



Phytosociology and the timber potential of transitional ecosystems from forested campinarana to dense forest in the south of Roraima, Brazil

Fitossociologia e potencial madeireiro em ecossistemas de transição ecológica entre campinarana florestada e floresta densa no Sul de Roraima, Brasil

Tiago Monteiro Condé*¹, Salatiel Bastos Borges², Solange Augusta Costa², Adoniel Silva da Conceição², Dirceu Lucio Carneiro de Miranda³, Gerson dos Santos Lisboa⁴,

Abstract: Transitional forest ecosystems in the south of the state of Roraima show great heterogeneity of tree species and represent different volumes of timber stock in projects of vegetation suppression requiring Deforestation Licences (DL). The aim of this study was to evaluate the phytosociology and standing timber volume in ecosystems of Submontane Dense Ombrophilous Forest (Ds) and transitional Campinarana/Ombrophilous Forest (LOT₁ and LOT₂) in the district of Rorainópolis, Roraima. The DL were issued and authorised from 2011 to 2016 by the State Foundation for the Environment and Water Resources of Roraima (FEMARH) and the Brazilian Institute of the Environment and Renewable Natural Resources (IBAMA). A total of 9,391 timber-yielding trees were analysed, with a DBH \geq 45 cm in 646.5 hectares; these belonged to 21 botanical families, 73 species and 8 taxa identified at the genus level. Diversity and evenness were greater in Ds ($H' = 3.34$; $J = 0.82$) compared to LOT ($H' = 1.92$ to 2.20 ; $J = 0.55$). The floristic similarity was greater between Ds and LOT₂, of different forest typologies, showing that transitional environments can be complex in terms of floristic composition and diversity. However, the larger volumes of timber stock in LOT₁ and LOT₂ compared to Ds may be related not only to natural processes, but also to the influence of deforestation and illegal selective logging in the surrounding area. There is a strong need for studies on transitional forest ecosystems in the Amazon, due to the complexity of the ecological relationships, the influence of environmental gradients, and anthropogenic factors.

Key words: Brazilian Amazon. Ecotone. Forested campinarana. Timber volume.

Resumo: Ecossistemas florestais de transição ecológica no Sul do estado de Roraima apresentam grande heterogeneidade de espécies arbóreas, representando diferentes estoques de volume de madeira em projetos de supressão vegetal destinados às Autorizações de Desmatamento (AD's). Assim, objetivou-se com este estudo avaliar a fitossociologia e volumetria de árvores madeireiras em ecossistemas de Floresta Ombrófila Densa Submontana (Ds) e a transição Campinarana/Floresta Ombrófila (LOT₁ e LOT₂) no município de Rorainópolis, Roraima. As AD's foram emitidas e autorizadas pela Fundação Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Roraima (FEMARH) e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) durante o período de 2011 a 2016. Foram analisadas 9.391 árvores madeireiras com DAP \geq 45 cm em 646,5 hectares pertencentes a 21 famílias botânicas, 73 espécies e 8 táxons identificados em nível de gênero. A diversidade e equabilidade foi superior em Ds ($H' = 3,34$; $J = 0,82$) em relação a LOT ($H' = 1,92$ a $2,20$; $J = 0,55$). A similaridade florística foi maior entre Ds e LOT₂, de diferentes tipologias florestais, demonstrando que ambientes de transição podem ser complexos quanto à composição florística e diversidade. Porém, a alta superioridade no estoque de volume de madeira em LOT₁ e LOT₂ em relação à Ds pode estar relacionada não apenas aos processos naturais, mas à influência do desmatamento e exploração seletiva de madeira ilegal no entorno. Ressalta-se a necessidade de estudos em ecossistemas florestais de transição na Amazônia, devido à complexidade das relações ecológicas, influência de gradientes ambientais e fatores antrópicos.

Palavras-chave: Amazônia brasileira. Campinarana florestada. Ecótono. Volume de madeira.

*Corresponding author

Submitted for publication on 10/03/2022, approved on 06/04/2021 and published on 16/06/2022

¹Professor de Engenharia Florestal da Universidade Estadual de Roraima, Campus Rorainópolis, Av. Senador Helio Campos, s/n, Rorainópolis/Roraima, Brasil. E-mail: tiagonafloresta@gmail.com

²Graduado de Engenharia Florestal da Universidade Estadual de Roraima, Campus Rorainópolis, Av. Senador Helio Campos, s/n, Rorainópolis/Roraima, Brasil. E-mails: salatielbastos@gmail.com; Sol.engflorestal@gmail.com; asilvac17@hotmail.com

³Professor de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Sinop, Rua Alexandre Ferronato, 1200, Sinop/Mato Grosso, Brasil. E-mail: mirandaufpr@yahoo.com.br

⁴Professor da Universidade Federal de Goiás, Campus Samambaia, Av. Esperança, s/n, Goiânia, Goiás, Brasil. E-mail: gersonlisboa@ufg.br

INTRODUCTION

Tropical tree communities are of special interest in phytosociology studies due to the wide variety of patterns and intrinsic processes associated with their diversity. It is estimated that the Amazon has approximately 16,000 tree species, of which 227 are considered hyperdominant or generalist, i.e. well adapted to the wide diversity of ecosystems in this biome (ter STEEGE *et al.*, 2013). Phytosociological studies allow the collection of qualitative, quantitative and ecological information on flora (CONDÉ; TONINI, 2013; SILVA *et al.*, 2014, 2021), explaining the behaviour of the composition and spatial distribution of endemic species immersed in the different environmental gradients that occur in the Amazon (GUEVARA *et al.*, 2016; PIVA *et al.*, 2020).

The supply of tropical wood in Brazil from the Amazon has historically generated enormous economic revenue, but generally has not been sustainably regulated to guarantee maintenance of the forest structure and associated environmental services such as forest carbon stock, maintenance of the hydrological cycle and the genetic biodiversity of the flora (GIMENEZ *et al.*, 2015; CRIVELLI *et al.*, 2017; GAUI *et al.*, 2019). In the context of timber extraction in the state of Roraima, there was a large amount of forest exploitation from 2011 to 2016, a result of deforestation licences (DL) issued by the State Foundation for the Environment and Water Resources of Roraima (FEMARH) in relation to plans for sustainable forest management (PSFM) (CONDÉ *et al.*, 2019), revealing how Roraima public policies aimed at promoting sustainable multi-use forest management, which makes it possible to exploit timber and non-timber products in harmony with nature and the Earth's climate balance, are still in the early stages.

As such, forest ecosystems in Roraima have been undergoing serious structural changes, with a significant increase in deforestation (PF, 2014; INPE, 2022) due to the agricultural expansion of international commodities and livestock (NEPSTAD *et al.*, 2014), the invasion of public land, and illegal selective logging (ADENEY *et al.*, 2016; CONDÉ *et al.*, 2019).

