



ARTIGO

## Comportamento da copa e relações alométricas de três espécies arbóreas em corredores e bordas florestais

Marcela de Castro Nunes Santos<sup>1,6\*</sup>, Eduardo van den Berg<sup>2,6</sup>, Grazielle Sales Teodoro<sup>3</sup>, Gabriela Aparecida de Oliveira Coelho<sup>4,6</sup> e Marco Aurélio Leite Fontes<sup>5,6</sup>

Recebido: 02 de março de 2011    Recebido após revisão: 29 de agosto de 2012    Aceito: 30 de agosto de 2012  
Disponível on-line em <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/1859>

**RESUMO:** (Comportamento da copa e relações alométricas de três espécies arbóreas em corredores e bordas florestais). Estudos sobre o comportamento alométrico de espécies vegetais em habitats fragmentados contribuem para melhor compreensão de efeitos da fragmentação sobre estrutura e dinâmica de florestas. Nesse sentido, o presente estudo objetivou comparar as relações alométricas inerentes ao tamanho e forma da copa de *Vochysia tucanorum*, *Pera glabrata* e *Tapirira obtusa* em dois ambientes: borda de fragmentos florestais e corredores florestais estreitos. As relações (altura total)/(diâmetro na altura do solo), (diâmetro médio da copa)/(diâmetro na altura do solo), altura da primeira bifurcação, profundidade, assimetria e deslocamento da copa foram comparados por meio do teste F (ANOVA Fator Único). *Tapirira obtusa* foi a espécie mais sensível às variações entre os dois ambientes. *Pera glabrata* foi menos sensível, com nenhuma diferença significativa nas relações alométricas entre os dois ambientes. *Vochysia tucanorum* apresentou diferença apenas no deslocamento da copa (mais deslocadas na borda). Os diferentes comportamentos apresentados pelas espécies podem ser explicados pelas guildas de regeneração a que pertencem e as estratégias plásticas adotadas na obtenção de recursos que lhes são necessários.

**Palavras-chave:** alometria, copa, fragmentação florestal.

**ABSTRACT:** (Crown's behavior and allometric relations of three tree species in corridors and forest edges). Allometric studies of plant species in the fragmented landscape units corroborate to deeper understanding of fragmentation effects on resource allocation of the species. This study has aimed to compare allometric relations inherent in the size and shape of the crown of *Vochysia tucanorum*, *Pera glabrata* e *Tapirira obtusa* in two forest habitats: forest edge and forest corridors. Height/DSH, Dcrown/DSH, the first fork height, depth, asymmetry and displacement of the tree crown were compared using the F test (ANOVA single factor). *T. obtusa* was the more sensitive specie to changes in the environment. *P. glabrata* proved to be more aloof, with no difference in the allometric relations between two environments. *V. tucanorum* differ only in displacement of the crown (more displaced in the edge). The different behaviors of the species can be explained by regeneration guilds to which they belong and the plastic strategies adopted in obtaining resources they need.

**Key words:** allometry, crown shape, forest fragmentation.

### INTRODUÇÃO

As restrições e demandas impostas pelo ambiente sobre as espécies vegetais selecionam formas, estruturas e fisiologia adaptativas nas mesmas (Bradshaw 1965, Schlichting 1986, Sultan, 1987, Thompson 1991). Mais do que adotar uma única estratégia de crescimento para obter recursos, uma espécie arbórea pode apresentar variações na sua arquitetura e, conseqüentemente, na estabilidade mecânica, de acordo com diferentes habitats (Holbroock & Putz 1989). No entanto, a plasticidade das plantas, apesar de ampla, sofre restrições tanto genéticas quanto mecânicas (Waller 1986).

