

Notas Científicas

Interferência da disponibilidade de luz na resposta à adubação de plantios de enriquecimento com leguminosas arbóreas

Marco Aurélio de Carvalho Silva⁽¹⁾, Luiz Augusto Gomes de Souza⁽¹⁾ e Diego Oliveira Brandão⁽²⁾

⁽¹⁾Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Coordenação de Pesquisas em Agronomia, Avenida André Araújo, nº 2.936, Aleixo, CEP 69060-001 Manaus, AM. E-mail: lelo_br@hotmail.com, souzalag@inpa.gov.br ⁽²⁾Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas, Rua Barão de Solimões, nº 12, Flores, CEP 69058-250 Manaus, AM. E-mail: diego.brandao@idesam.org.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar a interferência da disponibilidade de luz na resposta à adubação de plantios de enriquecimento da capoeira com leguminosas arbóreas. As espécies *Hymenaea courbaril*, *Stryphnodendron guianense*, *Parkia platycephala* e *Stryphnodendron microstachyum* foram plantadas em capoeira, sob três tratamentos de fertilização: adubação orgânica, adubação orgânica acrescida de mineral e ausência de adubação. A disponibilidade de luz condicionou a resposta de *P. platycephala* e *H. courbaril* à fertilização. A aleatorização não foi suficiente para garantir condições semelhantes de luz nos plantios de enriquecimento. A variação na quantidade de luz incidente no sub-bosque compromete a correta avaliação dos tratamentos de fertilização.

Termos para indexação: *Hymenaea courbaril*, *Parkia platycephala*, *Stryphnodendron guianense*, *Stryphnodendron microstachyum*, capoeira, transmitância.

Interference of light availability on response to fertilization of enrichment plantings with leguminous trees

Abstract – The objective of this work was to evaluate the interference of light availability on response to fertilization of enrichment plantings of secondary growth forest with leguminous trees. The species *Hymenaea courbaril*, *Stryphnodendron guianense*, *Parkia platycephala*, and *Stryphnodendron microstachyum* were planted in a secondary growth forest under three fertilization treatments: organic fertilization, organic fertilization plus mineral fertilization, and absence of fertilization. Light availability modulated the response of *P. platycephala* and *H. courbaril* to fertilization treatments. Randomization was not sufficient to ensure similar light conditions in the enrichment plantings. Variation in the amount of incident light compromises the sound evaluation of fertilization treatments.

Index terms: *Hymenaea courbaril*, *Parkia platycephala*, *Stryphnodendron guianense*, *Stryphnodendron microstachyum*, secondary growth forest, transmittance.

A luz disponível no sub-bosque de florestas tropicais é influenciada por diversos fatores, como composição das espécies no estrato vertical, densidade de indivíduos (Clark et al., 1996), estágio sucessional, declividade e latitude (Canham et al., 1994). A interação entre esses fatores resulta em valores de disponibilidade de luz no sub-bosque em torno de 2% da luz total incidente (Nicotra et al., 1999; Rüger et al., 2009). Nessas condições, as plantas beneficiam-se apenas da luz difusa (Oliveira et al., 2007), o que pode afetar seu crescimento e desenvolvimento (Schulze, 2008). A quantidade de luz disponível afeta diretamente a produtividade das plantas, enquanto a qualidade da luz atua no controle de processos fisiológicos, com

influência sobre a germinação de sementes, floração, crescimento do caule, bem como sobre a expansão e orientação das folhas (Poorter, 1999).

A floresta é um contínuo de clareiras em diferentes fases de sucessão, o que impede uma categorização simplificada do ambiente florestal. Estudos em ambientes de capoeira tendem a considerar homogêneas as condições de luz. Considera-se que a aleatorização do desenho amostral seja suficiente para prevenir que variáveis não mensuradas interfiram no resultado das pesquisas (Silva, 1999; Gotelli & Ellison, 2011). Embora seja a melhor maneira de prevenir interferências indesejadas nos resultados obtidos, a aleatorização nem sempre é suficiente,

sendo necessário quantificar o efeito de covariáveis, para que se tenha uma interpretação correta da resposta das espécies aos tratamentos pesquisados.