INTRODUÇÃO

As comunidades arbóreas tropicais são de especial interesse em estudos de fitossociologia devido à ampla variedade de padrões e processos intrínsecos associados às suas diversidades. Estima-se que a Amazônia possua aproximadamente 16.000 espécies de árvores, onde 227 são consideradas hiperdominantes ou generalistas, ou seja, consideradas bem adaptadas à ampla diversidade de ecossistemas deste bioma (ter STEEGE *et al.*, 2013). Estudos fitossociológicos possibilitam o levantamento de informações qualitativas, quantitativas e ecológicas da flora (CONDÉ; TONINI, 2013; SILVA *et al.*, 2014, 2021), elucidando o comportamento da composição e distribuição espacial de espécies endêmicas imersas a diversos gradientes ambientais que ocorrem na Amazônia (GUEVARA *et al.*, 2016; PIVA *et al.*, 2020).

A oferta de madeira tropical no Brasil oriunda da Amazônia historicamente tem gerado enorme receita econômica, porém, normalmente, não tem sido regulada sustentavelmente pelo homem para garantir a manutenção da estrutura florestal e serviços ambientais associados, como o estoque de carbono florestal, a manutenção do ciclo hidrológico e a biodiversidade genética da flora (GIMENEZ *et al.*, 2015; CRIVELLI *et al.*, 2017; GAUI *et al.*, 2019). No contexto do extrativismo madeireiro do estado de Roraima, durante o período de 2011 a 2016, ocorreu grande exploração florestal oriunda de autorizações de desmatamento (AD's) emitidas pela Fundação Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Roraima (FEMARH) em relação aos planos de manejo florestal sustentável (PMFS) (CONDÉ *et al.*, 2019), revelando como ainda são incipientes as políticas públicas roraimenses destinadas ao fomento do manejo florestal sustentável de uso múltiplo, que possibilita a exploração de produtos madeireiros e não madeireiros em harmonia com a natureza e o equilíbrio climático da Terra.

Dessa forma, ecossistemas florestais de Roraima vêm passando por graves modificações estruturais com significativo aumento do desmatamento (PF, 2014; INPE, 2022), em função da expansão agrícola de *commodities* internacionais e da pecuária (NEPSTAD *et al.*, 2014), invasão de terras públicas e exploração seletiva de madeira ilegal (ADENEY *et al.*, 2016; CONDÉ *et al.*, 2019).

In southern Roraima, in the extreme north of the Brazilian Amazon, there is a mosaic of natural ecosystems, including ecosystems in ecological transition from campinaranas to dense forests, shaped by environmental gradients of altitude, relief and hydromorphic soils (MENDONÇA *et al.*, 2015; ADENEY *et al.*, 2016), with great endemic plant diversity, which is still little understood and of difficult access (BARBOSA *et al.*, 2019), albeit under increasing anthropogenic pressure.

Knowledge of the species composition of the arboreal flora associated with the plant structure found in these fragile natural ecosystems is necessary to develop specific strategies for the conservation and sustainable management of timber and non-timber extraction for the forest sector of Roraima. To this end, two hypotheses were formulated: a) There are significant differences in phytosociology between the Campinarana/Dense Ombrophilous Forest transitional ecosystems in southern Roraima; b) Transitional ecosystems (LOt) have a lower timber potential compared to pure dense forests (Ds). The aim of this study was to evaluate the phytosociology and standing timber volume in ecosystems of Submontane Dense Ombrophilous Forest (Ds) and transitional or contact Campinarana/Ombrophilous Forest (LOt₁ and LOt₂) in the district of Rorainópolis, Roraima, Brazil.

No extremo Norte da Amazônia brasileira, Sul de Roraima, há um mosaico de ecossistemas naturais, incluindo ecossistemas de transição ecológica entre campinaranas e florestas densas moldados por gradientes ambientais de altitude, relevo e solos hidromórficos (MENDONÇA *et al.*, 2015; ADENEY *et al.*, 2016), com grande diversidade vegetal endêmica ainda pouco conhecida e de difícil acesso (BARBOSA *et al.*, 2019), porém, sob crescente pressão antrópica.

Conhecer a composição de espécies da flora arbórea associada a estrutura vegetal presente nesses frágeis ecossistemas naturais é necessário para o desenvolvimento de estratégias específicas de conservação e gestão sustentável do extrativismo madeireiro e não madeireiro para o setor florestal de Roraima. Para tanto foram formuladas duas hipóteses: a) Há diferenças significativas na fitossociologia entre ecossistemas de transição Campinarana/Floresta Ombrófila Densa no sul de Roraima; b) Ecossistemas de transição ecológica (LOt) possuem menor potencial madeireiro em relação às florestas densas puras (Ds). Assim, objetivou-se com este estudo avaliar a fitossociologia e volumetria de árvores madeireiras em ecossistemas de Floresta Ombrófila Densa Submontana (Ds) e transição ecológica ou contato Campinarana/Floresta Ombrófila (LOt₁ e LOt₂) no município de Rorainópolis-RR, Brasil.

MATERIAL AND METHODS

Study area

The district of Rorainópolis, Roraima, had an estimated population of 31,387 in 2021 (IBGE, 2022). According to the Köppen classification, the climate in the region is type Af, with an average temperature of 26.2°C and annual rainfall of 2,601.4 mm (GITHUB, 2022). This study includes three rural properties where forest inventories of timber species with a DBH \geq 45 cm were carried out by forest census divided into strips, to obtain deforestation licences (DL) from FEMARH (Figure 1). Area 1 corresponds to an ecosystem of Submontane Dense Ombrophilous Forest (Ds) of 275.6 ha. Areas 2 and 3 correspond to two transitional ecosystems or contact Campinarana/Ombrophilous Forest (LOt₁: 57.4 ha; LOt₂: 313.5 ha), respectively, as per the classification adopted by IBGE (2005a).

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O município de Rorainópolis-RR, Brasil, possui população estimada em 31.387 habitantes no ano de 2021 (IBGE, 2022). Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Af, com temperatura média de 26,2°C e precipitação anual de 2.601,4 mm (GITHUB, 2022). Esse estudo aborda três propriedades rurais onde foram realizados inventários florestais das espécies de árvores madeireiras com DAP \geq 45 cm por censo florestal, subdividido em faixas, para a obtenção de autorizações de desmatamento (AD's) pela FEMARH (Figura 1). A área 1 corresponde a um ecossistema de Floresta Ombrófila Densa Submontana (Ds) com 275,6 ha. As áreas 2 e 3 correspondem a dois ecossistemas de transição ecológica ou contato Campinarana/Floresta Ombrófila (LOt₁: 57,4 ha; LOt₂: 313,5 ha), respectivamente, conforme a classificação adotada pelo IBGE (2005a).