A copa é composta por vários elementos e órgãos: ramos, folhas, flores, frutos, sendo o componente responsável pelos processos de crescimento e produção de uma árvore. Assim, parâmetros como superfície, diâmetro e comprimento da copa estão fortemente correlacionados

com esses processos. Em ambientes florestais, tamanho e forma da copa são modificadas pela competição com vizinhos, principalmente por luz e pelo efeito do vento (Nutto 2001, Tonini & Arco-Verde 2005). Diferenças na disponibilidade de luz podem originar muitas estratégias de ocupação de espaço e alocação de recursos para áreas fotossintéticas entre as espécies de árvores que apresentam alguma diferença na tolerância à luz (Reich 2000, Sterck & Bongers 1998, Thomas 1996, Thomas & Bazzaz 1999, Alves & Santos 2002).

Árvores do dossel parecem ser mais plásticas na forma da copa devido à competição experimentada por espaço e a necessidade de expandir suas copas para ambientes com mais luz. Nestes casos, a habilidade de ocupar espaço disponível pela expansão de galhos conjugada com a manutenção de uma copa acima do espaço ocupado pelo tronco parece ser importante em

1. Mestranda em Engenharia Florestal.

2. Doutor em Biologia Vegetal, Professor do Departamento de Biologia (Setor de Ecologia).

3. Doutoranda em Biologia Vegetal, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Cx. P. 6109, CEP 13083-970, Campinas, SP, Brasil.

4. Doutoranda em Engenharia Florestal.

5. Doutor em Ecologia (Conservação e Manejo da Vida Silvestre), Professor do Departamento de Ciências Florestais.

6. Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário. Cx. P. 3037, CEP 37200-000, Lavras, MG, Brasil.

\* Autor para contato. E-mail: [marcelacns@gmail.com](mailto:marcelacns@gmail.com)

situações de competição inter-copa (Sorrensen-Cothorn *et al.* 1993). Portanto, a plasticidade diversa entre indivíduos é muito importante para permitir sobrevivência e persistência das espécies arbóreas em ambientes onde a competição por luz é intensa (Farnsworth & Niklas 1995, Alves & Santos 2002).

A fragmentação altera variáveis ambientais importantes, como disponibilidade luminosa e hídrica, o que influencia as interações biológicas, e em última instância pode ter efeitos sobre a densidade e as relações alométricas das plantas (Bertani 2006). Sendo assim, para entender a estrutura e dinâmica de florestas e as interações competitivas entre as espécies de árvores ali existentes é importante entender, no contexto da fragmentação, as relações entre diâmetro do fuste, altura da árvore e área da copa, entre outras medidas, afetadas pela ontogenia característica de cada espécie de árvore (Shugart *et al.* 1981, O'Brien *et al.* 1995).

Estudos sobre o comportamento alométrico de espécies vegetais em habitats fragmentados são escassos. Em especial, estudos envolvendo corredores ecológicos, os quais são de extrema importância no aumento da conectividade (Taylor *et al.* 1993, Green 1994) e na conseqüente ampliação dos fluxos gênicos entre fragmentos florestais (Câmara 1996).

Nesse contexto, esse estudo buscou comparar as relações alométricas inerentes ao tamanho e forma da copa, altura da árvore e diâmetro do caule de três espécies arbóreas nos ambientes de borda florestal imediata (“borda”) e corredores florestais (“corredores”) a partir do teste da hipótese: as espécies apresentam diferentes graus de plasticidade – associados principalmente às suas guildas de regeneração – frente às variações entre os ambientes borda e corredor, sendo assim, esperam-se diferentes respostas das espécies aos ambientes em termos de relações alométricas.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está situada no município de Lavras, Minas Gerais, entre as coordenadas 21°17'15"S e 21°19'25"S, 44°58'59"W e 44°59'53"W. Na paisagem, podem ser identificados: a) uma matriz composta por culturas anuais e pastagens plantadas; b) fragmentos de florestas estacionais semidecíduais, nos quais foram amostrados indivíduos na borda imediata, até 10 m no interior do fragmento; c) corredores de vegetação arbórea ocorrendo em valas de divisa de até 5 m de largura, cuja composição, estrutura e estado de conservação se assemelham às dos fragmentos existentes na área (Fig. 1). O clima da região é Cwa, segundo a classificação de Köppen e a altitude varia de 920 m a 1.180 m.

