *et al.* (2005), quando a densidade é aumentada, ocorrem

Figura 1 - Taxa de crescimento absoluto em altura (TCAH), massa seca de folha, raiz e total e razão de massa foliar de mudas de copaíba cultivadas em cinco tipos de substratos. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott a 5%

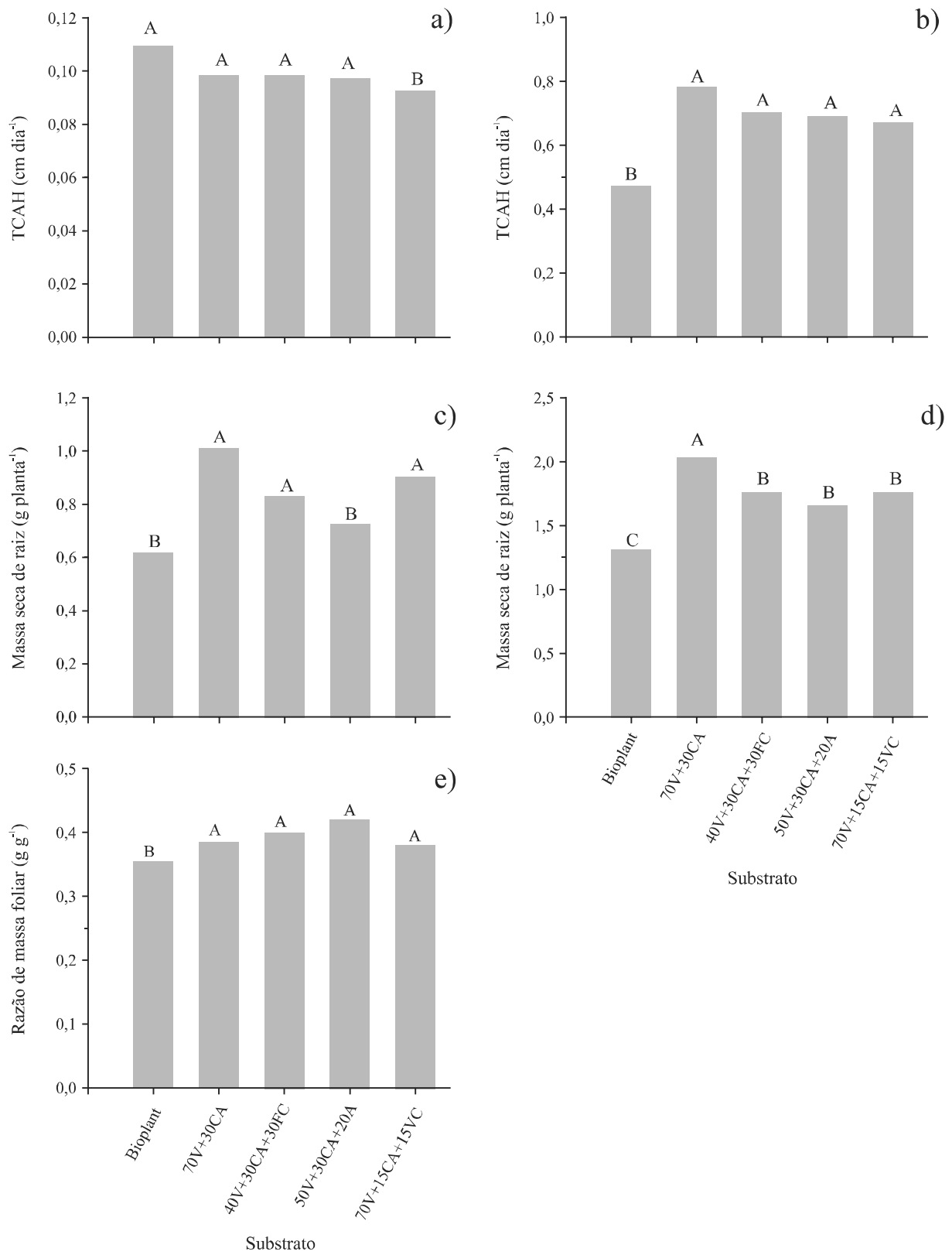
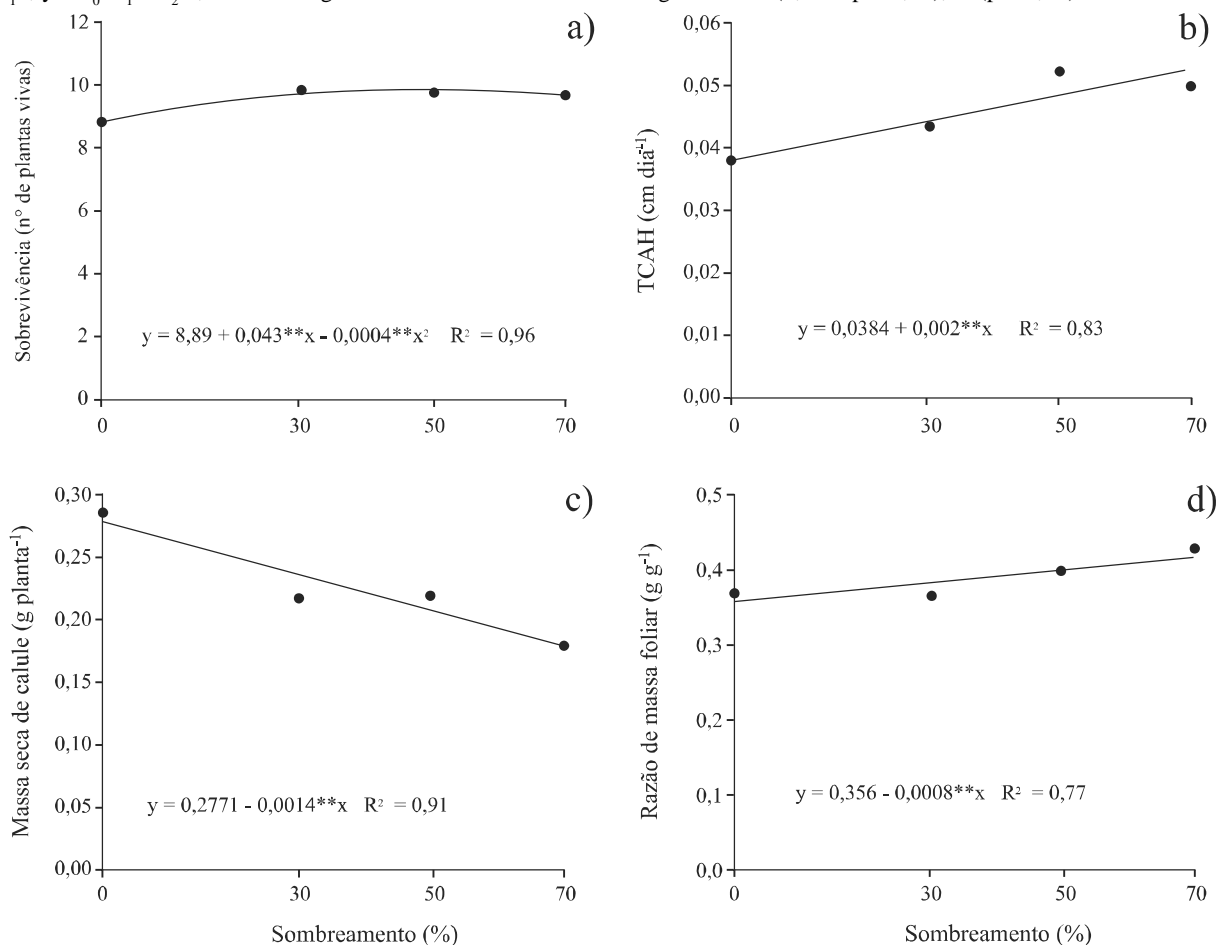


