

Influência do sombreamento no desenvolvimento inicial e eficiência no uso de nutrientes de *Dilodendron bipinnatum* Radkl (Sapindaceae)Influence of shading on the initial development and nutrient use efficiency of *Dilodendron bipinnatum* Radkl (Sapindaceae)Simone Matias Reis¹, Paulo Sérgio Morandi¹, Bianca Oliveira², Edmar Almeida de Oliveira¹, Marco Bruno Xavier Valadão³, Beatriz Schwantes Marimon⁴ e Ben Hur Marimon-Junior⁴**Resumo**

Foram avaliados o desenvolvimento inicial, partição de biomassa, qualidade de mudas, concentração de nutrientes foliar e eficiência do uso de nutrientes de *Dilodendron bipinnatum* sob diferentes níveis de sombreamento. As mudas foram distribuídas em casas de vegetação a 0% (pleno sol), 30%, 50%, 70% e 90% de sombreamento. Foi avaliado o número de folhas, a altura, diâmetro do coleto aos 90, 150, 180, 210, 240 e 270 dias após a emergência (DAE). A massa seca aérea e radicular, o índice de qualidade de mudas de Dickson (IQD) e concentração e eficiência no uso interno de nutrientes (EUIN) também foram avaliados ao final do experimento (270 DAE). As mudas submetidas aos sombreamentos intermediários (50 e 70%) apresentaram o melhor desenvolvimento inicial e formação de massa seca nos diferentes órgãos, maior IQD e maior EUIN. Assim, para a produção de mudas em larga escala de *Dilodendron bipinnatum* recomendamos os níveis de 50 e 70% sombreamento, a fim de garantir a produção de mudas mais vigorosas.

Palavras-chave: Luminosidade, espécie pioneira, concentração de nutrientes, restauração de áreas degradadas.

Abstract

Initial development, biomass partitioning, seedling quality, concentration of foliar nutrients and nutrient use efficiency of *Dilodendron bipinnatum* under different shading levels were evaluated. The seedlings were distributed in greenhouses at 0% (full sun), 30%, 50%, 70% and 90% shading. The number of leaves, height, stem diameter at 90, 150, 180, 210, 240 and 270 days after emergence (DAE) was assessed. The stem and root dry mass, Dickson quality index (DQI) of seedling, concentration and efficiency in the internal use of nutrients (EIUN) were also assessed at the end of the experiment (270 DAE). Seedlings submitted to intermediate shading (50 and 70%) showed the best initial development and training of dry mass in different organs, higher DQI and higher EUIN. Thus, a large scale production of *Dilodendron bipinnatum* seedlings, recommended levels of 50 and 70% shading in order to ensure the production of more vigorous plants.

Keywords: Brightness, pioneer species, nutrient concentration, restoration of degraded areas.

INTRODUÇÃO

Apesar da biodiversidade vegetal do Cerrado ser considerada a maior dentre todas as savanas mundiais (MENDONÇA et al., 2008), este bioma vem sofrendo com os avanços da agropecuária e exploração dos recursos naturais (SANO et al., 2010), resultando na fragmentação de habitats naturais, perdas de biodiversidade e comprometimento de serviços ambientais

(IBGE, 2014). Por esse motivo, o Cerrado é um dos ecossistemas mais ameaçados do mundo (MYERS et al., 2000), especialmente na transição Amazônia/Cerrado, uma região de fronteira agrícola também denominada "arco do desmatamento" (NOGUEIRA et al., 2008).

Em função das elevadas taxas de conversão da vegetação nativa em pastagens e lavouras, atualmente há uma grande preocupação em conhecer a ecologia das espécies arbóreas da região,

¹Doutorado(a) em Biodiversidade e Biotecnologia. UNEMAT - Universidade do Estado de Mato Grosso. BR 158, Km 148 - Caixa Postal 08- 78.690-000 - Nova Xavantina, MT. E-mail: simonematiasreis@gmail.com; morandibio@gmail.com; ednardinei@hotmail.com.

²Mestre em Ecologia e Conservação. UNEMAT - Universidade do Estado de Mato Grosso. BR 158, Km 148 - Caixa Postal 08- 78.690-000 - Nova Xavantina, MT. E-mail: bibica_89@hotmail.com.

³Doutorando em Ciências Florestais. UnB - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia - Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Campus Universitário Darcy Ribeiro - Caixa Postal 04.357 - 70.904-970 - Brasília, DF. E-mail: marcobrunovaladao@gmail.com

⁴Professor(a) Adjunto(a) do curso de Ciências Biológicas. UNEMAT - Universidade do Estado de Mato Grosso. BR 158, Km 148 - Caixa Postal 08- 78.690-000 - Nova Xavantina, MT. E-mail: biamarimon@hotmail.com; bhmjunior@gmail.com

a fim de ampliar a produção de mudas a baixo custo e garantir o sucesso do plantio em campo. Neste sentido, estudos que visem conhecer o comportamento, desenvolvimento inicial, absorção e eficiência no uso de nutrientes (EUN) de mudas de árvores nativas da transição Amazônia/Cerrado, em função de diferentes intensidades luminosas, são de extrema importância para subsidiar ações de recuperação e manejo de áreas degradadas (VALADÃO et al., 2014).

Dilodendron bipinnatum Radkl. é uma espécie-chave para a recuperação de áreas degradadas, pois além de ser pioneira e heliófila (necessitam de muita luz solar), seus frutos são muito procurados por pássaros que consomem o arilo que envolve suas sementes (LORENZI, 2008). É uma espécie nativa comum em matas de galeria do Cerrado (FELFILI et al., 2000) e borda da Amazônia, ocorrendo principalmente em estágios de sucessão secundária (LORENZI, 2008) devido ao seu caráter pioneiro. É também altamente recomendada para uso paisagístico por possuir alto potencial ornamental (GUARIM NETO et al., 2000) e grande resistência em ambientes abertos e sujeitos ao ressecamento (MARIMON JR. et al., dados em revisão). Apesar disso, informações sobre a ecofisiologia desta espécie são praticamente inexistentes e até o momento se desconhecem estudos que avaliem a resposta desta espécie às diferentes intensidades luminosas.

