

NÍVEIS DE SOMBREAMENTO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE TAXI-BRANCO (*Sclerolobium paniculatum* Vogel)¹

SHADE LEVELS FOR TAXI-BRANCO (*Sclerolobium paniculatum* Vogel) SEEDLINGS PRODUCTION

Alessandra Cunha da CONCEIÇÃO^{2,4}; Moacyr Bernardino DIAS-FILHO³

RESUMO – O êxito de programas de reflorestamento pode ser ampliado por meio da aplicação do comportamento de espécies florestais a variáveis ambientais, como a luz. O objetivo deste estudo foi ampliar o conhecimento sobre a produção de mudas de *Sclerolobium paniculatum* Vogel, especificamente em relação ao nível de sombreamento. O estudo foi conduzido em viveiro de produção de mudas na Embrapa Amazônia Oriental, em Belém, Estado do Pará. Plântulas de *S. paniculatum* foram distribuídas sob telas pretas de polipropileno, ajustadas para proporcionar os seguintes níveis de sombreamento: 25%, 50% e 75% de interceptação de luz solar. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco repetições e três níveis de sombreamento e quatro épocas de avaliação (testemunha + três avaliações), realizadas em intervalos de 20 dias. Foram medidos diversos parâmetros de crescimento (altura, diâmetro e matéria seca das raízes, caule e folhas) e calculados indicadores de qualidade das mudas como a razão entre a altura da planta e o diâmetro do coleto (AP/DC); comprimento caulinar específico (CCE); razão de massa de folha (RMF); razão de massa do caule (RMC); razão de massa de raiz (RMR) e índice de qualidade de Dickson (IQD). É possível produzir mudas de *Sclerolobium paniculatum* Vogel sob diferentes níveis de sombreamento (25%, 50% e 75%), porém, os índices de qualidade indicaram que as mudas são mais vigorosas quando cultivadas sob 50% de sombreamento

Palavras-chave: reflorestamento; espécies florestais; crescimento; índice de qualidade de Dickson.

ABSTRACT – The success of reforestation programs can be extended by applying the knowledge of the forest species behavior to environmental variables such as light. The aim of this study was to increase knowledge about the production of *Sclerolobium paniculatum* Vogel seedlings, specifically in relation to the shading level. The study was conducted in a seedling nursery at Embrapa Eastern Amazon, Belém, state of Pará. Seedlings of *S. paniculatum* were distributed under black polypropylene screens adjusted to provide the following shade levels: 25%, 50% and 75% of sunlight interception. The experimental design was completely randomized with five replications and three shading levels and four assessment times (control + three assessments), every 20 days. We measured several parameters of growth (height, diameter and dry matter of roots, stems and leaves) and calculated indicators of quality seedlings as the ratio between plant height and stem diameter (AP/DC); specific stem length (CCE); leaf mass ratio (RMF); stem weight ratio (RMC); reason of root mass (RMR) and Dickson quality index (IQD). It is possible to produce *Sclerolobium paniculatum* Vogel seedlings under different shading levels (25%, 50% and 75%), however, the quality index values indicated that the seedlings are more vigorous when grown under 50% shade.

Keywords: reforestation; forest species; growth; Dickson quality index.

¹ Recebido para análise em 17.01.13. Aceito para publicação em 29.01.14.

² Aluna de Mestrado em Botânica Tropical, Museu Paraense Emílio Goeldi/Universidade Federal Rural da Amazônia, Av. Perimetral, 1901, Terra Firme, 66077 530 Belém, PA, Brasil.

³ Embrapa Amazônia Oriental, Caixa Postal 48, 66017-970 Belém, PA, Brasil.

⁴ Autor para correspondência: Alessandra Cunha da Conceição – hale.cunha@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

A Amazônia brasileira tem a maior extensão de floresta tropical do mundo (Scariot, 1998; Gama et al., 2003). A variedade dos recursos naturais existentes só ocorre em consequência das diferentes associações vegetais, que crescem sob a influência de fatores ambientais intrínsecos a cada ecossistema que forma esse bioma (Gama et al., 2003). Entretanto, o crescimento populacional e a necessidade de produção de alimentos e geração de renda na região amazônica têm ocasionado problemas ambientais decorrentes do desmatamento. Com isso, o plantio de espécies florestais nativas, principalmente de rápido crescimento, é uma alternativa de manejo que permite a redução dos impactos ambientais do desmatamento (Sacramento et al., 2012).

A intensificação do uso dessas espécies, tanto para preservação quanto para uso econômico, impõe a necessidade de estudos sobre a sua propagação, com a finalidade de fornecer subsídios para o seu cultivo (Maranhão e Paiva, 2012). Ademais, o êxito de um programa de reflorestamento, sob o ponto de vista econômico e ambiental, depende também da boa qualidade das mudas produzidas por ampliar a resistência dessas plantas às condições encontradas em campo (Rosa et al., 2009).

A luz é um dos principais fatores ambientais que influencia o crescimento vegetal, por ser fonte primária na produção de energia, por meio da fotossíntese (Campos e Uchida, 2002; Dousseau et al., 2007). Dessa maneira, diferentes níveis de luminosidade causam mudanças fisiológicas e morfológicas na planta, e o sucesso de sua adaptação a essas variáveis ambientais está relacionado às características genéticas e sua interação com o próprio ambiente (Resende et al., 2011)

Diversos estudos têm sido desenvolvidos sobre as variações dos níveis de sombra no crescimento e desenvolvimento inicial de espécies arbóreas, com o intuito de determinar o ambiente ideal de sombreamento para a produção de mudas. Entre esses, se destacam os estudos de Lima et al. (2010) com *Caesalpinia echinata* Lam., *Cariniana legalis* (Martius) Kuntze e *Genipa americana* L.; Dutra et al. (2012) estudando *Copaifera langsdorffii* Desf; Oliveira e Perez (2012) com *Tabebuia aurea* (Manso) B. et H.;

Lenhard et al. (2013) em *Caesalpinia ferrea* Mart. ex. Tul. var. *leiostachya* Benth.

