



Sample intensity in ombrophilous open forest at Verde Para Sempre Extractive Reserve, Porto de Moz, PA

Intensidade amostral em Floresta Ombrófila Aberta na Resex Verde Para Sempre, Porto de Moz, PA

Fabio Miranda Leão^{1*}, Luiz Fernandes Silva Dionisio², Loirena do Carmo Moura Sousa³, Marlon Costa de Menezes⁴, Marcelo Henrique Silva de Oliveira⁵, Raphael Lobato Prado Neves⁶

Abstract: Determining the ideal sampling intensity is important to guarantee data closer to reality with less cost and time in the forest inventory. The objective of this paper was to evaluate the influence of different sample intensities to estimate the floristic composition, species diversity and the timber volume, beyond compare the results with their respective parameters obtained in the census of an ombrophilous open forest area in Verde Para Sempre Extractive Reserve. Was simulated a random sampling with sampling units of 1 ha and several sample intensities: 5%, 10%, 15% and 20% in an area of 200 ha that it was submitted to a forest census. It was evaluated the phytosociological parameters such as structure and diversity, and the estimated errors in the sampling intensities for the volume. The forest has a structure with high diversity and species of high economic value, indicating the existence of an aptitude for sustainable forest management. The treatment with 5% and 10% sample intensity were not enough to contemplate all the species in the area and estimate the volume inside to the required accuracy limit, maximum of 10% sampling error. The treatments of 15% and 20% resembled the parametric value regarding floristic composition, species diversity and volumetry of the forest census of the area, showing no significant difference between them. The analysis of the phytosociological structure showed the importance of using sample inventories to evaluate the economic potential of an area and its suitability for forest management.

Key words: Amazon. Random sampling. Forest census. Accuracy. Forest Inventory.

Resumo: Determinar a intensidade amostral ideal é importante para garantir dados mais próximos da realidade com menor custo e tempo na realização do inventário florestal. Assim, objetivou-se avaliar a influência de diferentes intensidades amostrais para estimar a composição florística, a diversidade de espécies e o volume de madeira, bem como comparar esses resultados com seus respectivos parâmetros obtidos pelo censo de uma área de Floresta Ombrófila Aberta na Resex Verde Para Sempre. Foi simulada uma amostragem aleatória, com unidades amostrais de 1 ha e diversas intensidades amostrais: 5, 10, 15 e 20% em uma área de 200 ha, que foi submetida a um censo florestal. Foram avaliados os parâmetros fitossociológicos, como estrutura e diversidade, e os erros estimados pelas intensidades amostrais para o volume. A floresta apresenta uma estrutura com alta diversidade e espécies de alto valor econômico, indicando aptidão ao manejo florestal sustentável. Os tratamentos 5 e 10% de intensidade amostral não foram suficientes para contemplar todas as espécies existentes na área e estimar o volume dentro do limite de precisão exigido, o máximo de 10% de erro amostral. Os tratamentos de 15 e 20% se assemelharam ao valor paramétrico no que tange a composição florística, a diversidade de espécies e volumetria do censo florestal da área, não apresentando diferença significativa entre eles. A análise da estrutura fitossociológica mostrou a importância de se utilizar inventários amostrais para se avaliar o potencial econômico de uma área e sua aptidão ao manejo florestal.

Palavras-chave: Amazônia. Amostragem aleatória. Censo florestal. Exatidão. Inventário florestal.

*Corresponding author

Sent for publication in 08/08/2017 and approved in 19/10/2017

¹Professor MSc., Universidade Federal do Pará - UFPA, Rua Coronel José Porfírio 2515, Bairro: São Sebastião, Cep: 68372-040, Altamira-Pará, fabioleao@ufpa.br

²Doutorando do Programa de Pós-graduação em ciências florestais, Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, fernandesluiz03@gmail.com

³Graduanda do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Pará - UFPA, gabriella.florestal@gmail.com

⁴Professor MSc., Universidade Federal do Pará - UFPA, marlon@ufpa.br

⁵Biólogo, mestrando do Programa de Pós-graduação em ciências florestais, Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, bio.marceloh@gmail.com

⁶Doutorando do Programa de Pós-graduação em ciências florestais, Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, pradu_@hotmail.com

INTRODUCTION

Sustainable forest management seeks to reduce exploitation impacts and ensure sustainability of forest production through harvest planning and forest monitoring (DIONISIO *et al.*, 2016; DIONISIO *et al.*, 2017b). Differences in socioeconomic contexts in which forest management may be practiced mean assumptions cannot be extrapolated from other areas, making it important to obtain information on sustainable wood production from those areas where such aspects have been little studied (CONDÉ; TONINI, 2013).

To manage native forest species, it is necessary to know both the characteristics of the tree species and their dynamics over time (DIONISIO *et al.*, 2017a). Knowledge of species ecology, forest structure and composition, plus the availability of workplace resources determine the viability and sustainability of forest management in an area, and can serve as a basis for both improving the methods to be applied and reducing outlays (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

Sampling for a forest inventory forms a basic step in the forest management process where forest composition and its potential for management are evaluated, and information on diversity, floristic composition species distribution patterns are sought, and harvest intensity capacity evaluated (ARAÚJO, 2006; FRANCEZ *et al.*, 2007).

To obtain the population parameters of a forest, it is generally considered necessary to measure all individuals. However, this is generally impractical due to the time required and the high cost. Consequently, making parameter estimates, using a population sub-sample, becomes a necessary option (UBIALLI *et al.*, 2009).

An environmental law (Norma de Execução nº 01 de 24 de abril de 2007), promulgated by Brazil's National Environmental Service (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA), made it obligatory to carry out sample-based forest inventories for management plans in the Brazilian Amazon. This gave standards for an inventory, so that it should include: average per hectare abundance, basal area and volume of commercial species (based on the minimum commercial diameter, DBH > 50 cm), with a minimum precision of 10% and a 95% probability that sample does not exceed the sample error limit (10%). However, such a format is burdensome for traditional communities due to the high cost of implementing such a forest inventory format.

Sampling intensity varies according to the total area of an inventoried forest, and the larger the forest area, the greater the sample intensity. Estimation of adequate sampling intensity in forest inventories is based on the parameter *greatest importance*, when the set of all species is considered. In most forest inventories this is based on volume per hectare, and aims to have a maximum sampling error of 10% (AUGUSTYNCZIK *et al.*, 2013).

INTRODUÇÃO

O manejo florestal sustentável busca reduzir os impactos da exploração e assegurar a sustentabilidade da produção florestal por meio do planejamento da colheita e do monitoramento da floresta (DIONISIO *et al.*, 2016; DIONISIO *et al.*, 2017b). As diferenças no contexto socioeconômico em que o manejo florestal é praticado tornam de grande importância a geração de informações em áreas ainda pouco estudadas para a produção de madeira de forma sustentável (CONDÉ; TONINI, 2013).