A influência da intensidade luminosa no desenvolvimento inicial e na qualidade de mudas foi contemplada em alguns estudos recentes que agregaram informações acerca do comportamento ecofisiológico de espécies vegetais nativas (e.g. LIMA JR. et al., 2006; LENHARD et al., 2013; VALADÃO et al., 2014; REIS et al., *no prelo*). Hoje se sabe que o suprimento inadequado de luz pode prejudicar o desenvolvimento inicial (LIMA JR. et al., 2006) e a qualidade das mudas (VALADÃO et al., 2014), com possível influência na absorção de nutrientes e outros aspectos da nutrição mineral das plantas (MARIMON JR. et al., *em revisão*). Entretanto, apesar da concentração foliar de nutrientes e a eficiência de uso dos nutrientes (EUN) serem funções vitais para o estabelecimento de uma planta, há pouca informação disponível sobre espécies nativas da transição Amazônia/Cerrado, principalmente em relação às respostas de desenvolvimento das mudas às variações na intensidade luminosa.

A concentração de nutrientes nos tecidos das plantas revela o estado nutricional e possibilita determinar a EUN (VITOUSEK; SANFORD,

1986). Plantas crescendo em solos pobres em nutrientes (e.g. solos do Cerrado) tendem a apresentar maior produção de biomassa por quantidade de nutriente adquirido do que plantas que se desenvolvem em solos ricos em nutrientes (HARIDASAN, 2000) e, conseqüentemente, maior EUN (VITOUSEK; SANFORD, 1986). A produção e acúmulo de biomassa nas plantas também são dependentes de outros fatores fisiológicos, como capacidade fotossintética (TAIZ; ZEIGER, 1998) e estratégias de uso da água (FRANCO, 2005). Plantas expostas a elevada luminosidade podem absorver mais fótons do que conseguem assimilar, o que pode resultar em fotoinibição, ou mesmo na morte da planta (KITAO et al., 2000). Por outro lado, a baixa luminosidade pode gerar baixa produção de fotoassimilados (ALMEIDA et al., 2005).

Nesse sentido, nosso objetivo foi testar a influência da intensidade de luz sobre o desenvolvimento inicial, partição de biomassa, qualidade de mudas, concentração de nutrientes foliar e eficiência do uso de nutrientes de *Dilodendron bipinnatum*. Partimos da hipótese de que as mudas desta espécie apresentam melhor desenvolvimento em condições de maiores níveis de luminosidade, visto que *D. bipinnatum* é uma espécie pioneira e heliófila.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no viveiro florestal da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), *campus* de Nova Xavantina, entre julho de 2008 e abril de 2009. O clima da região é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen (SILVA et al., 2008), com duas estações bem definidas, sendo uma seca, de abril a setembro, e outra chuvosa, de outubro a março. A precipitação média anual é de 1.500 mm e a temperatura média do ano é 25,5 °C (MARIMON et al., 2010). Durante o período de estudo, a precipitação e a temperatura variaram de 0 a 280 mm e 20,5 a 28,5 °C, respectivamente (Figura 1).

O substrato utilizado em todos os experimentos foi composto por mistura 2:1 de serragem de madeira curtida e solo do tipo Latossolo Vermelho, respectivamente. A fim de suprir as necessidades básicas de nutrição das plantas, foram acrescidos ao substrato 400 g de adubo químico granulado N-P-K 4-30-16 e correção da acidez do solo com 2 kg de calcário dolomítico (PRNT 90%) para cada metro cúbico de subs-

trato. O substrato foi misturado em betoneira elétrica para perfeita homogeneização. As composições químicas do substrato após a mistura estão apresentadas na Tabela 1. Foi adicionada uma dose extra de 0,5 g de superfosfato triplo em cobertura em cada saco de muda para compensar a fração de P do substrato inibida pela ação alcalina do calcário.

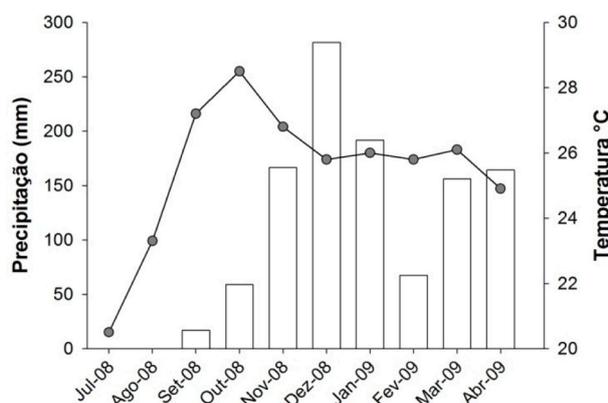


Figura 1. Precipitação e temperatura média mensal durante o desenvolvimento do experimento, em Nova Xavantina, MT. ■ = Precipitação e ● = Temperatura.

Figure 1. Rainfall and mean monthly temperature during the experiment, in Nova Xavantina, MT. ■ = Rainfall and ● = Temperature.

As sementes foram coletadas em diferentes indivíduos da espécie em uma mata de galeria bem preservada no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. Foram selecionadas as sementes completamente sadias e sem sinais de predação. Em seguida, foram semeadas em sacos de polietileno preto de 15 x 30 cm com perfurações laterais para drenagem do excesso de água e foram submetidas aos tratamentos 0% (pleno sol), 30%, 50%, 70% e 90% de sombreamento. Os quatro níveis de sombreamento foram obtidos em casa de vegetação coberta com tela comercial sombreadora de polietileno preto (Sombrite®), conforme especificações do fabricante.