A produção de mudas de alta qualidade pode ocasionar maior possibilidade de plantações mais produtivas. A obtenção de mudas de qualidade antes do plantio definitivo é importante, e isto pode ser alcançado de maneira prática, rápida e fácil, observando-se parâmetros morfológicos (Fonseca et al., 2002). A altura da planta, o diâmetro do coleto, as massas secas da planta total, da raiz e da parte aérea são os parâmetros mais usados para determinar o padrão de qualidade de mudas (Chaves e Paiva, 2004).

Alguns índices morfológicos também são utilizados para determinar a qualidade das mudas, que indicam o padrão de distribuição da matéria produzida ao longo dos órgãos da planta. Os mais relevantes são a altura pelo diâmetro, altura pelo peso da matéria seca da parte aérea, peso da matéria seca da parte aérea pelo peso da matéria seca da raiz e o índice de qualidade de Dickson, este último sendo considerado um bom indicador de qualidade por levar em consideração o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda, ponderando os resultados de vários parâmetros (Fonseca et al., 2002). Os parâmetros morfológicos e os índices podem ser utilizados isoladamente ou em conjunto para a avaliação da qualidade das mudas (Lopes et al., 2013).

Sclerolobium paniculatum Vogel é uma espécie florestal nativa da região Amazônica, pertence à ordem das Fabales e à família Caesalpiniaceae (Cronquist, 1981), conhecida como taxi-branco ou carvoeiro, entre outros (Felfili et al., 1999). A espécie reúne características promissoras para a produção de carvão, além de ser usada na construção civil (Tomaselli et al., 1983). É recomendado, ainda, para reflorestamento em áreas degradadas por apresentar rápido crescimento (Teles et al., 1999).

Estudos foram realizados visando à formação de mudas dessa espécie, como Felfili et al. (1999), que verificaram as respostas aos diferentes níveis de luminosidade simulando os ambientes encontrados em matas de galeria, e constataram que a espécie pode ser recomendada para plantio em áreas de recuperação de matas degradadas; Melo e Haridasan (2010) verificaram as respostas a diferentes doses de N, P, K, Ca e Mg, em que obtiveram efeitos positivos no incremento de biomassa para o taxi-branco;

Freitas et al. (2012) observaram a influência do sombreamento na qualidade das mudas e constataram que o aumento da luminosidade favorece o desenvolvimento do taxi-branco; diante desse resultado, a espécie foi recomendada para recuperação de áreas degradadas.

O objetivo desta pesquisa foi analisar alguns aspectos morfológicos de mudas de *Sclerolobium paniculatum* Vogel, conduzidas sob diferentes níveis de sombreamento, visando contribuir para a determinação do nível mais adequado de sombra para produção de mudas desta espécie.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em viveiro de produção de mudas (1°26'12"S; 48°26'30"O) (coordenadas geográficas obtidas no local por meio do Sistema de Posicionamento Global – GPS –, utilizando aparelho marca Garmin, modelo GPSMAP 76Sx) do Laboratório de Ecofisiologia Vegetal da Embrapa Amazônia Oriental, em Belém do Pará.

Sementes de taxi-branco, provenientes de 25 matrizes, foram coletadas no município de Paragominas, no Estado do Pará. As sementes foram selecionadas pela uniformidade de tamanho, sendo a dormência quebrada por meio da remoção de uma porção do tegumento, na extremidade oposta ao eixo embrionário das sementes (escarificação mecânica), com o auxílio de esmeril elétrico (Fowler e Bianchetti, 2000; Cruz, et al., 2001). A semeadura foi feita em bandejas plásticas contendo substrato de areia e serragem esterilizadas, com irrigação regular.

Após a germinação (em média sete dias após a semeadura), as plântulas foram repicadas para sacos plásticos pretos com capacidade de 3 kg (uma planta por saco), com dreno, contendo substrato de solo orgânico (solo retirado dos 10 cm iniciais de área de floresta secundária) e esterco bovino curtido na proporção de 2:1. Para aclimação, as plantas permaneceram em área coberta com tela preta de polipropileno, com 75% de interceptação de luz solar, por 88 dias. Durante o período de aclimação, e posteriormente durante o período experimental, as mudas foram diariamente irrigadas até que a água atingisse a saturação da

superfície do substrato, e 50 dias após a repicagem, foram adubadas com formulação comercial de adubo NPK (10-28-20), na proporção de 2 g por planta.

Aos 88 dias após a repicagem, cinco mudas foram usadas para coleta de dados iniciais (testemunha) para avaliar os parâmetros de crescimento (altura, diâmetro do coleto e peso da matéria seca do caule, das raízes e das folhas). Em seguida, as mudas foram distribuídas sob telas pretas de polipropileno sobrepostas para proporcionar os seguintes níveis de sombreamento: 25%, 50% e 75% de interceptação de luz solar direta.

Além da avaliação inicial dos parâmetros de crescimento (testemunha), foram realizadas três avaliações com intervalos de 20 dias, aos 108, 128 e 148 dias após a repicagem, totalizando 60 dias de exposição das plantas aos níveis de sombreamento. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com três níveis de sombreamento, três épocas de avaliação mais a testemunha (avaliação inicial) e cinco repetições (cada unidade experimental contendo uma planta), totalizando 50 plantas.

