



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

ANDRÉ MONTEIRO RODRIGUES VIEIRA

**PADRÃO ESPACIAL DE ESPÉCIES FLORESTAIS EM DIFERENTES CLASSES DE
DIÂMETRO NA FLORESTA ESTADUAL DO PARU, PARÁ**

Prof. Dr. BRUNO ARAUJO FURTADO DE MENDONÇA
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
Novembro – 2019



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

ANDRÉ MONTEIRO RODRIGUES VIEIRA

**PADRÃO ESPACIAL DE ESPÉCIES FLORESTAIS EM DIFERENTES CLASSES DE
DIÂMETRO NA FLORESTA ESTADUAL DO PARÁ**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. BRUNO ARAUJO FURTADO DE MENDONÇA
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
Novembro – 2019

**PADRÃO ESPACIAL DE ESPÉCIES FLORESTAIS EM DIFERENTES CLASSES DE
DIÂMETRO NA FLORESTA ESTADUAL DO PARU, PARÁ**

ANDRÉ MONTEIRO RODRIGUES VIEIRA

APROVADA EM: 27 de novembro de 2019.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Bruno Araujo Furtado de Mendonça - UFRRJ
Orientador

Prof. Dr. Hugo Barbosa Amorim - UFRRJ
Membro

Msc. Camila Santos da Silva - UFRRJ
Membro

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, fonte criadora e mediadora do cosmos, e à todas as entidades da luz que harmonizam e abençoam nossas vidas.

Agradeço à minha mãe Maria Adelaide, ao meu irmão mais velho Rafael Monteiro e meu pai Juaranir Rodrigues, por estarem sempre ao meu lado me dando forças e me ajudando a evoluir como pessoa. Aos meus irmãos mais novos Alexandre, Leonardo e Giovanni. Aos meus avós falecidos José Monteiro e Maria Adelaide, que com certeza estariam muito felizes em me ver concluindo a graduação.

Aos meus tios e primos de São Gonçalo, Conceição, Silas, Felipe, Henrique, Rosana, Junior, Pedro, Davi, Aninha, Vitória, Erick, Isabella, à minha cunhada Bruna, à Patrícia, à Luciana, que também sempre me apoiaram.

Também agradeço a todos os meus amigos de Nova Friburgo e Cordeiro, e também da Rural e da turma 2012-2.

Agradeço e parablenizo todos os professores do curso de engenharia florestal da UFRRJ, pelo excelente trabalho e por todo o aprendizado que eu adquiri durante a graduação.

Agradeço a empresa Cemal “Comércio Ecológico de Madeiras LTDA” e ao engenheiro florestal Rodrigo Montezano, pela disponibilização dos dados utilizados no presente trabalho. Agradeço ao CNPQ pela bolsa concedida, que proporcionou o projeto de iniciação científica com os mesmos dados do presente estudo.

RESUMO

A modelagem da distribuição espacial de espécies arbóreas componentes de uma floresta natural, tem implicações fundamentais para a tomada de decisão no manejo florestal e para a conservação ecológica. Este trabalho teve como objetivo determinar o padrão espacial de quatro espécies arbóreas dominantes, com interesse madeireiro, na Floresta Estadual do Paru, Estado do Pará. Os dados foram obtidos no censo florestal realizado na unidade de produção anual (UPA) pela empresa CEMAL, onde foram obtidas as coordenadas de todas as árvores acima de 40 cm de diâmetro na altura do peito (DAP). A análise foi efetuada pelo software Arcgis10.5, utilizando o método da função K de Ripley para determinar o padrão espacial total dos indivíduos e entre diferentes classes de diâmetro de *Manilkara huberi* (Ducke) A.Chev. (maçaranduba), *Pouteria pachycarpa* Pires (goiabão), *Tetragastris panamensis* (Engl.) Kuntze (barrote) e *Goupia glabra* Aubl. (cupiúba). A partir da base de dados *Shuttle Radar Topography Mission* - SRTM e da bibliografia, foi possível descrever fatores que podem influenciar o padrão espacial das espécies e de suas classes de diâmetro. As quatro espécies apresentaram padrão agregado em todas as distâncias, semelhante ao que é encontrado em florestas tropicais, porém mostrando diferenças consideráveis de valores da L(d) entre si. O resultado também mostrou semelhança entre as classes de diâmetro, as árvores menores se encontram agregadas e as árvores maiores se encontram aleatórias, que se explica principalmente pela competição e predação que atua diretamente no recrutamento de plantas e determina a densidade dos indivíduos adultos na população.

Palavras-chave: Distribuição espacial, Função K de Ripley, FLOTA do Paru.

ABSTRACT

Modeling the spatial distribution of arboreal species in a natural forest has fundamental implications for forest management decision-making and ecological conservation. The objective of this study was to determine the spatial pattern of four dominant timber species in the Paru State Forest, State of Pará. Data were obtained from the forest census conducted at the annual production unit (UPA) by CEMAL, where The coordinates of all trees above 40 cm in diameter at breast height (DBH) were obtained. The analysis was performed by Arcgis10.5 software, using Ripley's K-function method to determine the total spatial pattern of individuals and between different diameter classes of *Manilkara huberi* (Ducke) A.Chev. (maçaranduba), *Pouteria pachycarpa* Pires (goiabão), *Tetragastris panamensis* (Engl.) Kuntze (barrote) and *Goupia glabra* Aubl. (cupiúba). From the Shuttle Radar Topography Mission - SRTM database and the bibliography, it was possible to describe factors that may influence the spatial pattern of the species and their diameter classes. The four species showed an aggregate pattern at all distances, similar to that found in tropical forests, but showing considerable differences in L (d) values among themselves. The result also showed similarity between diameter classes, smaller trees are aggregated and larger trees are random, which is mainly explained by competition and predation that acts directly on plant recruitment and determines the density of adult individuals in the population.

Keywords: Spatial distribution, Ripley's K-function, Paru FLOTA.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Manejo florestal sustentável	3
2.2 Distribuição geográfica de espécies arbóreas	3
2.3 Síndrome de dispersão e demografia das espécies	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	6
3.1 Área de estudo	6
3.2 Altimetria	7
3.3 Base de dados	8
3.4 Seleção das espécies	8
3.5 Descrição das espécies estudadas	8
3.6 Preparação e Processamento dos dados	11
3.7 Análise da distribuição espacial	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
5. CONCLUSÃO	25
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Localização da área de estudo e base de dados utilizada, na Floresta Estadual do Paru, Pará. 6
- Figura 2: Mapa de hipsometria e curvas de nível dentro dos limites da UPA 1 na Floresta Estadual do Paru, Pará. 7
- Figura 3: Maçaranduba (a) e seus frutos e sementes (b). Fonte: Lorenzi (1998). 9
- Figura 4: Goiabão (a). Fonte: Madereira São Paulo. Frutos e sementes de Goiabão (b). Fonte: Cruz et al. (2005). 9
- Figura 5: Barrote (a). Fonte: Hug amazonia. Fruto e semente de Barrote (b). Fonte: Howe (1980). 10
- Figura 6: Cupiúba (a) e seus frutos e sementes (b). Fonte: Lorenzi (1998). 11
- Figura 7: Esquema do método da função K de Ripley. 12
- Figura 8: Resultado da função L(d) para as espécies selecionadas na Floresta Estadual do Paru, Pará. 13
- Figura 9: Mapas das quatro espécies selecionadas e as curvas de nível da UPA 1 na Floresta Estadual do Paru, Pará: maçaranduba (*M. huberi*) (a), goiabão (*P. pachycarpa*) (b), barrote (*T. panamensis*) (c) e cupiúba (*G. glabra*) (d). 15
- Figura 10: Altitude de ocorrência de cada árvore e os respectivos valores máximos e mínimos de altitude para cada espécie: *Manilkara huberi* (Ducke) A.Chev (a), *Pouteria pachycarpa* Pires (b), *Tetragastris panamensis* (Engl.) Kuntze (c) e *Goupia glabra* Aubl. (d). 15
- Figura 11: Padrão espacial de *Manilkara huberi* (maçaranduba) para suas diferentes classes de diâmetro (Classe 1: 40 cm a 60 cm (a); Classe 2: 60 cm a 80 cm (b); Classe 3: 80 cm a 100 cm (c); Classe 4: 100 cm a 120 cm (d); Classe 5: 120 cm a 140 cm (e); Classe 6: acima de 140 cm (f), com respectivamente 6829, 7186, 3805, 1268, 286 e 46 indivíduos) na Floresta Estadual do Paru, Pará. 16
- Figura 12: Mapas das árvores em classes de diâmetro de *Manilkara Huberi* na Floresta Estadual do Paru, Pará: Classe 1 (a), Classe 2 (b), Classe 3 (c), Classe 4 (d), Classe 5 (e) e Classe 6 (f). 18
- Figura 13: Padrão espacial de *Pouteria pachycarpa* (goiabão) para suas diferentes classes de diâmetro (Classe 1: 40 cm a 60 cm (a); Classe 2: 60 cm a 80 cm (b); Classe 3: 80 cm a 100 cm (c); Classe 4: acima de 100 cm (d), com respectivamente 3864, 2161, 267 e 17 indivíduos) na Floresta Estadual do Paru, Pará. 18
- Figura 14: Mapas das árvores em classes de diâmetro de *Pouteria pachycarpa* na Floresta Estadual do Paru, Pará: Classe 1 (a), Classe 2 (b), Classe 3 (c) e Classe 4 (d). 19

Figura 15: Padrão espacial de *Tetragastris panamensis* (barrote) para suas diferentes classes de diâmetro (Classe 1: 40 cm a 60 cm (a); Classe 2: 60 cm a 80 cm (b); Classe 3: 80 cm a 100 cm (c); Classe 4: acima de 100 cm (d), com respectivamente 4438, 1636, 93 e 10 indivíduos) na Floresta Estadual do Paru, Pará.20

Figura 16: Mapas das árvores em classes de diâmetro de *Tetragastris panamensis* na Floresta Estadual do Paru, Pará: Classe 1 (a), Classe 2 (b), Classe 3 (c) e Classe 4 (d).21

Figura 17: Padrão espacial de *Goupia glabra* (cupiúba) para suas diferentes classes de diâmetro (Classe 1: 40 cm a 60 cm (a); Classe 2: 60 cm a 80 cm (b); Classe 3: 80 cm a 100 cm (c); Classe 4: 100 cm a 120 cm (d); Classe 5: acima de 120 cm (e), com respectivamente 1220, 1631, 525, 93 e 9 indivíduos) na Floresta Estadual do Paru, Pará.22

Figura 18: Mapas das árvores em classes de diâmetro de *Goupia glabra* na Floresta Estadual do Paru, Pará: Classe 1 (a), Classe 2 (b), Classe 3 (c), Classe 4 (d) e Classe 5 (e).24

1. INTRODUÇÃO

A enorme biodiversidade associada à floresta Amazônica e, sobretudo as florestas de terra firme, está relacionada com a grande diversidade de árvores e lianas em sua composição florística (DINIZ; SCUDELLER, 2005). Segundo pesquisas recentes, o bioma amazônico possui a maior reserva tropical de madeira do mundo e, além da madeira, outras fontes de recursos naturais compõem a riqueza desse bioma, como: frutos, castanha, peixe, borracha natural e diversos minérios (MMA, 2019).

Por meio do banco de dados fornecido por inventários florísticos de áreas florestais da Amazônia é possível utilizar modelos estatísticos para estimar características de árvores em pé, como a biomassa, concentração de carbono e peso seco (HIGUCHI, N. et al., 1998). É essencial para o manejo florestal sustentável os dados obtidos no inventário ou censo florestal, e sobretudo “esse levantamento é também a ocasião para você preparar um bom mapa de sua floresta, onde serão alocadas as áreas destinadas à produção e as destinadas à preservação” como expõe Silva, J. (1996, pág.91). O manejo de florestas naturais tem como objetivo principal a exploração de recursos madeireiros e não madeireiros de forma racional, o qual necessita de planejamento e monitoramento de suas atividades afim de criar um sistema sustentado (D’OLIVEIRA, 2009; BRAZ, 2012).

O uso de sistemas de informações geográficas (SIG) para o estudo de distribuição espacial é uma ferramenta de grande utilidade, porque possibilita a construção de mapas e contribui para uma análise visual da estrutura espacial das espécies (PEREIRA et al., 2005). Figueiredo et al. (2015) reforçam que os levantamentos realizados são importantes para os planos de manejo florestal, porque é uma fonte de dados precisa para estudos de diversidade e distribuição espacial de sistemas florestais amazônicos. Neste contexto, o uso de geotecnologias e as técnicas de SIG para otimizar o manejo florestal, surge o termo de Florestas de Precisão.

O padrão de organização espacial das espécies pode ser relacionado com diversos fatores, entre os principais estão morfologia de frutos, tipo de dispersão e comportamento dos agentes dispersivos, que influenciam na deposição das sementes nos ambientes (LEÃO, 1990; FORGET, 1992; JORDANO, 2000). Outros fatores bióticos, como: recrutamento, abertura de clareiras e mortalidade por processos de predação e competição, fazem papel importante no arranjo espacial das árvores (HOWE; SMALLWOOD, 1982; WENNY, 2000). Características abióticas também são determinantes na ocorrência e distribuição das espécies, dentre elas o relevo, incidência de luz, altitude e influência hídrica (GAMA et al., 2005b; MARINHO, 2015; CARVALHO, 2017). Outro fator importante para destacar é a ação humana no padrão de ocorrência das árvores em floresta natural. Estudos afirmam que muitos dos castanhais têm origem antropogênica, oriundos de atividades de civilizações pré-colombianas que viveram na região amazônica (SCOLES, 2011).

O estudo de padrões de distribuição espacial por meio de funções estatísticas é hoje uma das ferramentas mais utilizadas para entender o comportamento de diversos fenômenos ecológicos e auxiliar na elaboração de projetos de manejo sustentável de espécies nativas. A função K de Ripley é uma metodologia que tem sido amplamente aplicada para descrever as espécies florestais (CAPRETZ, 2004; PEREIRA et al., 2005; ARAÚJO, E. et al., 2014; FIGUEIREDO et al., 2015; POTTKER et al., 2016) por apresentar robustez e ferramentas que permitem a investigação de questões relevantes à ecologia florestal e especialmente na detecção do padrão espacial em diferentes escalas (VIANA, 2013).

A Floresta Estadual do Paru, localizada no noroeste do Estado do Pará, representa em torno de 16 % da calha norte do rio Amazonas, abrigando o maior mosaico de Áreas Protegidas do mundo, com aproximadamente 22 milhões de hectares (SEMA, 2010). Esta unidade de conservação (UC) possui alto potencial florestal para produtos madeireiros e não madeireiros por abrigar grande estoque de espécies de valor econômico e reservas de castanhais, tornando

primordial um bom planejamento dos recursos naturais e a utilização de planos de manejo para garantir o desenvolvimento e a sustentabilidade da região (SEMA, 2010).