Para manejar espécies florestais nativas, é necessário conhecer tanto as características quanto a dinâmica das árvores ao longo do tempo (DIONISIO *et al.*, 2017a). Assim, o conhecimento da ecologia das espécies, composição florística, estrutura florestal e disponibilidade de recursos no local de trabalho, são determinantes na viabilidade e sustentabilidade do manejo florestal, servindo como base para aprimorar os métodos a serem aplicados e gastos exigidos (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

O inventário florestal por amostragem é uma etapa básica para o manejo florestal em que é avaliada a composição da floresta e a sua potencialidade para o manejo, buscando informações de diversidade e composição florística, bem como o padrão de distribuição das espécies, e intensidades de colheita (ARAÚJO, 2006; FRANCEZ *et al.*, 2007).

Para a obtenção dos parâmetros populacionais de uma floresta é necessária a medição de todos os indivíduos, o que é inviável na maioria das vezes devido ao tempo necessário e ao alto custo. Dessa forma, realizar estimativas dos parâmetros, utilizando-se de uma amostra da população, é uma opção necessária (UBIALLI *et al.*, 2009).

A Norma de Execução nº 01 de 24 de abril de 2007, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), estabeleceu a obrigatoriedade da execução de inventários florestais por amostragem em planos de manejo na Amazônia brasileira. Essa norma estabelece que o inventário deva apresentar média para abundância por hectare, área basal e volume das espécies comerciais, a partir do diâmetro mínimo comercial ($DMC \geq 50$ cm), com precisão mínima de 10% e com 95% de probabilidade de que a média estimada não ultrapasse o limite do erro amostral (10%). Porém, essa atividade é onerosa para comunidades tradicionais pelo alto custo de implantação dos inventários florestais amostrais.

A intensidade amostral varia de acordo com a área total da floresta inventariada, sendo que quanto maior as áreas de floresta, maior será a intensidade amostral. A estimativa da suficiência amostral em inventários florestais é feita para o parâmetro de maior importância, englobando o conjunto de todas as espécies, normalmente o volume por hectare, visando atingir erro amostral de no máximo 10%, na maioria dos inventários florestais (AUGUSTYNCZIK *et al.*, 2013).

Under such circumstances it is importante to establish the required level of sampling effort. The objective of this study was to evaluate the accuracy of different sample intensities in estimating floristic composition, species diversity and commercial volume in an Open Ombrophylous Forest in the Resex Verde Para Sempre, Porto de Moz, Pará, Brazil.

MATERIAL AND METHODS

The study was carried out in the Forest Management Area (FMA) of the Nossa Senhora do Perpétuo Socorro community, also known as the Arimum Community, in the Verde para Sempre Extractivist Reserve (RESEX), Porto de Moz, Pará, Brazil (02°03'06.7''S 52°22'28.8''W: Figure 1).

The community manages a 4,233.44 ha forest management area (FMA) divided into 21 Annual Production Units (APUs) of 200 ha each. The area is Open Ombrophylous Forest, with a predominance of vine-rich terra firme, and consists of large, isolated, trees covered in woody creepers, and with clearings also dominated by vines. Regional climate is warm and humid (Köppen classification Am, subtype Am3).

Então, como saber até que ponto é justificável aumentar o esforço amostral? Diante do exposto, objetivou-se com este estudo avaliar a precisão de diferentes intensidades amostrais para estimar a composição florística, a diversidade de espécies e o volume comercial, em uma Floresta Ombrófila Aberta na Resex Verde Para Sempre, Porto de Moz, PA.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Área de Manejo Florestal (AMF) da comunidade Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, sendo mais conhecida por Comunidade Arimum, da Reserva Extrativista (RESEX) Verde para Sempre, Porto de Moz/PA, localizada nas coordenadas geográficas 02°03'06,7''S e 52°22'28,8''W (Figura 1).

A comunidade gerencia uma área de manejo florestal (AMF) de 4.233,44 ha, divididas em 21 Unidades de Produção Anual (UPA) de 200 ha cada. A tipologia florestal é Floresta Ombrófila Aberta, com predominância de cipós, de terra firme, fitofisionomia com árvores isoladas e de porte elevado envolvida por trepadeiras lenhosas, com formação de clareiras ocupadas por cipós. O clima da região é quente e úmido, com classificação climática Am, segundo a classificação de Köppen, e subtipo Am3, que pertence ao domínio de clima tropical.

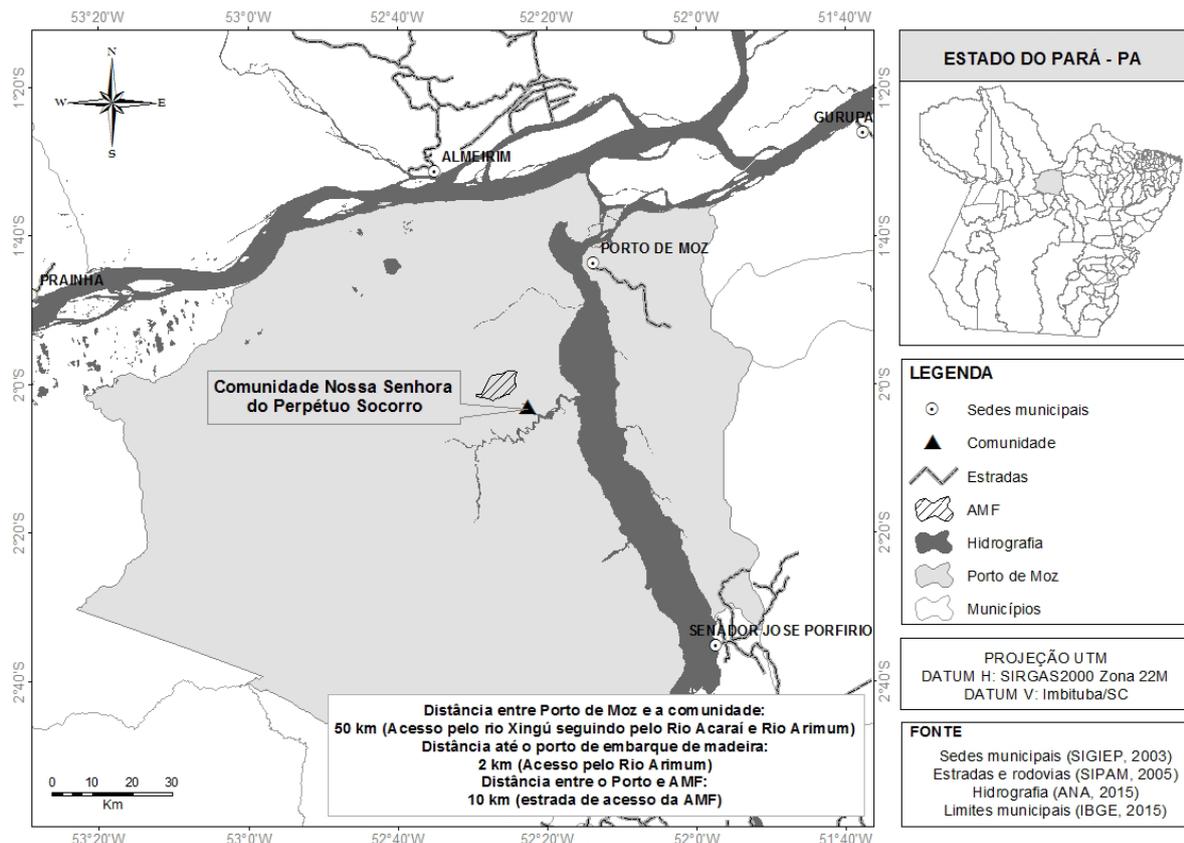


Figure 1 - Arimum community location map, Verde para Sempre extractive reserve, Porto de Moz -PA. Source: author.