Os sensores de quantum registram medidas diretas de luz ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), e, de acordo com o tipo de sensor, é possível medir a radiação solar utilizada nos processos fotossintéticos ou faixas específicas do espectro de luz (Newton, 2007). Apesar de sua eficiência, a utilização de sensores que meçam todo o espectro com influência na fotossíntese é logisticamente limitada, em razão da necessidade de sensores pareados (Capers & Chazdon, 2004). Portanto, os sensores que medem a luz incidente nas faixas espectrais do vermelho (660 nm, V) e do vermelho longo (730 nm, VL) são alternativas viáveis, pois esses comprimentos de onda são fortemente relacionados à radiação fotossinteticamente ativa (Capers & Chazdon, 2004).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a interferência da disponibilidade de luz na resposta à adubação de plantios de enriquecimento da capoeira com leguminosas arbóreas.

Em janeiro de 2010, foram plantadas, em uma capoeira de 15 anos, em processo de regeneração, na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Amazonas, localizada no município de Manaus (02°39'20"S e 60°03'30"W), quatro espécies arbóreas de leguminosas: fava de bolota (*Parkia platycephala* Benth.), faveira camuzé [*Stryphnodendron guianense* (Aubl.) Benth.], faveira da várzea (*Stryphnodendron microstachyum* Poepp. & Endl.), da subfamília Mimosoideae, e jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) da subfamília Caesalpinioideae. No momento do plantio, a vegetação da capoeira apresentava dossel contínuo com 13 m de altura. O crescimento das plantas cultivadas foi avaliado com medição mensal da altura, durante um ano, até janeiro de 2011, tendo-se considerado a altura do nível do solo até o meristema apical.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Am.

No início do experimento, foram coletadas três amostras de solo na profundidade de 0–40 cm, compostas por quatro subamostras retiradas de pontos determinados por sorteio, em cada bloco. Após as amostras terem sido peneiradas e secadas ao ar, foram determinadas as concentrações de Ca, Mg, K, Al, P, Fe, Zn, Mn, C e pH em H₂O (Claessen, 1997). As propriedades do solo entre os blocos foram comparadas por meio de análise de variância.

Os tratamentos de fertilização do solo consistiram de: controle (sem adição de nutrientes), adubação orgânica (1,5 L de composto de esterco bovino, depositado no fundo da cova) e adubação orgânica acrescida de adubação mineral (1,5 L de composto de gado curtido no fundo da cova, acrescido de 285 g de superfosfato triplo, 103 g de cloreto de potássio, 300 g de calcário dolomítico e 3 g de micronutrientes – FTE –, aplicados no entorno das mudas).

Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso, em arranjo fatorial 4x3, com quatro espécies de leguminosas e três tratamentos de fertilização. Cada parcela continha nove plantas, com três plantas por linha, em espaçamento 3x2 m, o que totalizou 324 plantas.

Seis meses após a instalação do experimento, foram feitas medidas diretas de luz na capoeira, com o sensor (V:VL) Skye SKR 110 (Skye, Instruments for Monitoring our Environment, Llandrindod Wells, Powys, Reino Unido) conectado ao registrador LI-1400 (LI-Cor Biosciences, Lincoln, Nebraska, EUA). Registrou-se a luz disponível a 2 m do solo, na posição de cada planta, para evitar que o sombreamento promovido pelo portador do sensor interferisse no registro da luz. Todas as medidas de luz foram tomadas diariamente entre 5h45min e 6h45min, entre 27/7/2010 e 4/8/2010. As medições foram feitas sob condições de céu nublado, para diminuir a variação no percentual de luz difusa que chega ao sub-bosque (Parent & Messier, 1996). A relação vermelho:vermelho longo de cada amostra foi ajustada ao modelo de Capers & Chazdon (2004), descrito pela equação: $T (\%) = 0,5458 + \exp [-2,4541 + 5,6594(V:VL)]$, em que: T é a transmitância; V representa o vermelho; e VL representa o vermelho longo.

Procedeu-se à análise de variância, para avaliar os dados de crescimento das plantas em resposta aos tratamentos de fertilização, e, em seguida, à análise de covariância, em que a transmitância foi utilizada como covariável dos tratamentos de fertilização. Os resultados das duas análises foram comparados para avaliar a interferência da luz no crescimento das plantas. Todas as análises foram feitas com o programa R (R Development Core Team, 2007).

Não houve diferenças entre os blocos nas propriedades químicas do solo da capoeira (Tabela 1), o que garantiu controle adequado do experimento e permitiu maior confiabilidade na interpretação do efeito dos tratamentos.

A luz disponível no sub-bosque da capoeira foi semelhante à relatada em áreas de floresta primária (Montgomery & Chazdon, 2002), tendo variado significativamente entre os tratamentos de fertilização (Tabela 2). No sub-bosque das florestas tropicais úmidas, na ausência de clareiras, a luminosidade é sempre baixa, independentemente do estágio sucessional da vegetação (Nicotra et al., 1999), e pode limitar o crescimento das plantas.

