

Distribuição espacial e fenologia de *Palicourea corymbifera* Müll. Arg. (Rubiaceae) em áreas de floresta e capoeira na Amazônia Central

Alison G. Nazareno

Introdução

Sistemas dinâmicos e diversificados, como as florestas tropicais, estão sujeitos a alterações de origem natural ou antrópica. As clareiras formadas após a queda de árvores e as inundações são exemplos de alterações naturais que promovem a diversidade das florestas tropicais, especialmente em casos de alterações em escalas intermediárias (Begon *et al.*, 1986). Além disso, a heterogeneidade espacial das florestas tropicais, criada por alterações naturais, afeta os padrões de distribuição espacial e a abundância das espécies (Cintra & Terborgh, 2000).

Alterações antrópicas, entretanto, afetam negativamente as florestas tropicais (Uhl *et al.*, 1990). Modificações na polinização, na dispersão de sementes por animais, na herbivoria, na ciclagem de nutrientes e em outros processos, podem colocar em risco a manutenção das populações de espécies de plantas nos remanescentes florestais (Laurance *et al.*, 1998). A regeneração nos remanescentes florestais é afetada pelos processos naturais, pela intensidade do distúrbio e pelo histórico de

uso da terra, sendo determinantes para o estabelecimento das comunidades da flora e da fauna (Bierregaard & Stouffer, 1997). Alterações antrópicas também afetam a estrutura genética das populações, pela redução do tamanho efetivo e pela modificação na distribuição espacial dos indivíduos reprodutivos (Loveless & Hamrich, 1984). Futuyma (1986) demonstrou que plantas próximas espacialmente são, na maioria das vezes, geneticamente semelhantes. Este fato, associado à biologia reprodutiva das espécies, pode acarretar em perda de aptidão pela ocorrência de endogamia, *i.e.*, cruzamento entre indivíduos geneticamente próximos. No entanto, algumas espécies têm criado mecanismos, como incompatibilidade genética, dicogamia, estruturas florais elaboradas e aumento da distância de estabelecimento entre co-específicos, que impedem a endogamia (Ricklefs, 2000).

Assim, a distribuição espacial e o padrão reprodutivo de plantas podem ser explicados por fatores ambientais, pela biologia das espécies e por eventos históricos que resultam de alterações ambientais (White & Harper, 1970). Alterações no ambiente, como a

destruição de habitats, e estratégias reprodutivas para evitar endogamia modificam os padrões de floração, de frutificação e de dispersão das espécies pela interrupção na distribuição espacial das espécies (Bawa *et al.*, 1990). Além disso, luminosidade, temperatura e umidade são os principais fatores ambientais que regulam os mecanismos de floração e frutificação das espécies florestais (Muhanguzi *et al.*, 2003).

Neste contexto, é esperado que alterações antrópicas afetem a distribuição espacial e o padrão fenológico das espécies florestais que podem responder, dependendo da biologia da espécie, de maneira diferenciada aos distúrbios ambientais. Neste estudo, a espécie arbustiva *Palicourea corymbifera* (Rubiaceae), que ocorre em áreas de floresta madura e de capoeira (floresta secundária), foi investigada. Desta forma, o objetivo do estudo foi determinar (i) a distribuição espacial dos indivíduos de *P. corymbifera* em áreas de floresta e de capoeira; (ii) se os indivíduos de *P. corymbifera* apresentam fenofases diferenciadas entre áreas de floresta e capoeira; (iii) se a distância geográfica explica similaridades nas fenofases entre os indivíduos de *P. corymbifera* nas áreas de floresta e de capoeira. Espera-se que a distribuição espacial e as fenofases dos indivíduos de *P. corymbifera* difira nas áreas de floresta e de capoeira, pelo fato desta ser uma

área alterada e com características microclimáticas diferenciadas (Castilho *et al.*, 1998), e que plantas mais próximas apresentem fenofases diferenciadas, o que evitaria ou reduziria o cruzamento entre indivíduos geneticamente semelhantes.