Os parâmetros morfológicos de crescimento mensurados foram: altura da planta – AP, com auxílio de régua graduada de 30 cm, tendo como referência a altura do colo da planta até o ápice da folha mais alta; diâmetro do coleto – DC com o uso de paquímetro digital; peso da matéria seca da folha – MSF, peso da matéria seca do caule – MSC e peso da matéria seca das raízes – MSR.

As plantas foram cortadas rente ao substrato, sendo a parte aérea separada em folhas (cortadas na base do pecíolo) e tecido de sustentação (hastes e caule). As raízes foram lavadas em água corrente com auxílio de peneira para a retirada total do substrato. Todo o material vegetal coletado foi acondicionado em sacos de papel e seco em estufa de circulação forçada de ar, a 65 °C, por 48 horas. Após a secagem, foram determinadas a MSF, MSC, MSR e matéria seca total – MST em balança digital de precisão de 0,0001 g (mod. AY120 Shimadzu).

A partir dos parâmetros morfológicos foram calculados os índices morfológicos de crescimento: razão entre a altura da planta e o diâmetro do coleto (AP/DC); razão entre peso da matéria seca da parte aérea e o peso da matéria seca das raízes (PA/SR); razão entre altura da planta e o peso da matéria seca da parte aérea (AP/MSPA);

comprimento caulinar específico ($CCE = AP/MSF$); razão de massa de folha ($RMF = MSF/MST$); razão de massa do caule ($RMC = MSC/MST$); razão de massa de raiz ($RMR = MSR/MST$); índice de qualidade de Dickson ($IQD = MST / [AP / DC] + [MSPA/MSR]$), em que, MSPA é a matéria seca da parte aérea, obtida pela soma da MSF e da MSC.

Os dados foram submetidos à análise de variância (Shaw e Mitchell-Olds, 1993). Quando necessário, aplicou-se o teste de Tukey (5% de significância) para comparar médias entre tratamentos. A homogeneidade de variância foi testada pelo teste Levene. Quando oportuno, os dados foram transformados por meio de $\log(x + 1)$ ou \log de x para análise (MST e CCE). A resposta dos níveis de sombreamento no tempo foi avaliada por meio de análise de regressão. Utilizou-se o pacote estatístico Statistic for Windows versão 7 para a análise dos dados.

3 RESULTADOS

Houve efeito significativo dos níveis de sombreamento no crescimento em altura de mudas de taxi-branco, nos três períodos de avaliação, nas condições do experimento. Mudas cultivadas sob 50 e 75% de sombra cresceram mais em altura quando comparadas às mudas cultivadas sob tela de sombreamento de 25%. As alturas das mudas cultivadas nas três condições de sombreamento ajustaram-se na equação linear crescente ao longo do tempo (Figura 1).

Houve efeito significativo dos níveis de sombreamento para diâmetro de coleto (Figura 2), porém, os dados não se ajustaram nas regressões testadas em função do tempo. Observaram-se maiores diâmetros de coleto nas plantas cultivadas a 50 e 75% de sombreamento.

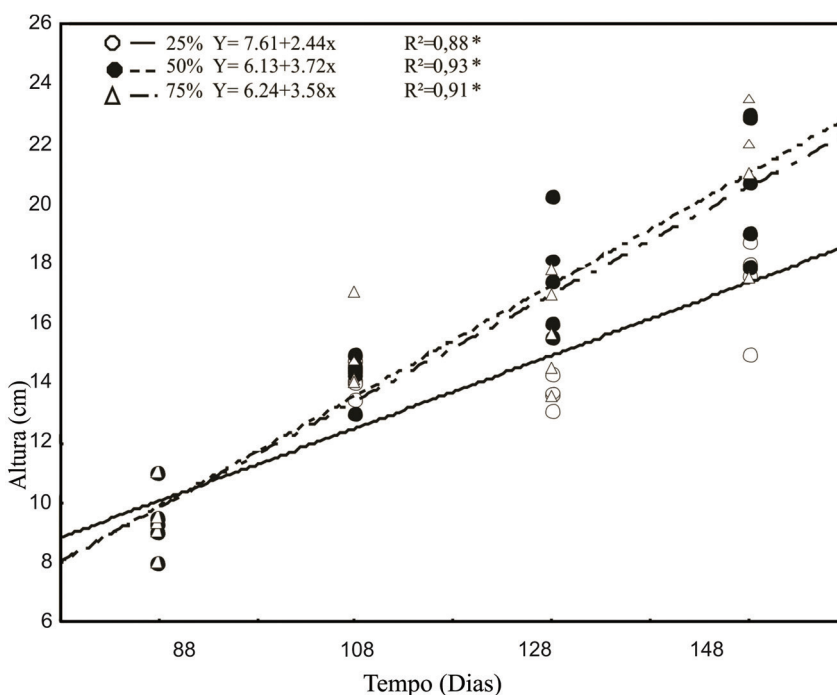


Figura 1. Altura da parte aérea de mudas de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Vog.) em função do tempo (dias), conduzidas sob diferentes níveis de sombreamento (25%, 50% e 75%). Equações de regressão (Y) e coeficientes de determinação (R^2). * Significativos a 5% de probabilidade.

Figure 1. Aerial part height of taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Vog.) seedlings in accordance to time (days), conducted under different shading levels (25%, 50% and 75%). Regression equations (Y) and coefficients of determination (R^2). * Significant at 5% probability.