Foram avaliadas 50 mudas para cada tratamento, em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC). Foram realizadas irrigações diárias por microaspersão, com taxa diária de aplicação ajustada conforme as condições microclimáticas tomadas por estação meteorológica no local.

Tabela 1. Atributos químicos do substrato utilizado na produção de mudas de *D. bipinnatum* em viveiro florestal do campus da UNEMAT de Nova Xavantina, MT.

Table 1. Chemical attributes of the substrate used to seedlings production of *D. bipinnatum* in nursery of the campus UNEMAT Nova Xavantina, MT.

pH (H ₂ O)	P	K	Ca	Mg	Al	SB	CTC	M.O. (V)	Ca/Mg	
	mg dm ⁻³									cmol _c dm ⁻³
6,7	24,9	167	1,6	0,53	0,0	2,9	3,6	10,2	80,5	3,01

SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica; M.O. = matéria orgânica; V = saturação por bases.

As avaliações foram realizadas aos 90, 150, 180, 210, 240 e 270 dias após a emergência (DAE). Foi determinada a altura (H) da muda utilizando-se uma régua transparente milimetrada, sendo o ponto zero posicionado na base da planta. O diâmetro do coleto (D) foi medido com um paquímetro digital (precisão de 0,02mm) e contado manualmente o número de folhas (NF) inteiramente expandidas. Ao final do experimento, aos 270 DAE, foram sorteadas dez plântulas de cada tratamento para determinar a massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR) e massa seca total (MST). As raízes foram separadas do substrato através de lavagem com água e em seguida secadas em estufa a 80 °C até peso constante e pesadas em balança de precisão.

Com base nos parâmetros morfológicos avaliados, foram calculados os parâmetros de qualidade de mudas: relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto (H/D); altura da parte aérea e massa seca da parte aérea (H/MSPA); massa seca da parte aérea e massa seca da raiz (MSPA/MSR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON et al., 1960) segundo a fórmula: $IQD = MST(g)/((H(cm)/D(mm))+(MSPA(g)/MSR(g)))$.

Foram determinadas as concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S no tecido foliar das mudas de *D. bipinnatum* em cada nível de sombreamento através do método descrito por Silva et al. (1999) das dez mudas sorteadas em cada tratamento. Para a extração dos macronutrientes, as amostras foram submetidas à digestão úmida triácida em blocos digestores com temperatura de 320 °C. O elemento N foi determinado por destilação de Kjeldahl, K por espectrofotômetro de emissão de chama digital, P e S por espectrofotometria ultravioleta visível (UV-VIS) e Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica.

Foi calculada a Eficiência do Uso de Nutrientes (EUN) pela adaptação de Vitousek (1982), onde a EUN é o inverso da concentração de nutriente no tecido foliar, utilizando-se a fórmula: $EUN = (gm/gn)-1$, onde gm é a biomassa seca das plantas em gramas e gn é a quantidade do nutriente em gramas encontrada. Esse método,

geralmente, é utilizado para folhas senescentes (VITOUSEK, 1982). Entretanto, como as mudas não apresentaram folhas senescentes, utilizamos o termo proposto por Marimon Jr. et al. (em revisão), segundo o qual, se a análise for realizada a partir de folhas que ainda estão na muda, os resultados demonstram a quantidade de nutrientes que a muda está utilizando para uma determinada quantidade de biomassa produzida, o que foi denominado pelos referidos autores como Eficiência do Uso Interno de Nutrientes (EUIN).

Os resultados foram submetidos à análise de variância (One-Way ANOVA) seguida do teste de Tukey a 5% de probabilidade. A normalidade dos dados foi verificada pelo teste Shapiro-Wilk e a homogeneidade das variâncias pelo Teste de Levene (ZAR, 2010). No caso em que os dados não foram homogêneos, foi aplicado o teste F de Welch para variâncias desiguais (ZAR, 2010), seguido do teste de Tukey a 5% de probabilidade. Também foi aplicada uma análise de regressão para verificar a relação entre a luminosidade e os parâmetros analisados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desenvolvimento inicial e qualidade das mudas

Aos 90 dias após a emergência (DAE) foi observado maior número de folhas nos tratamentos a pleno sol e 50% de sombreamento (Tabela 2). Aos 210, 240 e 270 DAE, houve aumento significativo no número de folhas conforme aumentou o nível de sombreamento (Figura 2), sendo as maiores médias verificadas para os tratamentos a 70 e 90% (Tabela 2). O maior número de folhas em ambientes mais sombreados pode ser uma estratégia da espécie para tentar compensar a escassez por luminosidade (CAMPOS; UCHIDA, 2002).

Em geral, foi observado maior crescimento em altura das mudas de *D. bipinnatum*, sombreadas a 50%, a partir dos 180 DAE, diferindo significativamente das mudas em pleno sol e a 30% de sombreamento. Também foi observado maior diâmetro do coleto a 50% de sombreamento durante o experimento (Tabela 2), entretanto, não foram encontradas correlações significativas entre a altura e diâmetro e os diferentes níveis de luminosidade. Este comportamento pode ser apresentado por espécies nativas que apresentam uma estratégia ecológica de estabelecimento sob condições

de pequenas clareiras no interior das florestas, em ambientes de luminosidade intermediária (FELFILI et al., 1999).

Tabela 2. Efeitos dos diferentes níveis de sombreamento sob as variáveis: número de folhas, altura (cm) e diâmetro do coleto (mm) em mudas de *D. bipinnatum* em viveiro florestal do campus da UNEMAT de Nova Xavantina, MT. DAE= dias após a emergência, Somb= sombreamento, NF= número de folhas, H= altura, DC= diâmetro do coleto.