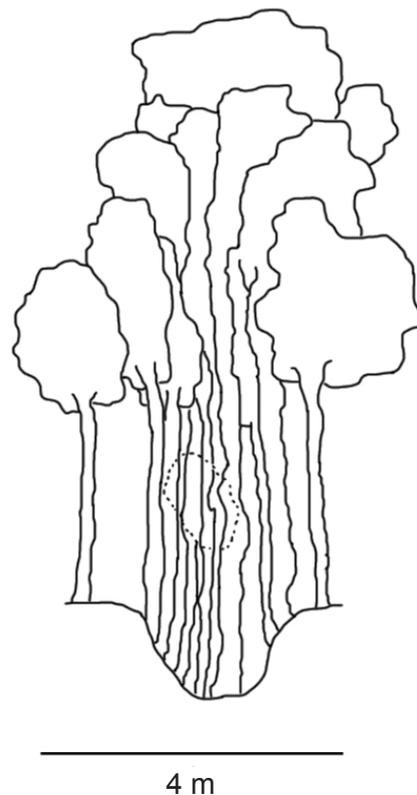
Foram selecionadas espécies que ocorriam abundantemente nos fragmentos e nos corredores estudados: *Vochysia tucanorum* Mart. (Vochysiaceae), *Pera glabrata* (Schott) Baill. (Euphorbiaceae) e *Tapirira obtusa* (Benth.) J.D. Mitchell (Anacardiaceae).

Foram amostrados 120 indivíduos, sendo 40 de *V. tu-*

*canorum* (20 na borda e 20 no corredor), 40 de *P. glabrata* (20 na borda e 20 no corredor) e 40 de *T. obtusa* (20 na borda e 20 no corredor), buscando-se a maior variabilidade possível de tamanho em cada ambiente, com critério de inclusão na amostragem de, no mínimo, um metro de altura. De cada indivíduo foram coletados, com vara graduada, dados de altura: total (HT), da primeira bifurcação e das primeiras folhas a partir do solo; foram tomados com trena: diâmetro da copa (duas medidas: a maior medida linear e sua respectiva maior medida perpendicular), distância da interseção das medidas de diâmetro da copa em relação ao ponto de fixação da árvore no solo (deslocamento da copa); com uma suta foram tomadas medidas do diâmetro na altura do solo (DAS) (duas medidas: a maior medida linear e sua respectiva maior medida perpendicular) para posterior cálculo do diâmetro quadrático.

A partir dos dados coletados, estabeleceram-se as medidas e relações (Tab. 1) por espécie para os dois ambientes, as quais, após confirmação da normalidade dos dados, foram comparadas pelo teste F (ANOVA Fator Único) (Pimentel-Gomes & Garcia 2002), para verificação do efeito do ambiente nas relações alométricas.

Para a descrição das relações alométricas, foram calculadas equações de regressão linear entre as medidas de  $\log_{10}$ (DAS) e  $\log_{10}$ (HT) para as espécies nos dois am-



**Figura 1.** : Diagrama de perfil idealizado dos corredores florestais “cercas-vivas” ocorrentes em valas de divisa localizadas na área de estudo (Adaptado de Castro 2004).

