



DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE *Protium heptaphyllum* (Aubl.) March.: UMA ESPÉCIE ARBÓREA DIOICA EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA ATLÂNTICA NO NORDESTE DO BRASIL

Richieliel Albert Rodrigues Silva¹, Luan Henrique Barbosa de Araújo², Cristiane Gouvêa Fajardo³, Fábio de Almeida Vieira⁴

1. Estudante de graduação em engenharia florestal da UFRN/Universidade Federal do Rio Grande do Norte (richieliel@yahoo.com.br)
2. Estudante de Pós-graduação em Ciências Florestais da UFRN/Universidade Federal do Rio Grande do Norte
3. Professora Doutora da Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Rio Grande do Norte
4. Professor Doutor da Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Recebido em: 12/04/2014 – Aprovado em: 27/05/2014 – Publicado em: 01/07/2014

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo analisar o padrão de distribuição espacial de *Protium heptaphyllum* em um fragmento de floresta estacional semidecidual no município de Macaíba, RN. Os indivíduos de *P. heptaphyllum* foram amostrados em uma extensão de aproximadamente 300 m, considerando-se como parâmetro de inclusão os indivíduos que apresentaram eventos reprodutivos. A função de segunda ordem da densidade de vizinhos (NDF) foi utilizada para determinar se o padrão de distribuição espacial da espécie é agregado (análise univariada) e se há associação espacial entre os indivíduos masculinos e femininos (análise bivariada). Diferenças na razão sexual em relação ao esperado (1:1) foi verificada pelo G-teste, com correção de Yates ($\alpha = 0,05$). As estimativas de área basal foram utilizadas para determinar a mortalidade ou maturação sexual entre os morfos, sendo comparadas pelo teste Kolmogorov-Smirnov (KS). O padrão espacial na análise univariada, onde foi calculada a densidade de todos os indivíduos ($N = 43$), revelou significantes níveis de agregação até o raio de 45 m do indivíduo focal. Na análise bivariada, a hipótese para agregação ou repulsão entre as plantas masculinas e femininas foi rejeitada, sendo observado apenas distribuição aleatória em todas as classes de distâncias. Verificou-se que não ocorre diferença significativa na razão sexual dos morfos. Além disso, as áreas basais dos morfos não diferiram significativamente ($P > 0,05$). Estudos em fragmentos de florestas tropicais, como este, são importantes para a caracterização da dinâmica das espécies, contribuindo para a definição de estratégias de conservação em áreas que sofrem com ações antrópicas.

PALAVRAS-CHAVE: Distribuição espacial, densidade de vizinhos, dioicia, razão sexual.

SPATIAL DISTRIBUTION OF *Protium heptaphyllum* (Aubl.) March.: A DIOECIOUS TREE IN A FRAGMENT OF ATLANTIC FOREST IN THE NORTHEAST OF BRAZIL

ABSTRACT

This study aimed to analyze the spatial pattern of *Protium heptaphyllum* in a fragment of semideciduous forest in the municipality of Macaíba, RN. *P. heptaphyllum* individuals were sampled at an extension area of approximately 300 m, considering as inclusion parameter, reproductive individuals. The neighbourhood density function (NDF) was used to determine if the spatial pattern is aggregate (univariate) and if there is spatial association between sexes (bivariate analysis). Sexual difference in relation to the expected (1:1) was established by the G-test with Yates correction ($\alpha = 0.05$). Basal area estimates were used to determine the mortality or sexual maturation among the morphs, being compared by the Kolmogorov-Smirnov test (KS). The spatial pattern in the univariate analysis, for all individuals ($N = 43$), revealed significant levels of aggregation up to 45 m radius of the focal individual. In the bivariate analysis, between male and female plants, there was no aggregation or repulsion, but random distribution for all distance classes. It was found that no sexual difference between male and female individuals. In addition, the basal areas of the morphs did not differ significantly ($P > 0.05$). Studies in tropical forests fragments as this are crucial to characterize the dynamics and species conservation, especially in areas that suffer from human actions.

KEYWORDS: Spatial distribution, density of neighbors, sex ratio, dioecy.

INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica Brasileira é um dos biomas mais ricos em diversidade biológica e mais ameaçado do planeta, sendo considerado um dos cinco mais importantes *hotspots* de biodiversidade (MYERS et al., 2000). As florestas tropicais existentes nesse bioma representam um conjunto de ecossistemas situados nas planícies costeiras e nos tabuleiros terciários que se estendem desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul (PEIXOTO et al., 2002).