Table 2. Effects of different levels of shading in the variables: number of leaves, height (cm) and stem diameter (mm) in seedlings *D. bipinnatum* in the tree nursery of the campus UNEMAT Nova Xavantina, MT. DAE= days after emergence, Somb= shading, NL= number of leaves, H= height, SD = stem diameter.

DAE	Somb.	NF	H (cm)	DC (mm)
90	0%	6,00a	7,46c	2,42a
	30%	4,90bc	7,33c	2,25ab
	50%	5,76ab	9,05ab	2,44a
	70%	4,75c	7,57bc	2,10b
	90%	4,57c	9,67a	2,11b
150	0%	6,72b	7,66a	2,94b
	30%	6,40b	7,28a	2,73bc
	50%	8,12a	11,04a	3,24a
	70%	6,52b	10,28a	2,58c
	90%	6,24b	10,91a	2,48c
180	0%	7,12a	8,11c	2,99b
	30%	6,33b	8,05c	3,02b
	50%	7,37a	11,58a	3,67a
	70%	7,86a	10,28b	2,91b
	90%	7,24a	11,12ab	2,78b
210	0%	5,96a	8,88c	3,14bc
	30%	6,50a	8,34c	3,41ab
	50%	6,22a	11,85a	3,73a
	70%	6,76a	10,38bc	3,35ac
	90%	6,88a	11,37ab	2,59d
240	0%	4,98b	8,70b	3,30b
	30%	5,33b	8,71b	3,10bc
	50%	5,39b	11,33a	3,84a
	70%	6,64a	10,71ab	3,30b
	90%	6,52a	11,53a	2,90c
270	0%	4,32b	8,96b	3,73bc
	30%	4,85b	9,20b	3,53c
	50%	4,55b	11,97a	4,41a
	70%	5,88a	11,00a	4,13ab
	90%	5,88a	11,15a	3,07d

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Maior crescimento em altura e diâmetro do coleto a 50% de sombreamento também foram observados por Valadão et al. (2014), para *Physocalymma scaberrimum* Pohl (Lythraceae), por Lenhard et al. (2013), para *Caesalpinia ferrea* Mart. ex. Tul. var. *leiostachya* Benth e por Azevedo et al. (2010), para *Simarouba amara* Aubl. A combinação entre altura e diâmetro do coleto constitui um parâmetro fundamental para avaliar o

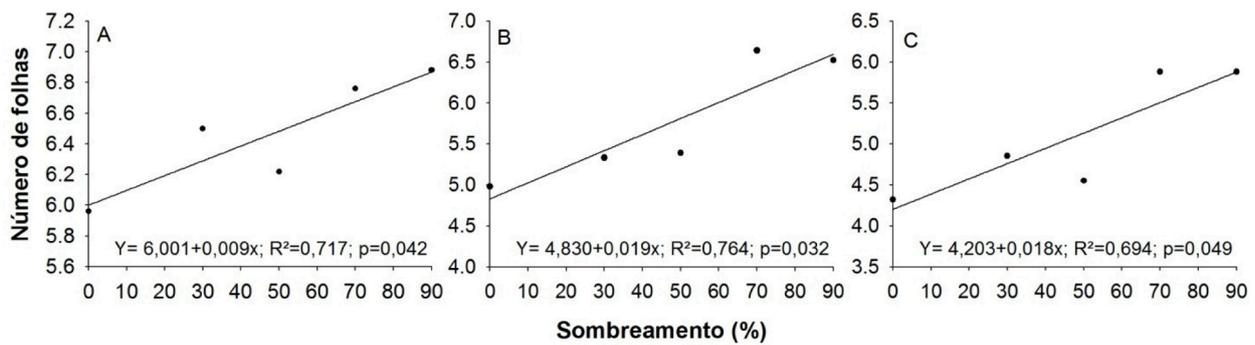


Figura 2. Relação entre o número de folhas e a porcentagem de sombreamento em mudas de *D. bipinnatum* aos 210(A), 240(B) e 270(C) DAE em viveiro florestal do campus da UNEMAT de Nova Xavantina, MT.

Figure 2. Relationship between number of leaves and percentage of shading in seedlings *D. bipinnatum* at 210(A), 240(B) and 270(C) DAE in the tree nursery of the campus UNEMAT Nova Xavantina, MT.

crescimento das mudas, visto que não acarreta na destruição e define com precisão a qualidade das mesmas (SANTOS et al., 2014). Assim, podemos sugerir que as mudas de *D. bipinnatum* devem ser plantadas em ambientes simulando clareiras, a fim de garantir o sucesso em campo e reduzir a mortalidade, tal como observado por Felfili et al. (1999) e Siebeneichler et al. (2008) para outras espécies. Além disso, por conta da preferência por ambientes intermediários de luminosidade, essa espécie deve ser classificada nos grupos ecológicos como secundária inicial (SWAINE; WHITMORE, 1988) e não como pioneira, como foi proposto por Lorenzi (2008), visto que não se desenvolve sob condições de pleno sol, como observado em nosso estudo.

Foi observado um padrão relativamente homogêneo na distribuição da massa seca média da raiz, parte aérea e total das plântulas nos sombreamentos a 50 e 70%, de modo que as mudas submetidas a esses níveis de luz apresentaram melhores respostas em relação às demais (Figura 3). Padrão semelhante foi observado em outras espécies de Cerrado, como *Physocalymma scaberrimum* e *Copaifera langsdorffii* Desf. avaliadas por Valadão et al. (2014) e Reis et al. (no prelo).