Diante disso, com o uso de funções estatísticas espera-se encontrar diferentes padrões espaciais para as espécies selecionadas na área de estudo. Portanto, o objetivo do presente estudo foi determinar e avaliar padrões de distribuição espacial de espécies florestais, de interesse econômico, por meio da função K de Ripley, para entender como esse padrão se comporta entre as espécies da mesma comunidade e entre indivíduos da mesma população em classes de diâmetro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Manejo florestal sustentável

O objetivo principal do manejo florestal sustentável (MFS) é a produção de madeira de florestas tropicais. Para isso são necessárias informações sobre ingresso, crescimento e mortalidade das espécies manejadas a fim de garantir a atividade em longo prazo e sistemas de manejo adequados de acordo com a resposta da floresta (D'OLIVEIRA, 2009). Os produtos não madeireiros e o uso múltiplo da floresta tropical são possibilidades do (MFS). Com isso o desenvolvimento e o aperfeiçoamento da prática criam novas opções de sistemas de manejo comunitário junto ao pequeno e médio produtor, e as populações inseridas na floresta, abrangendo assim a importância dos aspectos sociais, econômicos, comunitários e produtivos (BRAZ et al., 2005).

Usando o conceito de floresta balanceada e com as restrições que garantem a preservação, podemos determinar práticas de manejo comprometidas com a produção sustentável e com a manutenção da diversidade genética da flora e fauna dentro dos limites aceitáveis (GAMA, 2005a). A alta volumetria, boa distribuição de espécies comerciais e relevo plano são características desejáveis em áreas com potencial de manejo madeireiro. O planejamento de atividades de exploração como abate, arraste, toragem, abertura de trilhas de arraste, carregamento e estradas, devem ser considerados na elaboração de planos de manejo para a otimização dos processos e dos custos totais de extração da madeira. Além disso, deve-se garantir a manutenção do povoamento com boas práticas, como a queda orientada, corte de cipós e tratamentos silviculturais para manter a produção sustentada (D' OLIVEIRA; BRAZ, 1998).

Para o cálculo da taxa e intensidade de corte deve-se compatibilizar o incremento potencial e o ciclo de corte como parâmetros balizadores do manejo, sendo que as espécies comerciais têm ritmo de crescimento diferenciados e é importante considerar o real potencial de crescimento de cada uma (BRAZ et al., 2012).

Como toda atividade econômica, os objetivos e o planejamento devem ser traçados para um bom resultado na produção. O inventário é o primeiro passo para tomada de decisão em atividades relacionadas com manejo florestal, sendo a base do planejamento da produção de uma empresa (SILVA, J., 1996). O inventário florestal 100% e pré-exploratório fornecem dados necessários para o planejamento das atividades de exploração e determina o estoque de madeira existente. É uma fase essencial que possibilita as demais etapas do manejo de florestas naturais (ARAÚJO, H., 2006).

Pode se afirmar uma relevante importância na utilização da ferramenta Global Positioning System (GPS) em inventários florestais. Porém, existem algumas restrições quanto a sua utilização em ambientes de floresta que tenham o dossel fechado, pois pode provocar erros na coleta das coordenadas geográficas. É uma ferramenta que auxilia, por exemplo, na localização de unidades amostrais e sua inserção em ambiente SIG permite a melhor visualização e maior agilidade nos processos de tomada de decisão (WATZLAMICK et al., 2002).

2.2 Distribuição geográfica de espécies arbóreas

A floresta Amazônica é uma grande área caracterizada, principalmente, por apresentar uma vegetação com famílias de distribuição pantropical e, muitas vezes, neotropical (IBGE, 2012). A família Lecythidaceae apresenta gêneros marcantes nesse bioma, como por exemplo,

Bertholletia excelsa Humb. & Bonpl., a castanha-do-brasil, que caracteriza grandes áreas de Floresta Ombrófila densa (IBGE, 2012). Já o gênero *Vochysia* (Vochysiaceae) possui modificações ecológicas importantes de acordo com o ambiente que ocorre, apresentando diferenças fenotípicas e distinções de forma de vida quando se compara os indivíduos que ocorrem na Amazônia e na Savana (IBGE, 2012).

As características bioclimáticas são variáveis que influenciam diretamente na distribuição geográfica das espécies nas regiões tropicais, como por exemplo, temperatura, radiação solar, precipitação, relevo e altitude, sendo assim elementos chaves para entender como elas irão ocorrer no ambiente (CARVALHO, 2017).

Embora dependa fortemente do esforço amostral, Procópio et al. (2010) registraram que espécies chamadas de “Tauari” têm distribuição variada no bioma amazônico, sendo pan-amazônica ou ampla, com densidades variadas. Porém muitas espécies possuem alta dominância local e outras podem ter distribuição regional ou endêmica, com baixas densidades e populações restritas a certas regiões.

Quando é analisado, especificamente, a composição florística das vegetações de florestas úmidas, percebe-se que as florestas de terra firme e várzeas são distintas principalmente pelo fator limitante da saturação hídrica do solo. As florestas de terra firme possuem maior riqueza de espécies e, embora muitas das espécies possam ocorrer nos 2 ambientes, algumas são restritas à terra firme e outras ocorrem somente na várzea (GAMA et al., 2005b).

As florestas de várzea têm distribuição das espécies bem definidas ao longo do gradiente de inundação e/ou por ação da salinidade, que influencia diretamente nas estratégias de crescimento, estabelecimento das plântulas e na diferença de densidade, composição, riqueza e abundância de espécies (ALMEIDA et al., 2004; CASTRO, 2012; MARINHO, 2015). Silva, A. (2015) mostrou em seu estudo que florestas de terra firme também não possuem distribuição florística e estrutural homogêneas, se diferenciando quanto à composição de espécies, riqueza e abundância de indivíduos.

2.3 Síndrome de dispersão e demografia das espécies

Pode-se entender como síndrome de dispersão o deslocamento das sementes dos vegetais a partir da planta de origem para outros locais, que é um fator essencial para o ciclo reprodutivo das plantas (DEMINICIS et al., 2009). Nas florestas tropicais é comum observar a síndrome Anemocórica, no qual as sementes possuem alas que são facilmente transportadas pela ação do vento, e a Autocórica que é proporcionada pela própria estrutura do fruto, com a abertura explosiva ou apenas a liberação de forma passiva (PERES, 2016).

Outra síndrome de dispersão é a Zoocórica, realizada por animais, que é a mais comum em florestas tropicais úmidas de diferentes biomas brasileiros (SARAVY et al., 2003; NEGRINI et al., 2012). É possível observar essa característica em vegetações de restinga, mostrando que muitas espécies de árvores coabitam áreas litorâneas (ALMEIDA JR et al., 2007; AMARAL et al., 2015).

A disseminação de sementes numa floresta tropical tem grande amplitude de alcance, porém está relacionada com o tamanho e a forma dos propágulos, pois são eles que definem a distância em que vão atingir, afirma Leão (1990). O mesmo autor observou que sementes sem aparato de voo são as mais representativas na área estudada na Floresta Nacional dos Tapajós.

Frutos pequenos e produzidos em grandes quantidades são características de espécies de árvores generalistas. Elas são visitadas e consumidas por diversos pássaros, fazendo da avifauna um dispersor primário dessas espécies (STEFANELLO et al., 2010). Os mamíferos frugívoros arborícolas e terrestres também consomem frutos e sementes imaturas,

principalmente os macacos, mas também esquilos, morcegos, marsupiais, quatis, e aves como o tucano e papagaios (HOWE, 1980; ROOSMALEM; GARCIA, 2000).

A dispersão é uma ação benéfica pela Hipótese do Escape, nos quais os indivíduos são dispersos para fugirem da alta mortalidade relacionada com a densidade, por efeitos de predação e competição que ocorrem próximas à planta progenitora (HOWE; SMALLWOOD, 1982). Em alguns casos pode haver muitas plântulas sob a planta mãe, porém com a alta mortalidade é observada a diminuição da regeneração e um maior desenvolvimento das plântulas distanciado da planta mãe (MARRA, 2008).

Diversos vertebrados fazem o trabalho de dispersão, consumindo de diferentes formas os frutos e/ou sementes. Consequentemente, podem interferir diretamente em como as plantas irão se estabelecer. As aves podem ter comportamentos distintos de consumo, onde algumas engolem os frutos e/ou sementes e depois defecam e existem outras que retiram a polpa e regurgitam a semente. No geral, aves que engolem e processam as sementes no trato digestivo depositam-nas longe da planta mãe e aves que regurgitam costumam depositá-las próximas (JORDANO, 2000).

Outro exemplo é o caso de *Tetragastris panamensis* (Engl.) Kuntze, que embora observada a alta remoção de sementes por espécies de *Alouatta palliata* (Macaco Bugio), *Cebus capucinus* (Macaco Capucinho) e *Nasua narica* (Quati), esses dispersores são pouco eficientes, porque depositam as sementes embaixo dos adultos ou em aglomerados de fezes, proporcionando alta taxa de mortalidade (HOWE, 1980).

Em outros casos a mortalidade não é dependente da densidade e da distância das plantas adultas, no qual pode ser encontrado um alto número de regenerantes próximos delas. Essa hipótese é explicada pelo saciamento dos predadores de frutos e que diretamente favorece o estabelecimento dos indivíduos arbóreos. A cutia e os esquilos fazem o papel essencial, pois enterram as sementes, favorecendo a germinação de *Gustavia superba* (Kunth) O. Berg. (Membrillo) a partir da saciação de predadores pela alta disponibilidade de frutos próxima das plantas adultas (FORGET 1992).

Deve-se considerar que a ocorrência espacial de espécies arbóreas também pode ser resultado de diferentes fatores limitantes na ocupação do ambiente, além da ação dos dispersores e predadores de sementes (CONDIT et al., 1992). A hipótese da colonização assume que os ambientes florestais se alterem com o tempo e que o objetivo principal é a disseminação das sementes no sentido de que elas encontrem habitats com condições favoráveis para seu estabelecimento, como aberturas no dossel ou clareiras (HOWE; SMALLWOOD, 1982). Nessa hipótese o sombreamento das plântulas e de espécies competitivas são os principais fatores que delimitam o estabelecimento dos indivíduos sob o dossel.

O banco de sementes apresenta um alto potencial para reconstrução das florestas. A ocorrência de plantas pioneiras e arbustivas em manchas pode ser uma resposta a pequenas perturbações locais que ocasionam a existência de clareiras e induzem o recomeço sucessional nessas áreas alteradas. Pode-se observar que em florestas maduras acontece o inverso, existem menos indivíduos de espécies pioneiras e os indivíduos não pioneiros são mais representativos (BORDON, 2012).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A Floresta Estadual (FLOTA) do Paru localiza-se no estado do Pará (PA) entre os meridianos 52° e 56° Wgr. Essa UC foi criada em 2006 por meio do Decreto nº 2.608/2006 e possui uma área de 3.612.914,02 ha, sendo a maior Unidade de Conservação de uso sustentável em florestas tropicais do mundo, abrangendo os municípios de Almeirim (58%), Monte Alegre (20%), Alenquer (18%) e Óbidos (4%) (SEMA, 2010).

Segundo a classificação Köppen-Geiger, a região é classificada como clima tropical de monção (Am). O período mais chuvoso é de janeiro a junho, com uma variação média mensal de 250 a 450 milímetros. Entre julho e novembro ocorre uma diminuição nas chuvas e a precipitação varia entre 50 e 150 mm (SEMA, 2010).

Existem vários tipos de fitofisionomias na FLOTA do Paru, a maior parte são derivadas de Florestas Ombrófilas do bioma amazônico. A Unidade de Produção Anual 1 (UPA 1) (Figura 1) está situada em área de Floresta Ombrófila Aberta submontana (IMAZON, 2010). Segundo IBGE (2012) essa vegetação pode ser observada por toda a Amazônia e mesmo fora dela, principalmente com formações de floresta com palmeiras. De maneira geral, na Amazônia, ocorre com as quatro formações florísticas (palmeiras, cipós, sororocas e bambus) situadas acima de 100 m de altitude e muitas vezes chegando a cerca de 600 m.

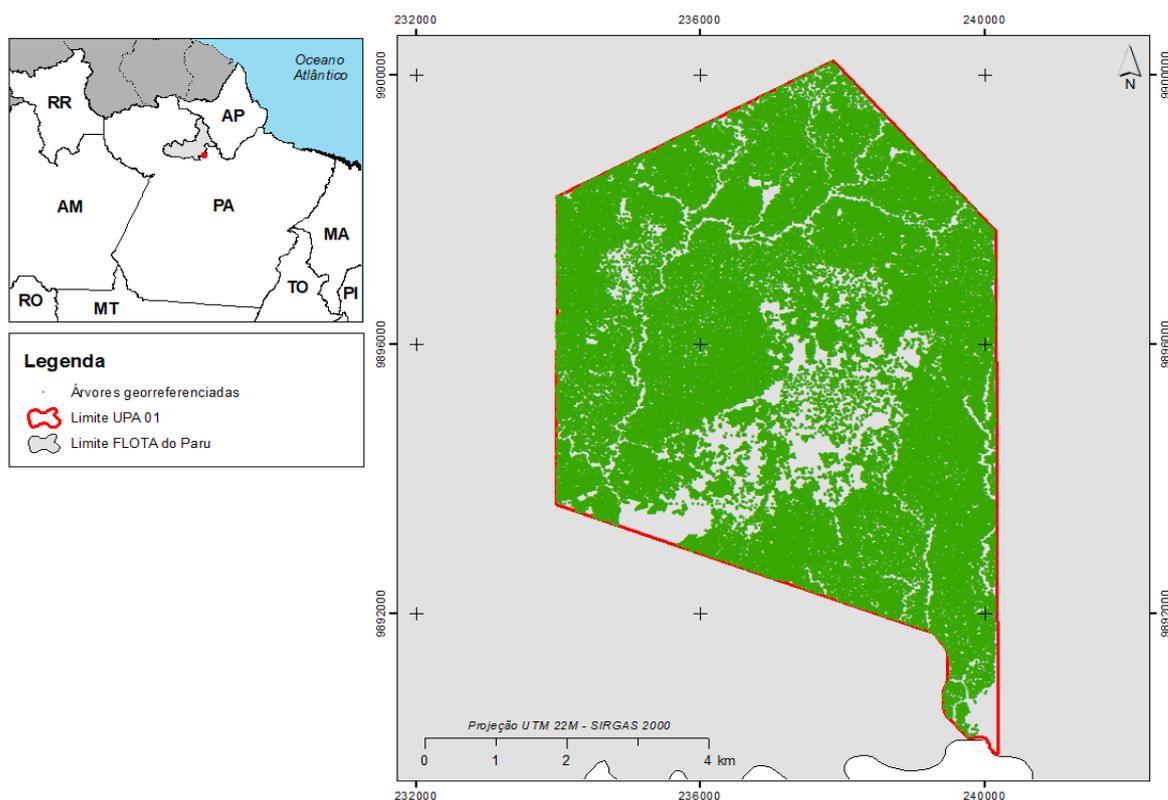


Figura 1: Localização da área de estudo e base de dados utilizada, na Floresta Estadual do Paru, Pará.