A espécie *Protium heptaphyllum* (Aubl.) March. (Burseraceae), conhecida popularmente como almecega, é encontrada na região Amazônica, em áreas ciliares no Cerrado do Piauí, e em remanescentes de floresta Atlântica do Brasil, como nos estados da Bahia, Minas Gerais, Ceará, Rio Grande do Norte e São Paulo, além de países como Bolívia e Paraguai (OLIVEIRA-FILHO, 2010). Sua utilização é amplamente difundida, sendo a resina utilizada na medicina popular, com função analgésica, antiinflamatória, cicatrizante, além do potencial hipoglicemiantes e hipolipemiantes (MELO et al., 2011; SANTOS et al., 2012). É uma planta dioica, apresentando os sexos das flores separados em indivíduos diferentes. A dispersão dos frutos da espécie é realizada por aves frugívoras (PIZO, 2004).

A presença de indivíduos masculinos e femininos dentro de populações de plantas caracteriza o sistema sexual conhecido por dioecia, evoluindo várias vezes dentro do grupo das angiospermas, sendo possivelmente dirigido por diferentes pressões ecológicas (TORICES et al., 2011). A razão sexual entre plantas estaminadas e pistiladas parece variar em função de gradientes ambientais ou de diferentes ambientes (SILVA & PEREIRA, 2005).

A distribuição espacial revela como os indivíduos se encontram organizados horizontalmente no ambiente. Essa organização é resultado da combinação de fatores bióticos e abióticos, que regem a dinâmica dos processos ecológicos da

espécie dentro da floresta (SILVA et al., 2008). A análise da associação espacial entre indivíduos arbóreos é uma importante ferramenta para o entendimento dos processos ecológicos (GAINO et al., 2010) e genéticos (VIEIRA et al., 2010) observados nas populações e comunidades florestais, subsidiando estratégias de conservação e de manejo sustentável das espécies.

A relação espacial intra e interespecífica pode revelar informações relevantes sobre exigência por um mesmo habitat, partição do habitat, exclusão competitiva e variação genética (HIGUCHI et al., 2011; VIEIRA et al., 2012). O grau de associação é dependente da escala espacial analisada (PENNINGGS et al., 2003). O conhecimento do padrão de distribuição espacial de uma espécie ou de grupos de espécies é relevante para entender processos sucessionais e ecológicos, os quais são fundamentais para a compreensão de um sistema florestal (RODE et al., 2010). Assim, o presente estudo tem por objetivo analisar o padrão de distribuição espacial de *Protium heptaphyllum*, em um fragmento de floresta estacional semidecidual no Município de Macaíba, estado do Rio Grande do Norte.

MATERIAL E MÉTODOS

Área do estudo

O estudo foi realizado em um fragmento de floresta estacional semidecidual, nas coordenadas geográficas de 05°53'24,84" S e 35° 21'04,03" W, a uma altitude de aproximadamente 50 m, em uma área pertencente a Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), no município de Macaíba/RN (Figura 1). A área tem aproximadamente 10 hectares, sendo constituída por uma formação florestal de transição entre os biomas Mata Atlântica e Caatinga. O clima local é uma transição entre os tipos As' e BSh' da classificação de Köppen, apresentando precipitação média anual de 1.243,5 mm (EMPARN, 2007).