As mudas de *D. bipinnatum* que cresceram sob condições de 50 e 70% de sombreamento apresentaram raízes mais desenvolvidas. Segundo Chapin et al. (1993) um maior investimento em biomassa radicular é um fator positivo para a seleção de espécies em ambientes com intensa estacionalidade climática ou mesmo hiperdinâmicos (MARIMON et al., 2014), como é o caso do Cerrado e da zona de transição Amazônia/Cerrado. Nestas regiões sazonais, a disponibilidade de água no solo pode ser um fator limitante (LENHARD et al., 2013), fazendo com que muitas espécies desenvolvam estratégias de estabelecimento em condições intermediárias de in-

solução. Além disso, indivíduos com sistemas radiculares mais desenvolvidos apresentam maior capacidade de aclimação ao plantio em campo sob climas sazonais do que aqueles com sistemas radiculares reduzidos (CLAUSSEN, 1996), como observado no tratamento em pleno sol e 90% de sombreamento no presente estudo.

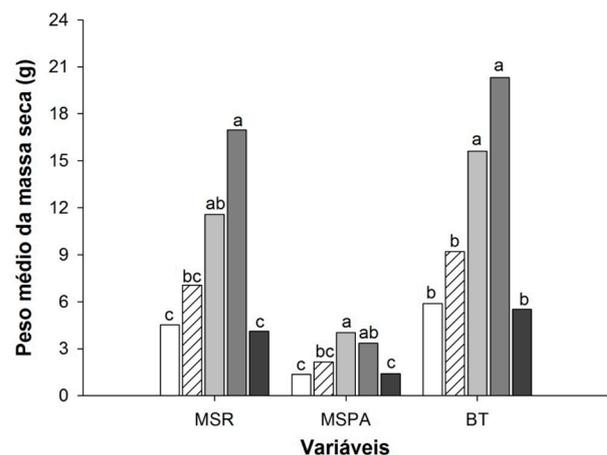


Figura 3. Efeitos dos diferentes níveis de sombreamento sob a massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e biomassa total (BT) em mudas de *D. bipinnatum* aos 270 DAE em viveiro florestal do campus da UNEMAT de Nova Xavantina, MT. Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. □ = 0%; ▨ = 30%; ▤ = 50%; ▥ = 70% e ▩ = 90% de sombreamento.

Figure 3. Effects of different levels of shading under the root dry mass (MSR), shoot (MSPA) and total (MST) in seedlings *D. bipinnatum* at 270 DAE in the tree nursery of the campus UNEMAT Nova Xavantina, MT. Means followed by the same letter do not differ significantly by Tukey at 5% probability. □ = 0%; ▨ = 30%; ▤ = 50%; ▥ = 70% and ▩ = 90% of shading.

A menor produção de biomassa nos dois extremos testados (pleno sol e 90% de sombreamento) indica que a produção de fotoassimilados pode ser prejudicada nestas condições. Neste caso, a exposição prolongada a altas irra-

diâncias pode ser prejudicial às plântulas, uma vez que estas podem absorver mais fótons de luz do que conseguem assimilar, podendo resultar em fotoinibição, ou mesmo na morte da planta (KITAO et al., 2000). Dessa forma, o plantio de mudas de *D. bipinnatum* sob esses dois extremos de luz deve ser evitado.

No sombreamento a 90% a relação H/D foi significativamente superior aos demais (pleno sol, 30, 50 e 70%). Além disso, os tratamentos a pleno sol e 90% de sombreamento apresentaram relações H/MSPA superiores aos outros tratamentos (Figura 4) em resposta (modelo quadrático) ao sombreamento (Figura 5).

Quanto menor o valor das relações alométricas entre H/D e H/MSPA melhor a qualidade das mudas (DUTRA et al., 2013), ou seja, maior a capacidade de sobrevivência após o plantio. As mudas de *D. bipinnatum* que cresceram sob condições intermediárias de sombreamento (50 e 70%) apresentaram melhor qualidade desses parâmetros alométricos. Outros estudos também observaram melhores relações alométricas para H/MSPA em condições de 50 e 70% de sombreamento (VALADÃO et al., 2014; REIS et al., *no prelo*).

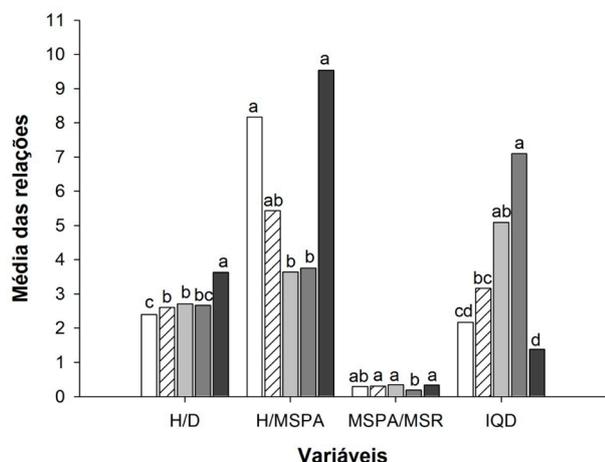


Figura 4. Valores médios das relações altura e diâmetro do coleto (H/D), altura e massa seca da parte aérea (H/MSPA), massa seca da parte aérea e massa seca da raiz (MSPA/MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de *D. bipinnatum* aos 270 DAE em viveiro florestal do campus da UNEMAT de Nova Xavantina, MT. Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. □ = 0%; ▨ = 30%; ▩ = 50%; ▪ = 70% e ▫ = 90% de sombreamento.