Figura 1 – Mapa de localização da comunidade Arimum, RESEX Verde para Sempre, Porto de Moz -PA. Fonte: autor.

Soils in the Arimum Community area are dominated by Yellow Latosols (GALLO; OLIVEIRA JUNIOR, 2010). According to Salomão *et al.* (2007), the open forests of the region grow on soils with low to medium water retention. As a result, they are strongly deciduous by Amazon Rainforest standards (around 10%), denoting a certain degree of seasonality.

For the forest census, or 100% inventory, parallel trails, 50 m apart, were opened in a polygon of 1000 x 2000 m, dividing the APU into two Work Units (WU) of 100 ha each. All trees with DBH \geq 30 cm were recorded. Orientation stakes were placed every 25 m on the trails trail, each with a tag giving meterage, track number and WU. Individual trees were identified to species level, and the following variables measured: diameter (diametric tape), commercial height (Haglof hypsometer) and x and y coordinates.

Collected botanical material was identified using specialized literature, with any for which there were uncertainty being identified by specialists via comparisons with material in the IAN Herbarium, Belém, Pará. Botanical nomenclature updates were accessed by consulting data from the Missouri Botanical Garden (MOBOT, 2011). Species taxonomy followed the *Angiosperm Phylogeny Group* (APG III 2009).

The selected startum was sampled using the Fixed Area Method, using a randomized approach within plots of 50 x 200 m (1 ha). Study sample plots were drawn from twenty sample units located in each 100 ha WU. To carry out the simulations, the following sample intensities were considered: 5, 10, 15 and 20% of the total community area, and the relative sampling error (E_r) of each sampling form was then estimated.

Species diversity was estimated, as suggested by Magurran (1988), using the Shannon-Weaver index (H'), and equitability was analyzed using formula suggested by Pielou (J), which considers the uniformity of the distribution of individuals between existing species, calculated according to equations 1 and 2, respectively.

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i, p_i = \frac{n_i}{N} \dots \dots \dots \text{(Eq. 1)}$$

$$J = H' / H' \max \dots \dots \dots \text{(Eq. 2)}$$

Where: n_i is the number of trees of species i ; N is the total number of tree; $H' \max$ is the maximum possible diversity, obtained with $H' \max = \log S$, where S is the total number o species sampled.

Na área da Comunidade Arimum há predominância de Latossolos Amarelos (GALLO; OLIVEIRA JUNIOR, 2010). Segundo Salomão *et al.* (2007), as florestas abertas da região crescem sobre solos com pouca a média retenção hídrica, o que produz considerável caducifolia para os padrões de Florestas Ombrófilas amazônicas (em torno de 10%), denotando certo grau de sazonalidade.

Para a realização do censo florestal, ou inventário a 100%, foram abertas picadas paralelas, distantes 50 m entre si, em polígono de 1000 x 2000 m, dividindo a Unidade de Produção Anual (UPA) em duas Unidades de Trabalho (UT) de 100 ha. Foram registradas as árvores com DAP \geq 30 cm. Na picada de orientação foram fincadas estacas a cada 25 m, nas quais foram afixadas placas com a metragem respectiva, o número da faixa e o da unidade de trabalho (UT). Os indivíduos foram identificados ao nível de espécie, tendo mensuradas as seguintes variáveis: diâmetro (fita diamétrica), altura comercial (Hipsômetro de Haglof) e coordenadas x e y.

O material botânico coletado foi identificado a partir da literatura especializada, e aquelas que geraram dúvidas tiveram sua determinação taxonômica feita por especialistas por meio de comparações no herbário IAN, Belém, Pará. As conferências e atualizações da nomenclatura botânica foram realizadas mediante consulta ao banco de dados do Missouri Botanical Garden (MOBOT, 2011). As espécies foram classificadas pelo sistema proposto pelo *Angiosperm Phylogeny Group* (APG III 2009).

O método para amostragem do estrato arbóreo selecionado foi o de área fixa, sendo adotado como processo de amostragem o inteiramente aleatório, com parcelas de 50 x 200 m (1 ha). As unidades de amostra foram alocadas por meio de simulação em cada unidade de trabalho de 100 ha, 20 parcelas por UT, a partir das quais foram sorteadas as parcelas que comporiam as intensidades amostrais estudadas. Para a realização das simulações, foram consideradas as seguintes intensidades amostrais: 5, 10, 15 e 20% do total da área da comunidade, sendo estimado o erro de amostragem relativo (E_r) de cada intensidade analisada.

A diversidade de espécies foi estimada, conforme sugerido por Magurran (1988), utilizando o índice de Shannon-Weaver (H'), e a equabilidade foi analisada por meio da fórmula sugerida por Pielou (J), que permite representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes, calculado de acordo com as equações 1 e 2, respectivamente.

Em que: n_i é o número de árvores da espécie i ; N é o número total de árvores; $H' \max$ é a diversidade máxima possível, obtida por $H' \max = \log S$, onde S é o número total de espécies amostradas.

RESULTS AND DISCUSSION

The total floristic survey of the forest census recorded 8,872 individual trees belonging to 151 species, in 101 genera and 33 families. At 5% of sampling intensity, 580 individuals were estimated to be distributed among 83 species; at 10%, 1,096 individuals from 93 species were estimated; at 15%, 1,595 individuals from 103 species were estimated, and at 20%, the estimate gave 2,082 individuals and 107 species.

Fabaceae was the family with the greatest species richness (thirty five species), followed by Sapotaceae (sixteen), Lauraceae (twelve), Lecythidaceae (nine) and Apocynaceae (seven species). The five families mentioned above accounted for 52.3% of the species in the area. The genera with the highest number of species were: *Ocotea*, *Pouteria*, *Inga*, *Brosimum* and *Vochysia* with four species each; and *Dipteyx*, *Entorolobium*, *Lecythis* and *Licania* with three each. According to Almeida *et al.* (2012), these genera are common in Amazonian terra firme forests.

The floristic composition increased in direct proportion to the increase of the sample intensity, revealing an tree community rich at the family, genus and species levels. Compositionally, the results were similar to those from other areas in Pará State, where the Fabaceae family is generally the most important family, in terms of species richness and such measures as IVI (SALOMÃO *et al.*, 2007; ALVES; MIRANDA, 2008; GONÇALVES; SANTOS, 2008). The same result has been reported by Pinheiro *et al.* (2007), Pereira *et al.* (2011) and Lima *et al.* (2012) for other parts of Amazônia.