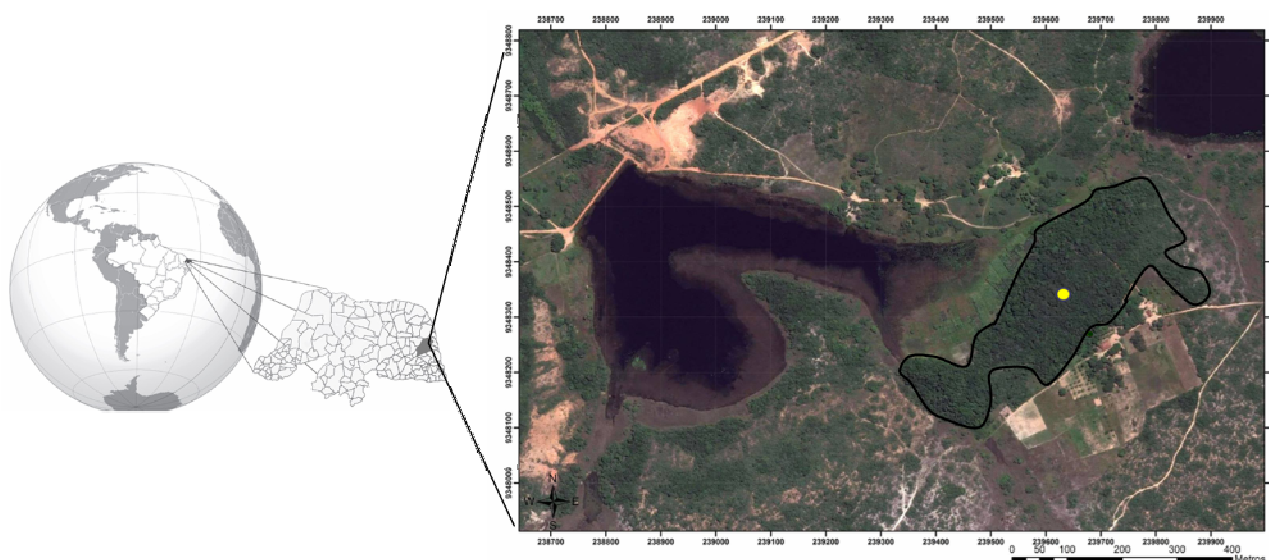


FIGURA 1. Localização geográfica do fragmento florestal estudado no município de Macaíba/RN. Fonte: Google Earth (2012)

Amostragem dos indivíduos

Os indivíduos de *P. heptaphyllum* foram amostrados em uma extensão de aproximadamente 300 m, considerando-se como parâmetro de inclusão os

indivíduos que apresentaram eventos reprodutivos. O registro das posições geográficas (x e y) de todos os indivíduos amostrados (Figura 2) na população ($N = 43$) foi realizado com o auxílio de um aparelho de GPS, modelo Garmin etrex®. Além disso, foi realizada a caracterização física dos morfos, sendo aferidos: o DAP (diâmetro à altura do peito), altura total e área basal, com auxílio de fita métrica e projeção de podão.