Material e métodos

Espécie e área de estudo

Palicourea corymbifera Müll. Arg. (Rubiaceae) tem hábito arbustivo e ocorre nos platôs e nas vertentes das florestas de terra firme na Guiana Francesa, Venezuela e ao norte da bacia Amazônica. É caracterizada por inflorescência cimosas, com flores amarelas actinomorfas e hermafroditas (Ribeiro *et al.*, 1999). Essa espécie apresenta assincronia de florescimento e de frutificação entre e dentro de indivíduos. As flores são visitadas por abelhas, borboletas e beija-flores que possibilitam a polinização efetiva (Silva, 2000). Apresenta frutos pequenos e de coloração roxa. O mecanismo de dispersão é desconhecido para a espécie.

O estudo foi realizado em uma área de floresta na Reserva Florestal 1501 (Km 41) do Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais (PDBFF/INPA) e em uma área de capoeira que foi formada após o corte da floresta e que está sob processo de

regeneração natural há 20 anos (Castilho *et al.*, 1998). Essas áreas são adjacentes e estão localizadas a 80 km de Manaus (02°24'S; 59°44'W). A altitude varia de 50 a 125 m acima do nível do mar, com temperaturas médias em torno de 26,7 °C com variação anual menor do que 2 °C. A precipitação média anual é de 2.186 mm, sendo março e abril os meses mais chuvosos e o período mais seco os meses entre julho e setembro (Radambrasil, 1978).

Delineamento amostral

Duas parcelas de 0,2 ha (50 x 40 m) foram estabelecidas aleatoriamente, uma em área de floresta e outra em área de capoeira. Vinte sub-parcelas de 10 x 10 m foram delimitadas por parcela. Para determinar o padrão de distribuição espacial, todos os indivíduos de *Palicourea corymbifera* com altura superior a um metro foram localizados em um plano cartesiano.

Fenologia de Palicourea corymbifera

Indivíduos de *P. corymbifera* foram categorizados em cinco fenofases: (1) vegetativo, plantas sem evidência reprodutiva, (2) botão, plantas apresentando inflorescências com predominância de botões florais, (3) flores, plantas apresentando inflorescências com predominância de flores, (4) polinizada, inflorescência com flores polinizadas,

caracterizada pela abscisão das flores e (5) fruto, plantas com infrutescência.

Análises dos dados

A distribuição espacial dos indivíduos de *P. corymbifera* foi avaliada pela razão (R) entre variância e média do número de indivíduos em cada sub-parcela nas áreas de floresta e capoeira. Razão com valor igual, maior ou menor que um indica, respectivamente, distribuição espacial aleatória, regular ou agregada (Kershaw & Looney, 1985). O valor esperado para populações que seguem uma distribuição de Poisson é igual a um, indicando que a distribuição espacial dos indivíduos é aleatória. Para testar se o valor de R é estatisticamente diferente de um, realizou-se um teste *t* de uma amostra, o qual foi calculado por: $t = (R - 1)/\text{erro padrão}$. Um resultado não significativo suporta a hipótese de distribuição espacial aleatória dos indivíduos. Mapas da distribuição espacial dos indivíduos de *P. corymbifera* foram gerados para as áreas de estudo.

Pelo fato de *P. corymbifera* apresentar assincronia de florescimento e de frutificação dentro e entre indivíduos, cada indivíduo foi caracterizado pela fenofase predominante. Para testar se os indivíduos de *P. corymbifera* apresentam frequência das fenofases diferenciadas nas áreas de floresta e de

capoeira e entre áreas, foram realizadas análises não paramétricas (qui-quadrado). Matrizes de distância geográfica e de dissimilaridade das fenofases entre os indivíduos de *P. corymbifera* foram obtidas para as áreas de floresta e de capoeira. Para testar se a distância geográfica explica a similaridade nas fenofases entre os indivíduos de *P. corymbifera* nas áreas de floresta e capoeira, foram realizadas análises de regressão simples com os dados dessas matrizes. A hipótese de que plantas próximas apresentam fenofases

similares foi testada para as áreas de floresta e de capoeira, por meio de análise de regressão simples seguida por um teste de Mantel com 10.000 permutações.