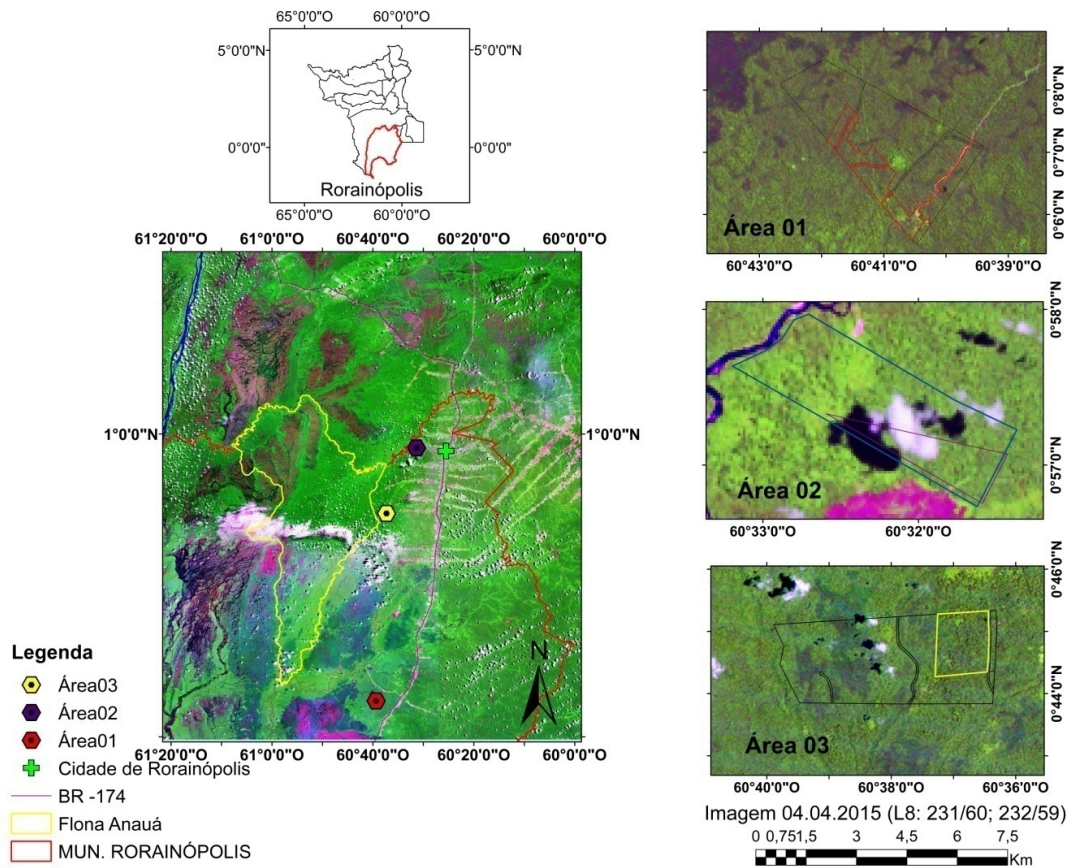


Figure 1 - Location of the study areas in the district of Rorainópolis, Roraima, Brazil. Area 1: Submontane Dense Ombrophilous Forest (Ds); Area 2: Contact Campinarana/Ombrophilous Forest (LO_{t1}); Area 3: Contact Campinarana/Ombrophilous Forest (LO_{t2}). Source: Authors.

Figura 1 - Localização das áreas de estudo no município de Rorainópolis-RR, Brasil. Área 1: Floresta Ombrófila Densa Submontana (Ds); Área 2: contato Campinarana/Floresta Ombrófila (LO_{t1}); Área 3: contato Campinarana/Floresta Ombrófila (LO_{t2}). Fonte: Autores.

The predominant soils in both areas are a Entisol (Quartzipsament); Typic Hapludox, Rhodic Hapludult (Soil taxonomy, 2014).

Os solos das áreas são predominantes Entisol (Quartzipsament); Typic Hapludox, Rhodic Hapludult (Soil taxonomy, 2014).

Collecting and processing the data

Information on the three forest inventories used to obtain deforestation licences (DL) in southern Roraima was collected by means of a scientific agreement between FEMARH and the Laboratory of Forest Management and Geotechnology of the State University of Roraima (LMFG/UERR). The DL were input and processed using a Microsoft Office Excel electronic spreadsheet, to create a database containing the following information per DL: Location, Strip (plot), Common Name, Scientific Name, Family, CBH (circumference at chest height, ideally measured 1.30 metres from the ground), Basal Area (m²) and Commercial Volume (m³).

Coleta e processamento de dados

A coleta de informações sobre os três inventários florestais para a obtenção de autorizações de desmatamento (AD's) no Sul de Roraima foi realizada mediante convênio científico entre a FEMARH e o Laboratório de Manejo Florestal e Geotecnologias da Universidade Estadual de Roraima (LMFG/UERR). As AD's foram digitadas e processadas em planilha eletrônica no Microsoft Office Excel, sendo criado um banco de dados contendo as seguintes informações por AD: Local, Faixa (parcela), Nome Vulgar, Nome Científico, Família, CAP (circunferência à altura do peito, mensurada preferencialmente à 1,30 metros do solo), Área Basal (m²) e Volume Comercial (m³).

Estimating the timber volume

The timber volume (m^3) of tree species with a $DBH \geq 45$ cm exploited by the DL was estimated using the following mathematical expressions:

$$CA_i = \frac{(\pi \cdot DBH^2)}{4} \quad 1$$

$$BA_i = \sum_{i=1}^n (CA_i) \quad 2$$

$$CV_i = \sum_{i=1}^n (CA_i \cdot CH \cdot f) \quad 3$$

Where:

CA_i = cross-sectional area per tree of the i -th species, in m^2 ; BA_i = basal area of the i -th species, sum of the cross-sectional areas per species, in m^2 ; DBH = diameter at breast height, ideally measured 1.30 metres from the ground, in metres; π = pi = 3.14...; CV_i = commercial timber volume of the i -th species, in m^3 ; CH = commercial height, in metres; f = form factor used by FEMARH, equal to 0.7 (BASTOS; HEINSDIJK, 1963).

The timber volume per species and diameter class was quantified in class groups with an amplitude of 10 cm, starting from 40 cm ($DBH \geq 45$ cm). The strips (plots) were considered replications within the total area of each DL (Ds: $n = 44$ strips; Total area = 275.6 ha; Average strip area: LOT_1 : $n = 20$ and Area = 57.4 ha; LOT_2 : $n = 16$ and Area = 313.5 ha), covering a width of 100 metres by a variable length, based on the variable size limits per area. To estimate the average timber volume per hectare in the areas under analysis, the total area was divided by the number of strips per area, giving the average strip size per area in hectares (Ds: 275.6 ha/44 strips = 6.3 ha; LOT_1 : 57.4 ha/20 strips = 2.9 ha; LOT_2 : 313.5 ha/16 strips = 19.6 ha).

Phytosociology

The floristic composition of tree species with a $DBH \geq 45$ cm present in the DL was verified and updated using the Angiosperm Phylogeny Group system (APG IV, 2016), at <http://www.tropicos.org>. It is important to note that in forest inventories aiming at a forest exploitation regime of clear-cutting in the Brazilian Amazon, most trees that reach a $DBH \geq 45$ cm have some type of commercial use, and are considered important for the manufacture of laminates, rafters, furniture, posts, crates, etc.

Estimativa do volume de madeira

O volume de madeira (m^3) das espécies de árvores exploradas com $DAP \geq 45$ cm nas AD's foi estimado mediante o emprego das seguintes expressões matemáticas:

Em que:

AS_i = área seccional por árvore da i -ésima espécie, em m^2 ; AB_i = área basal da i -ésima espécie, somatório das áreas seccionais por espécie, em m^2 ; DAP = diâmetro à altura do peito, mensurado preferencialmente à 1,30 metros do solo, em metros; π = pi = 3,14...; VC_i = volume comercial de madeira da i -ésima espécie, em m^3 ; AC = altura comercial, em metros; f = fator de forma utilizado pela FEMARH, igual 0,7 (BASTOS; HEINSDIJK, 1963).