Grande parte da FLOTA (94 %) possui altitudes inferiores a 500 m, enquanto outros 5% apresentam entre 500 e 600 metros, localizadas ao sul. A FLOTA apresenta cinco tipos de solo: Argissolo Vermelho Amarelo, Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho Amarelo, Neossolo Litólico e Neossolo Quartzarênico Hidromórfico. A classe de solo com maior abrangência na UC é o Argilossolo Vermelho Amarelo, apresentando em maior parte de seu território um relevo dissecado de topo convexo e em menores proporções áreas de relevo com influência fluvial (SEMA, 2010). Observando os mapas do plano de manejo dessa unidade de conservação pode-se verificar que a UPA 1 está em área de relevo dissecado de topo de morro convexo (IMAZON, 2010).

3.2 Altimetria

A partir da base de dados *Shuttle Radar Topography Mission - SRTM* foi gerado o mapa de altimetria que compõem a UPA 1 e seus arredores. Para conhecer os valores de cota dentro da UPA, foram geradas curvas de nível (Figura 2). O objetivo foi extrair para cada ponto o respectivo valor de altimetria e analisar a ocorrência das árvores em relação à altitude, e para isso foi utilizado a ferramenta *Extract Multi Values to Point*. Os valores dentro do limite da UPA variam entre 85 m a 343 m de altitude.

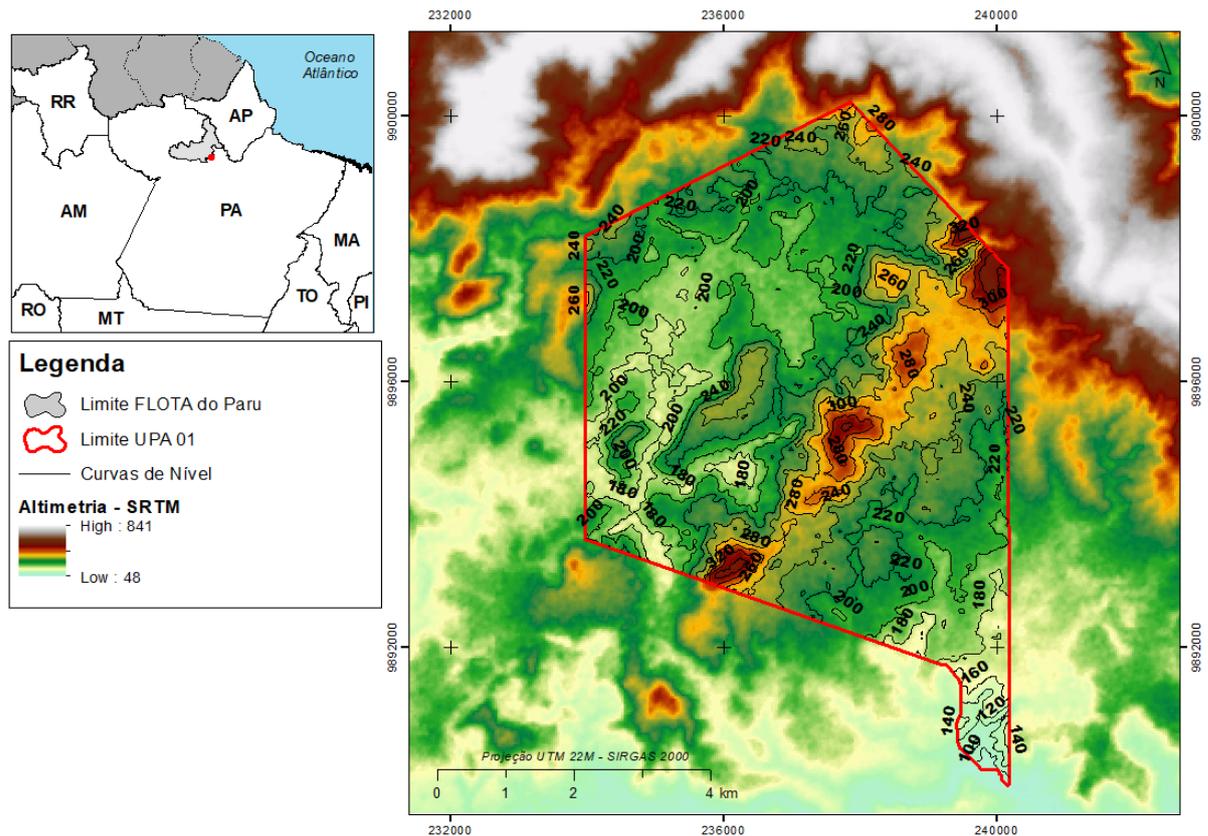


Figura 2: Mapa de hipsometria e curvas de nível dentro dos limites da UPA 1 na Floresta Estadual do Paru, Pará.

3.3 Base de dados

No ano de 2014 o Governo do Estado do Pará concedeu a AUTEX (Autorização de Exploração Florestal) para a empresa Cemal a UPA 1, que contém 42 Unidades de Trabalho (UT) na FLOTA do Paru. O inventário florestal foi realizado entre os anos de 2013 e 2014 em toda a área da UPA 1, com 4.395,71 há. Foi considerado como critério de inclusão as árvores com o diâmetro na altura do peito (DAP) \geq 40 centímetros. Portanto, foram incluídas as árvores a serem exploradas, remanescentes e matrizes, com o total de 99.099 indivíduos arbóreos. As coordenadas coletadas no georreferenciamento das árvores foram obtidas pelo sistema de projeção UTM, no Datum SIRGAS 2000 zona 22 S.

A autorização e responsabilidade dos dados desse trabalho pertencem à empresa Cemal Comércio Ecológico de Madeiras LTDA e foram fornecidos ao departamento de silvicultura do Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pelo engenheiro florestal Rodrigo Montezano, responsável técnico pelo plano de manejo.

3.4 Seleção das espécies

Tomando como base a lista de espécies da autorização de exploração florestal (AUTEX) foram selecionadas as quatro espécies que apresentaram a maior frequência absoluta, a saber: *Manilkara huberi* (Ducke) A.Chev. (maçaranduba), *Pouteria pachycarpa* Pires (goiabão), *Tetragastris panamensis* (Engl.) Kuntze (barrote) e *Goupia glabra* Aubl. (cupiúba), com respectivamente 19420, 6309, 6177 e 3478 indivíduos na área (Tabela 1).

Tabela 1: Espécies florestais selecionadas para a avaliação do padrão de distribuição, na FLOTA do Paru, Estado do Pará.

Espécie	Frequência absoluta	Frequência relativa (%)
<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) A.Chev.	19420	19,6
<i>Pouteria pachycarpa</i> Pires	6309	6,4
<i>Tetragastris panamensis</i> (Engl.) Kuntze	6177	6,2
<i>Goupia glabra</i> Aubl.	3478	3,5
Total da UPA 1	99099	100

3.5 Descrição das espécies estudadas

Maçaranduba (*Manilkara huberi* (Ducke) A.Chev.), é uma espécie da família botânica Sapotaceae que atinge grande porte, de 30 a 50 metros, com copa arredondada, raízes tabulares e casca fissurada. Tem ocorrência nas matas de terra firme da região Amazônica e em menor escala na mata de várzea pouco inundável. Pode-se classificar como clímax e sua frequência é elevada, ocupando o dossel superior da mata primária. Seu fruto é uma baga globosa, glabra, com polpa carnosa, contendo de 1 a 4 sementes e são dispersas pela avi-fauna (LORENZI, 1998). Segundo Roosmalen e Garcia (2000), os frutos de *M. huberi* são ovoides ou globoides, com dimensões entre 2,5 x 2,5 cm a 3,2 x 3,5 cm, e são dispersos principalmente por macacos.

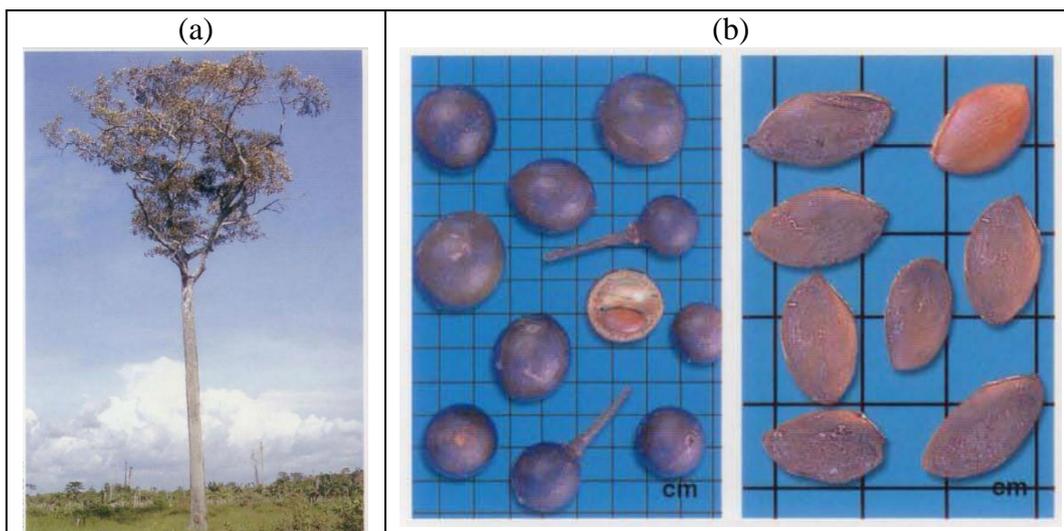


Figura 3: Maçaranduba (a) e seus frutos e sementes (b). Fonte: Lorenzi (1998).

Goiabão (*Pouteria pachycarpa* Pires), conhecido também por “abiu-branco”, pertence a família Sapotaceae, podendo chegar até 40 m de altura. Sua ocorrência no bioma Amazônico é em matas de planície. Os frutos são ovóides, subglobos ou obovóides. A maioria dos frutos dos gêneros de Sapotaceae são dispersos por diversos tipos de macacos e alguns casos por quatis, japurá e marsupiais (ROOSMALEN; GARCIA, 2000). Cruz et al. (2005) em seu estudo mostraram que *P. pachycarpa* tem frutos do tipo globoides que medem entre 4,3 a 6,5 cm de diâmetro e as sementes entre 2,3 a 3,5 cm de comprimento, e o peso varia entre 35,7 a 192,4 g.

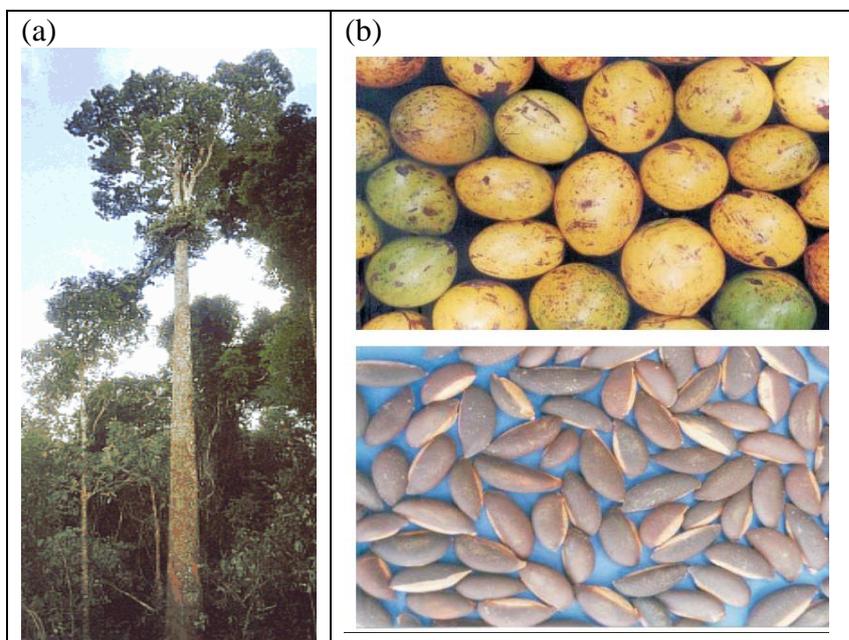


Figura 4: Goiabão (a). Fonte: Madreira São Paulo. Frutos e sementes de Goiabão (b). Fonte: Cruz et al. (2005).

Barrote (*Tetragastris panamensis* (Engl.) Kuntze) é uma árvore de grande porte e também é chamada de “breu- branco”. Pertence à família Burseraceae, com ocorrência em florestas primárias de terra firme do bioma Amazônico (LIMA et al., 2001). A sua altura pode chegar até 38 m e diâmetro de tronco até 60 cm. Os frutos são cápsulas de 1,5 a 5 cm de diâmetro, a maioria contém 5 sementes com arilos. Seus frutos são amplamente consumidos e dispersados por animais, principalmente por macacos e aves (HOWE, 1980).

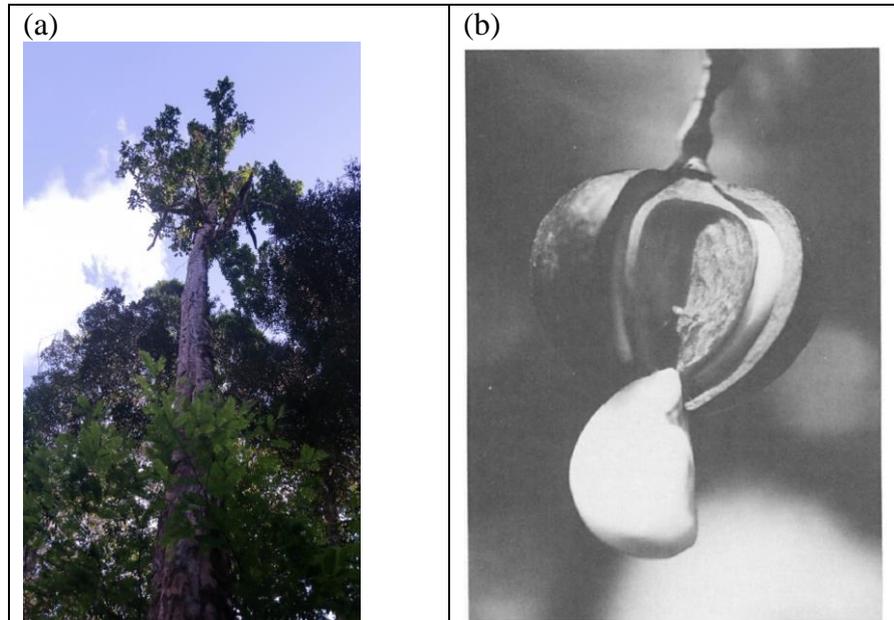


Figura 5: Barrote (a). Fonte: Hug amazonia. Fruto e semente de Barrote (b). Fonte: Howe (1980).

Cupiúba (*Goupia glabra* Aubl.), também conhecida como “cupiúva”, pertence à família Celastraceae. Tem altura de 10 a 35 metros e é comum em matas primárias de terra firme. O fruto é classificado como baga globosa de cor vermelha, com 3 a 5 sementes pequenas e é consumido por pássaros. A espécie também é tolerante à luz direta e é recomendada para reflorestamento (LORENZI, 1998).