Resultados

Os indivíduos de *Palicourea corymbifera* apresentaram distribuição espacial aleatória (Figura 1) nas áreas de floresta ($t = 0,76$; g.l. = 19; $p > 0,05$) e de capoeira ($t = 1,46$; g.l. = 19; $p > 0,05$).

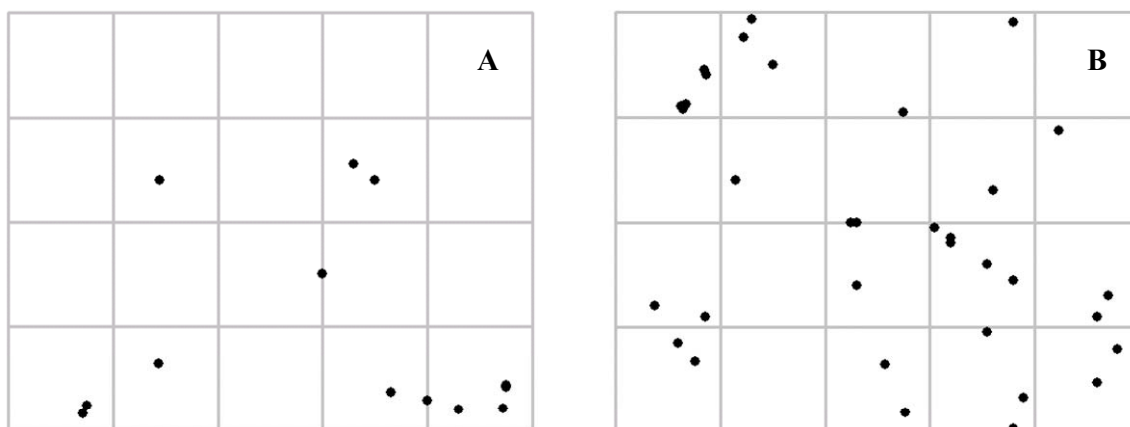


Figura 1. Distribuição espacial aleatória dos indivíduos de *Palicourea corymbifera* em parcelas de 0,2 ha (50 x 40 m) em áreas de (A) floresta e de (B) capoeira.

Os indivíduos de *P. corymbifera* apresentaram diferença nas freqüências das fenofases (Figura 2) nas áreas de floresta ($\chi^2 = 15,47$; g.l. = 4; $p < 0,001$) e de capoeira ($\chi^2 = 21,52$; g.l. = 4; $p = 0,003$). Na floresta, 85,6% (n = 13) dos indivíduos se encontraram nas fenofases reprodutivas botão (7,7%), flor

(30,8%), polinizada (39,4%) e fruto (7,7%). Na capoeira, 50% (n = 34) dos indivíduos estavam nas fenofases reprodutivas botão (8,7%), flor (5,9%), polinizada (39,4%) e fruto (5,9%). Entre as áreas de floresta e de capoeira, os indivíduos de *P. corymbifera* apresentaram diferenças nas

fenofases ($\chi^2 = 20,03$; g.l. = 1; $p < 0,001$).

A distância geográfica entre os indivíduos de *P. corymbifera* explicou a dissimilaridade de fenofases entre indivíduos na floresta ($R^2 = 0,426$; $p < 0,001$; dissimilaridade de fenofases entre indivíduos = $2,626 + 0,340 \times$ distância geográfica; Figura 3A). Entretanto, na capoeira, não houve relação entre distância geográfica e dissimilaridade de fenofases entre

os indivíduos de *P. corymbifera* ($R^2 = 0,002$; $p = 0,708$; Figura 3B).

Na área de floresta, os indivíduos de *P. corymbifera* próximos espacialmente apresentaram semelhança nas fenofases ($r = 0,718$; $p < 0,001$). Entretanto, a proximidade espacial dos indivíduos de *P. corymbifera*, na capoeira, não foi correlacionada com as fenofases ($p = 0,702$; $r = 0,021$).