Figure 4. Mean values of the relations height and stem diameter (H/SD), height and shoot dry mass (H/SDM), shoot dry mass and root dry mass (SDM/RDM) and DQI (Dickson quality index) of *D. bipinnatum* at 270 DAE in the tree nursery of the campus UNEMAT Nova Xavantina, MT. Means followed by the same letter do not differ significantly by Tukey at 5% probability. □ = 0%; ▨ = 30%; ▩ = 50%; ▪ = 70% and ▫ = 90% of shading.

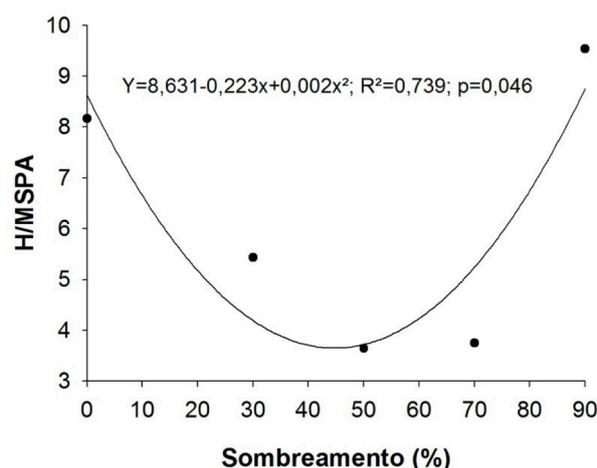


Figura 5. Relação entre altura/massa seca da parte aérea (H/MSPA) e a porcentagem de sombreamento em mudas de *D. bipinnatum* aos 270 DAE, em viveiro florestal do campus da UNEMAT de Nova Xavantina, MT.

Figure 5. Relationship between height/shoot dry mass (H/SDM) and percentage of shading in seedlings *D. bipinnatum* at 270 DAE in the tree nursery of the campus UNEMAT Nova Xavantina, MT.

Dessa forma, as mudas que cresceram sob 50 e 70% de sombreamento também podem apresentar maior potencial de desenvolvimento e sobrevivência em condições de plantio (GOMES, 2001, REIS et al., *no prelo*). Lenhard et al. (2013) observaram ainda que uma maior relação MSPA/MSR sob condições de intensa luminosidade pode indicar que as plantas necessitam de um sistema radicular mais desenvolvido a fim de suprir as demandas transpiratórias, padrão distinto ao encontrado no presente estudo, reforçando a ausência de adaptação *D. bipinnatum* para elevada disponibilidade de luz durante seus primeiros estágios de vida.

Em relação ao índice de qualidade de Dickson, que considera os principais parâmetros alométricos em conjunto, as mudas de *D. bipinnatum* produzidas sob 50 e 70% de sombreamento foram as que apresentaram maior qualidade (Figura 4). Em ensaio realizado por Melo et al. (2008) com mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. foi estabelecido um intervalo entre 20 e 80% de sombreamento para a produção de mudas em viveiro. Azevedo et al. (2010) obtiveram melhor IQD em mudas de *Simarouba amara* Aubl. em sombreamento intermediário (50%). O IQD é um dos melhores indicadores da qualidade de mudas, pois leva em consideração vários parâmetros morfológicos importantes ao mesmo tempo, otimizando o índice. A vantagem do uso de vários parâmetros alométricos em um mesmo índice é que a

utilização de forma isolada dos indicadores alo-métricos eleva o risco de escolha equivocada de mudas (FONSECA et al., 2002).

Concentração e eficiência de uso de nutrientes

Em geral, a concentração de nutrientes foliar variou amplamente entre os níveis de sombreamento (apenas P foi constante). Foi registrado os maiores valores de concentração, para quase todos os nutrientes, no sombreamento a 90%. As menores médias, com exceção de Mg, foram registradas nos tratamentos 50 e 70% (Tabela 3).

Em relação a EUIN, *D. bipinnatum* apresentou melhor resposta fisiológica em níveis intermediários de sombreamento (50 e 70%). Os nutrientes N, P, Ca e Mg foram mais eficientemente utilizados pelas mudas sob 50% de sombreamento e S sob 70% (Tabela 4). Por outro lado, as mudas submetidas a 0 e 90% de sombreamento apresentaram as menores respostas fisiológicas em termos de eficiência de uso dos nutrientes (Tabela 4). Não houve correlação significativa, tanto para a concentração de nutrientes, quanto para a EUIN em relação ao sombreamento.

A variação na concentração de nutrientes e EUIN de mudas de *D. bipinnatum* entre os diferentes níveis de sombreamento, demonstra que essa espécie responde de forma distinta em relação a capacidade de aproveitamento de luz.

Segundo Larcher (2000) a eficiência de absorção de nutrientes pela raiz e a preferência por um determinado bioelemento são características determinadas geneticamente.

A EUIN pela planta aumenta com a redução na disponibilidade dos nutrientes no solo (VI-TOUSEK; SANFORD, 1986), mas possivelmente, como demonstrado no presente estudo, outros fatores (no caso a luz) ajudam a determinar esta eficiência. Assim, dependendo do ambiente, os nutrientes são mais eficientemente convertidos em biomassa, com consequente aumento da produtividade e economia dos recursos disponíveis no solo (PINTO et al. 2011). Dessa forma, fisiologicamente, as plântulas de *D. bipinnatum* são mais produtivas em condições onde a energia é um fator a maximizar a EUIN, como nas condições de 50 e 70% de sombreamento.

A melhor EUIN em níveis intermediários de sombreamento (50 e 70%), principalmente para o sombreamento a 50%, onde os nutrientes N, P, Ca e Mg armazenados no substrato foram melhor aproveitados, foi determinante para o melhor crescimento das mudas de *D. bipinnatum*. Considerando que os sombreamentos 50 e 70% foram os que apresentaram as menores concentrações de nutrientes, assumimos que a EUIN de *D. bipinnatum* é a variável que explica o melhor crescimento e produção de biomassa em tratamentos com entrada intermediária de luz.