Sub-samples with 5 and 20% intensity both had 8 of the 10 most important species. These species were also important in the total forest census, but the ranking order was different. One, *Dinizia excelsa* Ducke, despite having low density (RD), is one of the most important species in the area due to its high relative dominance rate (RDo).

The species *Pouteria bilocularis* (H.K.A.Winkl.) (abiurana), *Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev. (maçaranduba), *Nectandra cuspidata* (Nees & Mart.) (louro preto), *Sclerobium paniculatum* (Vogel) (tachi) and *Trattinnickia burserifolia* (Mart.) (breu sucuruba) were among the most important species in all sampling formats. However, from 15% of sub-samples sample onwards, species of commercial value, such as *M. huberi*, *D. excelsa*, *Dipteyx odorata* and *Vouacapoua americana*, ranked highly among the most important species, so demonstrating the great economic potential of the study area (Figure 2).

Sample-intensity linked variation in ranking of species with high IVI values shows how the real economic value of the forest can be potentially masked, and so may negatively influence decision-making processes linked to forest exploitation.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No levantamento florístico do censo florestal (100%) foram encontrados 8.872 indivíduos pertencentes a 151 espécies, distribuídas em 101 gêneros e 33 famílias. À 5% de intensidade amostral, foram estimados 580 indivíduos distribuídos em 83 espécies. À 10%, foram estimados 1.096 indivíduos de 93 espécies. À 15%, foram estimados 1.595 indivíduos de 103 espécies, e à 20%, a estimativa resultou em 2.082 indivíduos e 107 espécies.

A família com maior riqueza de espécies foi a Fabaceae com trinta e cinco espécies, seguida por Sapotaceae com dezesseis, Lauraceae com doze, Lecythidaceae com nove e Apocynaceae com sete espécies cada. As cinco famílias supracitadas representaram 52,3% das espécies existentes na área. Os gêneros com maior número de espécies foram: *Ocotea*, *Pouteria*, *Inga*, *Brosimum* e *Vochysia* com quatro espécies cada; e *Dipteyx*, *Entorolobium*, *Lecythis* e *Licania* com três cada. Segundo Almeida *et al.* (2012), esses gêneros são bastante comuns nas florestas de terra firme na Amazônia.

A composição florística mostrou-se diretamente proporcional ao aumento da intensidade amostral, revelando uma vegetação arbórea rica em número de família, gênero e espécie, semelhantes a outros trabalhos desenvolvidos na Amazônia, onde também destacaram a família Fabaceae como mais importante, tanto em termos de riqueza de espécies como de IVI (SALOMÃO *et al.*, 2007; ALVES; MIRANDA, 2008; GONÇALVES; SANTOS, 2008) no estado do Pará. O mesmo resultado foi encontrado por Pinheiro *et al.* (2007), Pereira *et al.* (2011) e Lima *et al.* (2012) para outras partes da Amazônia.

Os tratamentos de 15 e 20% de intensidade amostral apresentaram 8 espécies, ranqueadas entre as dez mais importantes. Essas espécies também se encontram no ranque do censo florestal, porém a ordem de classificação é diferente. A espécie *Dinizia excelsa* Ducke, apesar de ter baixa densidade (DR), é uma das espécies mais importantes da área por sua alta taxa de dominância relativa (DoR).

As espécies *Pouteria bilocularis* (H.K.A.Winkl.) (abiurana), *Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev. (maçaranduba), *Nectandra cuspidata* (Nees & Mart.) (louro preto), *Sclerobium paniculatum* (Vogel) (tachi) e *Trattinnickia burserifolia* (Mart.) (breu sucuruba) permaneceram entre as mais importantes em todas as intensidades amostrais. No entanto, as espécies de valor comercial, como a *M. huberi*, *D. excelsa*, *Dipteyx odorata* e *Vouacapoua americana*, a partir de 15% de amostragem, mostraram-se muito bem ranqueadas entre as espécies mais importantes, demonstrando, assim, o grande potencial econômico da área estudada (Figura 2).

A variação das espécies com maior IVI em função de intensidades amostrais insuficientes mascaram o real valor econômico da floresta, podendo influenciar de forma negativa na tomada de decisão acerca da sua exploração.