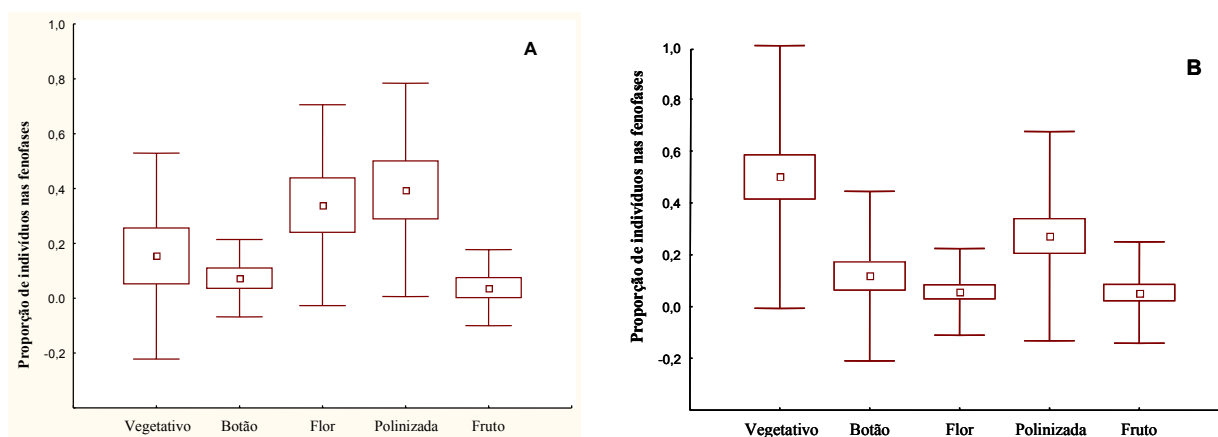


Figura 2. Box-plots das proporções de indivíduos de *Palicourea corymbifera* nas fenofases vegetativo, botão, flor, polinizada e fruto nas áreas de (A) floresta e de (B) capoeira. Média \pm Desvio Padrão.