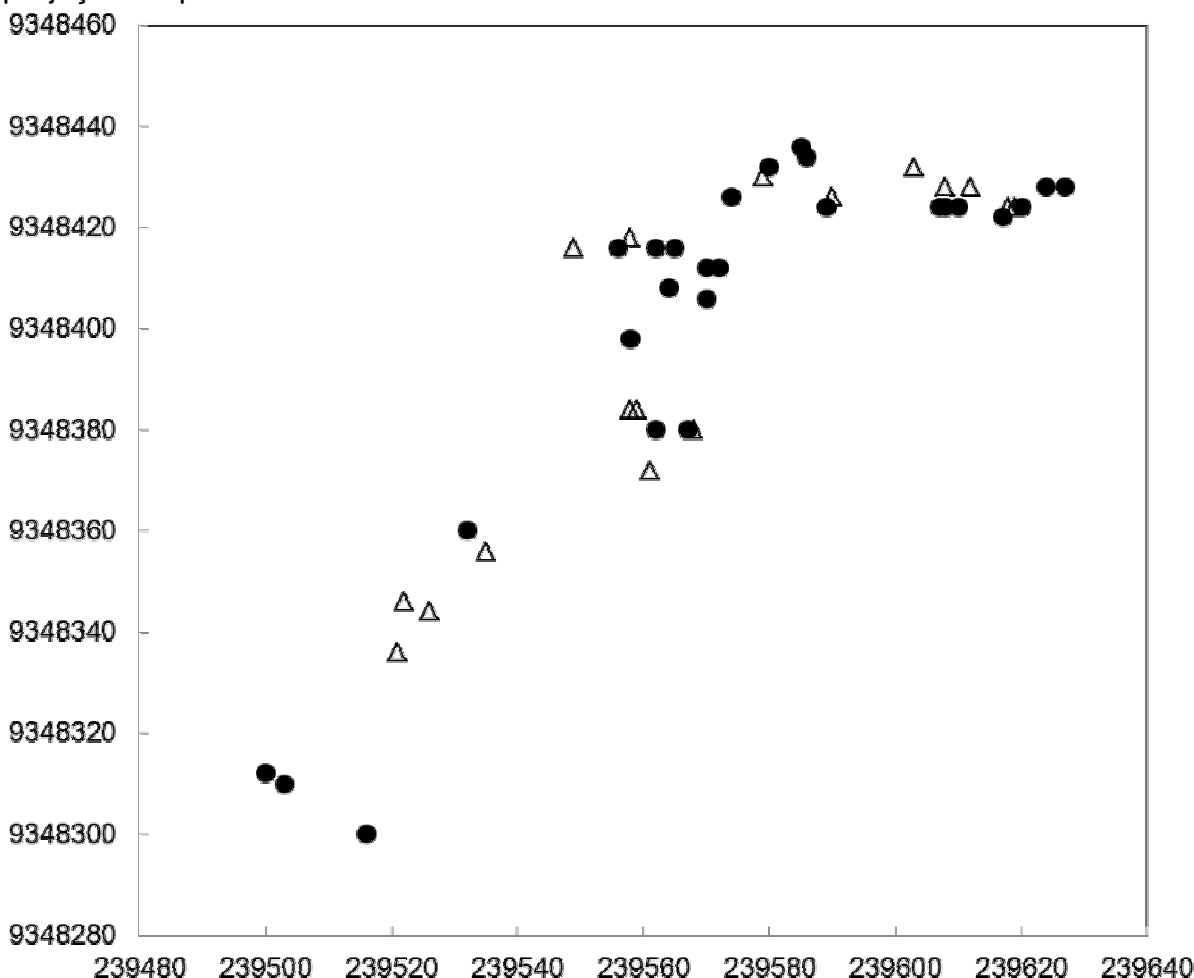


FIGURA 2. Distribuição espacial dos indivíduos de *P. heptaphyllum* no fragmento florestal em Macaíba/RN. Os círculos preenchidos indicam as plantas femininas e o triângulo as plantas masculinas. As coordenadas estão em UTM (*Universal Transversa de Mercator*)

Análise dos dados

A função de segunda ordem da densidade de vizinhos ou NDF (*Neighbourhood Density Function*), descrita por CONDIT et al. (2000) foi utilizada para determinar se o padrão de distribuição espacial da espécie é agregado (análise univariada) e se há associação espacial entre os indivíduos masculinos e femininos (análise bivariada). Foram feitas simulações utilizando classes de distância (t) entre 15 e 150 m, a fim de se evitar efeito *jagged plot*, ou seja, a ausência de um padrão dentado da densidade NDF nos correlogramas (WIEGAND & MOLONEY, 2004).

Os valores da estatística NDF (t) foram plotados no correlograma em função da distância t e comparados a envelopes de completa aleatoriedade, obtidos a partir de 499 simulações randômicas de Monte Carlo (alfa = 0,01). Essas análises foram

realizadas por meio do programa SpPack 1.38. Conforme GOREAUD & PELISSIER (1999) foi calculada ainda a correção do efeito de borda.

A diferença sexual em relação ao esperado (1:1) foi verificada pelo G-teste, com correção de Yates ($\alpha = 0,05$). As estimativas de área basal foram utilizadas para determinar a mortalidade ou maturação sexual entre os morfos, sendo comparadas pelo teste Kolmogorov-Smirnov (KS). As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa BioEstat 5.3.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aspectos demográficos

Observou-se que os indivíduos de *P. heptaphyllum* ocorrem com maior frequência nas extremidades e na região intermediária do fragmento. Essa característica corrobora o grupo ecológico da espécie, sendo assim, classificada como secundária inicial, tendo os seus indivíduos um rápido crescimento, com ocorrência em condições de sombreamento médio e dispersão zoocórica (LIMA et al., 2011). A caracterização física dos morfos masculinos e femininos apresentaram os seguintes valores descritos na Tabela 1.

TABELA 1. Caracterização física dos morfos, com base no DAP (diâmetro à altura do peito), altura total e área basal de *Protium heptaphyllum*

Morfos	N	DAP \pm erro padrão (cm)	Altura total \pm erro padrão (m)	Área basal (m ²)
Masculinos	26	12,9 \pm 1,64	6,2 \pm 0,32	0,0184
Femininos	17	11,6 \pm 1,42	6,6 \pm 0,31	0,0131
Total/Média	43	12,2 \pm 1,5	6,4 \pm 0,32	0,0158