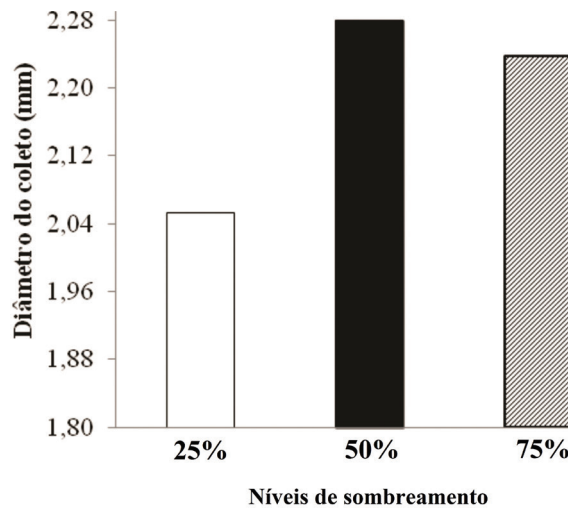


Figura 2. Diâmetro médio do coleto de mudas de *Sclerolobium paniculatum* Vog. conduzidas sob os níveis de sombreamento de 25%, 50% e 75%. Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figure 2. Stem diameter average in *Sclerolobium paniculatum* Vog. seedlings under different shading levels (25%, 50% and 75%). Means followed by the same letter do not differ by Tukey test at 5% probability.

Não houve diferenças significativas entre os níveis de sombreamento considerando as razões AP/DC, PA/SR e AP/MSPA (Tabela 1).

Menores CCEs foram observados em mudas cultivadas sob maiores níveis de sombreamento (50 e 75%) (Tabela 1).

Mudas conduzidas sob 50 e 75% de sombreamento apresentaram maiores valores de matéria seca total – MST e os dados ajustaram-se em curvas lineares crescentes ao longo do tempo (Figura 3).

O padrão de alocação de biomassa de folhas e raízes foi semelhante dentre as mudas cultivadas nos diferentes tratamentos (Figura 4). No entanto, houve diferenças significativas entre a razão de matéria seca de caule (RMC) e os níveis de sombreamento.

Observaram-se diferenças significativas entre os níveis de sombreamento para o IQD (Tabela 1), sendo que mudas cultivadas a 50% de sombreamento apresentaram melhor desempenho para esses parâmetros.

Tabela 1. Razões da altura da planta e diâmetro do coleto (AP/DC), da parte aérea e sistema radicular (PA/SR), da altura da planta e massa seca da parte aérea (AP/MSPA), do comprimento caulinar específico (CCE) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Sclerolobium paniculatum* em função dos níveis de sombreamento (25%, 50% e 75%) avaliados durante 148 dias. Valores são médias \pm erro-padrão.

Table 1. Ratios of plant height and stem diameter (AP/DC), shoot and root (PA/SR), plant height and shoot dry mass (AP/MSPA), the specific stem length (CCE) and Dickson quality index (IQD) in *Sclerolobium paniculatum* Vog. seedlings in accordance to shading levels (25%, 50% and 75%) assessed during 148 days. Values are means \pm standard error.

| Sombreamento | AP/DC | PA/SR | AP/MSPA | CCE | IQD |
|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| 25% | 6,77 \pm 0,21 a | 3,50 \pm 0,21 a | 2,74 \pm 0,13 a | 4,18 \pm 0,12 a | 2,39 \pm 0,16 b |
| 50% | 6,81 \pm 0,18 a | 3,26 \pm 0,13 a | 2,57 \pm 0,14 a | 3,99 \pm 0,14 b | 2,69 \pm 0,19 a |
| 75% | 6,84 \pm 0,20 a | 3,64 \pm 0,29 a | 2,60 \pm 0,14 a | 3,97 \pm 0,14 b | 2,60 \pm 0,19 ab |

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
Means followed by the same letter do not differ by Tukey test at 5%.

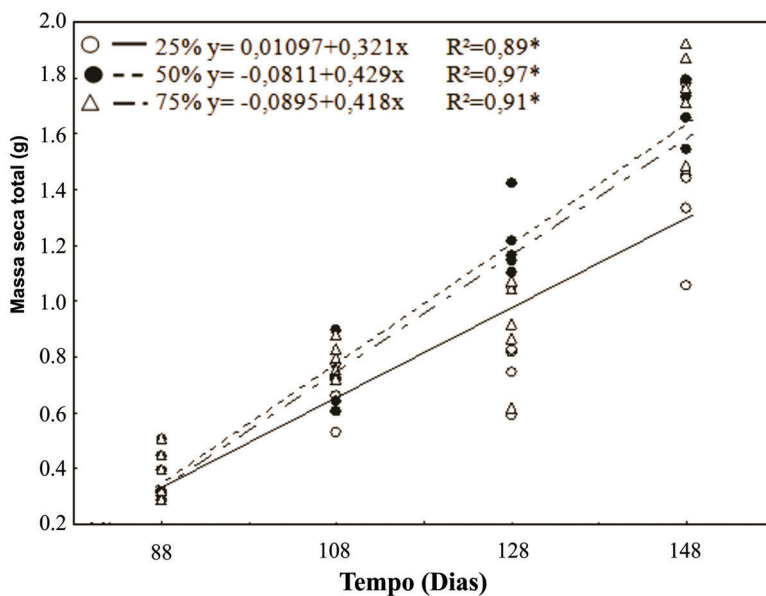


Figura 3. Peso da matéria seca total de mudas de *Sclerolobium paniculatum* Vog. conduzidas sob diferentes níveis de sombreamento (25%, 50% e 75%), em função do tempo. Equações de regressão (Y) e coeficientes de determinação (R²). * Significativos a 5% de probabilidade.