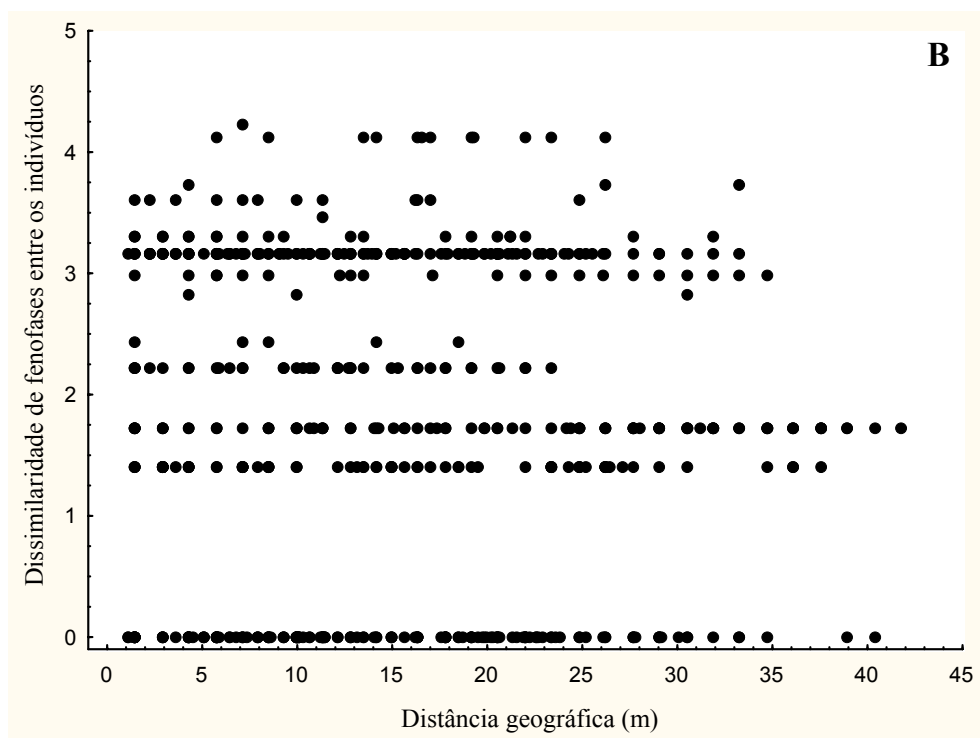
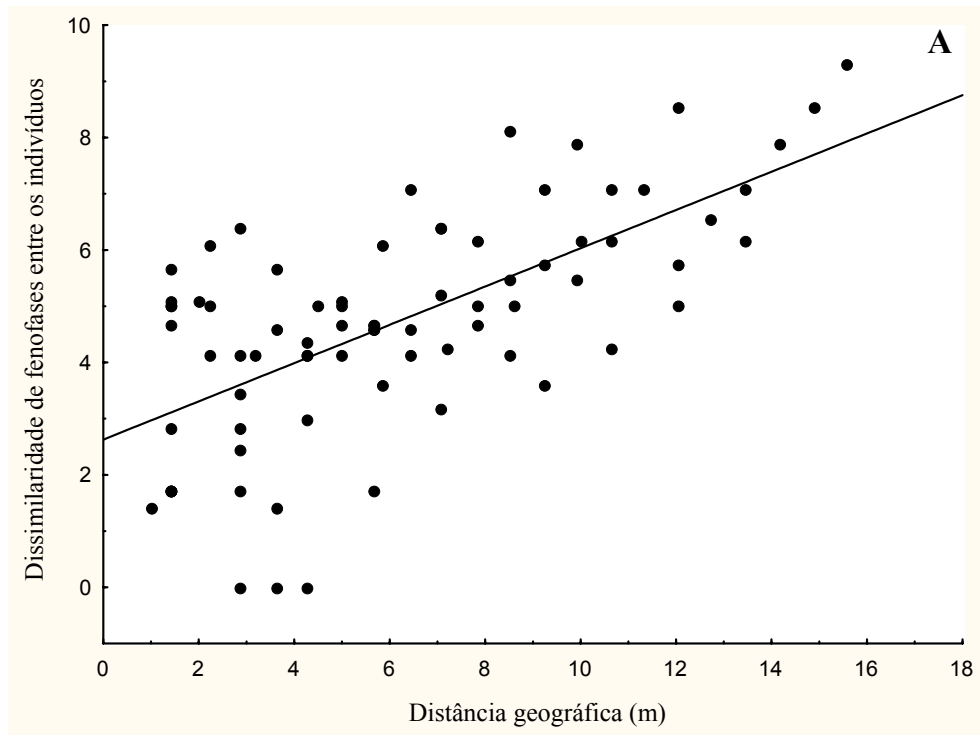


Figura 3. Relação entre distância geográfica e dissimilaridade de fenofases entre os indivíduos de *Palicourea corymbifera* em uma área de (A) floresta ($R^2 = 0,426$; $p < 0,001$) e de (B) capoeira ($R^2 = 0,002$; $p = 0,324$).

Discussão

Alterações na estrutura das florestas tropicais podem afetar a distribuição espacial e os padrões de florescimento e de frutificação das espécies (Kinnard, 1992). Os resultados encontrados nesse estudo corroboram, em parte, estas evidências. Nas áreas de floresta e de capoeira os indivíduos de *Palicourea corymbifera* distribuem-se de forma aleatória. Entretanto, os indivíduos de *P. corymbifera* apresentaram diferenças nas fenofases, com uma maior frequência de indivíduos em fenofases reprodutivas em área de floresta, evidenciando que a espécie responde de maneira distinta em áreas de floresta e de capoeira.