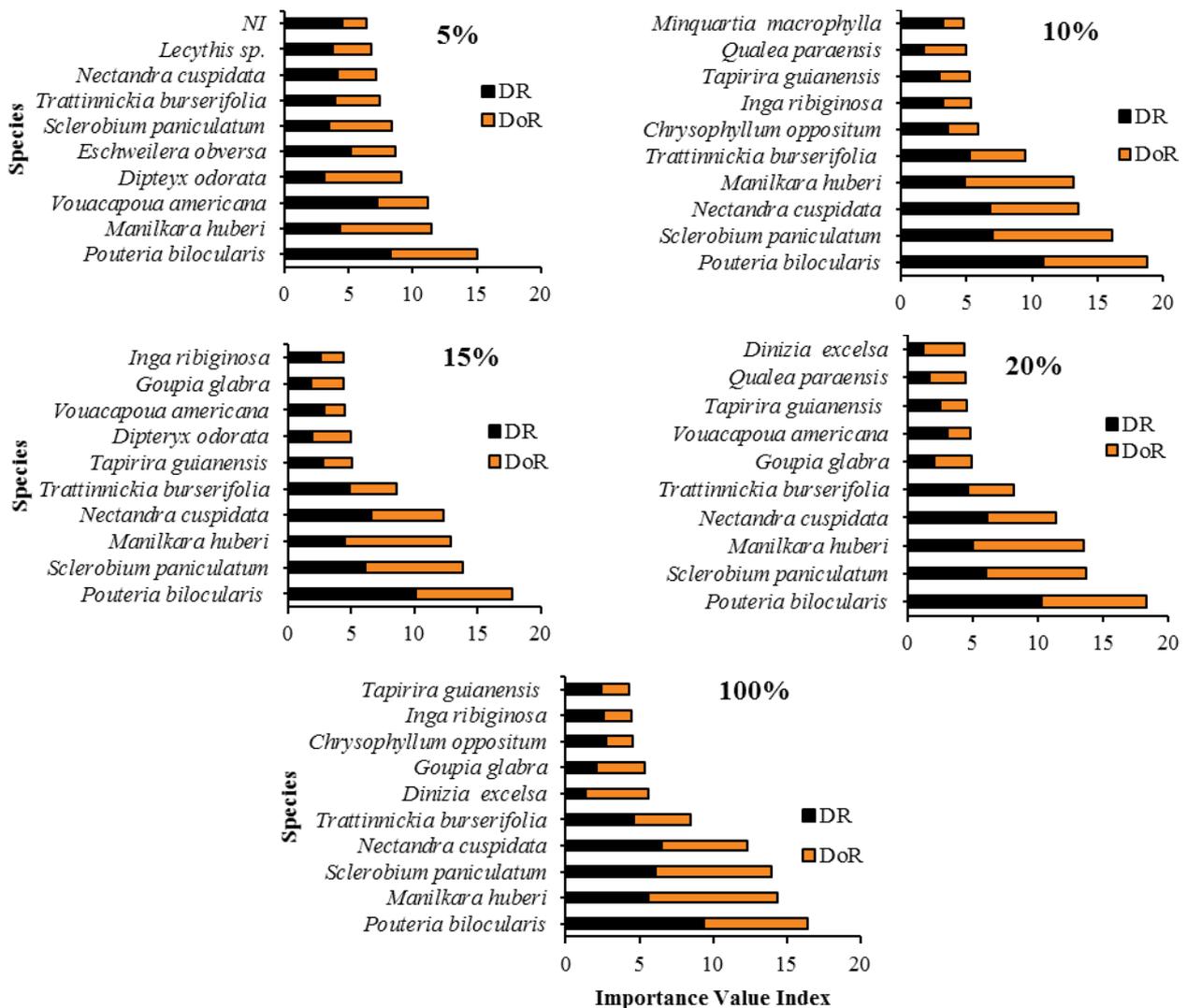


Figure 2 - Highest Importance Value Index species (IVI) as a function of density (DR) and relative dominance (DoR), evaluated by the sample intensities and forest census.

Figura 2 - Espécies com maior Índice de Valor de Importância (IVI) em função da densidade (DR) e dominância relativa (DoR), avaliadas pelas intensidades amostrais e censo florestal.

Additionally, 242 (2.72%) of the 8,872 trees recorded were unidentified (NI). This proportion is similar to that reported by Araújo (2006). It should be noted that even knowledgeable local inhabitants, with great experience of regional forests, were not able to identify 100% of the species. This not only indicates the difficulties of identifying the Amazonian tree flora, but also key role of collecting botanical samples for later herbarium verification, and subsequent scientific analysis of the local flora.

There was no significant difference in the Shannon diversity index (H') at the different sampling intensities, with values of 3.82; 3.79; 3.88 and 3.89 for 5, 10, 15 and 20%, respectively (Chi-square, $p = 0.72$). Likewise, equitability showed little variation between treatments, with values 0.83, 0.84, 0.84 and 0.86 for the intensities 5, 10, 15 and 20%, respectively, indicating that the recorded individuals have a homogeneous distribution within the study area.

Cabe ressaltar que 242 (2,72%) das 8.872 árvores ocorrentes não tiveram qualquer reconhecimento em campo, sendo consideradas “não identificadas” (NI). Essa informação é semelhante à encontrada por Araújo (2006), em que mesmo mateiros experientes, com grande vivência em áreas de florestas naturais, não foram capazes de identificar 100% das espécies, demonstrando que não é simples a tarefa de identificar árvores, mesmo as de porte elevado, sendo fundamental o papel da coleta de amostras botânicas para posterior verificação em herbários, validando assim o conhecimento científico da flora local.

O índice de diversidade de Shannon (H') não apresentou diferença significativa nas diferentes intensidades de amostragem, com valores de 3,82; 3,79; 3,88 e 3,89 para 5, 10, 15 e 20%, respectivamente (Qui-quadrado, $p=0,72$). A equitabilidade também não obteve alta variação entre os tratamentos, apresentando os valores 0,83, 0,84, 0,84 e 0,86, 5, 10, 15 e 20%, respectivamente, mostrando distribuição homogênea dos indivíduos dentro das espécies encontradas.

Diversity, in all analyzed sample intensities, is within the expected regional levels for Open Ombrophilous Forests, and are similar to those obtained by Salomão *et al.* (2007) which, using the same diameter limits as the current study, recorded Shannon Index values of 3.66 for another Open Ombrophilous Forest in the municipality of Anapú, 3.34 for one in the Altamira region and 3.86 for a site at Vitória do Xingu, all in Pará State. Equitability values also agree with expected patterns, with Shannon diversity values close to those expected for the number of species sampled, so demonstrating that most species were represented in all study area sub-samples.

The lack of statistical difference in Shannon-Wiener diversity indices of the various sample intensities may have occurred because the 5% sampling has reached the sufficient number of species to have a representative distribution of individuals. The increase of species as the sample intensity augments is likely linked to the very low density of individuals, which does not affect the diversity index H' (LAMPRECHT, 1990).

However, it should be noted that the richness and diversity of tropical tree species can vary according to the sampling intensity used (CONDÉ; TONINI, 2013), minimum inclusive diameter (OLIVEIRA *et al.*, 2008), as well as reflecting underlying environmental differences between areas (KUNZ *et al.*, 2014).

The total census found the study forest to have an average of some 44 ind. ha⁻¹, with distribution in diameter classes taking the form of a continuous and decreasing exponential (inverted “J”) for all analyzed sample intensities (Figure 3). Sample intensities of 5, 10, 15 and 20% had, respectively, 58, 54, 53 and 52 ind. ha⁻¹. However, the increase in sample intensity did not affect the shape of the individual-based diameter class distribution. However, there was an overestimation of the number of individuals for all sample intensities in the first four diametric classes (Figure 3).

In addition to having economically valuable tree species occur both in high diversity and be among the most important species at the study area, the forest had a predominance of individuals in the earlier diameter classes, a pattern commonly observed in native forests of the Amazon by a number of other authors (SALOMÃO *et al.*, 2007; GONSALVES; SANTOS, 2008; PEREIRA *et al.*, 2011; CONDÉ; TONINI, 2013).

A community or population can be considered stable (“mature”) when the distribution of individuals between diameter classes occurs in the form of continuous and decreasing exponential (“inverted J”) (MARTINS, 2012), indicating that the forest has a high potential for timber exploitation, considering, of course, the maintenance of species diversity and a stocking volumes appropriate to the ecological functions of the forest (GONÇALVES; SANTOS, 2008).

A diversidade, em todas as intensidades amostrais analisadas, está dentro dos padrões esperados para Florestas Ombrófilas Abertas da região e semelhantes aos obtidos por Salomão *et al.* (2007), utilizando o mesmo diâmetro de inclusão do atual estudo, que registraram valores para o índice de Shannon de 3,66 para uma Floresta Ombrófila Aberta também no município de Anapú, 3,34 para região de Altamira e 3,86 em Floresta Ombrófila Aberta em Vitória do Xingu, ambos estudos no Pará. A equitabilidade também está dentro dos padrões esperados, indicando que os valores de diversidade de Shannon ficaram próximos ao esperado para o número de espécies amostradas, o que demonstrou que a maioria das espécies contribuíram com números bem proporcionais de indivíduos na área estudada.

O fato do índice de diversidade de Shannon Wiener ser igual estatisticamente entre as diferentes intensidades amostrais pode ter ocorrido devido a amostragem de 5% ter atingindo a quantidade suficiente de espécies que possuem um equilíbrio na distribuição dos indivíduos entre elas. O acréscimo de espécies à medida que a intensidade amostral aumenta, provavelmente possui uma densidade de indivíduos muito baixa, que pouco afeta o índice de diversidade H' (LAMPRECHT, 1990).