Figura 2 - Comportamento da sobrevivência, taxa de crescimento absoluto em altura (TCAH), massa seca de caule e razão de massa foliar de mudas de copaíba (*Copaifera langsdorffii*) cultivadas com níveis de sombreamento crescente. Modelos ajustados: $y = b_0 + b_1x$; $y = b_0 + b_1x + b_2x^2$, níveis de significância dos coeficientes das regressões - *($0,05 > p \geq 0,01$), **($p < 0,01$)



restrições ao crescimento das raízes das plantas. Para o Bioplant®, os resultados também podem ser explicados pela redução na manutenção da aeração devido à sua elevada capacidade de retenção de água (CMRA), sendo, em média, 30% superior aos demais substratos, reflexo do elevado teor de matéria orgânica (35,21 dag kg⁻¹).

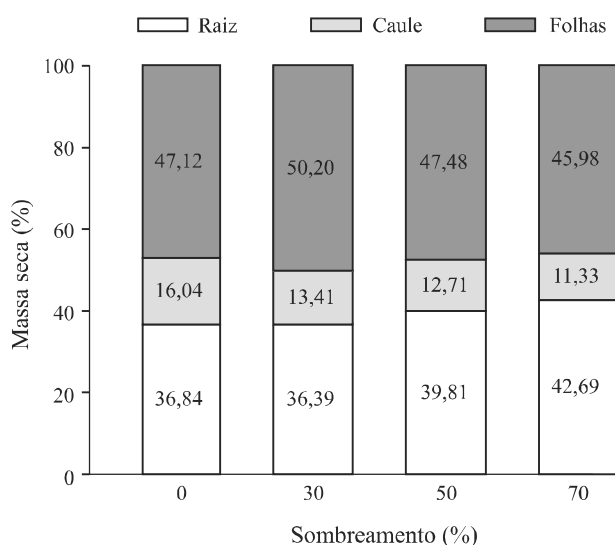
A variável MSR não sofreu efeito significativo dos níveis de sombreamentos avaliados (TAB. 2). Segundo Silva *et al.* (2007), plantas sob maior intensidade luminosa apresentam um maior acúmulo de massa seca na raiz permitindo uma maior absorção de água e nutrientes, estratégia que garantiria à planta capacidade de suportar taxas mais elevadas de fotossíntese e transpiração em ambientes mais iluminados. Entretanto, pode-se observar que em termos percentuais as mudas de copaíba apresentaram um ligeiro aumento na produção de MSR sob maiores intensidades de sombra (FIG. 3), demonstrando a boa capacidade adaptativa da espécie a diferentes incidências luminosas.

Em consequência aos menores valores de MSF e MSR (FIG. 1b e 1c), as mudas crescidas no Bioplant® apresentaram a menor produção de MST (FIG. 1d), sendo inferior em 25% à média nos substratos 40V+30CA+30FC, 50V+30CA+20A e 70V+15CA+15VC; e em 36% ao 70V+30CA.

Constatou-se que a produção de MSC apresentou comportamento linear decrescente em resposta aos tratamentos de sombreamento (FIG. 2c), podendo ser entendida pela possível rustificação do caule das mudas a pleno sol (0% sombreamento), em consequência do maior incremento de massa seca e a ocorrência de estiolamento do caule das plantas submetidas às baixas intensidades luminosas. Fato semelhante foi observado por Azevedo *et al.* (2010) na produção de mudas de marupá (*Simarouba amara*) sob diferentes níveis de sombreamento.

A razão de massa foliar expressa a fração de massa seca não exportada da folha, e para essa variável,

Figura 3 - Média da fração de partição de biomassa em folha, caule e raiz em mudas de copaíba aos 130 dias após semeadura



as mudas dos substratos 70V+30CA, 40V+30CA+30FC, 50V+30CA+20A e 70V+15CA+15VC apresentaram valores estatisticamente superiores às do Bioplant® (FIG. 1e). O efeito dos níveis de sombreamento testados apresentou resposta linear crescente (FIG. 2d), indicando que o máximo valor da RMF deverá ocorrer em níveis de sombreamento superiores a 70%. Esse comportamento representa uma menor exportação de biomassa para outras partes da planta com a redução da luminosidade (SILVA *et al.*, 2007). Em contrapartida, Nakazono *et al.* (2001) observaram que plantas de *Euterpe edulis* Mart. sob forte sombreamento (2% ou 6% da luz solar direta) apresentaram menores razões de massa foliar em relação às plantas sob maior nível de luz.

A relação MSPA/MSR não sofreu efeito significativo dos principais fatores avaliados (TAB. 2). A ausência de diferença significativa indica a ocorrência de um eficiente padrão de distribuição de massa seca entre os dois órgãos das mudas. Comportamento semelhante foi observado por Fonseca *et al.* (2002) avaliando a influência do período de permanência das mudas de *Trema micrantha* sob sombreamento, demonstrando também a capacidade de ajuste da espécie a baixas incidências luminosas.

Apesar da constatação de um decréscimo linear na produção de MSC das mudas de copaíba em resposta aos níveis de sombreamento (FIG. 2c), observa-se diminuição no incremento diário em diâmetro com a presença de sombra apenas nas mudas crescidas no Bioplant® (TAB. 3).

Conclusões

1. A maioria das características avaliadas apresentou valores inferiores na presença de maiores intensidades luminosas, podendo-se afirmar que a copaíba é uma espécie que necessita de sombra na fase inicial de seu desenvolvimento, sendo o nível de 50% de sombreamento uma alternativa viável para produção de mudas da espécie;
2. A espécie apresentou grande capacidade adaptativa aos diferentes tipos de substratos avaliados, entretanto as mudas crescidas no substrato 70V + 30CA apresentaram maior produção de massa seca total, enquanto no Bioplant® observou-se características inferiores para a massa seca de folha, massa seca total e razão de massa foliar.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPEMIG pelo suporte financeiro dado a essa pesquisa e à CAPES/REUNI pela bolsa de mestrado do primeiro autor.