Figure 3. Total dry mass in *Sclerolobium paniculatum* Vog. seedlings under different levels of shading (25%, 50% and 75%) in function of time. Regression equations (Y) and determination coefficients (R²). * Significant at 5% probability.

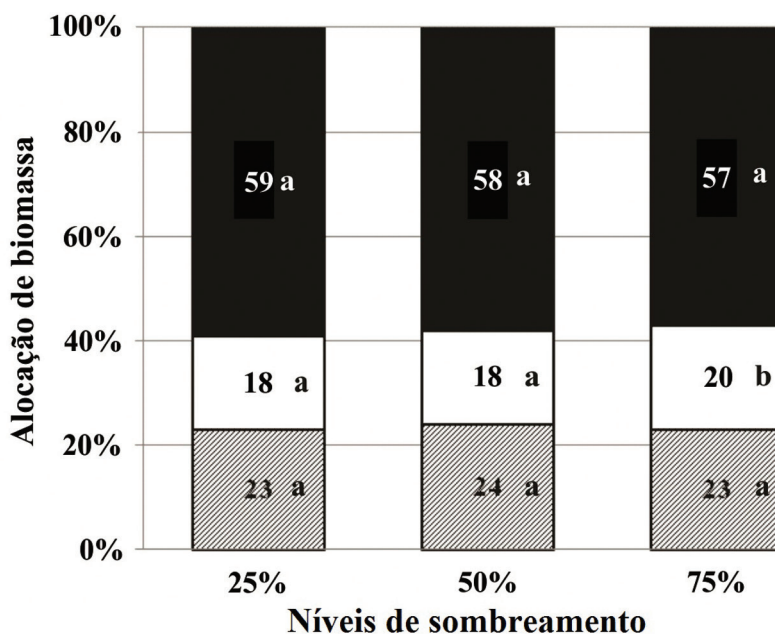


Figura 4. Médias das frações de alocação de biomassa de raiz (área tracejada), caule (área branca) e folha (área preta) de *Sclerolobium paniculatum* Vog. avaliadas durante 148 dias em diferentes níveis de sombreamento (25%, 50% e 75%). Médias seguidas de mesma letra em cada fração, não diferem estatisticamente entre si (p < 0,05, teste de Tukey).

Figure 4. Fraction of root biomass (hatched area), stems (white area) and leaves (black area) as a function of shade level in *Sclerolobium paniculatum* Vog. evaluated during 148 days at different shading levels (25%, 50% and 75%). Means followed by the same letter in each fraction, not statistically different (p < 0.05, Tukey test).

4 DISCUSSÃO

Mudas cultivadas nos ambientes de 50 e 75% de sombra apresentaram maior altura do que aquelas cultivadas a 25% (Figura 1), cuja resposta seria um mecanismo de adaptação encontrado em diversas espécies vegetais, como estratégia de escape à baixa luminosidade (Carvalho, 2006). A altura das plantas apresenta padrões de respostas variáveis de acordo com a capacidade adaptativa da espécie às mudanças na intensidade de luz (Muroya et al., 1997).

Comportamento semelhante foi observado em *Sclerolobium paniculatum* var. *rubiginosum* (Tul.) Benth. (Felfili et al., 1999), *Bauhinia forficata* Link (Atroch et al., 2001), *Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn. (Almeida, S.M.Z et al., 2005), *Inga uruguensis* Hook & Arn. (Scalon et al., 2002). Por outro lado, quando sombreadas, algumas espécies arbóreas não apresentaram esse tipo de resposta, como é o caso de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. e *Pterogyne nitens* Tull. (Scalon et al., 2002), *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. (Lima et al., 2008) e *Tabebuia aurea* (Manso) B. et H. (Oliveira e Perez, 2012), que apresentaram maiores alturas quando cultivadas em pleno sol.

Os maiores valores em diâmetros do coleto observados neste estudo, em mudas conduzidas sob 50 e 75% de sombreamento, embora não significativos, sugerem que fotoassimilados foram distribuídos por toda parte aérea, tendo em vista que o crescimento em diâmetro depende de um balanço favorável entre fotossíntese líquida e respiração (Atroch et al., 2001; Scalon et al., 2001). O diâmetro do coleto é uma característica importante na avaliação do potencial da muda para sobrevivência e crescimento após o plantio (Scalon et al., 2002), pois plantas com maior diâmetro do coleto apresentam maior tendência à sobrevivência em campo (Siebeneichler et al., 2008).

Resultados semelhantes foram encontrados por Felfili et al. (1999), que observaram maiores diâmetros de coleto a 50% de sombreamento para *Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *rubiginosum* (Tul.). O sombreamento induziu aumento do diâmetro de colo em mudas de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. var. *leiostachya* Benth. cultivadas sob 50% de sombreamento, em relação às cultivadas sob 0% e 70% (Lenhard et al., 2013). No entanto, para mudas de *Jacaranda puberula* Cham. (Almeida, L.S. et al., 2005)

e *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. (Lima et al., 2008) foram observados menores diâmetros sob condições de maiores níveis de sombreamento. Em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, maiores diâmetros do coleto foram observados em plantas cultivadas a pleno sol (Santos et al., 2010).