**Tabela 1.** Relações alométricas utilizadas e suas fórmulas.

Relação alométrica	Calculada por
HT/DAS	(Altura total)/(DAS)
Dcopa/DAS	$\sqrt{[(\text{Maior medida copa})^2 + (\text{Menor medida copa})^2]}/(\text{DAS})$
Primeira Bifurcação	Altura da primeira bifurcação/Altura total
Profundidade da Copa	Altura das primeiras folhas/Altura total
Assimetria da Copa	(Menor medida da copa)/(Maior medida da copa)
Deslocamento da Copa	(Distância da interseção das medidas de copa até o tronco)/Dcopa

bientes. A transformação logarítmica ( $\log_{10}$ ) dos dados de DAS e HT foi feita com intuito de reduzir a amplitude dos dados visando melhorar a qualidade dos ajustes realizados. Então, os coeficientes alométricos (inclinação da reta de regressão) foram comparados entre si, através de seus intervalos de confiança (95% de confiança), de tal forma que se houve sobreposição entre dois intervalos de confiança, estes foram considerados não diferentes estatisticamente (Magalhães & Lima 2001).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados de altura e diâmetro à altura do solo dos indivíduos, foram geradas as equações de regressão linear:

### *Vochysia tucanorum*:

Borda:  $\log_{10}(\text{DAS}) = 1,0742 * \log_{10}(\text{HT}) + 0,4393$ ;  
 $R^2=0,328$

Corredor:  $\log_{10}(\text{DAS}) = 1,3324 * \log_{10}(\text{HT}) + 0,1977$ ;  
 $R^2=0,729$

### *Pera glabrata*:

Borda:  $\log_{10}(\text{DAS}) = 1,0998 * \log_{10}(\text{HT}) + 0,4872$ ;  
 $R^2=0,720$

Corredor:  $\log_{10}(\text{DAS}) = 1,3001 * \log_{10}(\text{HT}) + 0,2092$ ;  
 $R^2=0,818$

### *Tapirira obtusa*:

Borda:  $\log_{10}(\text{DAS}) = 1,8038 \log_{10}(\text{HT}) - 0,239$ ;  
 $R^2=0,873$

Corredor:  $\log_{10}(\text{DAS}) = 1,6823 \log_{10}(\text{HT}) + 0,03$ ;  
 $R^2=0,686$

Houve sobreposição entre os intervalos de confiança ( $\alpha = 0,05$ ) dos coeficientes angulares das equações geradas para as espécies nos dois ambientes, indicando que esses não diferem estatisticamente entre si, ou seja, não houve diferença na relação funcional entre  $\log_{10}(\text{DAS})$  e  $\log_{10}(\text{HT})$  entre os ambientes para nenhuma das espécies. Tais relações alométricas entre altura e diâmetro do caule consideram aspectos relacionados à capacidade dos caules manterem-se em pé, ou seja, dizem sobre o design mecânico adotado pela árvore para resistir a sua própria massa e às forças do vento (Sterck & Bongers 1998). A ausência de diferenças nesta relação sugere que os ambientes condicionam estratégias semelhantes de sustentação para as espécies estudadas.

Embora a relação  $\text{DAS} \times \text{HT}$  não tenha apresentado diferenças entre os ambientes, foram encontradas algumas variações, principalmente para *Tapirira obtusa* (Tab. 2). Somente *Tapirira obtusa* apresentou diferenças significativas na relação HT/DAS entre os dois am-

bientes, apresentando árvores mais altas em relação a seus diâmetros na borda. Além disso, apresentou menor relação Dcopa/DAS (copas mais estreitas) e copas mais profundas no corredor, além de bifurcações mais baixas no corredor.

As variações apresentadas por *Tapirira obtusa* conduzem a uma discussão sobre sua guilda de regeneração. Tendo em vista que das árvores ditas pioneiras, como seu caso (Pinto *et al.* 2005, Ferreira *et al.* 2009), espera-se um maior investimento em copa que em fuste (Larcerda *et al.* 2009), é plausível que *T. obtusa* invista na formação de copas tão grandes e profundas quanto o ambiente permitir, combinando investimento em galhos verticais e horizontais. Nesses casos os gradientes de auto-sombreamento tanto entre galhos quanto dentro de cada galho (Kitajima *et al.* 2005) podem ser amenizados pela maior disponibilidade de luz lateral (Laurance *et al.* 2001), principalmente nos corredores.