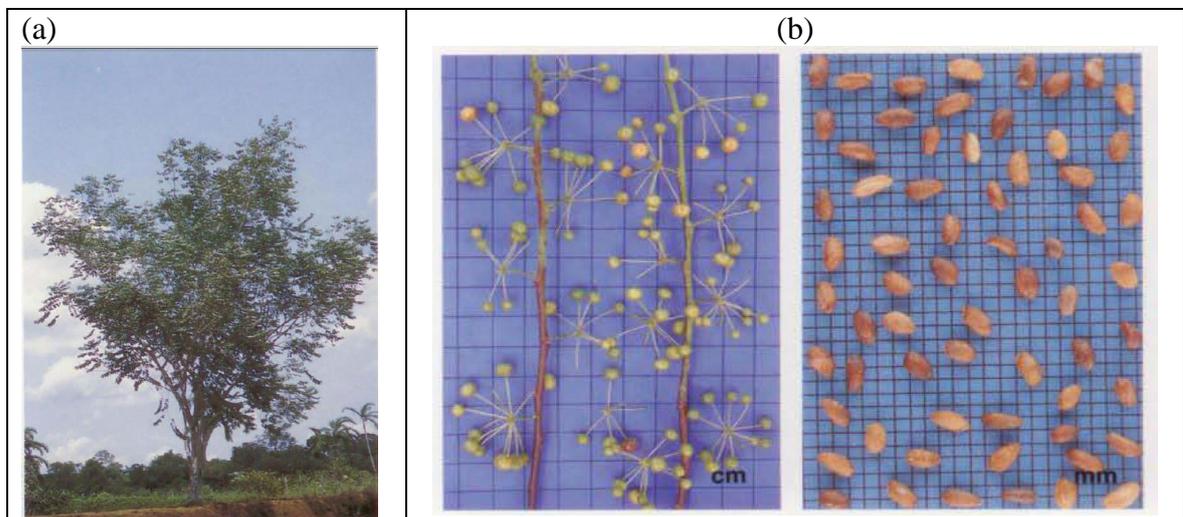


Figura 6: Cupiúba (a) e seus frutos e sementes (b). Fonte: Lorenzi (1998).

3.6 Preparação e Processamento dos dados

O primeiro passo foi carregar a planilha de dados com informações do censo florestal no ambiente de sistema de informação geográfica. Os arquivos estavam em forma de planilha e foi necessário transforma-los em dados vetoriais para criar o arquivo *shapefile*.

Posteriormente, os diâmetros das espécies foram distribuídos em classes, iniciando pelo diâmetro mínimo de mensuração (40cm), com amplitude de 20 centímetros. O número mínimo de indivíduos para compor uma classe foi estabelecido como superior a 10 indivíduos. Caso alguma classe apresentar um número inferior à 10 indivíduos estas automaticamente foram incluídas na classe anterior, formando uma classe única.

A população de *M. huberi* (maçaranduba) tem a maior frequência e apresentou mais classes de diâmetro, variando de 40 a 159,1 centímetros.

As demais espécies apresentaram menor amplitude nos valores de diâmetro, sendo, portanto, divididas em menos classes, e em relação a frequência, também estão entre as que tem maiores valores na comunidade.

Foi necessário criar o arquivo do tipo *shapefile* para todos os pontos e depois foi selecionado na tabela de atributos os indivíduos que corresponderam a população das espécies selecionadas e em seguida foi criado seus respectivos arquivos separados. A segunda etapa foi fazer o mesmo para os indivíduos nas determinadas classes de diâmetro. Todos os arquivos criados foram usados como recurso de entrada para análise estatística simulada pelo software (ArcGIS).

3.7 Análise da distribuição espacial

A partir dos arquivos criados foi aplicado o método e apresentado como resultado o padrão espacial daquele grupo de espécies selecionadas. O padrão espacial foi calculado usando a função K na forma univariada, por meio da ferramenta *Multi-distance spatial cluster analysis* do software ArcGIS 10.5. A formulação a seguir representa a função L(d), que é uma transformação da função K utilizada pela ferramenta:

$$L(d) = \sqrt{\frac{A \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, i \neq j}^n K(i, j)}{\pi \cdot n(n-1)}}$$

Em que A é a área do círculo ($A = \pi r^2$), n é o número de pontos, d é cada faixa de distância medida, (i, j) são os pontos de análise e $k(i, j)$ é o peso. O peso é 1 quando a distância entre os pontos i e j é menor ou igual a d e 0 quando a distância entre os pontos i e j é maior que d . Quando a correção de borda é aplicada, o peso de $k(i, j)$ é modificado levemente (ESRI, 2019).

Segundo Silva, K. et al. (2009), a função de Ripley é uma estatística descritiva do padrão espacial. Essa função computa a média geral dos números de pontos que estão dentro da área circular, no qual o aumento do raio determina o incremento de distância da análise. Portanto, a formula é aplicada nas crescentes faixas de distância e os respectivos valores de L(d) são gerados de acordo com os pontos existentes dentro dessas faixas determinadas (Figura 7).

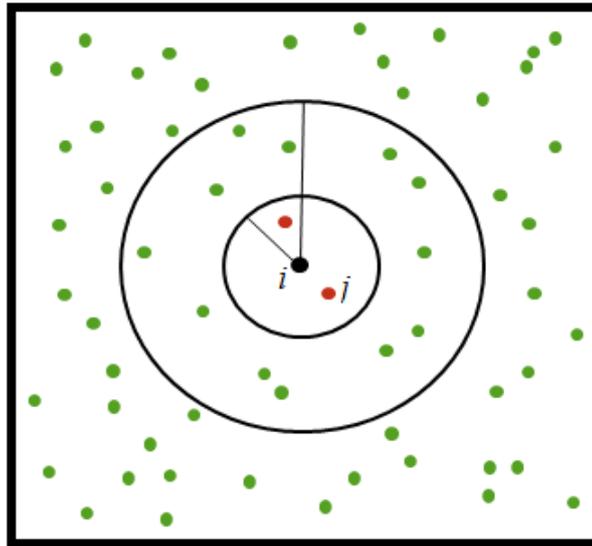


Figura 7: Esquema do método da função K de Ripley.

Para este estudo foi usado o método de correção de borda de Ripley, que verifica a distância de cada ponto da borda da área de estudo e sua distância para cada um de seus vizinhos. Todos os vizinhos que estão mais longe do ponto em questão do que da borda da área de estudo recebem peso extra. A distância de incremento ou faixa de distância é gerada para cada sequência de pontos, e é 25 % da distância do “retângulo delimitador mínimo” que incluiu todos os pontos, segundo a ESRI (2019).

Para testar a hipótese de completa aleatoriedade espacial (CAE) os intervalos de confiança foram gerados com 999 simulações, que produzem intervalos com 99,9 % de confiança. O intervalo de confiança foi construído distribuindo pontos aleatoriamente na área e calculando a função para essa distribuição, onde é determinado o valor esperado. O valor observado foi construído com a aplicação da fórmula de acordo com o processo pontual encontrado, ou seja, os pontos de interesse (ESRI, 2019).

Quando o valor observado se encontrou fora e acima dos intervalos de confiança da CAE, o padrão foi classificado como agregado, e quando o valor se encontrou fora e abaixo dos intervalos, foi classificado como uniforme. Quando o valor observado se encontrou dentro dos intervalos o padrão observado foi aleatório, ou seja, assume-se a hipótese de que os pontos estão de forma aleatória. Com o padrão aleatório e uniforme podemos concluir que os pontos de análise estão bem distribuídos na área amostral, e o contrário, se o padrão for agregado ou agrupado os pontos estão concentrados (SANTOS et al., 2016).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação ao total de árvores de cada espécie o resultado indicou que todas tem padrão espacial agregado, como mostra na Figura 8, onde a curva da função $L(d)$ está bem acima dos intervalos de confiança da completa aleatoriedade espacial (CAE).

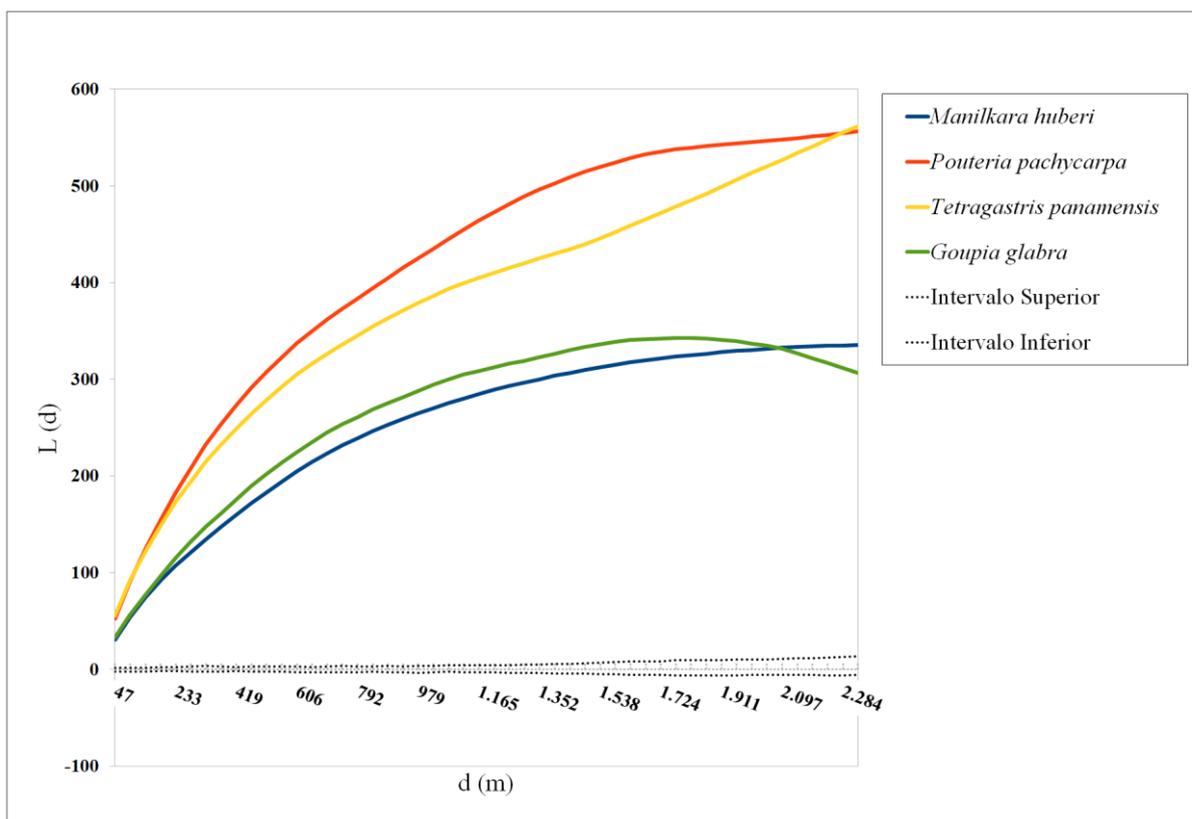


Figura 8: Resultado da função $L(d)$ para as espécies selecionadas na Floresta Estadual do Paru, Pará.

Apesar do padrão agregado ser predominante, houve variações significativas nos valores da $L(d)$ entre as espécies, que demonstra diferenças na forma de ocupação do ambiente. Pode-se observar que *P. pachycarpa* e *T. panamensis* obtiveram valores bem superiores, ou seja, podemos dizer que estão mais agregadas que *G. glabra* e *M. huberi* (Figura 8).

O padrão espacial agregado é o mais observado para espécies e comunidades de Florestas Ombrófilas (CAPRETZ et al., 2012; POTTKER et al., 2016; NETO, 2017) e em outras tipologias de vegetação tropical (HIGUCHI, P. et al., 2010; BRUZINGA et al., 2013; ARAÚJO, E. et al., 2014; DANTAS et al., 2017), apesar de não ser o único resultado que pode ser encontrado em florestas naturais. Viana (2013) obteve resultados diferentes em floresta de várzea no estado do Amazonas, no qual a maioria das espécies arbóreas apresentou padrão aleatório usando a função K univariada.

O padrão agregado tem grande relação com a característica de manchas na vegetação, onde se encontram grupos bem definidos e, na maioria, espécies dominantes. No presente estudo a espécie dominante foi *M. huberi*, mostrando forte padrão de agregação em todas as distâncias. Espécies dominantes refletem o padrão espacial da comunidade, como mostrou Capretz (2004) em quatro formações florestais no estado de São Paulo, no qual o padrão

agregado foi determinado para a Floresta Ombrófila densa e a espécie dominante dessa fitofisionomia mostrou semelhança no comportamento da curva da função K. Em florestas tropicais, a ocorrência de agrupamento de árvores em manchas ou mosaico de vegetação é resultado de uma paisagem com diferenças de relevo, tipos de solo, disponibilidade de água, condições específicas de microclima e clareiras (SILVA, K. et al., 2009).

Na Figura 9 pode-se observar os mapas com os pontos de ocorrência dos indivíduos de cada espécie e as curvas de nível na área. Em relação a *M. huberi* e *G. glabra*, podemos ver que há uma grande mancha sem ocorrência no centro da área, que coincide com os topos de morros de elevada altitude e declividade, que pode ser um fator limitante para estas espécies nesta área em questão.

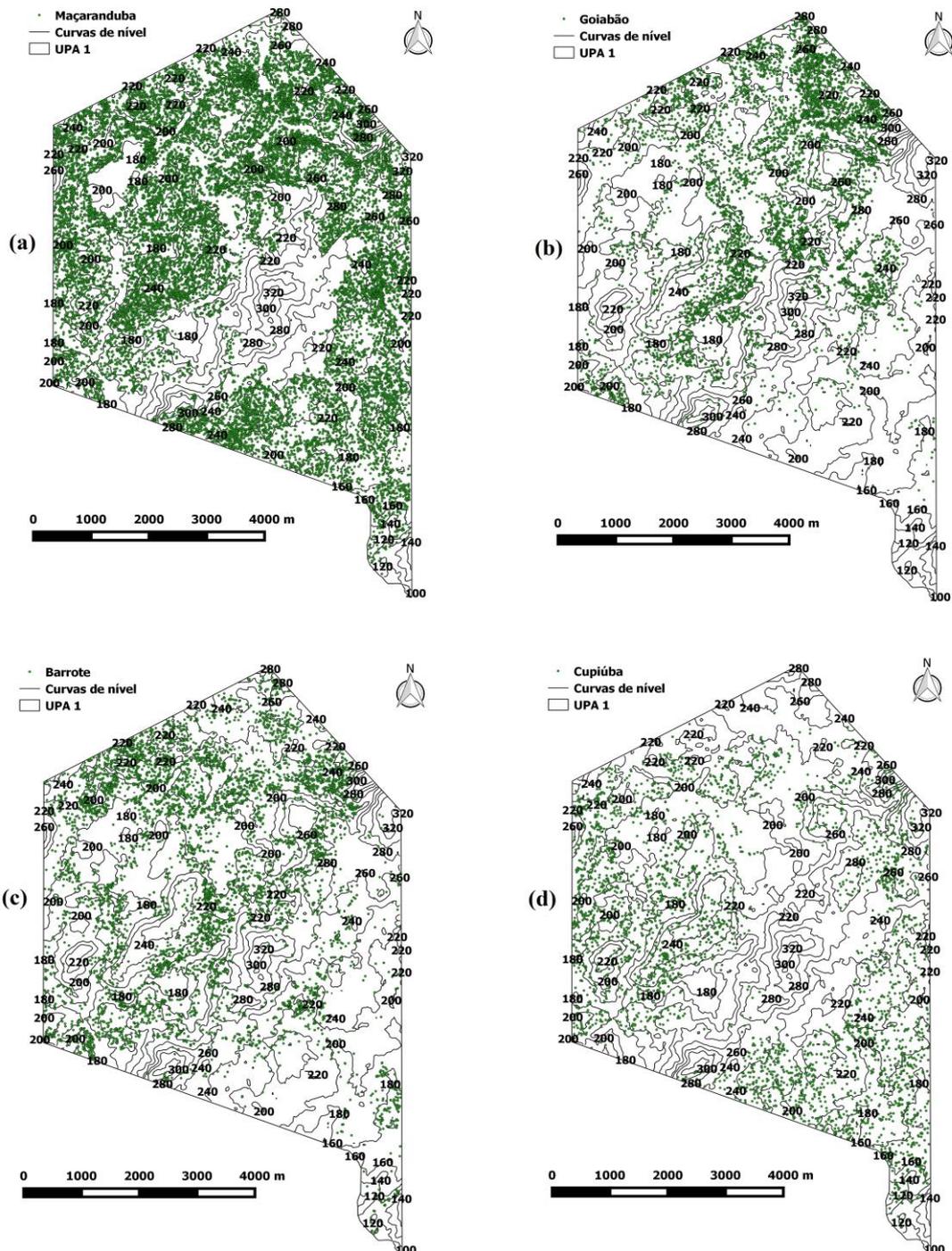


Figura 9: Mapas das quatro espécies selecionadas e as curvas de nível da UPA 1 na Floresta Estadual do Paru, Pará: maçaranduba (*M. huberi*) (a), goiabão (*P. pachycarpa*) (b), barrote (*T. panamensis*) (c) e cupiúba (*G. glabra*) (d).