Os valores médios da altura da planta pelo diâmetro do coleto (AP/DC), para os três níveis de sombreamento no presente estudo (Tabela 1), encontram-se entre os valores considerados adequados, ou seja, entre 5,4 e 8,1 recomendados por Carneiro (1995), pois são indicativos de equilíbrio no crescimento entre as partes da planta, o que permite inferir que para o taxi-branco os três níveis podem ser adequados para produção de mudas. No entanto, menores valores de AP/DC indicam plantas mais resistentes às condições adversas do ambiente, em decorrência desse equilíbrio no crescimento (Silva, R.R. et al., 2007), como é o caso de mudas cultivadas a 50% de sombreamento do presente trabalho.

Campos e Uchida (2002) observaram em *Jatropha copaia* (Aubl.) D. Don, que a razão encontrada para AP/DC se mostrou maior para mudas cultivadas a 50 e 70% de sombreamento em relação ao de 30%. Lima et al. (2008) observaram em *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. que a razão AP/DC foi mais elevada em mudas cultivadas a 70% de sombra, quando comparadas às mudas não sombreadas, indicando maior crescimento em altura em relação ao diâmetro. O mesmo foi observado para *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong., porém, em mudas produzidas a 80% de sombra (Melo et al., 2008).

Mesmo não havendo diferença significativa para o índice peso da matéria seca da parte aérea pelo peso da matéria seca das raízes (PA/SR), menores valores foram observados para mudas cultivadas sob 50% de sombra (Tabela 1), o que permite inferir que sob este nível de sombreamento há uma distribuição equilibrada de fotoassimilados na planta (entre a parte aérea e a raiz), permitindo melhor desempenho das mudas em campo (Silva, R.R. et al., 2007). Resultados semelhantes foram encontrados por Silva, B.M.S et al. (2007) estudando *Hymenaea parvifolia* Huber, ao contrário do observado por Lima et al. (2008) em *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul., maiores razões de PA/SR ocorreram em mudas mantidas a 50% e 70% de sombreamento, em relação às plantas cultivadas em pleno sol.

Os mesmos autores afirmaram que essa partição desequilibrada de fotoassimilados pode ser prejudicial para a adaptação da espécie após o plantio. Outras espécies arbóreas apresentaram o mesmo comportamento de *Caesalpinia ferrea* como *Virola surinamensis* (Rol.) Warb. (Lima et al., 2006), *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum. (Silva, R.R. et al., 2007) e *Jatropha curcas* L. (Matos et al., 2011).

Não houve diferença significativa para o índice altura da planta pelo peso da matéria seca da parte aérea (AP/MSPA), no entanto, em todos os níveis de sombreamento testados, os valores deste índice ficaram próximos do valor ideal citado por Melo et al. (2008), ou seja, próximo de dois, além disso, observou-se menores valores para mudas submetidas ao tratamento de 50% de sombreamento, cujos resultados mostraram que mudas tratadas neste sombreamento apresentaram melhor distribuição de fotoassimilados na parte aérea (Tabela 1). A elevação desse índice está associada a um desequilíbrio entre o crescimento em altura da planta e a parte aérea, ou seja, menores valores indicam melhor qualidade das mudas (Melo et al., 2008).

Sob os maiores níveis de sombra (50 e 75%), as mudas de taxi-branco apresentaram menores valores para o comprimento caulinar específico (CCE) (Tabela 1). De acordo com Franco e Dillenburg (2007), quanto maior o valor desse índice, maior é o grau de estiolamento das mudas, evidenciando maior investimento no alongamento celular em detrimento do espessamento caulinar.

Plântulas com crescimento excessivo em altura podem sofrer tombamento quando levadas para plantio em campo, alterando o padrão de qualidade para exploração econômica da planta adulta (Lima et al., 2006). Pode-se afirmar, então, que o taxi-branco pode formar caules pouco estiolados mesmo em ambientes de sombra (50 e 75%). Os resultados mostraram que principalmente sob 50% de sombreamento os fotoassimilados foram distribuídos de maneira equilibrada para o espessamento do caule e crescimento em altura. Isto é, houve uma distribuição equilibrada de carbono, resultando em um crescimento homogêneo para a planta. Esse fato poderá beneficiar o estabelecimento das mudas, conseqüentemente permitirá a seleção das melhores mudas para plantio e retirada das estioladas.

Resultado distinto ao do presente estudo foi observado por Franco e Dillenburg (2007) estudando *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, em que observaram um CCE mais elevado em plantas sombreadas, mostrando um elevado grau de estiolamento para a espécie quando submetida a 90% de sombra.

Por terem apresentado maior produção de matéria seca das mudas quando produzidas sob maiores níveis de sombreamento (Figura 3), é possível inferir que o taxi-branco tem capacidade de aproveitar a pouca incidência luminosa e converter em biomassa de forma eficiente, onde a condição de maior intensidade de sombra favoreceu o crescimento para a espécie na fase de muda (Silva, R.R. et al., 2007). Quando as plântulas crescem sob variações na quantidade de luz, são capazes, em maior ou menor grau, de aclimataram-se a essa mudança. Essa aclimação ocorre no sentido de maximizar o ganho de carbono para a espécie (Duz et al., 2004).

A espécie arbórea *Cecropia pachystachya* Trec., estudada por Miranda et al. (2008), também mostrou a capacidade de maximizar a produção de matéria seca em ambientes mais sombreados. Felfili et al. (1999), estudando *S. paniculatum* var. *rubiginosum* (Tul.) Benth., encontraram maior produção de massa total em plantas submetidas a 50% de sombreamento e pleno sol, enquanto nos níveis de 70% e 90% de sombra, as mudas apresentaram os menores valores de biomassa.

Diferindo do resultado encontrado no presente estudo, em *Amburana cearensis* (Allemao) A.C. Smith (Ramos et al., 2004), *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. (Lima et al., 2008) e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. (Melo et al., 2008), houve maior acúmulo de biomassa em plantas conduzidas em pleno sol.