Por outro lado a menor densidade da madeira de pioneiras advinda do crescimento rápido (Swaine & Whitmore 1988, Worbes *et al.* 2003), pode levar à uma compensação na forma de maiores diâmetros na base do caule e bifurcações, visando aumentar a sustentação e fixação no solo (Sposito & Santos 2001), principalmente em ambientes sujeitos a vento como é o caso de bordas e corredores. Tal compensação parece evidente nos corredores, onde a espécie apresentou alturas inferiores, diâmetros maiores e bifurcações mais baixas, além de copas mais estreitas, investindo em profundidade.

Não houve diferença para nenhuma das espécies para assimetria da copa entre os dois ambientes. Deve-se lembrar que desenvolvimento da copa é frequentemente assimétrico em ambientes como esses para todas as espécies, pois a copa tende a crescer afastando-se dos vizinhos próximos e em direção às regiões de maior disponibilidade de luz, como clareiras de quedas de árvore (Jones & Harper 1987, Young & Hubbell 1991, Young & Perkocho 1994, Umeki 1995, Olesen 2001, Kitajima *et al.* 2005), ou bordas, como ocorre no presente caso. Tal tendência causa variações na forma da copa, devido ao crescimento em diferentes direções.

Somente *Vochysia tucanorum* apresentou diferença significativa entre ambientes quanto ao deslocamento das copas, com copas mais deslocadas na borda. De todas as três espécies, *V. tucanorum* foi a que mais se apresentou visualmente deslocada, principalmente na borda. Barbosa *et al.* (1999) consideraram que as sementes de *V. tucanorum* apresentam germinação

**Tabela 2.** Valores médios das relações e probabilidade ( $p$ ) do Teste F (ANOVA Fator Único,  $\alpha=0,05$ ) da comparação das relações alométricas nos ambientes florestais “borda” e “corredor” para as espécies estudadas. Valores de  $p$  inferiores a 0,05 estão assinalados com \* e indicam diferença significativa entre as relações.

	<i>Vochysia tucanorum</i>		<i>Pera glabrata</i>		<i>Tapirira obtusa</i>	
	Borda	Corredor	Borda	Corredor	Borda	Corredor
Altura/DAS	0,243	0,259	0,372	0,287	0,430	0,299
$p$		0,643		0,068		0,025*
Dcopa/DAS	0,214	0,234	0,277	0,291	0,317	0,228
$p$		0,325		0,591		0,002*
Primeira Bifurcação	0,418	0,381	0,335	0,296	0,561	0,303
$p$		0,539		0,299		0,000*
Profundidade da Copa	0,326	0,413	0,748	0,325	0,529	0,369
$p$		0,122		0,248		0,021*
Assimetria da Copa	0,721	0,716	0,796	0,756	0,790	0,792
$p$		0,921		0,390		0,956
Deslocamento da Copa	0,752	0,419	0,329	0,497	0,382	0,256
$p$		0,002*		0,196		0,142

adaptada a solos pouco férteis e não dependem da luz para germinação. Aparentemente a espécie germina no interior da floresta e da borda e sua copa heliófila (Negrelle *et al.* 2007) é projetada em direção à borda em busca de luz. Como a borda do fragmento apresenta maior extensão sombreada, a germinação aparentemente ocorre mais no interior do fragmento e o deslocamento é conseqüentemente, maior.

Em outra perspectiva, tem-se que conforme a borda florestal ‘envelhece’, existe a tendência a mudanças na estrutura de sua vegetação, com deslocamento e expansão lateral das copas no sentido da luz lateral e do crescimento de lianas e árvores pioneiras na região da borda, as quais promovem a “vedação” da borda (Camargo & Kapos 1995, Didham & Lawton 1999, Mesquita *et al.* 1999) e, em última instância, o avanço da floresta sobre a formação adjacente. Sendo assim, o evidente deslocamento da copa apresentado por *Vochysia tucanorum* nas bordas, conjugado com a colonização das adjacências da borda por espécies pioneiras, pode também ser um indicador da expansão da floresta sobre as áreas abertas em seu entorno. Embora no presente caso, a presença de gado nas pastagens circunvizinhas do fragmento dificulte muito esse processo, uma vez que há pisoteio da regeneração natural.