A partir dos dados de altimetria gerados foi possível extrair para cada ponto o valor de altitude correspondente, como podemos ver nos gráficos da Figura 10. A maioria das espécies selecionadas ocorreu em praticamente todos os níveis de altitude da UPA 1, mesmo que com poucos indivíduos. Contudo, pode-se observar a maior ocorrência geral de indivíduos entre cotas médias entre 200 m até 250 m de altitude, que são as cotas mais frequentes na área.

A variação altimétrica pode limitar a ocorrência das espécies e, conseqüentemente, o padrão espacial. Pottker et al. (2016) encontraram em seus resultados, utilizando a função K não homogênea, que *Ocotea odorifera* (Canela-sassafrás) se organiza em agrupamentos nas áreas mais elevadas da região amostrada, possivelmente em solos bem drenados. Podemos observar essa característica na distribuição de *P. pachycarpa*, que no cruzamento com os dados de altimetria da UPA 1 (Figura 10) mostrou ocorrência somente em altitudes acima de 170 m.

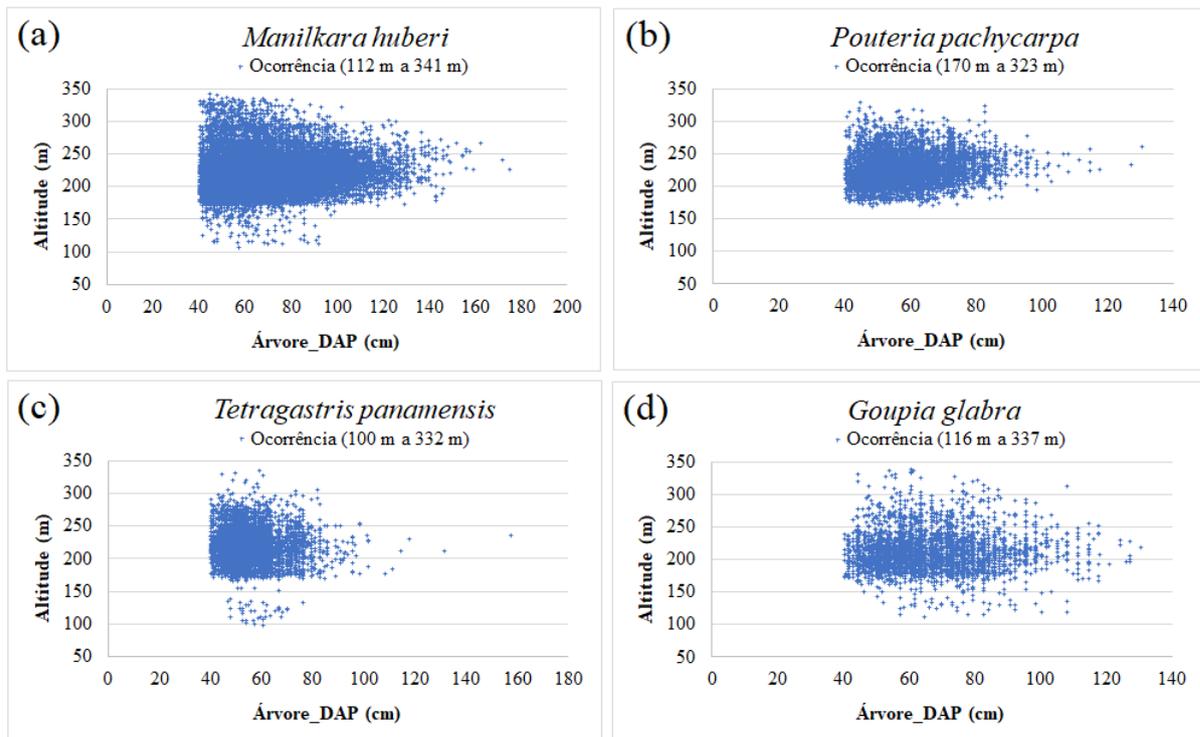


Figura 10: Altitude de ocorrência de cada árvore e os respectivos valores máximos e mínimos de altitude para cada espécie: *Manilkara huberi* (Ducke) A.Chev (a), *Pouteria pachycarpa* Pires (b), *Tetragastris panamensis* (Engl.) Kuntze (c) e *Goupia glabra* Aubl. (d).

O tipo de dispersão de sementes também pode ser outro fator que interfere na ocupação de certas espécies. Pereira et al. (2006) determinaram que a não dependência espacial entre regenerantes e adultos de *Cariniana legalis* (Jequitibá rosa) é devido à dispersão anemocórica, e mostrou que essa espécie ocupa de forma aleatória o ambiente.

As espécies selecionadas são todas zoocóricas e possuem frutos com dimensões bem distintas. Capretz (2004) mostrou que as espécies zoocóricas *Copaifera langsdorffii* (Copaíba),

Euterpe edulis (Juçara) e *Syagrus romanzoffiana* (Jerivá), se encontravam agregadas, porém apresentaram comportamentos da curva da função K distintas, e cita que isso pode ocorrer por densidade e tipos diferentes de dispersores.

A espécie *G. glabra* é tolerante a luz (LORENZI, 1998), que também pode ser um fator importante na ocupação do terreno, já que espécies pioneiras e arbustivas tendem a ocorrer em manchas (agregadas) por causa das perturbações no dossel da floresta (BORDON, 2012). O presente estudo não pode determinar com exatidão quais processos influenciaram no padrão espacial encontrado dessas espécies, porém estudos posteriores com base de dados complementares podem investigar com detalhes essas correlações.

Houve uma notável semelhança em relação aos resultados das classes de DAP, com tendência ao padrão aleatório para as últimas classes de diâmetro. Os resultados das classes de DAP de *M. huberi* mostraram até a classe 3 um alto valor de agregação em todas as distâncias (Figuras 11 e 12). Enquanto a classe 6 apresentou padrão aleatório principalmente nas últimas distâncias medidas, onde os valores da curva estão dentro dos intervalos de confiança, porém os valores de agregação foram observados na maioria das faixas de distância.

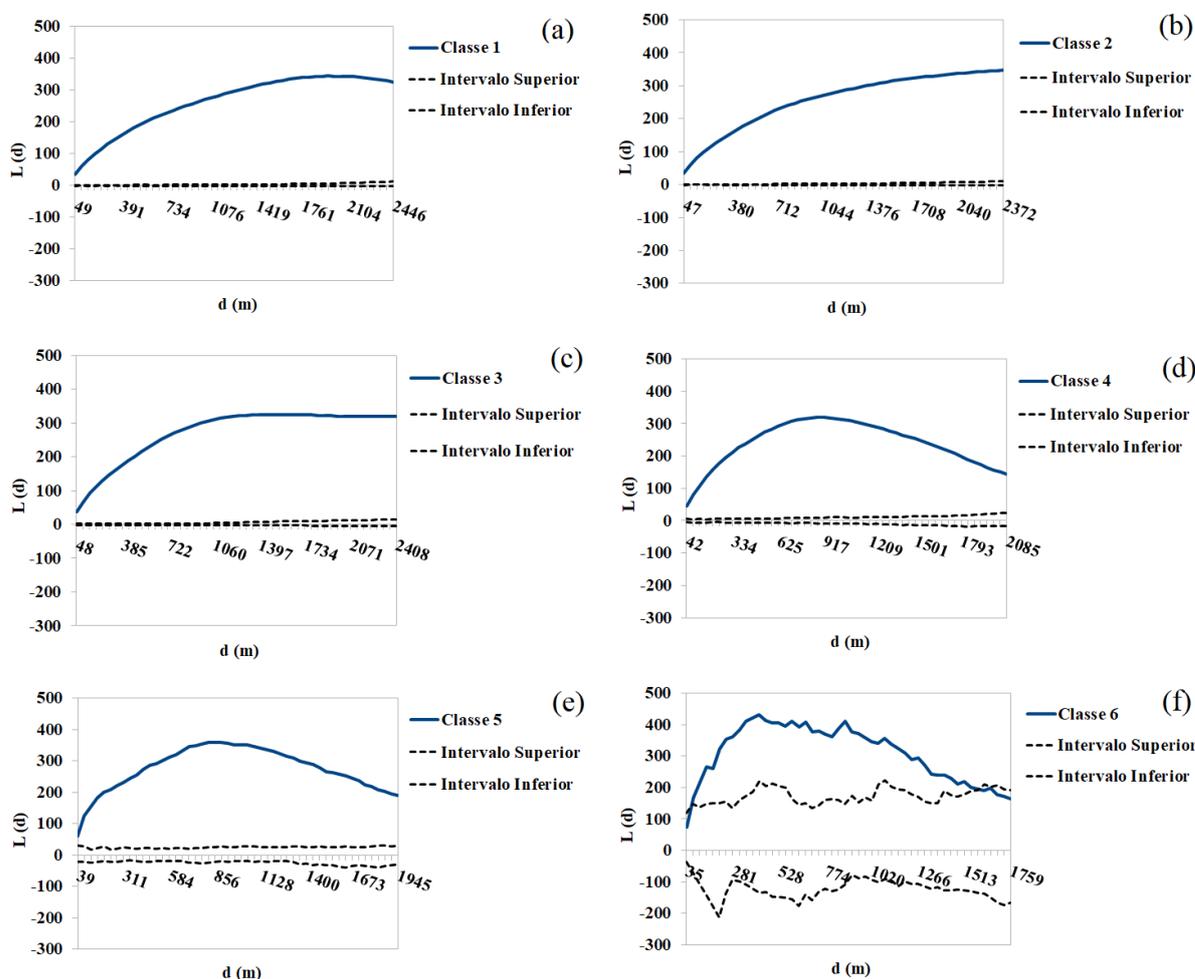


Figura 11: Padrão espacial de *Manilkara huberi* (maçaranduba) para suas diferentes classes de diâmetro (Classe 1: 40 cm a 60 cm (a); Classe 2: 60 cm a 80 cm (b); Classe 3: 80 cm a 100 cm (c); Classe 4: 100 cm a 120 cm (d); Classe 5: 120 cm a 140 cm (e); Classe 6: acima de 140 cm (f), com respectivamente 6829, 7186, 3805, 1268, 286 e 46 indivíduos) na Floresta Estadual do Paru, Pará.

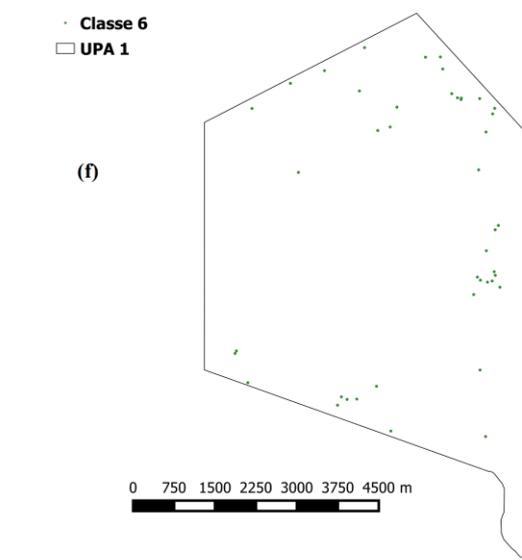
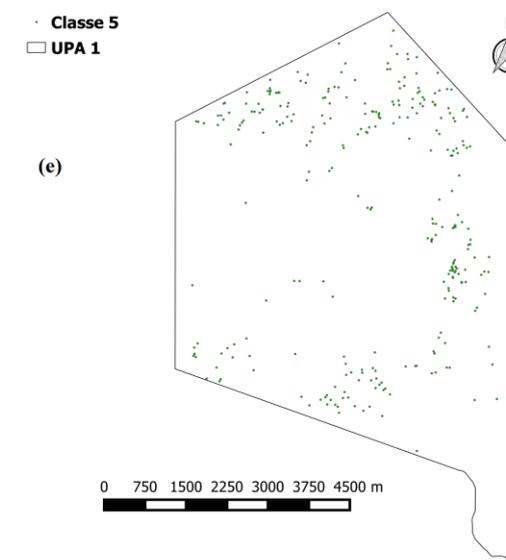
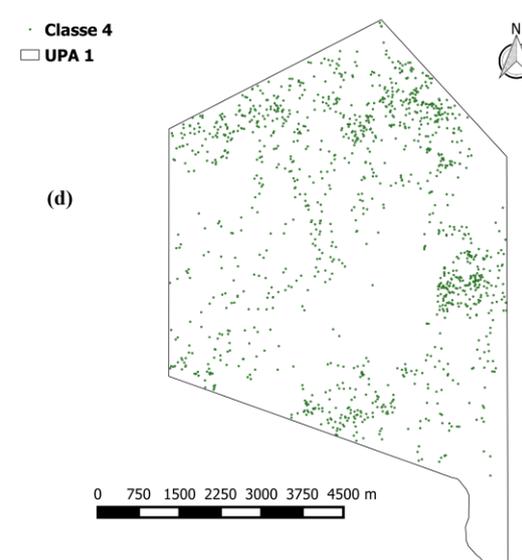
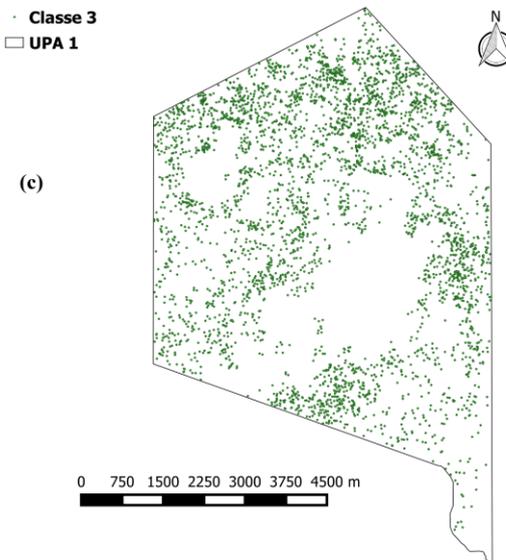
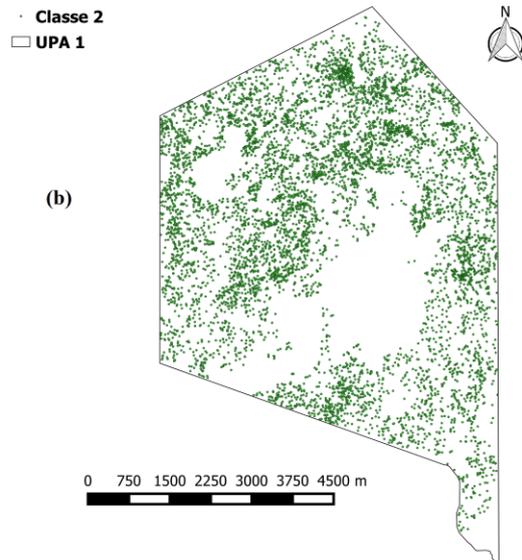
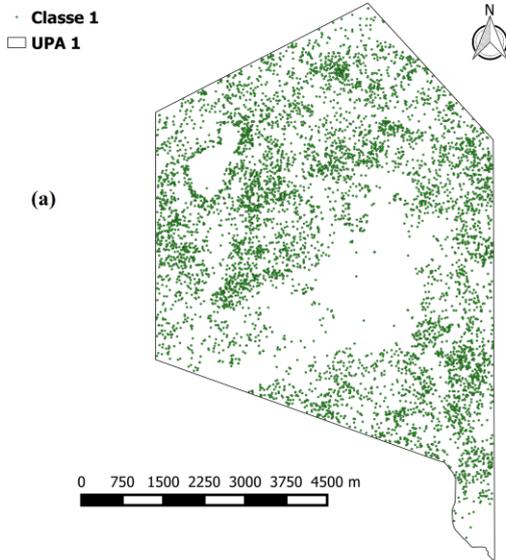