Portanto, no presente trabalho, a aleatorização do plantio em blocos casualizados foi eficaz para assegurar que as propriedades do solo fossem semelhantes na área experimental, mas não foi suficiente para garantir a mesma oferta de luz às plantas.

O incremento em altura de *H. courbaril* foi significativamente maior com adubação orgânica, em comparação aos demais tratamentos; porém, quando a luz foi utilizada como cofator na análise, o incremento em altura com adubação orgânica superou o tratamento controle, mas não diferiu do tratamento com adubação orgânica e mineral (Figura 1). A espécie *S. microstachyum* não apresentou incremento em altura influenciado pela variação de luz ou pela interação da luz com os tratamentos, tendo respondido apenas ao efeito isolado dos tratamentos de fertilização. Isso ocorreu porque, neste caso, a variação de luz entre os tratamentos não foi significativa (Tabela 2).

A luz disponível no sub-bosque da capoeira não produziu efeito isolado no incremento em altura de

S. guianense; no entanto, houve interação com os tratamentos de fertilização.

A espécie *P. platycephala* foi a que apresentou o crescimento mais afetado pela variação de luz no sub-bosque, e também respondeu aos tratamentos de fertilização. Este foi o caso mais evidente de como a luz pode interferir na interpretação da resposta de plantas a diferentes tratamentos. A simples avaliação do resultado da análise de variância para o efeito dos tratamentos de fertilização permitiria concluir que a adubação orgânica de *P. platycephala* gera incrementos em altura significativamente superiores ao controle e ao tratamento com adubação orgânica e mineral. Porém, após a correção dos incrementos médios em altura, tendo-se excluído o efeito da luz, fica evidente que *P. platycephala* não responde à adubação, quando plantada em capoeira (Figura 1).

A resposta diferenciada das quatro espécies avaliadas à luz deve-se a estratégias diferentes na ocupação de nichos. A maior influência dos níveis de luz no crescimento das plantas ocorreu na espécie *P. platycephala*, seguida de *H. courbaril* e *S. guianense*. A menor dependência da disponibilidade de luz foi verificada na espécie *S. microstachyum*, na qual a variação de 7% de luz entre os tratamentos de fertilização não produziu efeito sobre o incremento em altura. Esse tipo de variação entre as espécies, em resposta à disponibilidade de luz, ocorre tanto em plantios abertos (Balderrama & Chazdon, 2005) como

Tabela 1. Propriedades químicas do solo nos blocos instalados em área de capoeira, na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Amazonas.

Ambiente	pH H ₂ O	Ca	Mg	K	Al	P	Fe	Zn	Mn
		------(cmol _c kg ⁻¹)-----				------(mg kg ⁻¹)-----			
Bloco 1	4,0±0,08	0,37±0,12	0,14±0,07	0,06±0,02	2,7±0,6	1,38±0,2	157±36	0,39±0,2	3,7±2,2
Bloco 2	4,0±0,11	0,19±0,19	0,14±0,12	0,07±0,01	2,5±0,6	2,27±1,3	188±15	0,36±0,2	2,4±1,3
Bloco 3	4,0±0,08	0,08±0,01	0,12±0,07	0,06±0,02	2,4±0,4	1,12±0,2	196±56	0,20±0,2	1,9±0,9
Valor de F	0,0	3,5	0,0	0,3	0,2	0,8	1,8	3,2	0,9
Significância (p)	0,9	0,1	0,9	0,7	0,8	0,4	0,2	0,08	0,4

Tabela 2. Luz disponível (% de transmitância) no sub-bosque de capoeira cultivada com quatro espécies de leguminosas arbóreas, sob três tratamentos de fertilização do solo⁽¹⁾.