*Pera glabrata* mostrou-se menos sensível às variações ambientais, não apresentando nenhuma diferença nas relações alométricas entre borda de fragmento e corredor. Os indivíduos jovens dessa espécie mostraram-se sempre com copa com tendência monopodial e os adultos com copa globosa e densa, o que pode lhes conferir melhor qualidade térmica (Navarini *et al.* 2009) e estabilidade, com interceptação de luz regular, tanto na borda quanto no corredor. Sendo assim, a espécie não apresenta variações entre os ambientes, o que condiz com a tendência à menor plasticidade por espécies não pioneiras (Ivanauskas *et al.* 1999, Frigeri 2007).

## CONCLUSÕES

*Tapira obtusa* foi a espécie que se mostrou mais sensível às variações do ambiente, com maiores variações

alométricas entre borda e corredor. Essa espécie, que é pioneira, apresentou diferenças na relação HT/DAS (árvores mais altas em relação a seus diâmetros na borda), menor relação Dcopa/DAS (copas mais estreitas) e copas mais profundas e bifurcações mais baixas na borda. Já as espécies não pioneiras *Pera glabrata* e *Vochysia tucanorum* foram menos plásticas, sendo que *P. glabrata* não apresentou nenhuma diferença nas relações alométricas consideradas entre dois ambientes. A diferença no deslocamento da copa de *V. tucanorum* (copas mais deslocadas na borda), além de refletir estratégias dessa espécie para obtenção de luz, chama atenção para a possibilidade de correlação com o processo de envelhecimento da borda.

Os diferentes comportamentos apresentados pelas espécies podem ser explicados pelas guildas de regeneração as quais pertencem e suas potencialidades e restrições genéticas quanto à plasticidade, confirmando a hipótese inicial. Fica claro que a plasticidade exerce papel fundamental na sobrevivência das espécies em ambientes heterogêneos e variáveis e pode explicar diferenças na distribuição ecológica, geográfica (Petit *et al.* 1996) e na alometria das mesmas.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão de bolsa à primeira autora.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, L. F. & SANTOS, F. A. M. 2002. Tree allometry and crown shape of four tree species in Atlantic rain forest, south-east Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 18: 245-260.
- BARBOSA, A. R., YAMAMOTO, K. & VALIO, I. F. M. 1999. Effect of light and temperature on germination and early growth of *Vochysia tucanorum* Mart., Vochysiaceae, in cerrado and forest soil under different radiation levels. *Revista Brasileira de Botânica*, 22: 275-280.
- BERTANI, D. F. 2006. *Ecologia de populações de Psychotria suterella Müll. Arg. (Rubiaceae) em uma paisagem fragmentada de Mata Atlântica*. 136 p. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