A soma da volumetria de madeira por espécie e classe de diâmetro foi realizada em agrupamentos de classes de amplitude de 10 cm a partir de 40 cm ($DAP \geq 45$ cm). As faixas (parcelas) foram consideradas repetições dentro das áreas totais das AD's (Ds: $n = 44$ faixas; Área total = 275,6 ha; Área média da faixa: LOT_1 : $n = 20$ e Área = 57,4 ha; LOT_2 : $n = 16$ e Área = 313,5 ha), contendo largura de 100 metros por comprimento variável, de acordo com os limites variáveis de tamanho por área. Para obtenção da estimativa de volume de madeira médio por hectare nas áreas analisadas foi realizado a divisão da área total pela quantidade de faixas por área, sendo gerado a faixa média por área em hectares (Ds: 275,6 ha/44 faixas = 6,3 ha; LOT_1 : 57,4 ha/20 faixas = 2,9 ha; LOT_2 : 313,5 ha/16 faixas = 19,6 ha).

Fitossociologia

A composição florística das espécies arbóreas com $DAP \geq 45$ cm presentes nas AD's foi verificada e atualizada pelo sistema *Angiosperm Phylogeny Group* (APG IV, 2016) no site <http://www.tropicos.org>. É importante ressaltar que nos inventários florestais com o objetivo de regime de exploração florestal por corte raso na Amazônia brasileira, a maioria das árvores que atingem $DAP \geq 45$ cm possuem algum tipo de aproveitamento comercial madeireiro, sendo consideradas importantes para a fabricação de lâminas, caibros, móveis, mourões, caixotaria, etc.

The horizontal structure was analysed as recommended by Müller-Dombois and Elleberg (1974), Condé and Tonini (2013) and Gomes *et al.* (2016). The diversity of the timber species was obtained by applying the Shannon index (H') using the natural logarithm as base, and the Pielou uniformity or evenness index (J).

The similarity between areas was evaluated by means of dendrograms (Cluster analysis) using the Bray-Curtis distance single linkage method, in the Biodiversity Pro software.

RESULTS AND DISCUSSION

A total of 9,391 commercially exploited trees with a $DBH \geq 45$ cm were quantified, distributed in 21 botanical families and 73 species, with 8 taxa identified at the genus level only in the 646.5 ha represented by Ds, LOT_1 and LOT_2 (Supplementary Material). Sapotaceae (Ds: 802; LOT_1 : 684; LOT_2 : 2,329) and Fabaceae (Ds: 575; LOT_1 : 281; LOT_2 : 985) were considered the most representative botanical families, i.e. hyperdominant, corroborating several Amazonian studies (CONDÉ; TONINI, 2013; ter STEEGE *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2015; DIONISIO *et al.*, 2016; RAMOS *et al.*, 2019).

An analysis of the horizontal structure in Ds showed that the three tree species with the greatest importance value (IV%) in descending order were *Manilkara excelsa* (11.7%), *Qualea brevipedicellata* (8.2%) and *Goupia glabra* (5.2%), exploited commercially in the region in the DL and PSFM categories (CONDÉ; TONINI, 2013; GIMENEZ *et al.*, 2015; CRIVELLI *et al.*, 2017). In LOT_1 , *Manilkara huberi* (Ducke) (35.2%), *Qualea brevipedicellata* (13.3%) and *Dinizia excelsa* (10.1%) had the highest IV values, while in LOT_2 , *Manilkara excelsa* (35.4%), *Dinizia excelsa* (10.7%) and *Cordia glabrata* (3.8%) had the highest IV values (Table 1).

The values of the Shannon diversity index (H') obtained in Ds ($H' = 3.34$) were similar to those found by Condé and Tonini (2013) ($H' = 3.27$) in Caracarái, Roraima, under Dense Ombrophilous Forest. However, they were lower than those found by Alarcón and Peixoto (2007) ($H' = 4.65$) under Dense Ombrophilous Forest in Caracarái, Roraima, by Andrade *et al.* (2015) ($H' = 4.44$ to 4.47) in Ds in the state of Pará, and Piva *et al.* (2020) ($H' = 5.33$) in the RADAMBRASIL Project for the Amazon.

A análise da estrutura horizontal foi obtida conforme recomendado por Müller-Dombois e Elleberg (1974), Condé e Tonini (2013) e Gomes *et al.* (2016). A diversidade de espécies madeireiras foi obtida pela aplicação do índice de Shannon (H'), na base logarítmica natural e a uniformidade ou equabilidade de Pielou (J).

A similaridade entre áreas foi avaliada por dendrogramas (do inglês “Cluster analysis”) pela distância de Bray-Curtis, método de ligação simples (do inglês “Single Linkage”), com uso do software Biodiversity Pro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram quantificadas 9.391 árvores exploradas comercialmente com $DAP \geq 45$ cm, distribuídas em 21 famílias botânicas, 73 espécies, sendo que 8 táxons foram identificados apenas em nível de gênero nos 646,5 ha representados por Ds, LOT_1 e LOT_2 (Material Suplementar). Sapotaceae (Ds: 802; LOT_1 : 684; LOT_2 : 2.329) e Fabaceae (Ds: 575; LOT_1 : 281; LOT_2 : 985) foram consideradas as famílias botânicas com maior representatividade, ou seja, hiperdominantes, corroborando com diversos estudos amazônicos (CONDÉ; TONINI, 2013; ter STEEGE *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2015; DIONISIO *et al.*, 2016; RAMOS *et al.*, 2019).

A análise da estrutura horizontal em Ds, demonstrou que as três espécies arbóreas com o maior valor de importância (VI%) em ordem decrescente foram *Manilkara excelsa* (11,7%), *Qualea brevipedicellata* (8,2%) e *Goupia glabra* (5,2%), exploradas comercialmente na região nas categorias de AD's e PMFS's (CONDÉ; TONINI, 2013; GIMENEZ *et al.*, 2015; CRIVELLI *et al.*, 2017). Em LOT_1 , *Manilkara huberi* (Ducke) (35,2%), *Qualea brevipedicellata* (13,3%) e *Dinizia excelsa* (10,1%) apresentaram os maiores valores de VI. Já em LOT_2 , *Manilkara excelsa* (35,4%), *Dinizia excelsa* (10,7%) e *Cordia glabrata* (3,8%) apresentaram os maiores valores de VI (Tabela 1).

Os valores do índice de diversidade de Shannon (H') obtido em Ds ($H' = 3,34$) foi similar ao encontrado por Condé e Tonini (2013) ($H' = 3,27$) em Caracarái-RR, sob Floresta Ombrófila Densa. Porém, foram inferiores aos observados por Alarcón e Peixoto (2007) ($H' = 4,65$), sob Floresta Ombrófila Densa em Caracarái-RR, por Andrade *et al.* (2015) ($H' = 4,44$ a $4,47$) em Ds no estado do Pará e Piva *et al.* (2020) ($H' = 5,33$) no Projeto RADAMBRASIL para a Amazônia.