Embora não tenha havido diferença significativa para a razão de matéria seca de folha – RMF e para a razão de matéria seca de raiz – RMR, é possível observar que mudas mantidas sob 25% de sombra apresentaram maior valor de RMF, enquanto para RMR maiores médias foram observadas em mudas produzidas sob níveis de 25% e 50% de sombreamento. Tais observações mostraram que as mudas apresentaram comportamento semelhante para a alocação de biomassa quando produzidas sob os diferentes níveis de sombreamento.

Plantas com sistemas radiculares mais extensos têm maior capacidade de aclimação do que com sistemas radiculares menores (Almeida, S.M.Z. et al., 2005).

Demuner et al. (2004) observaram menor RMF em *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms, conduzidas em pleno sol, em comparação a plantas sombreadas. Esses autores afirmaram que a exposição prolongada à alta radiação pode ser prejudicial às plântulas.

No presente estudo, foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para o índice de qualidade de Dickson – IQD (Tabela 1). O tratamento de 50% de sombra foi o que apresentou melhor resultado, com o maior valor neste índice. Ademais, mudas submetidas aos três tratamentos apresentaram o valor recomendado para uma muda de boa qualidade, estabelecido por Hunt (1990), IQD mínimo de 0,20. Portanto, infere-se que, quanto maior o valor do IQD melhor é a qualidade da muda. Melo et al. (2008) encontraram resultados diferentes no IQD para mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong., pois observaram melhores resultados em mudas tratadas tanto em pleno sol quanto a 20% de sombreamento. Em *Caesalpinia echinata* Lam., Aguiar et al. (2011) também observaram melhores resultados para mudas tratadas sob 0 e 20% de sombra.

5 CONCLUSÃO

É possível produzir mudas de *Sclerolobium paniculatum* Vogel sob diferentes níveis de sombreamento (25%, 50% e 75%), entretanto, o sombreamento mais indicado para produção de mudas desta espécie é o de 50%, por produzir mudas de melhor qualidade.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à EMBRAPA Amazônia Oriental, pela realização das atividades, ao professor Dr. Eniel Davi Cruz, pelo auxílio nos trabalhos, e ao Programa REUNI/CAPES, pela concessão de bolsa de estudos à primeira autora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, F.F.A. et al. Crescimento de mudas de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.), submetidas a cinco níveis de sombreamento. **Revista Ceres**, v. 58, n. 6, p. 729-734, 2011.

ALMEIDA, L.S. et al. Crescimento de mudas de *Jacaranda puberula* Cham. em viveiro submetidas a diferentes níveis de luminosidade. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 3, p. 331-342, 2005.

ALMEIDA, S.M.Z. et al. Alterações morfológicas e alocação de biomassa em plantas jovens de espécies florestais sob diferentes condições de sombreamento. **Ciência Rural**, v. 35, n. 1, p. 62-68, 2005.

ATROCH, E.M. et al. Crescimento, teor de clorofilas, distribuição de biomassa e características anatômicas de plantas jovens de *Bauhinia forficata* Link submetidas à diferentes condições de sombreamento. **Ciência Agrotécnica**, v. 25, n. 4, p. 853-862, 2001.

CAMPOS, M.A.A.; UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 281-288, 2002.

CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR: FUEF, 1995. 451 p.

CARVALHO, N.O.S. et al. Crescimento inicial de plantas de licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.) em diferentes níveis de luminosidade. **Revista Árvore**, v. 30, n. 3, p. 351-357, 2006.

CHAVES, A.S.; PAIVA, H.N. Influência de diferentes períodos de sombreamento sobre a qualidade de mudas de fedegoso (*Senna macranthera* (Collad). Irwin et Barn. **Scientia Florestalis**, n. 65, p. 22-29, 2004.

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University Press, 1981. 1262 p.

CRUZ, E.D.; CARVALHO, J.E.U.; LEÃO, N.V.M. Métodos para superação de dormência e biometria de frutos e sementes de *Parkia nitida* Miquel (Leginosae-mimosidae). **Acta Amazonica**, v. 31, n. 2, p. 167-177, 2001.

DEMUNER, V.G.; HEBLING, S.A.; DAGUSTINHO, D.M. Efeito do sombreamento no crescimento inicial de *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, v. 17, p. 45-55, 2004.

DOUSSEAU, S. et al. Influência de diferentes condições de sombreamento sobre o crescimento de *Tapirira guianensis* Alb. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p. 477-479, 2007.

DUTRA, T.R. et al. Desenvolvimento inicial de mudas de copaíba sob diferentes níveis de sombreamento e substratos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 321-329, 2012.

DUZ, S.R. et al. Crescimento inicial de três espécies arbóreas da Floresta Atlântica em resposta à variação na quantidade de luz. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 3, p. 587-596, 2004.

FELFILI, J. et al. 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 1999.

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. 4, p. 515-523, 2002.

FRANCO, A.M.S.; DILLENBURG, L.R. Ajustes morfológicos e fisiológicos em plantas jovens de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em resposta ao sombreamento. **Hoehnea**, v. 34, n. 2, p. 135-144, 2007.

FREITAS, G.S. et al. Influência do sombreamento na qualidade de mudas de *Sclerolobium paniculatum* Vogel para recuperação de área degradada. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 3, p. 5-12, 2012.

FOWLER, J.A.P.; BIANCHETTI, A. **Dormência em sementes florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 27 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 40).