Padrão espacial da espécie

O padrão espacial ($N = 43$) obtido pela análise univariada, onde foi calculada a densidade de todos os indivíduos, mostrou um formato *J* invertido no correlograma, indicando significantes níveis de agregação até o raio de 45 m do indivíduo focal (Figura 3). A partir dessa distância, o padrão espacial das plantas ocorreu de forma aleatória, ocorrendo segregação a partir do intervalo de 90 m. Com a configuração do padrão de distribuição espacial predominante agregado nas primeiras classes de distância, sugere-se que há, provavelmente, baixa taxa de competição intraespecífica na população ou dispersão restrita de sementes próximo à planta-mãe, como relatado em outros estudos (VIEIRA et al., 2010; VIEIRA et al., 2012). Entretanto, tornam-se necessários estudos de estrutura genética espacial em microescala para testar essas hipóteses.

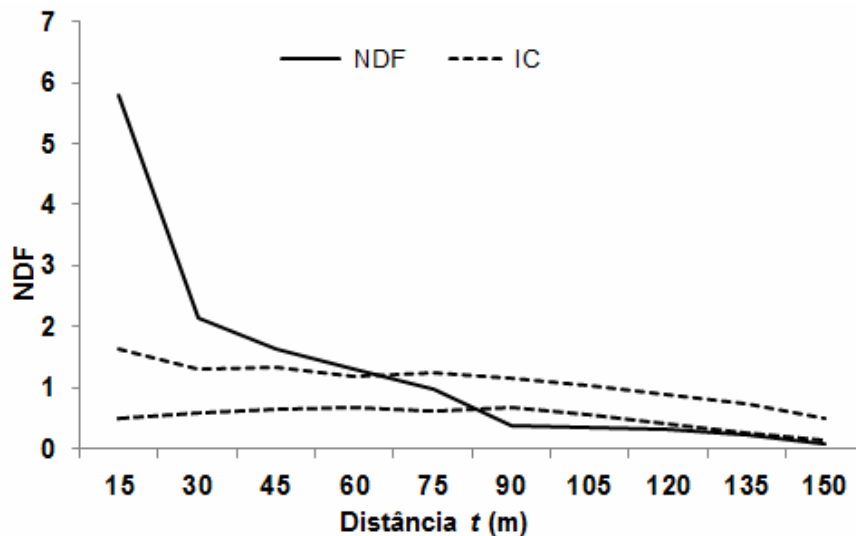


FIGURA 3. Padrão espacial obtido por meio da análise univariada de densidade de vizinhos (NDF) de todos os indivíduos de *Protium heptaphyllum*. Linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança de 99% para a hipótese nula do padrão espacial completamente aleatório

Padrão espacial dos morfos

Na análise bivariada, foi analisada a associação entre as plantas masculinas e femininas, não sendo observada agregação ou repulsão, predominando uma distribuição aleatória em todas as classes de distâncias do indivíduo focal (Figura 4). Verifica-se que existe um possível índice elevado de competição intraespecífica na razão da densidade entre os indivíduos de sexos diferentes, determinando a distribuição aleatória de indivíduos do mesmo sexo no fragmento. De fato, estudos similares encontraram padrão espacial agregado na análise univariada (incluindo ambos os morfos) e ausência de segregação espacial entre os sexos na análise bivariada (NICOTRA, 1998; SCHMIDT, 2008).

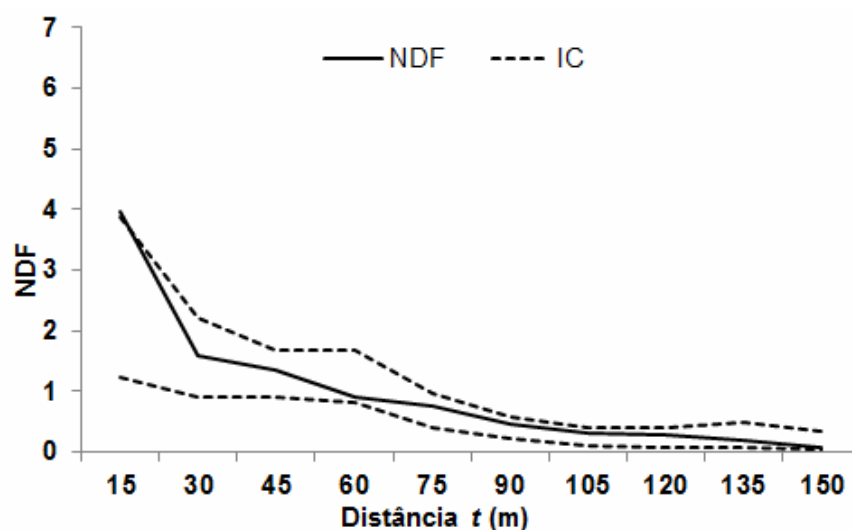


FIGURA 4. Padrão espacial obtido por meio da análise bivariada de densidade de vizinhos (NDF) entre os indivíduos masculinos e femininos de *Protium heptaphyllum*. Linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança de 99% para a hipótese nula do padrão espacial completamente aleatório