Table 1 - Exploited timber species in the horizontal structure by forest typology, in descending order of IV
Tabela 1 - Espécies madeireiras exploradas na estrutura horizontal por tipologia florestal, em ordem decrescente de VI

Species	Family	N	Horizontal Structure							
			BA	AD	RD	ADo	RDo	AF	RF	IV%
Submontane Dense Ombrophilous Forest (Ds)										
<i>Manilkara excelsa</i>	Sapotaceae	550	201.38	2.0	15.5	0.7	15.7	1.0	3.9	11.7
<i>Qualea brevipedicellata</i>	Vochysiaceae	390	128.23	1.4	11.0	0.5	10.0	1.0	3.8	8.2
<i>Goupia glabra</i>	Goupiaceae	188	82.26	0.7	5.3	0.3	6.4	1.0	3.8	5.2
<i>Pouteria sp.</i>	Sapotaceae	232	65.91	0.8	6.5	0.2	5.1	0.9	3.4	5.0
<i>Cordia glabrata</i>	Lauraceae	179	54.75	0.6	5.0	0.2	4.3	0.9	3.7	4.3
<i>Diploptropis martiusii</i>	Fabaceae	152	51.43	0.6	4.3	0.2	4.0	0.9	3.6	4.0
<i>Caryocar gracile</i>	Caryocaraceae	115	41.86	0.4	3.2	0.2	3.3	0.9	3.7	3.4
<i>Erisma calcaratum</i>	Vochysiaceae	116	41.40	0.4	3.3	0.2	3.2	0.8	3.3	3.3
<i>Dinizia excelsa</i>	Fabaceae	81	62.81	0.3	2.3	0.2	4.9	0.7	2.6	3.3
Campinarana/Ombrophilous Forest (LOt₁)										
<i>Manilkara huberi</i>	Sapotaceae	684	377.6	11.9	49.4	6.6	47.9	1.0	8.4	35.2
<i>Qualea brevipedicellata</i>	Vochysiaceae	192	139.1	3.3	13.9	2.4	17.7	1.0	8.4	13.3
<i>Dinizia excelsa</i>	Fabaceae	159	83.3	2.8	11.5	1.5	10.6	1.0	8.4	10.1
<i>Hymenolobium complicatum</i>	Fabaceae	48	28.7	0.8	3.5	0.5	3.6	0.8	6.3	4.5
<i>Goupia glabra</i>	Goupiaceae	49	27.8	0.9	3.5	0.5	3.5	0.8	6.3	4.4
<i>Simarouba amara</i>	Simaroubaceae	42	19.4	0.7	3.0	0.3	2.5	0.8	6.3	3.9
<i>Buchenavia grandis</i>	Combretaceae	41	16.8	0.7	3.0	0.3	2.1	0.8	6.3	3.8
<i>Ocotea neesiana</i>	Lauraceae	32	24.4	0.6	2.3	0.4	3.1	0.7	5.9	3.8
<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	Fabaceae	20	7.0	0.3	1.4	0.1	0.9	0.7	5.4	2.6
Campinarana/Ombrophilous Forest (LOt₂)										
<i>Manilkara excelsa</i>	Sapotaceae	2,322	1240.4	7.4	52.1	4.0	50.5	1.0	3.4	35.4
<i>Dinizia excelsa</i>	Fabaceae	370	499.3	1.2	8.3	1.6	20.3	1.0	3.4	10.7
<i>Cordia glabrata</i>	Lauraceae	227	74.1	0.7	5.1	0.2	3.0	1.0	3.4	3.8
<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	Fabaceae	100	73.2	0.3	2.2	0.2	3.0	0.9	3.2	2.8
<i>Qualea brevipedicellata</i>	Vochysiaceae	127	40.0	0.4	2.9	0.1	1.6	1.0	3.4	2.6
<i>Caryocar gracile</i>	Caryocaraceae	104	38.2	0.3	2.3	0.1	1.6	1.0	3.4	2.4
<i>Vatairea speciosa</i>	Fabaceae	103	37.7	0.3	2.3	0.1	1.5	1.0	3.4	2.4
<i>Piptadenia excelsa</i>	Fabaceae	104	36.9	0.3	2.3	0.1	1.5	1.0	3.4	2.4
<i>Goupia glabra</i>	Goupiaceae	97	38.1	0.3	2.2	0.1	1.6	1.0	3.4	2.4
Sub-Totals (Ds)	Various	2,003	730.04	7.3	56.4	2.6	56.8	8.0	31.8	48.3
Other species (Ds)	Various	1,550	554.36	5.6	43.6	2.0	43.2	17.2	68.2	51.7
Total (Ds)		3,553	1,284	13	100	5	100	25	100	100
Sub-Totals (LOt ₁)	Various	1,267	724.1	22.1	91.5	12.6	91.9	7.4	61.5	81.6
Other species (LOt ₁)	Various	118	64.2	2.1	8.5	1.1	8.1	4.6	38.5	18.4
Total (LOt₁)		1,385	788.3	24.1	24	100	14	100	12	100
Sub-Totals (LOt ₂)	Various	3,554	2077.8	11.3	79.8	6.6	84.6	8.9	30.7	65.0
Other species (LOt ₂)	Various	899	377.6	2.9	20.2	1.2	15.4	20.2	69.3	35.0
Total (LOt₂)		4,453	2,455	14	100	8	100	29	100	100

Where: N = total individual density; BA = basal area, in m²; AD = absolute density, in ind.ha⁻¹; RD = relative density; ADo = absolute dominance, in m².ha⁻¹; RDo = relative dominance; AF = absolute frequency, occurrent strips versus total strips; RF = relative frequency; IV% = importance value, as a percentage.

Em que: N = densidade total de indivíduos; AB = área basal, em m²; DA = densidade absoluta, em ind. ha⁻¹; DR = densidade relativa; DoA = dominância absoluta, em m². ha⁻¹; DoR = dominância relativa; FA = frequência absoluta, faixas ocorrentes versus total de faixas; FR = frequência relativa; VI% = valor de importância, em porcentagem.

The values seen in LOT_1 ($H' = 1.92$) and LOT_2 ($H' = 2.20$) were also lower than the values obtained in Ds, shown above, indicating possible differences of phytophysiology, and the influence of environmental gradients on the occurrence of the various spatial patterns of the species of Amazonian arboreal flora (GOMES *et al.*, 2016; MIRON *et al.*, 2021). However, it is important to emphasise that the diversity index can undergo significant changes depending on both the sampling intensity and inclusion criteria for the trees, based on different objectives, such as, for example, quantifying the natural regeneration of the forest, mortality, growth, entry, carbon stock, timber potential, etc.

The Pielou evenness index (J) found in Ds (0.82) it is higher than the values found by Sandoval (2014) ($J = 0.78$) and Condé and Tonini (2013) ($J = 0.64$), albeit similar to the value found by Andrade *et al.* (2015) ($J = 0.82$ to 0.83), reflecting the absence of any specific dominance. However, in LOT_1 and LOT_2 ($J = 0.55$), this value was lower than in Ds, and within the range of variation (0.46 to 0.88) found in ecosystems of campinaranas in the Central Amazon (DEMARCHI, 2014).