Figura 12: Mapas das árvores em classes de diâmetro de *Manilkara Huberi* na Floresta Estadual do Paru, Pará: Classe 1 (a), Classe 2 (b), Classe 3 (c), Classe 4 (d), Classe 5 (e) e Classe 6 (f).

Em *P. pachycarpa* o resultado nas classes 1, 2 e 3 também foi de altos valores de padrão agregado em todas as distâncias analisadas (Figuras 13 e 14). Somente na classe 4 a curva entrou no intervalo de completa aleatoriedade espacial (CAE), com pequenas exceções de picos de valores de agregado em pequenas e médias distâncias.

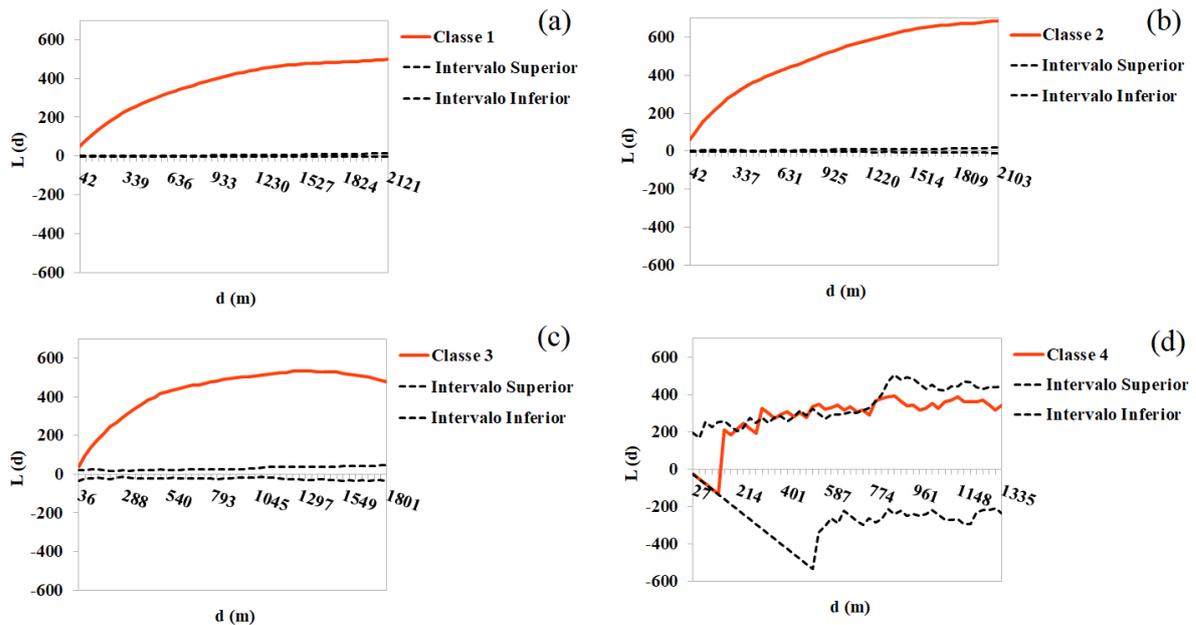


Figura 13: Padrão espacial de *Pouteria pachycarpa* (goiabão) para suas diferentes classes de diâmetro (Classe 1: 40 cm a 60 cm (a); Classe 2: 60 cm a 80 cm (b); Classe 3: 80 cm a 100 cm (c); Classe 4: acima de 100 cm (d), com respectivamente 3864, 2161, 267 e 17 indivíduos) na Floresta Estadual do Paru, Pará.

Essa variação no padrão espacial entre classes de tamanho reflete a dinâmica entre as árvores numa floresta tropical e pode ser observado em diferentes tipos de vegetação (HIGUCHI, P. et al., 2010; DALMASO et al., 2012; CAPRETZ et al., 2012; ARAÚJO, E. et al., 2014). A combinação entre dispersores de sementes, a predação de sementes e a mortalidade de plântulas determina a distribuição espacial dos indivíduos adultos numa população por interagirem diretamente com o padrão de recrutamento (WENNY, 2000).

A persistência de padrão agregado em toda a população pode estar relacionada com fatores intrínsecos das espécies, limitações de dispersão como diásporos pesados e exigências de condições micro ambientais. Bruzina et al. (2013) observaram esse fato ao analisar indivíduos adultos de pequi (*Caryocar brasiliensis*), que apresentaram padrão agregado em todas as classes de tamanho.

Para Dalmaso et al. (2012) a mudança de padrão espacial agregado para o aleatório com o aumento de classes de tamanho, demonstra que o recrutamento de plântulas é determinado principalmente por fatores bióticos como competição intraespecífica e mortalidade relacionada com a densidade.

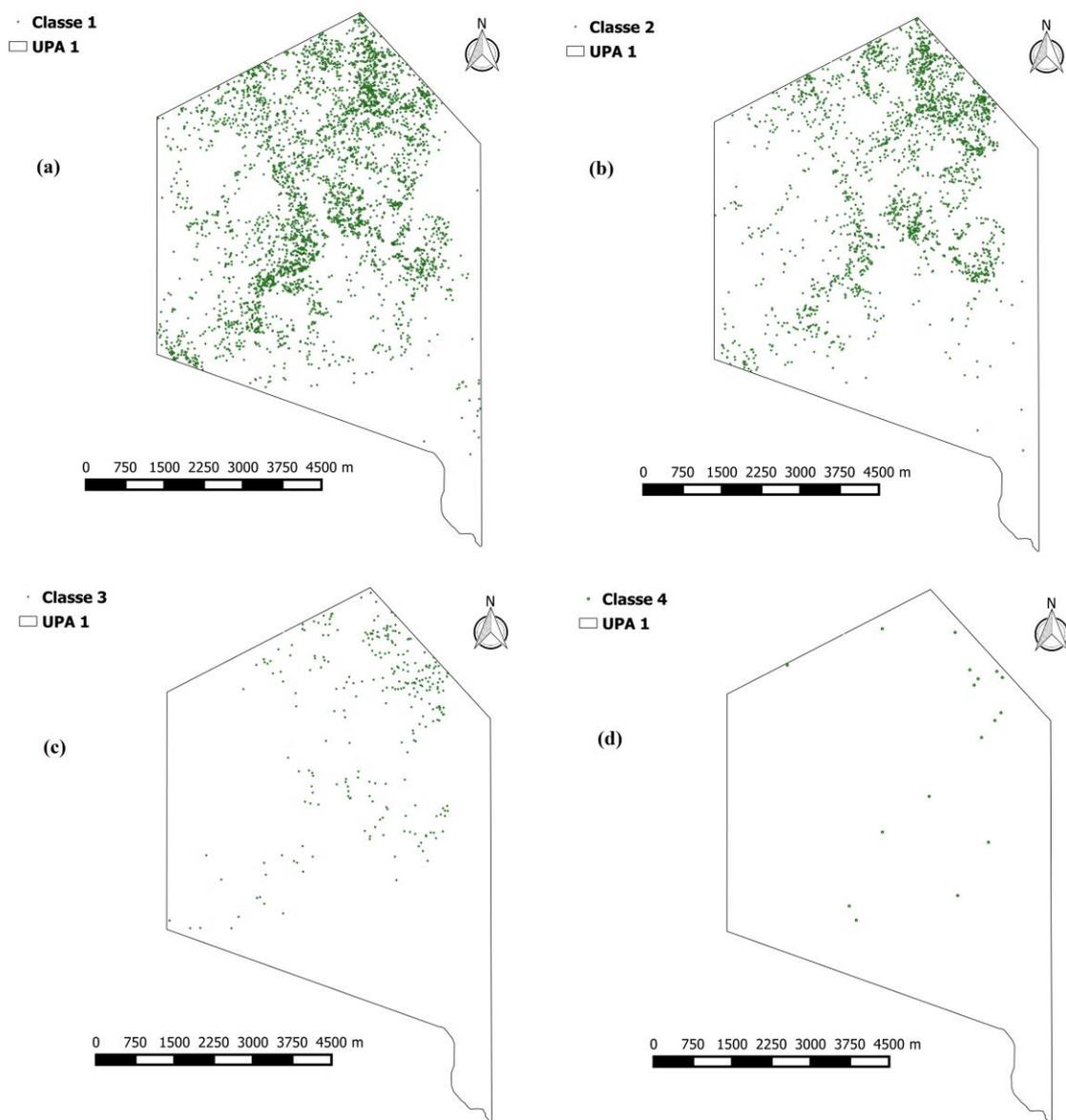


Figura 14: Mapas das árvores em classes de diâmetro de *Pouteria pachycarpa* na Floresta Estadual do Paru, Pará: Classe 1 (a), Classe 2 (b), Classe 3 (c) e Classe 4 (d).

Na espécie *T. panamensis* (Figuras 15 e 16) os resultados seguiram parecidos com as demais espécies analisadas. As classes 1 e 2 apresentaram altos valores de agregação em todas as distâncias. Na classe 3 pode-se observar uma grande diferença em relação as classes anteriores, obteve-se o padrão agregado mas a curva apresentou menores valores e próximos aos intervalos de confiança da CAE. O resultado da classe 4 dessa espécie também mostrou o padrão aleatório com alguns picos de agregação em menores distâncias, como em *P. pachycarpa*.

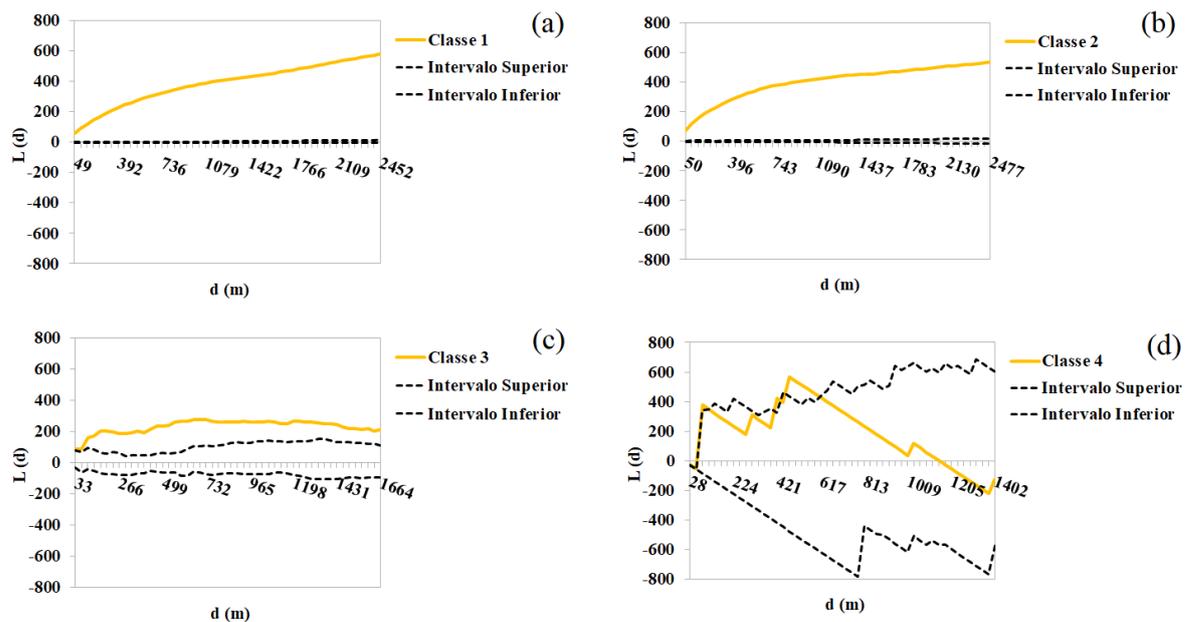


Figura 15: Padrão espacial de *Tetragastris panamensis* (barrote) para suas diferentes classes de diâmetro (Classe 1: 40 cm a 60 cm (a); Classe 2: 60 cm a 80 cm (b); Classe 3: 80 cm a 100 cm (c); Classe 4: acima de 100 cm (d), com respectivamente 4438, 1636, 93 e 10 indivíduos) na Floresta Estadual do Paru, Pará.

Segundo Capretz (2004), a agregação das árvores menores demonstra a dependência espacial em relação às árvores adultas, que é resultado direto da limitada capacidade de dispersão que faz com que as sementes e frutos fiquem próximos à árvore de origem. Processos ecológicos dependentes da densidade, como competição por luz, água, nutrientes e a predação, diminui a densidade de indivíduos conforme as árvores crescem, e torna cada vez mais aleatória a ocorrência dos indivíduos adultos no ambiente.