A teoria neutra proposta por Hubbell & Foster (1986), prevê que uma distribuição aleatória, mas espacialmente correlacionada é esperada nas populações, enfatizando a importância do acaso, da chance e do histórico de dispersão das espécies. Assim, a distribuição aleatória dos indivíduos de *P. corymbifera* nas áreas de floresta e de capoeira pode ser devido ao acaso e à ação de dispersores. Além disso, a permeabilidade da matriz e a conectividade entre habitats pode ter contribuído com a distribuição espacial aleatória observada na capoeira. A presença de uma matriz de floresta adjacente à capoeira é um fator que aumenta a

chance de chegada de propágulos e o estabelecimento de plântulas.

As condições micro-climáticas exercem influências sobre as espécies. Bawa *et al.* (1990) relataram que a umidade é um dos principais fatores que regulam os mecanismos de floração e de frutificação das espécies. A menor proporção de indivíduos de *P. corymbifera* observados em estado reprodutivo na capoeira pode ser devido a diferenças de umidade e temperatura. Na floresta, *P. corymbifera* apresentou maior proporção de indivíduos em estado reprodutivo e, os indivíduos mais próximos apresentaram fenofases semelhantes, havendo uma relação entre distância geográfica e dissimilaridade de fenofases entre indivíduos, *i.e.*, quanto mais próximos os indivíduos, mas semelhantes são suas fenofases. Na capoeira, nenhuma relação foi obtida entre distância geográfica, proximidade dos indivíduos e fenofases. A proximidade entre indivíduos em fenofases semelhantes teria alguma implicação evolutiva para a população de *P. corymbifera* na área de floresta? Em plantas, as espécies que apresentam o sexo feminino e o masculino na mesma flor, como ocorre em *P. corymbifera*, podem apresentar mecanismos que previnem a auto-polinização (Ricklefs, 2000). Pouco se sabe da biologia de *P. corymbifera*, entretanto, acredito que se há mecanismos que evitem a

auto-polinização, a incompatibilidade genética e o distanciamento entre co-específicos seriam possíveis. Também houve uma semelhança de fenofases entre os indivíduos próximos de *P. corymbifera* na área de floresta. Dessa forma, se a taxa de cruzamento entre indivíduos geneticamente e espacialmente próximos é alta em *P. corymbifera*, isto poderia afetar, a longo prazo, o sucesso reprodutivo da espécie.

Os resultados encontrados para *Palicourea corymbifera* em áreas de floresta e capoeira evidenciaram que essa espécie possui distribuição espacial aleatória, apresentando variação no padrão fenológico e diferença na similaridade entre distância geográfica e fenofases. Estudos futuros que testem os mecanismos que influenciaram as diferenças observadas são necessários. Além disso, o conhecimento da biologia reprodutiva e as consequências das alterações antrópicas nos ambientes sobre a estrutura e diversidade genéticas das populações de *P. corymbifera* são fundamentais para avaliar a susceptibilidade da espécie às alterações ambientais.

Agradecimentos

EFA 2007, são poucas as palavras para expressar tamanha alegria por mais esta conquista. Agradeço, primeiramente, ao Rodrigo Santinelo e as queridas Dani e Hilda pelo

incentivo e por, de alguma maneira, contribuírem com a minha vinda a Manaus. Gostaria de agradecer a cada um dos novos amigos que fiz - a todos sou grato pela agradável convivência, aprendizado, risadas e muita ecologia. Valeu Lele (sempre carismática e de bom astral)! Valeu Vanessinha, Fabi e Dé pelos momentos de brega....teve bom...valeu galera! Agradeço, em especial a doce Juju pela paciência e dedicação. Aos professores, em especial o Glauco, o Zé Luis, a Tânia, o Adolpho, o Rogellio, o Paulo De Marco e a todos pelo grande aprendizado. Agradeço ao PDBFF, por mais uma vez ter contribuído com meu enriquecimento profissional e pessoal e, a todos do PDBFF que diretamente e indiretamente contribuíram com a realização do EFA 2007 – o meu obrigado. Enfim, a vida é feita de oportunidades... e como o EFA, serão raras.

Referências Bibliográficas

- Bawa, K.S.; P.S. Ashton & N.S. Mahd. 1990. Reproductive ecology of tropical forest plants management issues. In: Reproductive Ecology of Tropical Forest Plants. K.S. Bawa & M. Hadley (eds.). pp. 3-12. UNESCO & Panthenon Publishing Grap, London.
- Begon, M.; J.L. Harper & C.R. Townsend. 1986. Ecology. Blackwell Scientific Publications.