The floristic similarity between Ds and LOT_2 was higher (48%), despite being of different typologies (Figure 2). This may be related to the complex heterogeneity of species of endemic flora in transitional environments from Ds to LOT in southern Roraima. Such environments need further scientific study to better understand the natural processes shaped by complex interactions between the fauna and flora associated with environmental gradients throughout the landscape, especially in relation to the hydromorphic soils of white sand of southern Roraima (MENDONÇA *et al.*, 2015; ADENEY *et al.*, 2016). However, anthropogenic factors can significantly alter the floristic composition, phytosociology and volume of these ecosystems.

An analysis of the estimated timber volume per hectare per strip present in Ds, LOT_1 and LOT_2 showed the superiority of LOT_1 and LOT_2 in relation to Ds (Table 2), in contrast to the pattern seen by Demarchi *et al.* (2019).

Os valores observados em LOT_1 ($H' = 1,92$) e LOT_2 ($H' = 2,20$), também, foram inferiores aos valores obtidos em Ds já mostrado anteriormente, demonstrando que podem ocorrer diferenças fitofisionômicas e influência de gradientes ambientais na ocorrência dos distintos padrões espaciais de espécies da flora arbórea amazônica (GOMES *et al.*, 2016; MIRON *et al.*, 2021). Porém, ressalta-se que este índice de diversidade pode sofrer alterações significativas em função da intensidade amostral e critério de inclusão das árvores, em função de distintos objetivos, como por exemplo, quantificar a regeneração natural da floresta, mortalidade, crescimento, ingresso, estoque de carbono, potencial madeireiro, etc.

A equabilidade de Pielou (J) encontrada em Ds (0,82) é superior aos valores observados por Sandoval (2014) ($J = 0,78$) e Condé e Tonini (2013) ($J = 0,64$), porém semelhante ao valor observado por Andrade *et al.* (2015) ($J = 0,82$ a 0,83), refletindo ausências de dominâncias específicas. Porém, em LOT_1 e LOT_2 ($J = 0,55$), esse valor foi inferior a Ds e dentro da amplitude de variação (0,46 a 0,88) observada em ecossistemas de campinaranas na Amazônia Central (DEMARCHI, 2014).

A similaridade florística foi maior entre Ds e LOT_2 (48%), embora sejam de tipologias distintas (Figura 2). Isso pode estar relacionado à complexa heterogeneidade de espécies da flora endêmica em ambientes de transição entre Ds e LOT no Sul de Roraima. Tais ambientes necessitam de mais estudos para a melhor compreensão dos processos naturais moldados por complexas interações entre fauna e flora associadas aos gradientes ambientais ao longo da paisagem, principalmente em relação aos solos hidromórficos de areia branca do Sul de Roraima (MENDONÇA *et al.*, 2015; ADENEY *et al.*, 2016). Porém, o fator antrópico pode alterar significativamente a composição florística, fitossociologia e volumetria desses ecossistemas.

A análise da estimativa de volume de madeira por hectare por faixa presente em Ds, LOT_1 e LOT_2 demonstrou superioridade de LOT_1 e LOT_2 em relação a Ds (Tabela 2), contrapondo o padrão observado por Demarchi *et al.* (2019).

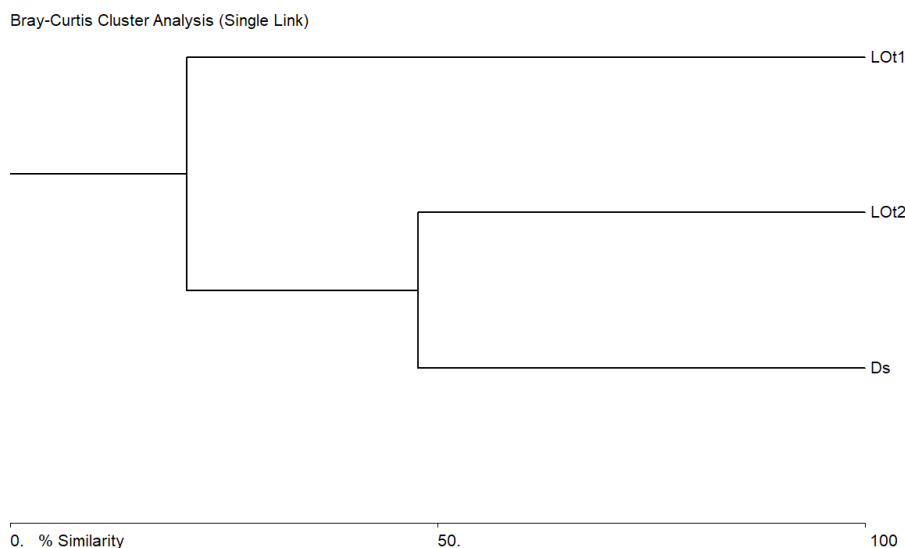


Figure 2 - Floristic similarity of timber species exploited in areas under deforestation licence (DL) in the district of Rorainópolis, Roraima.

Ds: Submontane Dense Ombrophilous Forest; LOT₁: Contact Campinarana/Ombrophilous Forest; LOT₂: Contact Campinarana/Ombrophilous Forest. Source: Authors.

Figura 2 - Similaridade florística de espécies de árvores madeireiras exploradas nas áreas sob autorizações de desmatamento (AD's) no município de Rorainópolis-RR.

Ds: Floresta Ombrófila Densa Submontana; LOT₁: contato Campinarana/Floresta Ombrófila; LOT₂: contato Campinarana/Floresta Ombrófila. Fonte: Autores.

Table 2 - Estimate of the average timber volume per hectare in areas under deforestation licence (DL) in the district of Rorainópolis, Roraima

Tabela 2 - Estimativa de volume de madeira médio por hectare nas áreas sob autorizações de desmatamento (AD's) no município de Rorainópolis-RR

Typology	N	Area (ha)	CVavg (m ³ /ha ⁻¹)	CVtotal (m ³)
Ds	3,553	275.6	53.9 ± 29.6	14,844.8
LOT ₁	1,385	57.4	119.5 ± 68.1	6,858.0
LOT ₂	4,453	313.5	70.2 ± 27.7	21,997.2
Total geral	9,391	646.5		43,700.1

N = total number of trees sampled; Area (ha) = total area exploited under deforestation licence (DL); CVavg (m³/ha⁻¹) = average timber volume per hectare (± standard deviation); CVtotal (m³) = commercial timber volume exploited per area; Ds = Submontane Dense Ombrophilous Forest; LOT = Contact Campinarara/Ombrophilous Forest.

Em que: N = número de árvores total amostradas; Área (ha) = área total explorada na autorização de desmatamento (AD); VCMédio (m³/ha⁻¹) = volume de madeira médio por hectare (± desvio padrão); VCTotal (m³) = volume de madeira total explorado por área; Ds = Floresta Ombrófila Densa Submontana (Ds); LOT = contato Campinarara/Floresta Ombrófila.

The far greater volume of timber stock in LOT_1 and LOT_2 compared to Ds may be related not only to natural processes, but also to the influence of deforestation and illegal selective logging in the surrounding area, a region close to the Anauá National Forest (FLONA) (CONDÉ *et al.*, 2019). During this period, the Federal Police detected fraud in the granting of deforestation and forest management licences, or forest transport guidelines (DOF), and the availability of fictitious forest credits, which allowed deforestation and illegal logging in undocumented areas, public lands or protected areas, in addition to the transport, processing and marketing of these forest products by sawmills and timber companies (PF, 2014).