Além de aspectos ecológicos, como competição intraespecífica e dispersão restrita de sementes, o efeito da fragmentação na área pode ter interferido na distribuição dos indivíduos. Provavelmente nessa área fragmentada, ocorreu uma redução na qualidade do habitat da espécie, sendo observado que os indivíduos masculinos e femininos se distribuem de forma aleatória em toda a extensão do fragmento. Esse efeito é descrito por LEAL & CÂMARA (2005), os quais relataram que a fragmentação pode acelerar a perda de habitats, o isolamento de partes remanescentes do ecossistema, a redução das condições ambientais típicas no interior da floresta e a criação de efeitos de borda.

Estudos de dinâmica da população em ecossistemas florestais contribuem para o monitoramento das mudanças temporais decorrentes dos efeitos do ambiente, para fins de caracterização ecológica e biológica das espécies constituintes. MACHADO et al. (2010) observaram que em ambientes tropicais, o histórico de perturbação tem sido reportado como um dos principais elementos que determinam o processo de dinâmica e a estrutura de comunidades de espécies arbóreas.

Razão sexual e maturação entre os morfos

Verificou-se que não ocorre diferença sexual entre os indivíduos masculinos e femininos ($G = 1,524$; $P = 0,217$), ou seja, a frequência observada está de acordo com a esperada (1:1). Além disso, as áreas basais dos morfos não diferiram significativamente, conforme o teste de Kolmogorov-Smirnov ($P > 0,05$), sendo assim, os indivíduos de ambos os sexos apresentam estruturas semelhantes (Figura 5). Características que comprovam essa dinâmica foram observadas por AMORIM & OLIVEIRA (2006), que identificaram que as áreas basais dos indivíduos estaminados e pistilados de *Amaioua guianensis* Aubl. (Rubiaceae) não foram significativas.