Espécie	Controle	Orgânica	Orgânica + mineral	Valor de F	Significância (p)
<i>Hymenaea courbaril</i>	3,7±2,7b	7,0±3,1a	4,9±3,4ab	3,9	0,02
<i>Stryphnodendron microstachyum</i>	10,6±6,4a	4,6±3,8a	5,4±4,9a	2,3	0,1
<i>Stryphnodendron guianense</i>	3,0±1,5ab	4,2±2,3a	2,6±1,5b	3,7	0,02
<i>Parkia platycephala</i>	3,3±1,5b	18,3±7,1a	3,3±1,2b	8,8	<0,001

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais, nas linhas, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

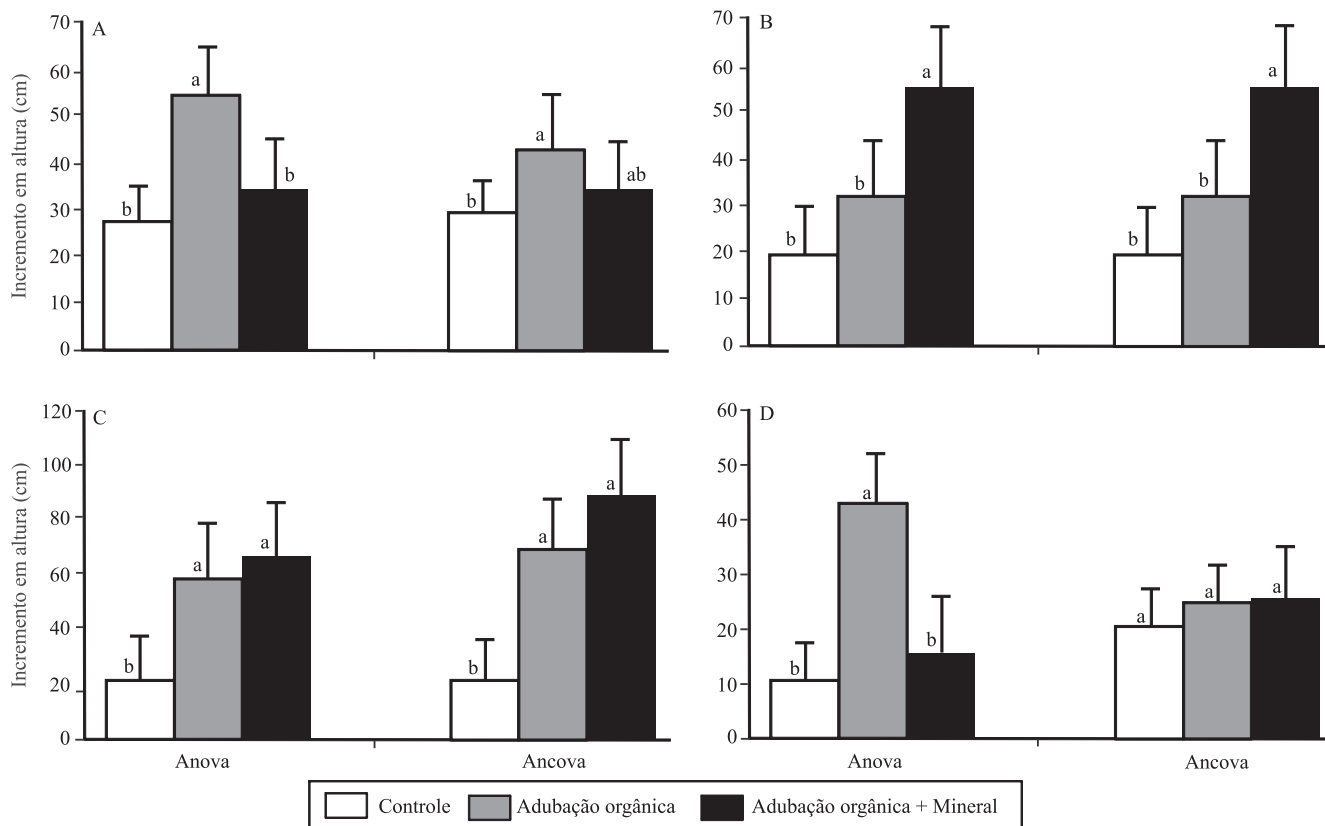


Figura 1. Diferenças de incremento em altura atribuídas à fertilização do solo por meio das análises de variância (Anova) e de covariância (Ancova). A, *Hymenaea courbaril*; B, *Stryphnodendron microstachyum*; C, *Stryphnodendron guianense*; e D, *Parkia platycephala*.

em cultivos realizados em casa de vegetação (Gaudio et al., 2011).

A variação de luz no sub-bosque compromete a correta avaliação de tratamentos de fertilização, especialmente com espécies sensíveis a pequenas variações na disponibilidade de luz, como *Hymenaea courbaril* e *Parkia platycephala*. No presente trabalho, a aleatorização experimental não foi suficiente para garantir condições de luz semelhantes em plantios de enriquecimento de capoeiras.