Comparing the most exploited species included in the DL of this study, such as *Manilkara excelsa* ($Ds = 9.2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $LOT_2 = 36.7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) and *Manilkara huberi* ($LOT_1 = 57.8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) (Figures 3a, 3b and 3c), shows the superiority of LOT_1 and LOT_2 in relation to Ds, highlighting the possible influence of deforestation and illegal selective logging in the surrounding area. Historically, these species have been exploited in Roraima, and have the potential for commercial use as high value timber (GIMENEZ *et al.*, 2015; CRIVELLI *et al.*, 2017; CONDÉ *et al.*, 2022). *Dinizia excelsa*, whose wood is used in civil construction and for furniture, etc, follows a similar pattern (TONINI; BORGES, 2015).

LOT_1 had the highest volume of exploited timber ($119.48 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ in 57.4 ha), despite having the smallest effective area of exploited forest compared to Ds ($53.86 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ in 275.6 ha) and LOT_2 ($70.16 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ in 313.5 ha), values within the range of volumes ($72.67 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ to $153.55 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) reported by Moreira and Barbosa (2008) for the RADAMBRASIL Project for Roraima and adjacent areas. This variation strengthens the need for further studies related to phytosociology and volume in transitional Amazonian ecosystems, due to the degree of complexity of the ecological relationships, the influence of environmental gradients and anthropogenic factors that alter the natural vegetation cover and types of land use.

A alta superioridade no estoque de volume de madeira em LOT_1 e LOT_2 em relação à Ds pode estar relacionada não apenas aos processos naturais, mas à influência do desmatamento e exploração seletiva de madeira ilegal no entorno, região próxima à Floresta Nacional (FLONA) de Anauá (CONDÉ *et al.*, 2019). Nesse período, a Polícia Federal detectou fraudes na concessão das autorizações de desmatamento e manejo florestal, ou de guia de transporte florestal (DOF), disponibilidade de créditos florestais fictícios, que permitiam o desmatamento e a retirada ilegal de madeira, de áreas não documentadas, de terras públicas ou de áreas protegidas, além de transporte, processamento e comercialização destes produtos florestais pelas serrarias e madeireiras (PF, 2014).

Quando se compara as espécies mais exploradas nas AD's desse estudo, como *Manilkara excelsa* ($Ds = 9,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $LOT_2 = 36,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) e *Manilkara huberi* ($LOT_1 = 57,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) (Figuras 3a, 3b e 3c), observa-se superioridade de LOT_1 e LOT_2 em relação à Ds, destacando a possível influência do desmatamento e exploração seletiva de madeira ilegal no entorno. Essas espécies têm sido historicamente exploradas em Roraima, com aptidão para uso madeireiro de alto valor comercial (GIMENEZ *et al.*, 2015; CRIVELLI *et al.*, 2017; CONDÉ *et al.*, 2022). *Dinizia excelsa* (Angelim-ferro) também segue o mesmo padrão das anteriores (TONINI; BORGES, 2015), cuja madeira é utilizada na construção civil, mobiliário etc.

LOT_1 obteve maior volume madeireiro explorado ($119,48 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ em 57,4 ha), embora possua a menor área efetiva de exploração florestal em relação à Ds ($53,86 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ em 275,6 ha) e LOT_2 ($70,16 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ em 313,5 ha), esses valores estão dentro da amplitude volumétrica ($72,67 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ a $153,55 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) relatados por Moreira e Barbosa (2008) pelo Projeto RADAMBRASIL para Roraima e áreas adjacências. Tal variação observada fortalece a necessidade de mais estudos relacionados à fitossociologia e volumetria em ecossistemas amazônicos de transição ecológica, devido ao grau de complexidade das relações ecológicas, influência de gradientes ambientais e fatores antrópicos que alteram a cobertura vegetal natural e os usos da terra.

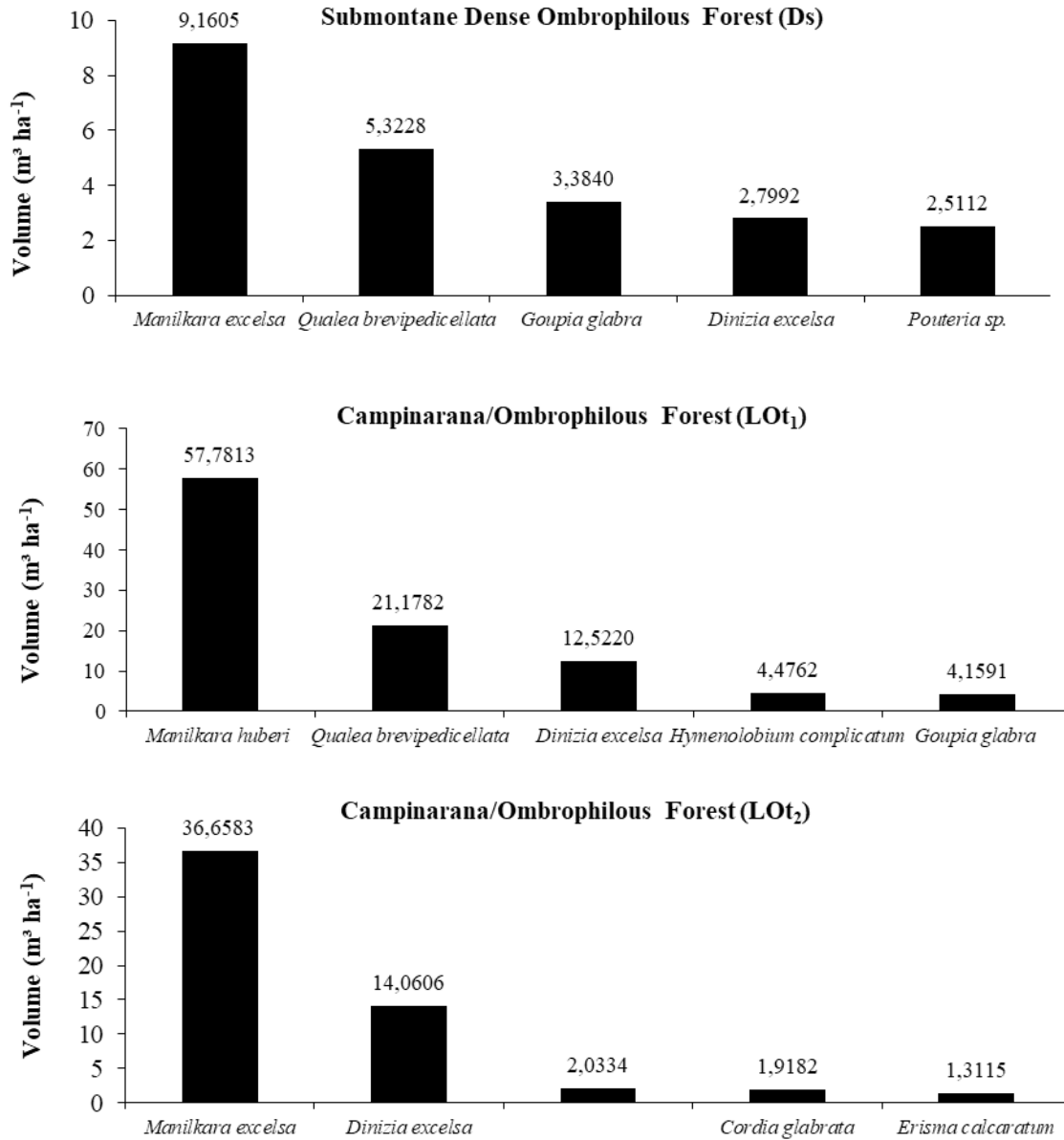


Figure 3 - Exploited species with higher volumes per hectare in Submontane Dense Ombrophilous Forest (Ds) (a), Campinarana/Ombrophilous Forest (LOT₁) (b) and Campinarana/Ombrophilous Forest (LOT₂) (c), under deforestation licence (DL) in the district of Rorainópolis, Roraima, Brazil.