No entanto, ressalta-se que a riqueza e a diversidade das espécies arbóreas tropicais podem variar conforme a intensidade amostral utilizada (CONDÉ; TONINI, 2013), diâmetro inicial de inclusão de indivíduos (OLIVEIRA *et al.*, 2008), além de indicar possíveis alterações ambientais na área (KUNZ *et al.*, 2014).

A floresta analisada apresentou no censo florestal uma média de, aproximadamente, 44 ind. ha⁻¹, com distribuição em classes diamétricas na forma de uma exponencial contínua e decrescente (“J” invertido) para todas as intensidades amostrais analisadas (Figura 3). As intensidades 5, 10, 15 e 20% apresentaram 58, 54, 53 e 52 ind. ha⁻¹, respectivamente. Contudo, o aumento da intensidade amostral não afetou a forma da distribuição diamétrica dos indivíduos. Porém, houve uma superestimação do número de indivíduos para todas as intensidades amostrais nas primeiras quatro classes diamétricas (Figura 3).

Além de possuir alta diversidade arbórea de espécies de valor econômico entre as mais importantes da área de estudo, a floresta possui maior número de indivíduos nas primeiras classes diamétricas, padrão comumente observado em florestas nativas da Amazônia, conforme relatado por Salomão *et al.* (2007), Gonçalves e Santos (2008), Pereira *et al.* (2011) e Condé e Tonini (2013).

Uma comunidade ou população pode ser considerada estável (“madura”) quando apresentar uma distribuição dos indivíduos entre classes de diâmetro em forma de exponencial contínua e decrescente (“J invertido”) (MARTINS, 2012), o que indica que a floresta apresenta elevado potencial para a exploração madeireira, considerando-se, claro, a manutenção da diversidade de espécies e de um estoque volumétrico apropriado às funções ecológicas da floresta (GONÇALVES; SANTOS, 2008).

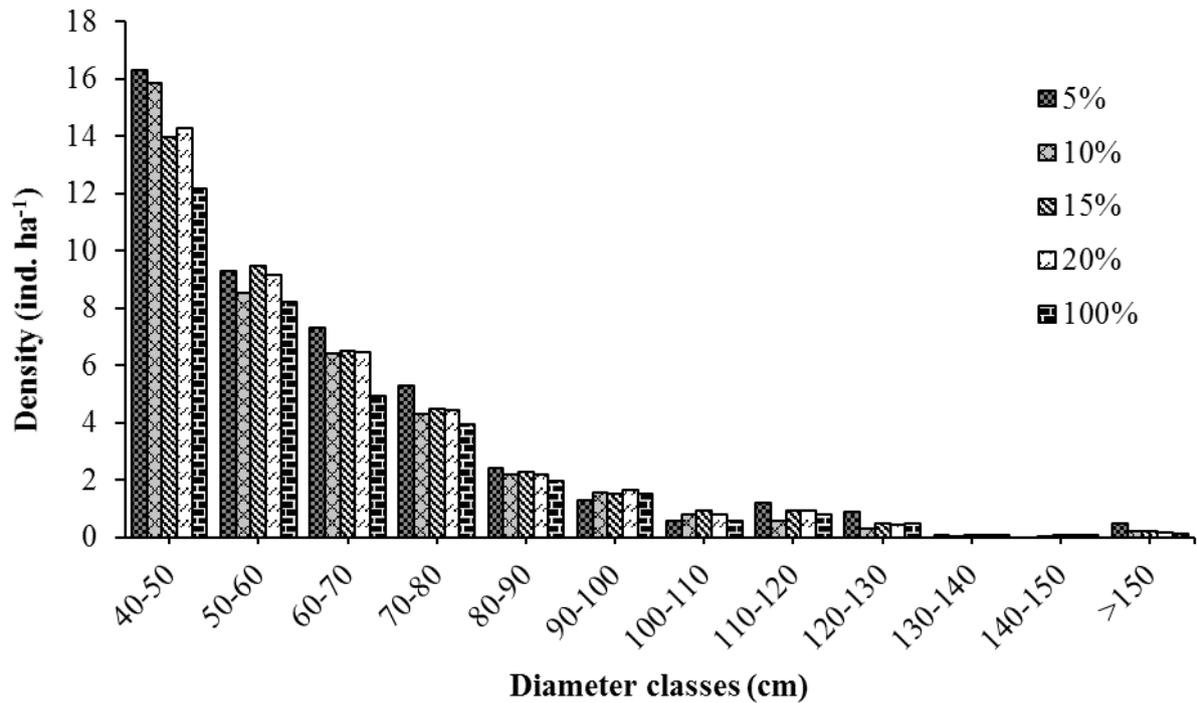


Figure 3 - Diameter distribution of the number of tree individuals per hectare according to four levels of sample intensity versus forest census.

Figura 3 - Distribuição diamétrica do número de indivíduos arbóreos por hectare em função de quatro níveis de intensidade amostral versus censo florestal.

Total sample volumetric mean was $244.66 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ is close to that obtained by Salomão *et al.* (2007), of $222,27 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ for the same forest type in a nearby area. For volume estimates, sample intensities of 15 and 20% gave relative absolute errors of less than 10%, which is the limit established by Norma de Execução nº 01 of 24 April 2007 (Table 1). The largest relative sampling error and the largest amplitude for CI came from the 5% estimation of sample intensity, 19.17%, $65 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, respectively, showing that the larger the area, the higher the sample intensity required. For 15 and 20% samplings, despite the sampling error of 8.9 and 7.89 and CI amplitude of 62 and $53 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, respectively, there was volume overestimation by the analyzed samples, except for 5% where the value was underestimated (Table 1).

A média volumétrica da área total de $244,66 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ é próxima da obtida por Salomão *et al.* (2007), de $222,27 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ para uma mesma fitofisionomia na região. As intensidades amostrais de 15 e 20% da área garantiram erros absolutos relativos para os volumes menores do que 10%, que é o limite estabelecido pela Norma de Execução nº 01 de 24 de abril de 2007 (Tabela 1). O maior erro amostral relativo e a maior amplitude do IC foram para a estimativa com 5% de intensidade amostral, 19,17%, $65 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente, demonstrando que quanto maior a área, maior também deverá ser a intensidade amostral. Apesar do registro de erros amostrais de 8,9 e 7,89 e amplitude do IC de 62 e $53 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, para 15 e 20%, respectivamente, houve superestimação do volume nas amostragens analisadas, exceto para 5%, em que houve subestimação do valor real (Tabela 1).

Table 1 - Forest inventory results by sampling and census for volumetric estimates

Tabela 1 – Resultados do inventário florestal por amostragem e censo para as estimativas volumétricas

Parameter	Treatment (%)				
	5	10	15	20	100
Arithmetic Mean ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)	171.16	293.75	294.80	289.99	244.66
Confidence Interval ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)	138-203	262-324	268-321	267-312	-
Mean standard error ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)	14.50	14.75	12.82	11.32	-
Coefficient of variation (%)	28.20	24.95	28.03	30.86	-
Standard deviation ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)	48.27	73.28	82.64	89.50	-
Relative Absolute Error (%)	19.17	10.51	8.90	7.89	-
Sample unit (n)	34	24	29	33	-

Differences in volumetric estimates were significant only for 5%, which showed the lowest volume estimates. At 5 and 10% sampling intensities, absolute errors were greater than 10%, and are therefore not recommended as a means of estimating the volume of native forests in the Amazon areas with this forest type (Table 1).