- BRADSHAW, A. D. 1965. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Advances in genetics*, 13: 115-155.
- CÂMARA, I. G. 1996. Plano de ação para a Mata Atlântica. Roteiro para a conservação de sua biodiversidade. *Série Cadernos da Reserva da Biosfera*, caderno n° 4. 34 p.
- CAMARGO, J. L. C. & KAPOV, V. 1995. Complex edge effects on soil moisture and microclimate in central Amazonian Forest. *Journal of Tropical Ecology*, 11: 205-221.
- CASTRO, G. C. 2004. *Análise da estrutura, diversidade florística e variações espaciais do componente arbóreo de corredores de vegetação na região do Alto Rio Grande, MG*. 83 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.
- DIDHAM, R. K. & LAWTON, J. H. 1999. Edge structure determines the magnitude of changes in microclimate and vegetation structure in tropical forest fragments. *Biotropica*, 31: 17-30.
- FARNSWORTH, K. D. & NIKLAS, K. J. 1995. Theories of optimization, form and function in branching architecture in plants. *Functional Ecology*, 9: 355-363.
- FERREIRA, W. C., BOTELHO, S. A., DAVIDE, A. C. & FARIA, J. M. R. 2009. Estabelecimento de Mata Ciliar às Margens do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Camargos, MG. *Ciência Florestal*, 19: 69-81.
- FRIGERI, R. B. C. 2007. *Relação entre raiz e parte aérea de plântulas de espécies arbóreas tropicais sob diferentes níveis de radiação solar*. 152 p. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.
- GREEN, D. G. 1994. Connectivity and complexity in landscapes and ecosystems. *Pacific Conservation Biology*, 3: 194-200.
- HOLBROOCK, N. M. & PUTZ, F. E. 1989. Influence of neighbors on tree form: effects of lateral shade prevention of sway on the allometry of *Liquidambar styraciflua* (sweet gum). *American Journal of Botany*, 76: 1740-1749.
- IVANAUSKAS, N. M., RODRIGUES, R. R. & NAVE, A. G. 1999. Fitossociologia de um trecho de floresta estacional semidecidual em Itatinga, São Paulo, Brasil. *Scientia Florestalis*, 56: 83-99.
- JONES, M. & HARPER, J. L. 1987. The Influence of Neighbours on the Growth of Trees: II. The Fate of Buds on Long and Short Shoots in *Betula pendula*. *Proceedings of the Royal Society B*, 232: 19-33.
- KITAJIMA, K., MULKEY, S. S. & WRIGHT, S. J. 2005. *Variation in crown light utilization characteristics among tropical canopy trees*. *Annals of Botany*, 95: 535-547.
- LACERDA, J. S., COUTO, H. T. Z., HIROTA, M. M., PASISHNYK, N. & POLIZEL, J. L. 2009. Estimativa da Biomassa e Carbono em áreas Restauradas com Plantio de Essências Nativas. *METRVN*, 5: 1-23.
- LAURANCE, W. F., PEREZ-SALICRUP, D., DELAMONICA, P., FEARNSIDE, P. M., D'ANGELO, S., JEROZOLINSKI, A., POHL, L. & LOVEJOY, T. E. 2001. Rain forest fragmentation and the structure of Amazonian liana communities. *Ecology*, 82: 105-116.
- MAGALHÃES, M. N. & LIMA, A. C. P. 2002. *Noções de probabilidade e estatística*. São Paulo: IME-USP. 392 p.
- MESQUITA, R. C. G., DELAMÔNICA, P. & LAURANCE, W. F. 1999. *Effect of surrounding vegetation on edge-related tree mortality in Amazonian forest fragments*. *Biological Conservation*, 91: 135-142.
- NAVARINI, F. C., KLOSOWSKI, E. S., CAMPOS, A. T., TEIXEIRA, R. A. & ALMEIDA, C. P. 2009. Thermal comfort of nelore bovine in pasture under several lighting conditions. *Engenharia Agrícola*, 29: 508-517.
- NEGRELLE, R., MOROKAWA, R. & RIBAS, C. 2007. *Vochysia Aubl.* do Estado do Paraná, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 29: 29-38.
- NUTTO, L. 2001. Manejo do crescimento diamétrico de *Araucária angustifolia* (Bert.) O. Ktze. baseado na árvore individual. *Ciência Florestal*, 11: 9-25.