GAMA, J.R.V. et al. Estrutura e potencial futuro de utilização da regeneração natural de floresta de várzea alta no município de Afuá, estado do Pará. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 2, p. 71-82 2003.

HUNT, G. A. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, 1990, Roseburg. **Proceedings...** Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p. 218-222. (General Technical Report RM-200).

LENHARD, N.R. et al. Crescimento de mudas de pau-ferro sob diferentes níveis de sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, p. 178-186, 2013.

LIMA, J.D.; SILVA, B.M.S.; MORAES, W.S. Efeito da luz no crescimento de plântulas de *Virola surinamensis* (Rol.) Warb. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, n. 8, p. 1-10, 2006.

_____. et al. Efeitos da luminosidade no crescimento de mudas de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinoideae). **Acta Amazonica**, v. 38, n. 1, p. 5-10, 2008.

LIMA, M.A.O. et al. Crescimento e plasticidade fenotípica de três espécies arbóreas com uso potencial em sistemas agroflorestais. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 87, p. 527-534, 2010.

LOPES, E.C. et al. Crescimento de mudas de mangue sob diferentes níveis de sombreamento na península de Ajuruteua, Bragança, Pará. **Acta Amazônica**, v. 43, n. 3, p. 291-296, 2013.

MARANHÃO, A.S.; PAIVA, A.V. Produção de mudas de *Physocalymma scaberrimum* em substratos compostos por diferentes porcentagens de resíduo orgânico de açaí. **Floresta**, v. 42, n. 2, p. 399-408, 2012.

MATOS, F.S. et al. Influência da intensidade luminosa no desenvolvimento de mudas de *Jatropha curcas* L. **Agrarian**, v. 4, n. 14, p. 265-271, 2011.

MELO, J.T.; HARIDASAN, M. Resposta de mudas de carvoeiro (*Sclerolobium paniculatum* Vog. Leguminosae) a nutrientes em Latossolo Vermelho Escuro. **Boletim de Pesquisa Agropecuária**, p. 1-23, 2010.

MELO, R.R. et al. Crescimento inicial de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. sob diferentes níveis de luminosidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 2, p. 138-144, 2008.

- MIRANDA, F.S.; GIOTTO, A.C.; MUNHOZ, C.B.R. Crescimento inicial de *Cecropia pachystachya* Trec. sob diferentes níveis de sombreamento em viveiro. In: SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO, 9.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SAVANAS TROPICAIS, 2., 2008, Brasília, DF. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. 1 CD-ROM.
- MUROYA, K.; VARELA, V.P.; CAMPOS, M.A.A. Análise de crescimento de mudas de jacareúba (*Calophyllum angulare* A.C. Smith – Guttiferae) cultivadas em condições de viveiro. **Acta Amazonica**, v. 27, n. 3, p. 197-212, 1997.
- OLIVEIRA, A.K.M.; PEREZ, S.C.J.G.A. Crescimento inicial de *Tabebuia aurea* sob três intensidades luminosas. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 2, p. 263-273, 2012.
- RAMOS, K.M.O. et al. Desenvolvimento inicial e repartição de biomassa de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith, em diferentes condições de sombreamento. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 2, p. 351-358, 2004.
- RESENDE, S.V. et al. Influência da luz e substrato na germinação e desenvolvimento inicial de duas espécies de *Calliandra* Benth. (Mimosoideae - Leguminosae) endêmicas da chapada Diamantina, Bahia. **Revista Árvore**, v. 35, n. 1, p. 107-117, 2011.
- ROSA, L.S. et al. Emergência, crescimento e padrão de qualidade de mudas de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke sob diferentes níveis de sombreamento e profundidades de semeadura. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 52, p. 87-98, 2009.
- SACRAMENTO, A.S.; SOUZA, D.R.; SANTOS, D.W.F.N. Potencialidades de espécies lenhosas nativas para produção madeireira, cultivadas em solos degradados. **Scientia Plena**, v. 8, n. 4, p. 1-4, 2012.
- SANTOS, R.F.S. et al. Níveis de sombreamento na produção e desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v. 3, n. 3, 2010.
- SCALON, S.P.Q. et al. Germinação e crescimento de mudas de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) sob condições de sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 3, p. 652-655, 2001.
- SCALON, S.P.Q. et al. Crescimento inicial de mudas de espécies florestais nativas sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 26, n. 1, p. 1-5, 2002.
- SCARIOT, A. Consequências da fragmentação da floresta na comunidade de palmeiras na Amazônia central. **Série Técnica IPEF**, v. 12, n. 32, p. 71-86, 1998.
- SHAW, R.G.; MITCHELL-OLDS, T. Anova for unbalanced data: an overview. **Ecology**, v. 74, p. 1638-1645, 1993.
- SIEBENEICHLER, S.C. et al. Características morfofisiológicas em plantas de *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Tol. em condições de luminosidade. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 3, p. 467-472, 2008.
- SILVA, B.M.S. et al. Efeito da luz no crescimento de mudas de *Hymenaea parvifolia* Huber. **Revista Árvore**, v. 31, n. 6, p. 1019-1026, 2007.
- SILVA, R.R. et al. Desenvolvimento inicial de plântulas de *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum. sob influência de sombreamento. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 3, p. 365-370, 2007.
- TELES, C. et al. Influência da inoculação com fungos micorrízicos e níveis crescentes de P no crescimento inicial do Taxi dos campos. **Comunicado Técnico. EMBRAPA**, v. 34, p. 1-4, 1999.
- TOMASELLI, I. et al. Caracterização da madeira de taxi-branco-da-terra-firme (*Sclerolobium paniculatum* Vogel) para energia. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 6/7, p. 33-44, 1983.