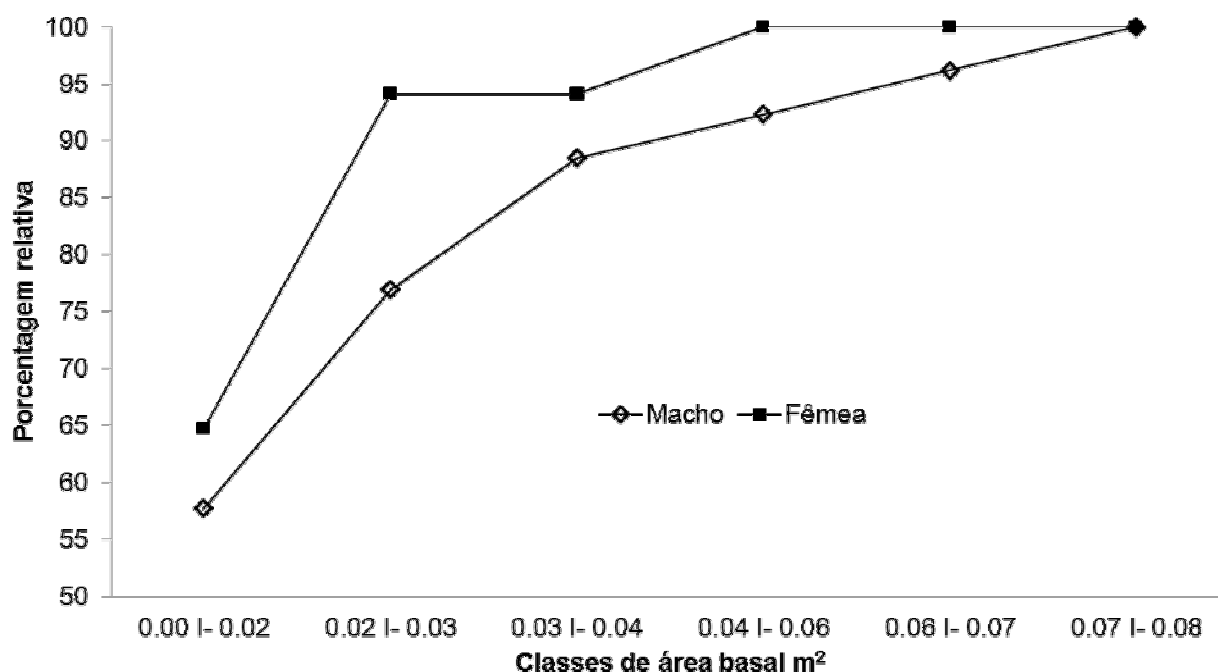


FIGURA 5. Porcentagem das classes de área basal dos indivíduos masculinos (estaminados) e femininos (pistilados) de *Protium heptaphyllum*

Em relação as áreas basais dos indivíduos masculinos e femininos, houve um pequeno predomínio de indivíduos femininos nas menores e maiores frequências acumuladas de classes de área basal sugerindo idades de maturação sexual e mortalidade diferenciais entre os sexos. Contudo, o teste Kolmogorov-Smirnov mostrou que essas diferenças não foram significativas ($P > 0,05$).

CONCLUSÃO

Os indivíduos de *Protium heptaphyllum* apresentam padrão espacial agregado, com maior densidade de vizinhos (NDF) em um raio de até 45 m. Ao passo que os indivíduos masculinos e femininos possuem padrão espacial completamente aleatório.

AGRADECIMENTOS

À PROPESQ/UFRN e ao CNPq pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

AMORIM, F. W.; OLIVEIRA, P. E. Estrutura sexual e ecologia reprodutiva de *Amaioua guianensis* Aubl. (Rubiaceae), uma espécie dióica de formações florestais de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 3, p. 353-362, 2006.

CONDIT, R.; ASHTON, P. S.; BAKER, P.; BUNYAVEJCHEWIN, S.; GUNATILLEKE, S.; GUNATILLEKE, N.; HUBBELL, S. P.; LOSOS, E.; MANOKARAN, N.; SUKUMAR, R.; YAMAKURA T. Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. **Science**, v. 288, p. 1414-1418, 2000.

EMPARN. **Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte**. Disponível em: <www.emparn.rn.gov.br>. Acesso em: 10 dez. 2012.

GAINO, A. P. S. C.; SILVA, A. M.; MORAES, M. A.; ALVES, P. F.; MORAES, M. L. T.; FREITAS, M. L. M.; SEBBENN, A. M. Understanding the effects of isolation on seed and pollen flow, spatial genetic structure and effective population size of the dioecious tropical tree species *Myracrodruon urundeuva*. **Conservation Genetics**, v. 11, n. 5, p. 1631-1643, 2010.

GOOGLE EARTH-MAPAS. Disponível em <<http://mapas.google.com>>. Acesso em: 22 de dez. de 2012.

GOREAUD, F.; PÉLISSIER, R. On explicit formulas of edge effect correction for Ripley's *K*-function. **Journal of Vegetation Science**, v. 10, n. 3, p. 433-438, 1999.

HIGUCHI, P.; SILVA, A. C.; BERG, E. V. D.; PIFANO, D. S. Associações espaciais entre indivíduos de diferentes espécies de *Miconia* spp. Ruiz & Pav. (Melastomataceae). **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 381-389, 2011.

LEAL, C. G.; CÂMARA I. G. **Mata Atlântica Biodiversidade, Ameaças e Perspectivas**. Belo Horizonte: Fundação SOS Mata Atlântica Conservação Internacional Centro de Ciências Aplicadas à Biodiversidade. 472 p., 2005.

LIMA, R. B. A.; SILVA, J. A. A.; MARANGON, L. C.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, R. K. S. Sucessão ecológica de um trecho de Floresta Ombrófila Densa de Terras

Baixas, Carauari, Amazonas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, p. 161-172, 2011.

MACHADO, E. L. M.; GONZAGA, A. P. D.; CARVALHO, W. A. C.; SOUZA, J. S.; HIGUCHI, P.; SANTOS, R. M.; SILVA, A. C. S.; FILHO, A. T. O. Flutuações temporais nos padrões de distribuição diamétrica da comunidade arbóreo-arbustiva e de 15 populações em um fragmento florestal. **Revista Árvore**, v. 34, n. 4, p. 723-732, 2010.