Resultados semelhantes foram encontrados por Araújo, E. et al. (2014) em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, para classes de diâmetro de duas espécies com população agregada. O resultado também indicou o padrão agregado para os indivíduos menores que 30 cm de DAP e para os maiores que 30 cm o padrão foi aleatório. A agregação dos indivíduos menores se dá pelo fato da regeneração se desenvolver próximo as plantas de origem, que trabalham como porta sementes para a dispersão.

No caso de *G. glabra* o resultado também mostrou semelhança com as demais espécies nas primeiras classes, com um forte padrão de agregação em todas as distâncias (Figura 17 e 18). Em sua penúltima classe foi observado também uma queda na agregação, como em *T. panamensis*, onde os valores ficaram perto do intervalo superior. Na sua última classe (classe 5) os valores indicaram a completa aleatoriedade espacial (CAE) em todas as distâncias analisadas.

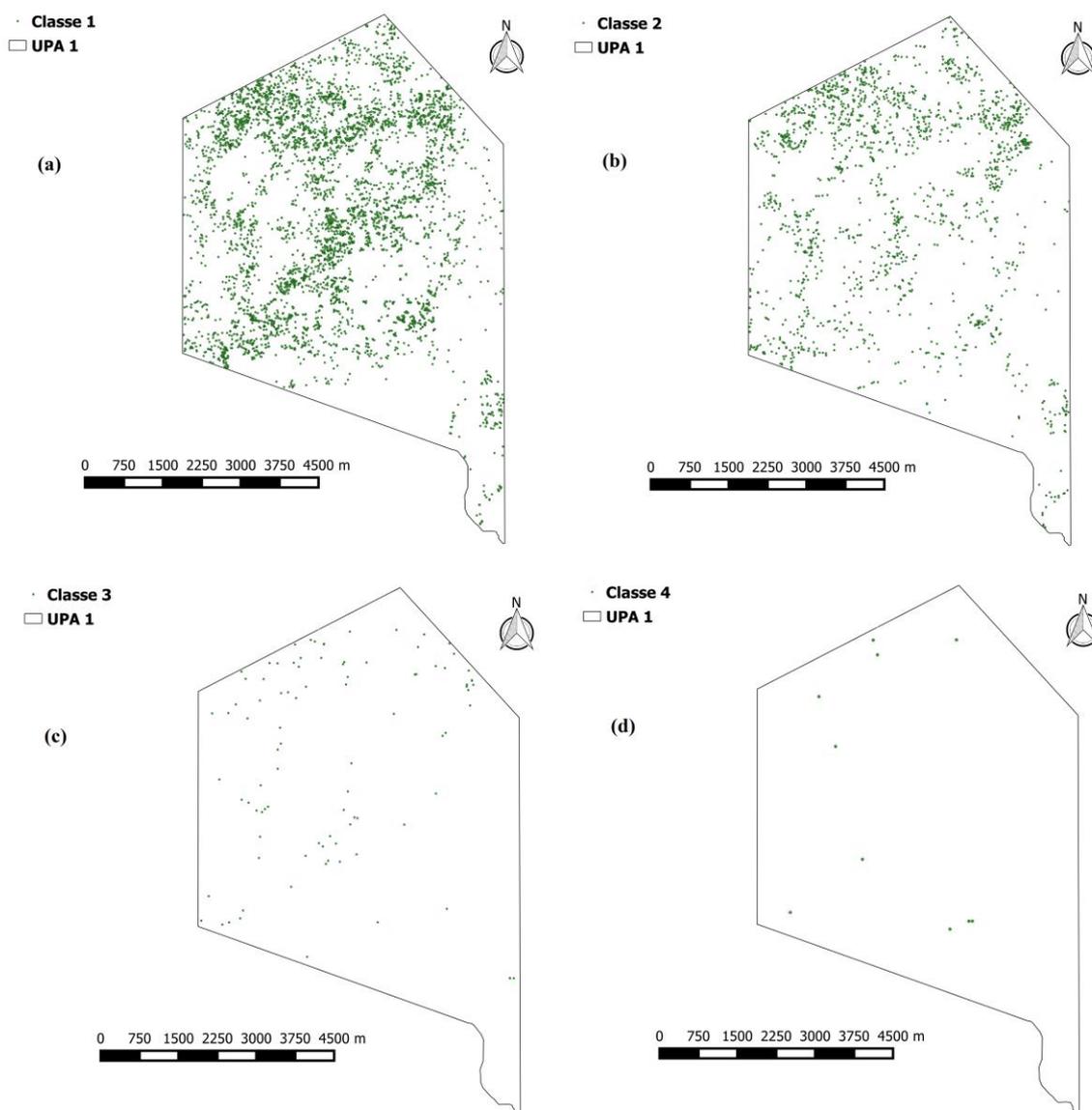


Figura 16: Mapas das árvores em classes de diâmetro de *Tetragastris panamensis* na Floresta Estadual do Paru, Pará: Classe 1 (a), Classe 2 (b), Classe 3 (c) e Classe 4 (d).

Uma grande importância na detecção de padrão espacial para o manejo florestal sustentável está em analisar o efeito do corte na distribuição dos indivíduos após a exploração. Neto (2017) mostrou que houve mudanças perceptíveis no padrão espacial de *Apuleia leiocarpa* (garapeira) ao comparar o resultado da função K antes e depois da exploração, onde houve o aumento de padrão aleatório em curtas distâncias depois do corte. O mesmo autor verificou que a ação do manejo pode reestruturar a população, estimulando a regeneração pela abertura de clareiras.

Diferentes métodos de corte seletivo foram testados utilizando funções estatística por Cunha (2003). O autor observou para algumas espécies, incluindo maçaranduba (*M. huberi*), uma grande diferença no efeito do corte entre dois métodos, mostrando que algumas espécies

podem ser mais sensíveis ao efeito de dispersão espacial e ao tamanho das unidades de produção anual do manejo.

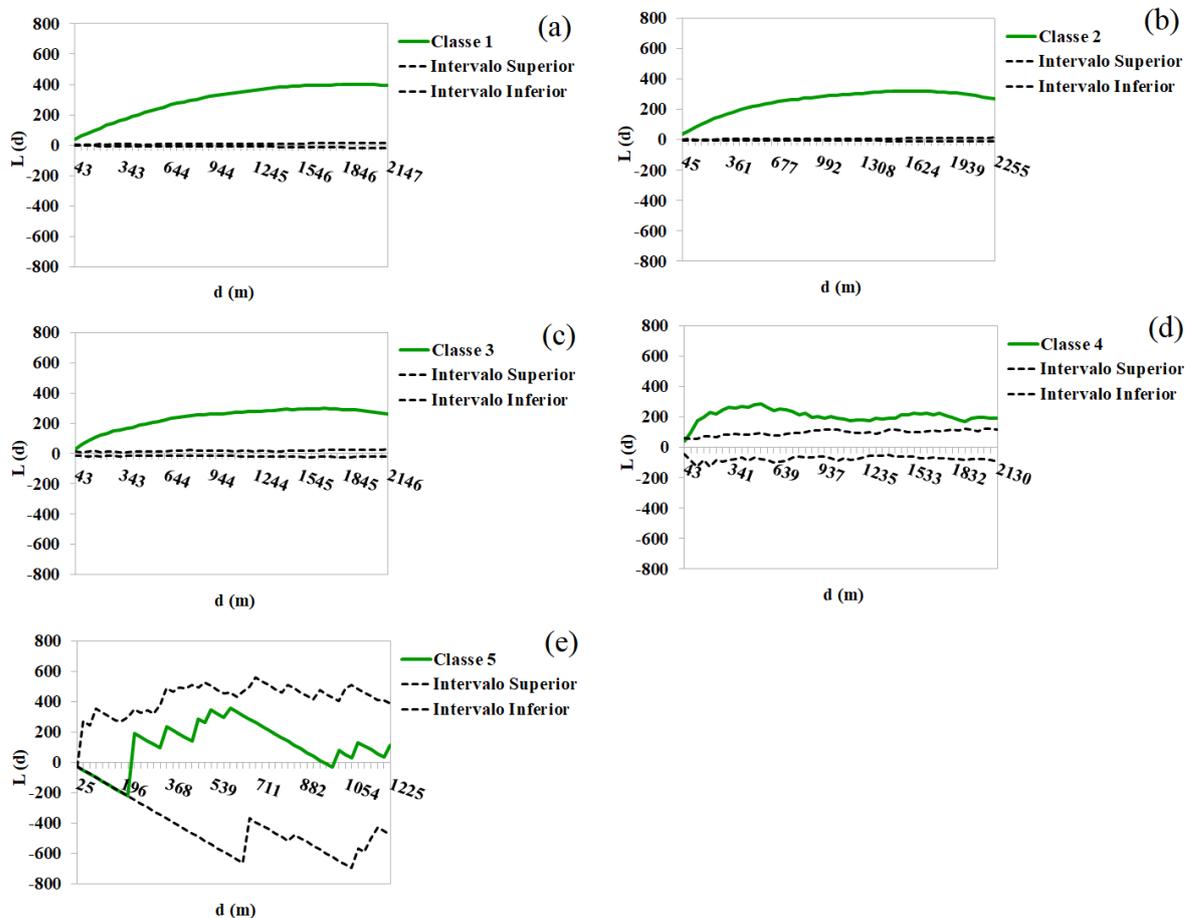


Figura 17: Padrão espacial de *Goupia glabra* (cupiúba) para suas diferentes classes de diâmetro (Classe 1: 40 cm a 60 cm (a); Classe 2: 60 cm a 80 cm (b); Classe 3: 80 cm a 100 cm (c); Classe 4: 100 cm a 120 cm (d); Classe 5: acima de 120 cm (e), com respectivamente 1220, 1631, 525, 93 e 9 indivíduos) na Floresta Estadual do Paru, Pará.

Outra questão importante na análise do padrão das espécies é o auxílio para critério de amostragem em inventários florestais. Podemos citar o trabalho de Silva, M. et al., (2008), que ao determinar o padrão da regeneração e de adultos de *Eremanthus erythropappus* (candeia), inferiram que para garantir a boa representatividade, os procedimentos de amostragem para os indivíduos adultos podem seguir os princípios de aleatorização e para a regeneração a amostragem sistematizada seria a melhor opção, considerando que esses grupos tem padrão espacial distintos no ambiente.

A maioria dos trabalhos não contemplam todos os parâmetros do presente estudo em relação ao tamanho da área amostral, com áreas muito menores e que infere também em diferentes números de indivíduos e em tipos de ambientes analisados. Porém, foi possível encontrar resultados semelhantes. Pode-se dizer que as menores classes de DAP desse estudo foram semelhantes à bibliografia ou seguem o mesmo padrão, apesar de muitos autores terem trabalhado com classes de DAP menores, por exemplo, que incluem a regeneração natural.

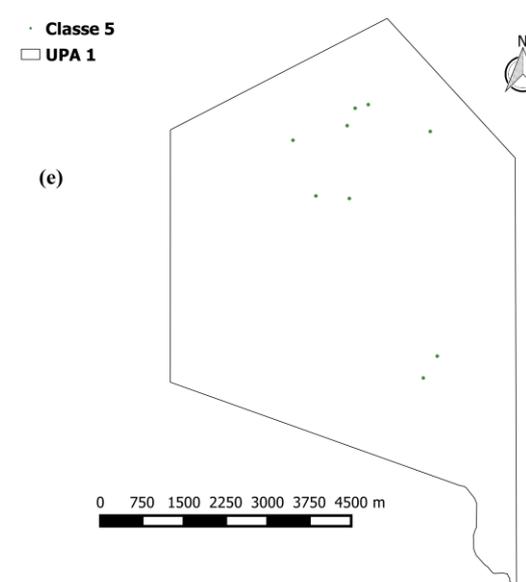
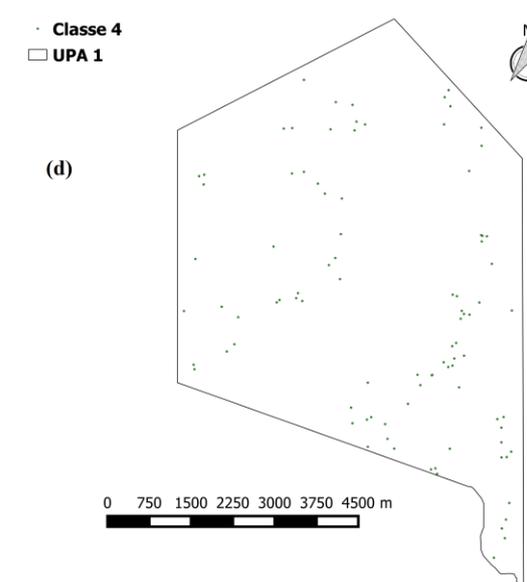
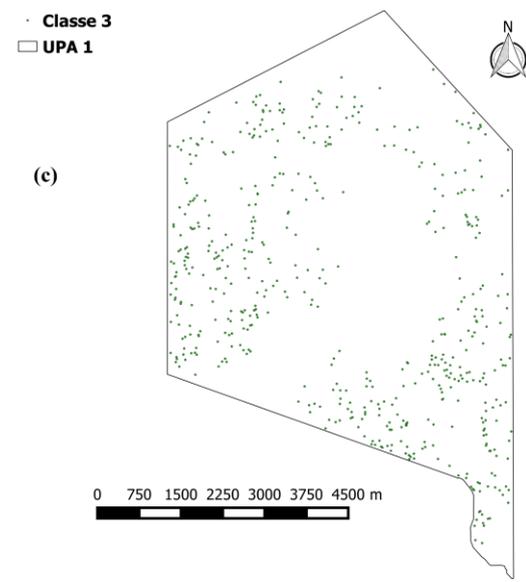
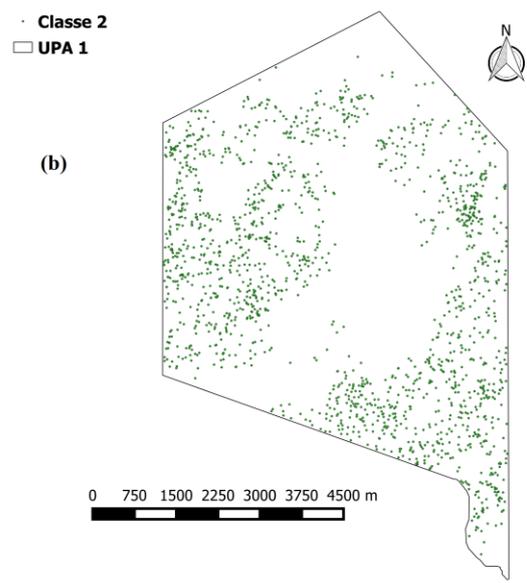
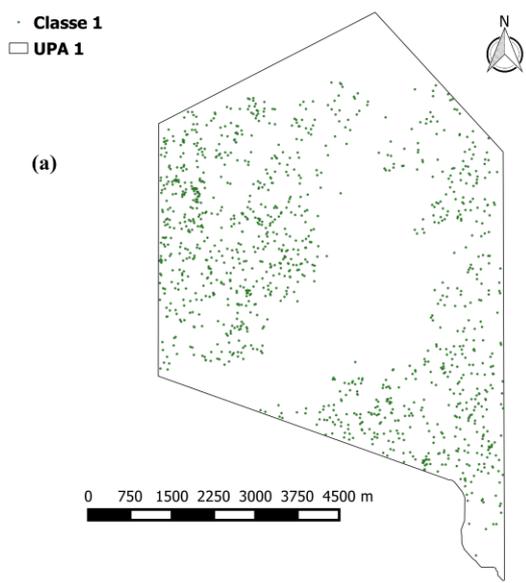


Figura 18: Mapas das árvores em classes de diâmetro de *Goupia glabra* na Floresta Estadual do Paru, Pará: Classe 1 (a), Classe 2 (b), Classe 3 (c), Classe 4 (d) e Classe 5 (e).