Species accumulation curves showed an increase in the number of sample units, and a tendency to stabilize from the 29th plot. Such sampling intensity was achieved in the 15 and 20% samples (Figure 4).

From data collected in the current study, sampling intensity of 15% was considered the best alternative to evaluate Open Ombrophylous Forests, as it gave a sampling error close to values from the 20% sampling, but with a smaller number of field plots being required, so reducing costs and time needed for the forest inventory. Several other studies have reached similar results, including Ubialli *et al.* (2009), where the highest sampling intensity used (10%) gave the best result; Cavalcanti *et al.* (2011) achieved results acceptable within legal guidelines with 14% intensity; and Augustynczik *et al.* (2013) achieved results similar to those of the present study, and found that increase of the sample intensity decreased the sampling error.

As diferenças nas estimativas volumétricas foram significativas apenas para 5%, que apresentou as menores estimativas de volume. À 5 e 10% de intensidade amostral os erros absolutos foram maiores do que 10%, não sendo, portanto, recomendados neste trabalho para estimar o volume de florestas nativas da Amazônia (Tabela 1).

A curva do acúmulo do número de espécies, com o incremento do número de unidades amostrais, mostrou que há tendência de estabilização da curva a partir da 29ª parcela, o que foi obtido para a intensidade amostral de 15 e 20% (Figura 4).

A utilização de uma intensidade amostral de 15% foi considerada a melhor alternativa para avaliar Florestas Ombrófilas Abertas neste estudo, pois apresentou erro amostral próximo de 20%, com menor número de parcelas a serem alocadas em campo, diminuindo, assim, os custos e tempo de operação do inventário florestal. Diversos trabalhos têm mostrado resultados semelhantes como é o caso de Ubialli *et al.* (2009), no qual a maior intensidade utilizada (10%) apresentou o melhor resultado; Cavalcanti *et al.* (2011) encontraram resultados aceitáveis pela legislação, utilizando 14% de intensidade; e Augustynczik *et al.* (2013) apresentaram resultados similares ao presente trabalho, ou seja, o aumento da intensidade de amostras diminui o erro de amostragem.

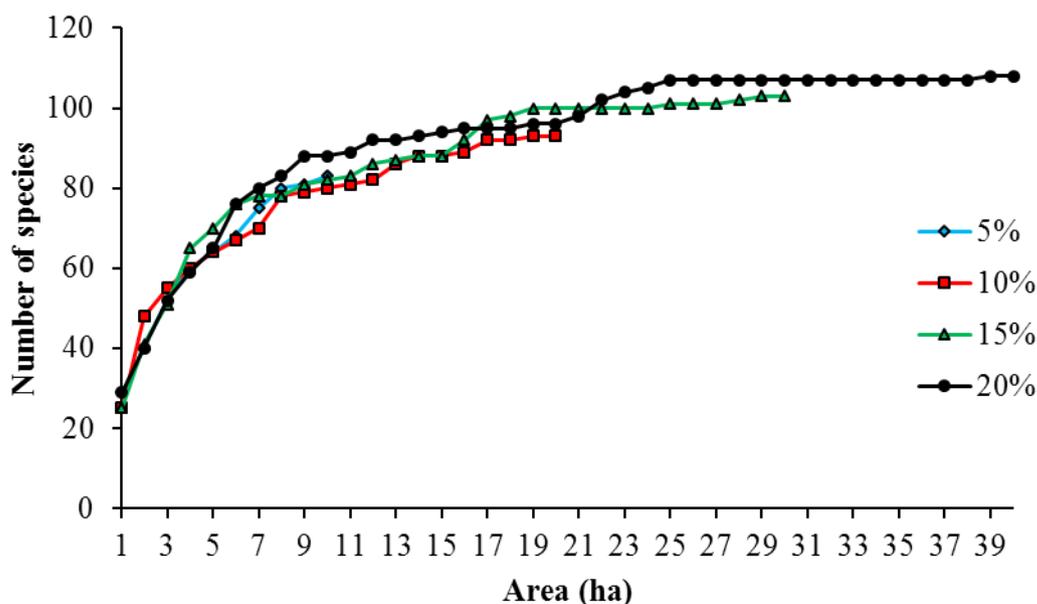


Figure 4 – Species cumulative curve as a function of sample area.

Figura 4 – Curva acumulativa de espécies em função da área amostral.

CONCLUSIONS

The studied forest had a composition common in Amazonia; high diversity, and low dominance, but many of the species with high importance values species were also of high economic value, making the area a candidate for sustainable forest management;

CONCLUSÕES

A floresta apresenta uma estrutura padrão de florestas inequidicas com alta diversidade e espécies de alto valor econômico entre as mais importantes, indicando a existência de uma aptidão ao manejo florestal sustentável;

Sample intensities of 15 and 20% satisfactorily estimated the dendrometric and phytosociological parameters. However, 15% of sample intensity is both faster and cheaper as a result of the reduced number of field study plots required;

Analysis of phytosociological composition and inventory parameters demonstrated the importance of the use of forest inventories at well defining sample intensities that allow faster less costly surveys, at least within the studied forest type.

Intensidades amostrais de 15 e 20% estimaram os parâmetros dendrométricos e fitossociológicos de forma satisfatória, contudo, 15% de intensidade amostral se torna mais rápido e menos oneroso em virtude da quantidade de parcelas a serem alocadas e mensuradas em campo;

A análise da estrutura fitossociológica e dos parâmetros de inventário demonstram a importância da utilização de inventários florestais em intensidades amostrais bem definidas de acordo com a fitofisionomia florestal avaliada.

SCIENTIFIC LITERATURE QUOTED

ALMEIDA, L. S; GAMA, J. R. V; OLIVEIRA, F. A; CARVALHO, J. O. P; GONÇALVES, D. C. M; ARAÚJO, G. C. Fitossociologia e uso múltiplo de espécies arbóreas em floresta manejada, Comunidade Santo Antônio, município de Santarém, Estado do Pará. **Acta Amazonica**. 2012;42:185-194. doi:10.1590/S0044-59672012000200002

ALVES, J. C. Z. O; MIRANDA, I. S. Análise da estrutura de comunidades arbóreas de uma floresta amazônica de Terra Firme aplicada ao manejo florestal. **Acta Amazonica**. 2008;38:4:657-666. doi:10.1590/S0044-59672008000400008

ARAÚJO, H. J. B. Inventário florestal a 100% em pequenas áreas sob manejo florestal madeireiro. **Acta Amazonica**. 2006;36:4:447-464. doi.org/10.1590/S0044-59672006000400007

AUGUSTYNICZIK, A. L; MACHADO, S. A; FIGUEIREDO FILHO, A; PÉLLICO NETTO, S. Avaliação do tamanho de parcelas e de intensidade de amostragem em inventários florestais. **Scientia Forestalis**. 2013;41:99:361-368. < <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr99/cap07.pdf>>

BRASIL. Norma de Execução nº 1, de 24 de abril de 2007. Altera as normas técnicas para o manejo florestal na Amazônia. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n. 83, 2 de maio 2007. Seção 1. p. 91.