MELO, C. M.; MORAIS, T. C.; TOMÉ, A. R.; BRITO, G. A. C.; CHAVES, M. H.; RAO, V. S.; SANTOS, F. A. Anti-inflammatory effect of α , β -amyrin, a triterpene from *Protium heptaphyllum*, on cerulein-induced acute pancreatitis in mice. **Inflammation Research**, v. 60, p. 673–681, 2011.

MYERS, N. R. A.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 845-853, 2000.

NICOTRA, A. B. Sex ratio variation and spatial distribution of *Siparuna grandiflora*, a tropical dioecious shrub. **Oecologia**, v. 115, p. 102-113, 1998.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.. **TreeAtlas 2.0, Flora arbórea da América do Sul cisandina tropical e subtropical: Um banco de dados envolvendo biogeografia, diversidade e conservação.** 2010. Disponível em: <<http://www.icb.ufmg.br/treetlan/>>. Acesso em: 14 jan. 2013.

PEIXOTO, A. L.; ROSA, M. M. T.; SILVA, I. M. Caracterização da Mata Atlântica. In: SYLVESTRE L. S.; ROSA, M. M. T. (Eds.). **Manual metodológico para estudos botânicos na Mata Atlântica.** p. 9-23, 2002.

PENNINGS, S. C.; SELIG, E. R.; HOUSER, L. T.; BERTNESS, M. D. Geographic variation in positive and negative interactions among salt marsh plants. **Ecology**, v. 84, n. 6, p. 1527-1538, 2003.

PIZO, M. A. Frugivory and habitat use by fruit-eating birds in a fragmented landscape of Southeast Brazil. **Ornitologia Neotropical**, v. 15, p. 117-126, 2004.

RODE, R.; FILHO, A. F.; MACHADO, S. A.; GALVÃO, F. Análise do padrão espacial de espécies e de grupos florísticos estabelecidos em um povoamento de *Araucaria angustifolia* em uma floresta ombrófila mista no centro-sul do Paraná. **Revista Floresta**, v. 40, n. 2, p. 255-268, 2010.

SANTOS, F. A.; FROTA, J. T.; ARRUDA, B. R.; MELO, T. S.; SILVA, A. A. C. A.; BRITO, G. A. C.; CHAVES, M.H.; RAO, V. S. Antihyperglycemic and hypolipidemic effects of α , β -amyrin, a triterpenoid mixture from *Protium heptaphyllum* in mice. **Lipids in Health and Disease**, v. 11, p. 98-105, 2012.

SCHMIDT, J. P. Sex ratio and spatial pattern of males and females in the dioecious sandhill shrub, *Ceratiola ericoides ericoides* (Empetraceae) Michx. **Plant Ecology**, v. 196, p. 281-288, 2008.

SILVA, A. G.; PEREIRA, M. F. P. A. Sistemas de reprodução e sua aboradagem populacional em plantas vasculares. **Natureza on line**, v. 3, p. 30-40, 2005.

SILVA, A. M.; MELLO, J. M.; SCOLFORO, J. R. S.; JÚNIOR, L. C.; ANDRADE, I. S.; OLIVEIRA, A. D. Análise da distribuição espacial da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish) sujeita ao sistema de manejo porta-sementes. **Revista Cerne**, v. 14, n. 4, p. 311-316, 2008.

TORICES, R.; MÉNDEZ, M.; GÓMEZ, J. M. Where do monomorphic sexual systems fit in the evolution of dioecy? Insights from the largest family of angiosperms. **New Phytologist**, v. 190, p. 234–248, 2011.

VIEIRA F. A.; CARVALHO D.; HIGUCHI, P.; MACHADO, E. L.; SANTOS, R. M. Spatial pattern and finescale genetic structure indicating recent colonization of the palm *Euterpe edulis* in a Brazilian Atlantic forest fragment. **Biochemical Genetics**, v. 48, p. 96-103, 2010.

VIEIRA, F. A.; FAJARDO, C. G.; SOUZA, A. M.; REIS, C. A. F.; CARVALHO, D. Fine-scale genetic dynamics of a dominant neotropical tree in the threatened Brazilian Atlantic Rainforest. **Tree Genetics & Genomes**, v. 8, p. 1191-1201, 2012.

WIEGAND, T.; MOLONEY K. A. Rings, circles, and null-models for point pattern analysis in ecology. **Oikos**, v. 104, p. 209-229, 2004.