5. CONCLUSÃO

O censo florestal realizado na UPA 1 resultou na construção de uma base de dados georreferenciada, de extrema relevância em função da grande extensão territorial inventariada. O uso da função K de Ripley revelou-se como método eficiente para avaliar a distribuição espacial das espécies, fornecendo informações relevantes sobre o nível de agregação/aleatorização das espécies arbóreas selecionadas.

O estudo mostrou o padrão agregado para todas as espécies selecionadas. Ao comparar com os dados de altimetria da área e com as características das espécies, foi possível analisar que a diferença de cota da UPA 1 pode ter influenciado nos diferentes valores de padrão espacial encontrado, assim como a possibilidade da influência dos tipos de dispersores, morfologia dos frutos e de outras características bióticas.

A segmentação dos dados em classes de diâmetro evidenciou que as espécies selecionadas apresentaram, nas primeiras classes, altos valores de agregação em função do incremento da distância. Já na última classe de todas as espécies, obteve-se o padrão aleatório em praticamente todas as distâncias. Esse resultado mostra que árvores menores se organizam em agregados e árvores maiores tendem a aleatoriedade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA JR, E. B.; MEDEIROS, D. P. W.; VICENTE, A.; LIMA, L. F.; LIMA, P. B. Estudo comparativo entre síndromes de dispersão em quatro áreas de Floresta Atlântica sensu lato, Nordeste-Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 498-500, jul. 2007.
- ALMEIDA, S. S.; AMARAL, D. D.; SILVA, A. S. L. Análise florística e estrutura de florestas de várzea no estuário amazônico. **Acta Amazonica**. v. 34, n. 4, p. 513-524, 2004.
- AMARAL, D. D.; JARDIM, M. A.; COSTA NETO, S. V.; BATOS, M. N. C. Síndromes de dispersão de propágulos e a influência da floresta amazônica na composição de espécies lenhosas de uma restinga no litoral norte brasileiro. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 5, n. 3, p. 28-37, 2015.
- ARAÚJO, E. J. G.; DAVID, H. C.; PÉLLICO NETTO, S.; MORAIS, V. A.; SCOLFORO, J. R. S. Padrão espacial de espécies arbóreas em fragmento de floresta estacional semidecidual. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 57, n. 2, p. 166-171, 2014.
- ARAÚJO, H. J. B. Inventário florestal a 100% em pequenas áreas sob manejo florestal madeireiro. **Revista Acta Amazonica**. Manaus, v. 36, n. 4, p. 447-464, 2006.
- BORDON, N. G. **Banco de sementes de uma floresta tropical madura e alterada por down-burst na Amazônia Central**. 2012. 98 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2012.
- BRAZ, E. M.; PASSOS, C.; OLIVEIRA, L. C.; OLIVEIRA, M. V. N. D. **Manejo e exploração sustentável de florestas naturais tropicais: opções, restrições e alternativas**. Colombo: Embrapa Florestas. 2005. p. 42. (Documentos, 110).
- BRAZ, E. M.; SCHNEIDER, P. R.; MATTOS, P. P.; SELLE, G. L.; THAINES, F.; RIBAS, L. A.; VUADEN, E. Taxa de corte sustentável para manejo das florestas tropicais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 137-145, jan.-mar. 2012.
- BRUZINGA, J. S.; OLIVEIRA, M. L. R.; MACHADO, E. L. M.; LEITE, H. G.; PEREIRA, I. M.; NOGUEIRA, G. S. Distribuição espacial de indivíduos adultos de Pequi. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 98, p. 249-256, jun. 2013.
- CAPRETZ, R. L.; BATISTA, J. L. F.; SOTOMAYOR, J. F. M.; CUNHA, C. R.; NICOLETTI, M. F.; RODRIGUES, R. R. Padrão espacial de quatro formações florestais do estado de São Paulo, através da função k de Ripley. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 551-561, jul.-set. 2012.
- CAPRETZ, R. L. **Análise dos padrões espaciais de árvores em quatro formações florestais do estado de São Paulo, através de análises de segunda ordem, como a função k de Ripley**. 2004. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

CARVALHO, A. C. de. **Influência da seleção de variáveis ambientais sobre a modelagem de distribuição de espécies: um estudo de caso para *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A Mori na região amazônica.** 2017. 34 f. Monografia (Graduação em Ecologia) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, 2017.

CASTRO, D. J. L. **Características funcionais de espécies arbóreas de diferentes estádios sucessionais na várzea da Amazônia central.** 2012. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2012.

CONDIT, R.; HUBBELL, S. P.; FOSTER, R. B. Recruitment near conspecific adults and the maintenance of tree and shrub diversity in a neotropical forest. **American Naturalist**, v. 140, n. 2, p. 261-286, 1992.

CRUZ, E. D. Quantitative characteristics of fruits and seeds of *Pouteria pachycarpa* Pires - Sapotaceae. **Rev. bras. sementes**, Pelotas, v. 27, n. 2, p. 159-164, dec. 2005.

CUNHA, U. S. **Análise da estrutura espacial horizontal de uma floresta de terra firme da Amazônia.** 2003. 126 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

D'OLIVEIRA, M. V. N.; BRAZ, E. M. **Manejo florestal em regime de rendimento sustentado aplicado à floresta do campo experimental da EMBRAPA-CPFA/AC.** Rio Branco: Embrapa -CPFA/AC, 1998. p. 45. (Boletim de Pesquisa, 21)

D'OLIVEIRA, M. V. N. Simulação de crescimento, rendimento e corte seletivo para o manejo florestal sustentado em pequenas propriedades no Estado do Acre, na Amazônia Brasileira. In: GONÇALVES, R. C.; OLIVEIRA, L. C. de (Ed.). **Ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável do sudoeste da Amazônia.** Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2009. p. 39-67.

DALMASO, C. A.; INOUE, M. T.; OLIVEIRA, P. C. F. O.; MARCELINO, V. R.; POTTKER, G. S. Análise dos padrões espaciais de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer na Floresta Nacional de Irati (PR). **Revista Ambientia**, v. 8, n. 4, p. 559-570, 2012.

DEMINICIS, B. B., VIEIRA, H. D., ARAÚJO, S. A. C., JARDIM, J. G., PÁDUA, F. T., CHAMBELA, N. A. Dispersão natural de sementes: importância, classificação e sua dinâmica nas pastagens tropicais. **Archivos de zootecnia**, Córdoba (Espanha), v. 58, p. 35-58, 2009.

DINIZ, K. S.; SCUDELLER, V. V. Estrutura fitossociológica de uma floresta de terra firme na Amazônia Central. In: SANTOS-SILVA, E. N.; APRILE, F. M.; SCUDELLER, V. V.; MELO, S. (Orgs.). **Diversidade biológica e sociocultural do baixo rio Negro, Amazônia Central.** Manaus: Editora INPA, 2005. p. 155-167.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI). **How Multi-Distance Spatial Cluster Analysis (Ripley's K-function) works.** Disponível em: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-statistics/h-how-multi-distance-spatial-cluster-analysis-ripl.htm>. Acesso em: 25 jul. 2019.

FIGUEIREDO, S. M. M.; VENTICINQUE, E. M.; FIGUEIREDO, E. O.; FERREIRA, E. J. L. Predição da distribuição de espécies florestais usando variáveis topográficas e de índice de vegetação no leste do Acre, Brasil. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 45, n. 2, p. 167-174, jun. 2015.

FORGET, P. M. Seed removal and seed fate of *Gustavia superba* (Lecythidaceae). **Biotropica**, v. 24, n. 3, p. 408-414, 1992.

GAMA, J. R. V.; BENTES-GAMA, M. M.; SCOLFORO, J. R. S. Manejo sustentado para Floresta de Várzea na Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 719-729, 2005a.

GAMA, J. R. V.; SOUZA, A. L.; MARTINS, S. V.; SOUZA, D. R. Comparação entre florestas de várzea e de terra firme do Estado do Pará. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 607-616, 2005b.

HIGUCHI, P.; SILVA, A. C.; LOUZADA, J. N. C.; MACHADO, E. L. M. Spatial patterns of a tropical tree species growing under an eucalyptus plantation in South-East Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 70, n. 2, p. 271-277, 2010.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J. dos.; RIBEIRO, R. J.; MINETTE, L.; BIOT, Y. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra firme da Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 28, n. 2, p. 153-166, 1998.

HOWE, H. F. Monkey dispersal and waste of a neotropical fruit. **Ecology**, v. 61, n. 4, p. 944-959, 1980.

HOWE, H. F.; SMALLWOOD, J. Ecology of seed dispersal. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 13, p. 201-228, 1982.

HUG AMAZONIA. Trees. Disponível em: <https://www.hugamazonia.com/en/tree/detail/646/barrote>. Acesso em: 20 set. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 274 p.

JORDANO, P. Fruits and frugivory. In: Fenner, M. (Ed.). **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities**. 2 ed., Wallingford (UK): CABI Publ., 2000. p. 125-166. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/230807704_Fruits_and_frugivory. Acesso em: 22 set. 2019.

LEÃO, N. V. M. **Disseminação de sementes e distribuição espacial de espécies arbóreas na floresta nacional do Tapajós, Santarém, PA**. 1990. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

LIMA, J. A. S.; GAZEL FILHO, A. B.; MENEGUELLI, N. A. **Padrões de distribuição espacial, características ecológicas e siculturais de breu branco (*Tetragastris panamensis* (Engl.) O. Ktze.), breu preto (*Protium* sp.) e breu sucuruba (*Trattinickia rhoifolia* Willd.) em uma floresta primária de terra firme do Amapá**. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2001. p. 1-4. (Circular Técnica, 08)

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 373 p.

MADEIREIRA SÃO PAULO (MSP). **Árvores Brasileiras (Goiabão)**. Disponível em: <http://www.madsaopaulo.com.br/goiabao/>. Acesso em: 20 set. 2019.

MARINHO, T. A. S. **Estabelecimento e distribuição de espécies arbóreas em florestas de várzea na Amazônia Central**. 2015. 78 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2015.

MARRA, D. M. Distância da planta-mãe e estabelecimento de plântulas de *Scleronema micranthum* (MALVACEAE) em uma floresta de terra firme na Amazônia Central. In: **EFA (Ecologia da Floresta Amazônica)**. Manaus: INPA, 2008. p. 1-10.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Biomás (Amazônia)**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/biomas/amaz%C3%B4nia>. Acesso em: 20 ago. 2019.

NEGRINI, M.; AGUIAR, M. D.; VIEIRA, C. T.; SILVA, A. C.; HIGUCHI, P. 2012. Dispersão, distribuição espacial e estratificação vertical da comunidade arbórea em um fragmento florestal no Planalto Catarinense. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 919-930, set.-oct. 2012.

NETO, V. C. D. **Regeneração natural de *apuleia leiocarpa* (vogel) J.F. Macbr. em floresta manejada no estado do Acre**. 2017. 55 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2017.

PEREIRA, A. A.; PELLICO NETTO, S.; CARVALHO, L. M. T. Análise da distribuição espacial de Jequitibá Rosa em uma floresta estacional sub-montana. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v. 4, n. 66, p. 21-34, abr.-jun. 2006.

PERES, M. K. **Estratégias de dispersão de sementes no Bioma Cerrado: considerações ecológicas e filogenéticas**. 2016. 360 f. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade de Brasília. Brasília, 2016.

POTTKER, G. S.; OLIVEIRA FILHO, P. C.; FIGUEIREDO FILHO, A.; DALMASO, C. A. Padrão espacial de espécies florestais: Estudo de caso com *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1097-1106, dez. 2016.

PROCÓPIO, L. C.; GAYOT, M.; SIST, P.; FERRAZ, I. D. K. As espécies de tauari (Lecythidaceae) em florestas de terra firme da Amazônia: padrões de distribuição geográfica, abundâncias e implicações para a conservação. **Acta Botanica Brasilica**. Feira de Santana, v. 24, n. 4, p.883–897, 2010.

ROOSMALEN, M. G. M.; GARCIA, O. M. C. G. Fruits of the Amazonian forest. Part II: Sapotaceae. **Acta Amazonica**, v. 30, n. 2, p. 187-290, 2000.

SANTOS, A. P.; RODRIGUES, D. D.; SANTOS, N. T.; GRIPP JUNIOR, J. Avaliação da acurácia posicional em dados espaciais utilizando técnicas de estatística espacial: proposta de método e exemplo utilizando a norma brasileira. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 22, n. 4, p. 630-650, 2016.

SARAVY, F. P.; FREITAS, P. J.; LAGE, M. A.; LEITE, S. J.; BRAGA, L. F.; SOUSA, M. P. Síndrome de dispersão em estratos arbóreos em um fragmento de floresta ombrófila aberta e densa em Alta Floresta, MT. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 2, n. 1, p. 1-12, 2003.

SCOLES, R. Do Rio Madeira ao Rio Trombetas, novas evidências ecológicas e históricas da origem antrópica dos castanhais amazônicos. **Novos Cadernos NAEA**, v. 14, n. 2, abr. 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/549>. Acesso em: 16 nov. 2019.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE (SEMA). **Plano de Manejo da Floresta Estadual do Paru**. Belém: SEMA- Imazon, 2010.

SILVA, A. R. **Composição, estrutura horizontal e espacial de 16 ha de floresta densa de terra-firme no estado do Amazonas**. 2015. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.

SILVA, J. N. M. **Manejo Florestal**. 2. ed. Brasília: Embrapa-SPI, 1996. 46 p.

SILVA, K. E.; MARTINS, S. V.; SANTOS, N. T.; RIBEIRO, C. A. A. S. Padrões espaciais de espécies arbóreas tropicais. In: MARTINS, S. V. (Ed.). **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. Viçosa: UFV, 2009. p. 217-244.

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

STEFANELLO, D.; IVANAUSKAS, N. M.; MARTINS, S. V.; SILVA, E.; KUNZ, S. H. Síndromes de dispersão de diásporos das espécies de trechos de vegetação ciliar do rio das Pacas, Querência, MT. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 2, p. 141-150, 2010.

VIANA, J. B. **Distribuição espacial de espécies madeireiras de interesse comercial manejadas na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá no Médio Solimões, Amazônia Central**. 2013. 116 f. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2013.

WATZLAWICK, L. F.; SANQUETTA, C. R.; KIRCHNER, F. F. GPS: Ferramenta de apoio na realização de inventário florestal. **Floresta**, v. 32, n. 1, p. 135-141, 2002.

WENNY, D. G. Seed dispersal, seed predation, and seedling recruitment of a neotropical montane tree. **Ecological Monographs**, v. 70, n. 2, p. 331-351, 2000.