Referências

- ALFENAS, A. C. *et al.* **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 442 p.
- AZEVEDO, I. M. G. *et al.* Estudo do crescimento e qualidade de mudas de marupá (*Simarouba amara* Aubl.) em viveiro. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 01, p. 157-164, 2010.
- CARVALHO, C. M.; SILVA, C. R. **Determinação das propriedades físicas de substrato**. **Botucatu**: Universidade Estadual Paulista, 1992. 6 p. Notas de aulas práticas.
- CAVALCANTE, T. R. M. *et al.* Diferentes ambientes e substratos na formação de mudas de araticum. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 01, p. 235-240, 2008.
- COSTA, D. M. A.; DANTAS, J. A. Efeitos do substrato na germinação de sementes de amaranto (*Amaranthus* spp). **Revista Ciência Agrônômica**, v. 40, n. 04, p. 498-504, 2009.
- CUNHA, A. O. *et al.* Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. **Revista Árvore**, v. 29, n. 04, p. 507-516, 2005.
- DANTAS, B. F. *et al.* Taxas de crescimento de mudas de catingueira submetidas a diferentes substratos e sombreamentos. **Revista Árvore**, v. 33, n. 03, p. 413-423, 2009.
- DUBOC, E. *et al.* Fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. (óleo copaíba). **Cerne**, v. 02, n. 02, p. 31-47, 1996.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solo, 1997. 212 p.

- FERRAZ, M. V.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N. Caracterização física e química de alguns substratos comerciais. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 02, p. 209-214, 2005.
- FERREIRA, D. F. **Sisvar**: sistema de análise de variância para dados balanceados, versão 5.1 Build 72. Lavras: DEX/ UFLA, 2007.
- FONSECA, E. P. *et al.* Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 26, n. 04, p. 515-523, 2002.
- HUNT, R. **Plant growth curves**: The functional approach to plant growth analysis. London: Edward Arnold, 1982. 247 p.
- LACERDA, M. R. B. *et al.* Características físicas e químicas do substrato à base de pó de coco e resíduos de sisal para a produção de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth). **Revista Árvore**, v. 30, n. 02, p. 163-170, 2006.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras**. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 368 p. v. 1.
- MORAES NETO, S. P. *et al.* Crescimento de mudas de algumas espécies arbóreas que ocorrem na mata atlântica, em função do nível de luminosidade. **Revista Árvore**, v. 24, n. 01, p. 35-45, 2000.
- NAKAZONO, E. M. *et al.* Crescimento inicial de *Euterpe edulis* Mart. em diferentes regimes de luz. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 02, p. 173-179, 2001.
- NOLETO, L. G.; SILVEIRA, C. E. S. Propagação *in vitro* de *Copaifera langsdorffii* Desf. **Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, n. 33, p. 109-120, 2004.
- OLIVEIRA, A. B.; HERNANDEZ, F. F. F.; ASSIS JÚNIOR, R. N. Pó de coco verde, uma alternativa de substrato na produção de mudas de berinjela. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 01, p. 39-44, 2008.
- PEREZ, S. C. J. G. A.; PRADO, C. H. B. A. Efeitos de diferentes tratamentos pré-germinativos e da concentração de alumínio no processo germinativo de sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 15, n. 01, p. 115-118, 1993.
- RÊGO, G. M.; POSSAMAI, E. Efeito do Sombreamento sobre o Teor de Clorofila e Crescimento Inicial do Jequitibá-rosa. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 53, p. 179-194, 2006.
- RESENDE, A. V. *et al.* Acúmulo e eficiência nutricional de macronutrientes por espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta à fertilização fosfatada. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n. 01, p. 160-173, 2000.
- SCALON, S. P. Q. *et al.* Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condições de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 27, n. 06, p. 753-758, 2003.
- SILVA, B. M. S. *et al.* Efeito da luz no crescimento de mudas de *Hymenaea parvifolia* Huber. **Revista Árvore**, v. 31, n. 06, p. 1019-1026, 2007.
- WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjarref method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chomic acid titration method. **Soil Science**, v. 37, p. 29-38, 1934.
- WENDLING, I.; GUASTALA, D.; DEDECEK, R. Características físicas e químicas de substratos para produção de mudas de *Ilex paraguariensis* St. Hil. **Revista Árvore**, v. 31, n. 02, p. 209-220, 2007.