Agradecimentos

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) e à Universidade Federal do Amazonas (Ufam), por proporcionarem as condições para a realização deste trabalho; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão de bolsa; e ao Sr. Scott Stark, pelo empréstimo do sensor de luz.

Referências

- BALDERRAMA, S.I.V.; CHAZDON, R.L. Light-dependent seedling survival and growth of four tree species in Costa Rican second-growth rain forests. **Journal of Tropical Ecology**, v.21, p.383-395, 2005. DOI: 10.1017/S026646740500235X.
- CANHAM, C.D.; FINZI, A.C.; PACALA, S.W.; BURBANK, D.H. Causes and consequences of resource heterogeneity in forests: interspecific variation in light transmission by canopy trees. **Canadian Journal of Forest Research**, v.24, p.337-349, 1994. DOI: 10.1139/x94-046.
- CAPERS, R.S.; CHAZDON, R.L. Rapid assessment of understory light availability in a wet tropical Forest. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.123, p.177-185, 2004. DOI: 10.1016/j.agrformet.2003.12.009.
- CLAESSEN, M.E.C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPq, 1997. 212p. (Embrapa-CNPq. Documentos, 1).
- CLARK, D.B.; CLARK, D.A.; RICH, P.M.; WEISS, S.; OBERBAUER, S.F. Landscape-scale evaluation of understory light

- and canopy structures: methods and application in a neotropical lowland rain forest. **Canadian Journal of Forest Research**, v.26, p.747-757, 1996. DOI: 10.1139/x26-084.
- GAUDIO, N.; BALANDIERA, P.; DUMASA, Y.; GINISTY, C. Growth and morphology of three forest understorey species (*Calluna vulgaris*, *Molinia caerulea* and *Pteridium aquilinum*) according to light availability. **Forest Ecology and Management**, v.261, p.489-498, 2011. DOI: 10.1016/j.foreco.2010.10.034.
- GOTELLI, N.J.; ELLISON, A.M. **Princípios de estatística em ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2011. 528p.
- MONTGOMERY, R.A.; CHAZDON, R.L. Light gradient partitioning by tropical tree seedlings in the absence of canopy gaps. **Oecologia**, v.131, p.165-174, 2002. DOI: 10.1007/s00442-002-0872-1.
- NEWTON, A.C. **Forest ecology and conservation: a handbook for techniques**. Oxford: Oxford University, 2007. 454p. DOI: 10.1093/acprof:oso/9780198567448.001.0001.
- NICOTRA, A.B.; CHAZDON, R.L.; IRIARTE, S.V.B. Spatial heterogeneity of light and woody seedling regeneration in tropical wet forests. **Ecology**, v.80, p.1908-1926, 1999. DOI: 10.1890/0012-9658(1999)080[1908:SHOLAW]2.0.CO;2.
- OLIVEIRA, T.K. de; MACEDO, R.L.G.; VENTURIN, N.; BOTELHO, S.A.; HIGASHIKAWA, E.M.; MAGALHÃES, W.M. Radiação solar no sub-bosque de sistema agrossilvipastoril com eucalipto em diferentes arranjos estruturais. **Cerne**, v.13, p.40-50, 2007.
- PARENT, S.; MESSIER, C. A simple and efficient method to estimate microsite light availability under a forest canopy. **Canadian Journal of Forest Research**, v.26, p.151-154, 1996. DOI: 10.1139/x26-017.
- POORTER, L. Growth responses of 15 rain-forest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits. **Functional Ecology**, v.13, p.396-410, 1999. DOI: 10.1046/j.1365-2435.1999.00332.x.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2007. Available at: <http://www.r-project.org/>. Accessed on: 18 Feb. 2013.
- RÜGER, N.; HUTH, A.; HUBBELL, S.P.; CONDIT, R. Response of recruitment to light availability across a tropical lowland rain forest community. **Journal of Ecology**, v.97, p.1360-1368, 2009. DOI: 10.1111/j.1365-2745.2009.01552.x.
- SCHULZE, M. Technical and financial analysis of enrichment planting in logging gaps as a potential component of forest management in the eastern Amazon. **Forest Ecology and Management**, v.222, p.866-879, 2008. DOI: 10.1016/j.foreco.2007.09.082.
- SILVA, J.G.C. da. A consideração da estrutura das unidades em inferências derivadas do experimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.911-925, 1999. DOI: 10.1590/S0100-204X1999000600001.

Recebido em 10 de maio de 2012 e aprovado em 7 de fevereiro de 2013