- O'BRIEN, S. T., HUBBELL, S. P., SPIRO, P., CONDIT, R. & FOSTER, R. B. 1995. Diameter, height, crown, and age relationships in eight neotropical tree species. *Ecology*, 76: 1926-1939.
- OLESEN, T. 2001. Architecture of a cool-temperate forest canopy. *Ecology*, 82: 2719-2730.
- PETIT, C., THOMPSON, J. D. & BRETIGNOLLE, F. 1996. Phenotypic plasticity in relation to ploidy level and corn production in the perennial grass *Arrhenatherum elatius*. *Canadian Journal of Botany*, 74: 1964-1973.
- PIMENTEL-GOMES, F. & GARCIA, C. H. 2002. *Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações pra uso de aplicativos*. Piracicaba: Fealq. 309 p.
- PINTO, L. V. A., DAVIDE, A. C., BOTELHO, S. A., OLIVEIRA-FILHO, A. T., & MACHADO, E. L. M. 2005. Distribuição das espécies arbóreo-arbustivas ao longo do gradiente de umidade do solo de nascentes pontuais da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. *Cerne*, 11: 294-305.
- REICH, P. B. 2000. Do tall trees scale physiological heights? *Trends in Ecology and Evolution*, 15: 41-42.
- SCHLICHTING, C. D. 1986. The Evolution of phenotypic plasticity in plants. *Annual Review of Ecology & Systematics*, 17: 667-693.
- SHUGART, H. H., WEST, D. C. & EMANUEL, W. R. 1981. Patterns and dynamics of forests: an application of simulation models. In: WEST, D. C., SHUGART, H. H. & BOTKIN, D. *Forest succession: concepts and application*. New York: Springer-Verlag. p. 74-94.
- SORRENSEN-COTHERN, K. A., FORD, E. D. & SPRUGEL, D. G. 1993. A model of competition incorporating plasticity through modular foliage and crown development. *Ecological Monographs*, 63: 277-304.
- SPOSITO, T. C. & SANTOS, F. A. M. 2001. Scaling of stem and crown in eight *Cecropia* (Cecropiaceae) species of Brazil. *American Journal of Botany*, 88: 939-949.
- STERCK, F. J. & BONGERS, F. 1998. Ontogenetic changes in size, allometry, and mechanical design of tropical rain forest tree. *American Journal of Botany*, 85: 266-272.
- SULTAN, S. E. Evolutionary implications of phenotypic plasticity in plants. 1987. *Evolutionary Biology*, 21: 127-178.
- SWAINE, M. D. & WHITMORE, T. C. 1988. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. *Vegetatio*, 75: 81-86.
- TAYLOR, P. D., FAHRIG, L., HENEIN, K. & MERRIAM, G. 1993. Connectivity is a vitalelement of landscape structure. *Oikos*, 68: 571-573.
- THOMAS, S. C. 1996. Asymptotic height as a predictor of growth and allometric characteristics in Malaysian rain forest trees. *American Journal of Botany*, 83: 556-566.
- THOMAS, S. C. & BAZZAZ, F. A. 1999. Asymptotic height as a predictor of photosynthetic characteristics in Malaysian rainforest trees. *Ecology*, 80: 1607-1622.
- THOMPSON, J. D. 1991. Phenotypic plasticity as a component of evolutionary change. *Trends in Ecology & Evolution*, 6: 246-249.
- TONINI, H. & ARCO-VERDE, M. F. 2005. Morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40: 633-638.
- UMEKI, K. A. 1995. Comparison of crown asymmetry between *Picea abies* and *Betula maximowicziana*. *Canadian Journal of Forest Research*, 25: 1876-1880.
- WALLER, D. M. 1986. The dynamics of growth and form. In: CRAWLEY, M. J. *Plant Ecology*. Oxford: Blackwell Scientific Publications. p. 291-320.
- WORRES, A., STASCHEL, R., ROLOFF, A. & JUNK, W. J. 2003. Tree ring analysis reveals age structure, dynamics and wood production of a natural forest stand in Cameroon. *Forest Ecology and Management*, 173: 105-123.
- YOUNG, T. P. & HUBBELL, S. P. 1991. Crown asymmetry, treefalls, and repeat disturbance of broad-leaved forest gaps. *Ecology*, 72: 1464-1471.
- YOUNG, T. P. & PERKOCHA, V. 1994. Treefalls, crown asymmetry, and buttresses. *Journal of Ecology*, 82: 319-324.