Tabela 3. Concentração de nutrientes foliar em *D. bipinnatum* nos diferentes níveis de sombreamento aos 270 DAE em viveiro florestal do campus da UNEMAT de Nova Xavantina, MT. SO= sombreamento.

Table 3. Concentration of foliar nutrients in *D. bipinnatum* at different levels of shading to 270 DAE in the tree nursery of the campus UNEMAT Nova Xavantina, MT. SO= shading.

SO (%)	Nutrientes (g Kg ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
0%	14,66 b	7,88 a	8,35 ab	12,81 b	2,23 b	2,03 bc
30%	15,54 ab	8,55 a	6,80 cd	15,51 b	3,23 a	2,24 bc
50%	14,65 b	7,01 a	7,74 bc	12,50 b	2,61 b	3,26 a
70%	12,79 c	7,39 a	5,71 d	21,07 a	3,49 a	1,78 c
90%	16,79 a	7,90 a	9,56 a	22,25 a	3,76 a	2,76 ab

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Eficiência do Uso Interno de Nutrientes (EUIN) para N (Nitrogênio), P (Fósforo), K (Potássio), Ca (Cálcio), Mg (Magnésio), S (Enxofre) de *D. bipinnatum* em diferentes níveis de sombreamento aos 270 DAE em viveiro florestal do campus da UNEMAT de Nova Xavantina, MT. SO= sombreamento.

Table 4. Efficiency in the internal use of nutrients (EUIN) to N (nitrogen), P (Phosphorus), K (potassium), Ca (calcium), Mg (Magnesium), S (Sulfur) for *D. bipinnatum* at different levels of shading to 270 DAE in the tree nursery of the campus UNEMAT Nova Xavantina, MT. SO= shading.

SO (%)	Nutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
0%	94 b	171 c	163 c	106 bc	601 bc	694 b
30%	137 b	257 bc	316 b	139 b	669 bc	1060 b
50%	277 a	635 a	534 ab	332 a	1630 a	1225 b
70%	266 a	462 ab	613 a	160 b	953 ab	1931 a
90%	83 b	185 c	153 c	63 c	385 c	562 b

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

Com base em nossos resultados refutamos a hipótese testada, visto que as mudas de *D. bipinnatum* não apresentaram melhor desenvolvimento, qualidade e eficiência no uso de nutrientes em níveis de maior luminosidade e sim em condições intermediárias de sombreamento, não sendo, portanto uma espécie pioneira e sim uma secundária inicial. Dessa forma, podemos indicar o uso dessa espécie para recomposição de áreas degradadas na fase secundária de sucessão e produção de mudas em larga escala nos níveis de 50 e 70% sombreamento, a fim de garantir a produção de mudas mais vigorosas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) pelo financiamento do projeto Tecnologia de Bases Ecológicas Para a Recomposição, Uso Sustentável de Florestas de Galeria e Proteção de Recursos Hídricos (FAPEMAT n° 0738/2006) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (projeto Biochar CNPq n° 575019/2008) pela estrutura física do viveiro. Agradecemos à empresa Agro São Gabriel Ltda. pelo financiamento do sistema de irrigação. À equipe do Laboratório de Ecologia Vegetal, pelo auxílio nas coletas de dados. Ao CNPq pela concessão de bolsa Produtividade em pesquisa para B.S. Marimon e B.H. Marimon Junior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. S.; MAIA, N.; ORTEGA, A. R.; ÂNGELO, A. C. Crescimento de mudas de *Jacaranda puberula* cham. em viveiro submetidas a diferentes níveis de luminosidade. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 15, n. 3, p. 323-329, 2005.

AZEVEDO, I. M. G.; ALENCAR, R. M.; BARBOSA, A. P.; ALMEIDA, N. O. Estudo do crescimento e qualidade de mudas de marupá (*Simarouba amara* Aubl.) em viveiro. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 40, n. 1, p. 157-164, 2010.

CAMPOS, M. A. A.; UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 37, n. 3, p. 281-188, 2002.

CHAPIN III, F. S.; AUTUNM, K.; PUGNAIRE, F. Evolution of suites of traits in response to environmental stress. *American Naturalist*, Chicago, v. 142, (Supplement), p. 79-92, 1993.

CLAUSSEN, J. W. Acclimation abilities of three tropical rainforest seedlings to an increase in light intensity. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 80, n. 1, p. 245-255, 1996.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *The Forest Chronicles*, Ontário, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.

DUTRA, T. R.; MASSAD, M. D.; SARMENTO, M. F. Q.; OLIVEIRA, J. C. Substratos alternativos e métodos de quebra de dormência para produção de mudas de canafístula. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 60, n. 1, p. 72-78, 2013.

FELFILI, J. M.; HILGBERT, L. F.; FRANCO, A. C.; SOUSA-SILVA, J. C.; RESENDE, A. V.; NOGUEIRA, M. V. P. Comportamento de plântulas de *Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *rubiginosum* (Tul.) Benth. sob diferentes níveis de sombreamento, em viveiro. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 297-301, 1999.

FELFILI, J. M.; RIBEIRO, J. F.; FAGG, C. W.; MACHADO, J. W. B. *Recuperação de matas de galeria*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2000, 45 p. (Documentos, 21).

FONSECA, É. D. P.; VALÉRI, S. V.; MIGLIORANZA, É.; FONSECA, N. A. N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 515-523, 2002.

FRANCO, A. C. Biodiversidade de forma e função: implicações ecofisiológicas das estratégias de utilização de água e luz em plantas lenhosas do cerrado. In: SCARIOT A. O.; SOUZA-SILVA J. C.; FELFILI, J. M. (Ed.). *Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e conservação*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 181-195.