CAVALCANTI, F. J. B; MACHADO, S. A; OSOKAWA, R. T; CUNHA, U. S. Comparação dos valores estimados por amostragem na caracterização da estrutura de uma área de floresta na Amazônia com as informações registradas no censo florestal. **Revista Árvore**. 2011;35:5:1061-1068. < <http://9081-www.redalyc.org/articulo.oa?id=48819945012>>

CONDÉ, T. M; TONINI, H. Fitossociologia de uma Floresta Ombrófila Densa na Amazônia Setentrional, Roraima, Brasil. **Acta Amazonica**. 2013;43:3:247-260. doi:10.1590/S0044-59672013000300002

DIONISIO, L. F. S; BONFIM FILHO, O. S; CRIVELLI, B. R. S; GOMES, J. P; OLIVEIRA, M. H. S; CARVALHO, J. O. P. Importância fitossociológica de um fragmento de floresta ombrófila densa no estado de Roraima, Brasil. **Revista Agro@ambiente On-line**. 2016;10:3:243-252. doi:10.18227/1982-8470ragro.v10i3.3381

DIONISIO, L. F. S; CONDÉ, T. M; GOMES, J. P; MARTINS, W. B. R; SILVA, M. T; SILVA, M. W. Caracterização morfométrica de árvores solitárias de *Bertholletia excelsa* HBK no sudeste de Roraima. **Revista Agro@ambiente On-line**. 2017(a);11:2:163-173. doi:10.18227/1982-8470ragro.v11i2.3835

DIONISIO, L. F. S; SCHWARTZ, G; MAZZEI, L; LOPES, J. C; SANTOS, G. G. A; OLIVEIRA, F. A. Mortality of stocking commercial trees after reduced impact logging in eastern Amazonia. **Forest Ecology Management**. 2017(b);401:1-7. doi:10.1016/j.foreco.2017.06.060

FELFILI, J. M; EISENLOHR, P. V; MELO, M. M. R. F; ANDRADE, L. A; MEIRA NETO, J. A. A. (Org.) Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de casos: v. 1. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2011. 556 p.

FRANCEZ, L. M. B; CARVALHO, J. O. P; JARDIM, F. C. S. Mudanças ocorridas na composição florística em decorrência da exploração florestal em uma área de floresta de Terra firme na região de Paragominas, PA. **Acta Amazonica**. 2007;37:2:219-228. doi:10.1590/S0044-59672007000200007

- GALLO, J; OLIVEIRA JUNIOR, R. C. Avaliação da aptidão agrícola das terras das comunidades Cuieiras, Carmelino, Itapeuá e Arimum da Resex Verde para Sempre, município Porto de Moz, PA. Espaço Científico - **Revista do CEUL de Santarém**. 2010;11:1/2:95-114. < <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/84633/1/Cosmep95.pdf>>
- GONÇALVES, F. G; SANTOS, J. R. Composição florística e estrutura de uma unidade de manejo florestal sustentável na Floresta Nacional do Tapajós, Pará. **Acta Amazonica**. 2008;38:2:229-244. doi:10.1590/S0044-59672008000200006
- KUNZ, S. H; IVANAUSKAS, N. M; MARTINS, S. V; STEFANELLO, D; SILVA, E. Fitossociologia do componente arbóreo de dois trechos de floresta estacional perenifólia, bacia do rio das pacas, Querência-MT. **Ciência Florestal**. 2014;24:1:1-11. doi:10.5902/1980509813317
- LAMPRECHT, H. Silvicultura nos trópicos: – Ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas: possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Eschborn: Instituto de Silvicultura da Universidade de Göttingen, GTZ, 1990. 343 p.
- LIMA, R. B. A; SILVA, J. A. A; MARANGON, L. C; FERREIRA, R. L. C; SILVA, R. K. S. Fitossociologia de um trecho de floresta ombrófila densa na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Uacari, Carauari, Amazonas. **Scientia Plena**. 2012;8:1:1-12. < www.scienciaplenu.org.br/sp/article/view/568/429>
- MAGURRAN, A. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Princeton, NJ, USA. 1988. 179 p.
- MARTINS, S. V. (Editor). Ecologia de florestas tropicais do Brasil. 2ª ed., rev. e ampl. – Viçosa, MG: Editora UFV, 2012. 371 p.
- MOBOT, 2011. Missouri Botanical Garden. W3 Trópicos. Disponível em <<http://mobot.mobot.org/W3T/search/vast.html>>. Acesso em 20 de julho de 2017.
- MUELLER-DOMBOIS, D; ELLENBERG, G. H. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and Sons, Inc., Chichester, England. 1974. 547 p.
- OLIVEIRA, L. C; COUTO, H. T. Z; SILVA, J. N. M; CARVALHO, J. O. P. Efeito da exploração de madeira e tratamentos silviculturais na composição florística e diversidade de espécies em uma área de 136 ha na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra, Pará. **Scientia Forestalis**. 2005;69:62-76. <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr69/cap05.pdf>>
- OLIVEIRA, N. A; AMARAL, I. L; RAMOS, M. B. P; NOBRE, A. D; COUTO, L. B; SAHDO, R. M. Composição e diversidade florístico-estrutural de um hectare de floresta densa de terra firme na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**. 2008;38:4:627-642. doi:10.1590/S0044-59672008000400005
- PEREIRA, L. A; PINTO SOBRINHO, F. A; COSTA NETO, S. V. Florística e estrutura de uma mata de terra firme na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Rio Iratapuru, Amapá, Amazônia Oriental, Brasil. **Floresta**. 2011;41:1:113-122. doi:10.5380/ufv.v41i1.21191
- PINHEIRO, K. A. O; CARVALHO, J. O. P; QUANZ, B; FRANCEZ, L; SCHWARTZ, G. Fitossociologia de uma Área de Preservação Permanente no leste da Amazônia: indicação de espécies para recuperação de áreas alteradas. **Floresta**. 2007;37:2:175-187. doi:10.5380/ufv.v37i2.8648
- SALOMÃO, R. P; VIEIRA, I. C. G; SUEMITSU, C; ROSA, N. A; ALMEIDA, S. S; AMARAL, D. D; MENEZES, M. P. M. As florestas de Belo Monte na grande curva do rio Xingu, Amazônia Oriental. **Ciências Naturais**. 2007;2:3:57-153. < http://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-81142007000300006>
- UBIALLI, J. A; FIGUEIREDO FILHO, A; MACHADO, S. A; ARCE, J. E. Comparação de métodos e processos de amostragem para estimar a área basal para grupos de espécies em uma floresta ecotonal da região norte matogrossense. **Acta Amazonica**. 2009;39:2:305-314. doi:10.1590/S0044-59672009000200009