- Bierregaard Jr, R.O. & P.C. Stouffer. 1997. Understory birds and dynamic habitat mosaics in Amazonian Rainforests. In: Tropical Forest Remnants: Ecology, Management and Conservation of Fragmented Communities, W.F. Laurance & R.O. Bierregaard Jr. (eds). University of Chicago Press, Chicago.
- Castilho, C. 1998. Regeneração da comunidade de palmeiras após corte e queima da vegetação original. In: Livro do curso de campo "Ecologia da Floresta Amazônica" (A. Scariot & E. Venticinque, eds.). PDBFF/INPA, Manaus.
- Cintra, R. & J. Terborgh. 2000. Forest microspatial heterogeneity and seed and seedling survival of the palm *Astrocaryum murumuru* and the legume *Dipteryx micrantha* in Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology*, 13: 709-725.
- Futuyma, D.J. 1986. *Evolutionary Biology*. 2nd ed. Sinauer Associates, Massachusetts, USA.
- Hubbell, S.P. & R.B. Foster. 1986. Biology, chance, and history and the structure of tropical rain forest tree communities. In: *Community ecology*. J. Diamond & T.J. Case (eds). Harper and Row, New York.
- Kershaw, K.A. & J.H.H Looney. 1985. *Quantitative and dynamic plant ecology*. 3rd ed. Caulfield East, Australia.
- Kinnaird, E.M. 1992. Phenology of flowering and fruiting of an East African Riverine forest ecosystem. *Biotropica*, 24: 187-194.
- Laurance, W.F.; L.V. Ferreira; J.M. Rankin-de-Merona; S.G. Laurance; R.W. Hutchings & T.E. Lovejoy. 1998. Effects of forest fragmentation on recruitment patterns in amazonian tree communities. *Conservation Biology*, 12: 460-464.
- Loveless, M.D. & J.L. Hamrick. 1984. Ecological determinants of genetic structure in plant populations. *Annual Review of Ecology and Systematic*, 15: 69-95.
- Muhanguizi, H.D.R.; J. Obua; H. Oryem-Origa & O.R. Vetaas. 2003. The fruiting phenology in Kalinzu Forest, Uganda. *Journal of Ecology*, 41: 171-178.
- Radambrasil. 1978. Projeto Radambrasil. Ministério de Minas e Energia: Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro, Brasil.
- Ribeiro, J.L.D.S.; M.J.G. Hopkins; A. Vicentine; C.A. Sothers; M.A.D.S. Costa; J.M. de Brito; M.A.D. Souza; L.H.P. Martins; L.G. Lohmanm; P.A.C.L. Assunção; E.D.C. Pereira; C.F. da Silva; M.R. Mesquita & L.C. Procópio. 1999. *Flora da Reserva Ducke. Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra – firme na Amazônia Central*. Manaus, INPA/DFID, Manaus, Brasil.

- Ricklefs, R.E. 2000. *The economy of nature*. 5th ed. Freeman and Company Press, New York.
- Silva, M.B. 2000. Ecologia da polinização de *Palicourea corymbifera* Mull. Arg. (Rubiaceae). In: *Curso de Campo Ecologia da Floresta Amazônica*, pp. 176-179. E. Venticique & M. Hopkins (eds.) INPA/Smithsonian. Manaus.
- Uhl, C.; D. Nepstad; R. Buschbacher; K. Clark; B. Kauffman & S. Subler. 1990. Studies of ecosystem response to natural and anthropogenic disturbances provide guidelines for designing sustainable land-use systems in Amazonia. In: *Alternatives to deforestation: Steps toward sustainable use of the Amazon Rain Forest*. A. Anderson (ed). Columbia University Press, New York.
- White, J. & J.L. Harper. 1970. Correlated changes in plant size and number in plant populations. *Journal of Ecology*, 58: 467-485.