GOMES, J. M. *Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K*. 2001. 126 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

- GUARIM NETO, G.; SANTANA, S. R.; SILVA, J. V. B. Notas etnobotânicas de espécies de Sapindaceae Jussieu. *Acta Botânica Brasilica*, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 327-334, 2000.
- HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Campinas, v. 12, n. 1, p. 54-64, 2000.
- IBGE Mapa de biomas do Brasil. 2004. Disponível em: < <http://mapas.ibge.gov.br/tematicos> >. Acesso em: 28 fev. 2014.
- KITAO, M.; LEI, T. T.; KOIKE, T.; TOBITA, H.; MARUYAMA, Y. Susceptibility to photoinhibition of three deciduous broadleaf tree species with different successional traits raised under various light regimes. *Plant, Cell & Environment*, Oxford, v. 23, n. 1, p. 81-89, 2000.
- LARCHER, W. *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos: RIMA. 2000. 531 p.
- LENHARD, N. R.; PAIVA NETO, V. B.; SCALON, S. D. P. Q.; ALVARENGA, A. A. Crescimento de mudas de pau-ferro sob diferentes níveis de sombreamento. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 43, n. 2, p. 178-186, 2013.
- LIMA JR., É. C.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; VIEIRA, C. V.; BARBOSA, J. P. R. A. D. Aspectos fisiológicos de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 33-41, 2006.
- LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa: Plantarum, 2008. 384 p.
- MARIMON, B. S.; FELFILI, J. M.; LIMA, E. S.; DUARTE, W. M. G.; MARIMON JR., B. H. Environmental determinants for natural regeneration of gallery forest at the Cerrado/Amazonia boundaries in Brazil. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 40, n. 1, p. 107-118, 2010.
- MARIMON, B. S.; MARIMON JR., B. H.; FELDPAUSCH, T. R.; OLIVEIRA-SANTOS, C.; MEWS, H. A.; LOPEZ-GONZALEZ, G.; LLOYD, J.; FRANZAK, D. D.; OLIVEIRA, E. A.; MARACAHIPES, L.; MIGUEL, A.; LENZA, E.; PHILLIPS, O. L. Disequilibrium and hyperdynamic tree turnover at the forest cerrado transition zone in southern Amazonia. *Plant Ecology & Diversity*, London, v. 7, n. 1-2, p. 281-292, 2014.
- MELO, R. R.; CUNHA, M. C. L.; RODOLFO JR., F.; STANGERLIN, D. M. Crescimento inicial de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. sob diferentes níveis de luminosidade. *Revista Brasileira Ciências Agrárias*, Recife, v. 3, n. 2, p. 138-144, 2008.
- MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA JR., M. C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E. Flora Vascular do Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). *Cerrado: ambiente e flora*. Planaltina: EMBRAPA, 2008. p. 289-556.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, London, v. 403, p. 853-858, 2000.
- NOGUEIRA, E. M.; FEARNESIDE, P. M.; NELSON, B. W.; BARBOSA, R. I.; KEIZER, E. W. H. Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: new allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 256, n. 11, p. 1853-1857, 2008.
- PINTO, S. I. C.; FURTINI NETO, A. E.; NEVES, J. C. L.; FAQUIN, V.; MORETTI, B. S. Eficiência nutricional de clones de eucalipto na fase de mudas cultivados em solução nutritiva. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 523-533, 2011.
- REIS, S. M.; MARIMON JR., B. H.; MORANDI, P. S.; OLIVEIRA-SANTOS, C.; OLIVEIRA, B.; MARIMON, B. S. Desenvolvimento inicial e qualidade de mudas de *Copaifera langsdorffii* Desf. sob diferentes níveis de sombreamento. *Ciência Florestal*, Santa Maria, no prelo.
- SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA JR., L. G. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 166, n. 1-4, p. 113-124, 2010.
- SANTOS, U. F.; XIMENES, F. S.; LUZ, P. B.; SEABRA JR., S.; PAIVA SOBRINHO, S. Níveis de sombreamento na produção de mudas de pau-de-balsa (*Ochroma pyramidale*). *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 129-136, 2014.
- SIEBENEICHLER, S. C.; FREITAS, G. A. D.; SILVA, R. R. D.; ADORIAN, G. C.; CAPELLARI, D. Características morfofisiológicas em plantas de *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Tol. em condições de luminosidade. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 38, n. 3, p. 467-472, 2008.

- SILVA, F. A. M.; ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A. Caracterização climática do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina: Embrapa, 2008. p. 69-88.
- SILVA, F. C. (Ed.) **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Rio de Janeiro: Embrapa solos; Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 1999. 370 p.
- SWAINE, M. D.; WHITMORE, T. C. On the definition of ecological species groups in tropical. **Vegetatio**, Dordrecht, v. 75, n. 1-2, p. 81-86, 1988.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 2.ed. Massachusetts: Sinauer Associates, INC. 1998. 757 p.
- VALADÃO, M. B. X.; MARIMON JR., B. H.; MORANDI, P. S.; REIS, S. M. OLIVEIRA, B.; OLIVEIRA, E. A.; MARIMON, B. S. Initial development and biomass partitioning of *Physocalymma scaberrimum* Pohl (Lythraceae) under different shading levels. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 129-139, 2014.
- VITOUSEK, P. Nutrient cycling and nutrient use efficiency. **American Naturalist**, Chicago, v. 119, n. 4, p. 553-572, 1982.
- VITOUSEK, P. M.; SANFORD, R. L. Nutrient cycling in moist tropical forests. **Annual Review of Ecological Systems**, v. 65, n. 1, p. 285-298, 1986.
- ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. 4.ed. New Jersey: Pearson, Upper Saddle River, 2010. 944 p.

Recebido em 17/06/2014
Aceito para publicação em 26/02/2015