Figura 3 - Espécies madeireiras exploradas com maiores volumes por hectare em Floresta Ombrófila Densa Submontana (Ds) (a), Campinarana/Floresta Ombrófila (LOT₁) (b) e Campinarana/Floresta Ombrófila (LOT₂) (c), sob autorizações de desmatamento (AD's) no município de Rorainópolis-RR, Brasil

CONCLUSION

The phytosociology of the contact or transitional Campinarana/Dense Ombrophilous Forest ecosystems (LOt₁ and LOt₂) revealed an inferior pattern of diversity and evenness for the timber species, compared to the Submontane Dense Ombrophilous Forest ecosystem (Ds);

The floristic similarity was higher between Ds and LOt₂, of different forest types, showing that transitional environments can be fairly complex in terms of floristic composition and diversity;

The far greater volume of timber stock in LOt₁ and LOt₂ compared to Ds, contrary to the hypothesis of this study, may be related not only to natural processes, but also to anthropogenic factors such as deforestation and illegal selective logging in the surrounding area;

It is emphasized the need for studies on transitional forest ecosystems in the Amazon, due to the complexity of the ecological relationships, the influence of environmental gradients, and anthropogenic factors.

CONCLUSÃO

A fitossociologia nos ecossistemas de contato ou transição ecológica entre Campinarana/Floresta Ombrófila Densa (LOt₁ e LOt₂) revelou um padrão inferior de diversidade e equabilidade de espécies de árvores madeireiras em relação ao ecossistema de Floresta Ombrófila Densa Submontana (Ds);

A similaridade florística foi maior entre Ds e LOt₂, de diferentes tipologias florestais, demonstrando que ambientes de transição podem ser complexos quanto à composição florística e diversidade;

A alta superioridade no estoque de volume de madeira em LOt₁ e LOt₂ em relação a Ds, contrariando a hipótese deste estudo, pode estar relacionada não apenas a processos naturais, mais também, aos fatores antrópicos como desmatamento e exploração seletiva de madeira ilegal no entorno;

Ressalta-se a necessidade de estudos em ecossistemas florestais de transição na Amazônia, devido à complexidade das relações ecológicas, influência de gradientes ambientais e fatores antrópicos.

CITED SCIENTIFIC LITERATURE

ADENEY, J. M.; CHRISTENSEN, N. L.; VICENTINI, A.; COHN-HAFT, M. White-sand Ecosystems in Amazonia. **Biotropica**, v. 48, n. 1, p. 7-23, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/btp.12293>

ALARCÓN, J. G. S.; PEIXOTO, A. L. Florística e fitossociologia de um trecho de um hectare de floresta de terra firme, em Caracaraí, Roraima, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v.2, n.2, p.33–60, 2007.

ANDRADE, D. F.; GAMA, J. R. V.; MELO, L. O.; RUSCHEL, A. R. Inventário florestal de grandes áreas na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Amazônia, Brasil. **Biota Amazônia**, v. 5, n. 1, p. 109-115, 2015. DOI: <https://doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v5n1p109-115>

APG IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, p. 1–20, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/boj.12385>

BARBOSA, R. I.; BRIGLIA-FERREIRA, S. R.; CITÓ, A. C.; FUJISAKI, E. T.; LISBOA, B. A. R. Parque Nacional Serra da Mocidade: notas sobre os aspectos históricos, identidade paisagística e rotas fluviais. **Acta Geográfica**, v.13, n. 33, p. 88-112, 2019.

BASTOS, A. M; HEINSDIJK, D. Inventários florestais na Amazônia. **Boletim do Serviço Florestal**, v. 6, p. 1-100, 1963.

- CONDÉ, T. M.; HIGUCHI, N.; LIMA, A. J. N. Illegal Selective Logging and Forest Fires in the Northern Brazilian Amazon. **Forests**, v. 10, n. 61, p. 1-22, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/f10010061>
- CONDÉ, T. M.; TONINI, H. Fitossociologia de uma Floresta Ombrófila Densa na Amazônia Setentrional, Roraima, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 43, p. 247–260, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672013000300002>
- CONDÉ, T. M.; TONINI, H.; HIGUCHI, N.; HIGUCHI, F. G.; LIMA, A. J. N.; BARBOSA, R. I.; PEREIRA, T. S.; HAAS, M. A. Effects of sustainable forest management on tree diversity, timber volumes, and carbon stocks in an ecotone forest in the northern Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 119, n. 106145, 2022.
- CRIVELLI, B. R. S.; GOMES, J. P.; MORAIS, W. W. C.; CONDÉ, T. M.; SANTOS, R. L.; BOMFIM FILHO, O.S. Caracterização do setor madeireiro de Rorainópolis, sul de Roraima. **Ciência da Madeira**, v. 8, p. 142-50, 2017.
- DEMARCHI, L. O. Composição, conhecimento e uso de plantas de Campinarana por moradores da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé – Amazônia Central. 2014. 110p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – INPA, Manaus.
- DEMARCHI, L. O.; SCUDELLER, V. V.; MOURA, L. C.; LOPES, A.; PIEDADE, M. T. F. Logging impact on Amazonian white-sand forests: perspectives from a sustainable development reserve. **Acta Amazonica**, v. 49, n. 4, p. 316-323, 2019.
- 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**, v. 10, n. 3, p. 243-252, 2016. DOI: <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i3.3381>
- GAUI, T. D.; COSTA, F. R. C.; SOUZA, F. C.; AMARAL, M. R. M.; CARVALHO, D. C.; REIS, F. Q.; HIGUCHI, N. Long-term effect of selective logging on floristic composition: A 25 year experiment in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 440, p. 258-266, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.02.033>
- GIMENEZ, B. O.; DANIELLI, F. E.; OLIVEIRA, C. K. A.; SANTOS, J.; HIGUCHI, N. Equações volumétricas para espécies comerciais madeireiras do sul do estado de Roraima. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 106, p. 291–301, 2015.
- GITHUB. Classificação climática de Köppen para os municípios brasileiros. Disponível em: <https://koppenbrasil.github.io/>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2022.
- GOMES, J. P.; CONDÉ, T. M.; SANTOS, R. L.; DIONISIO, L. F. S.; DUARTE, O. R.; MIRANDA, D. L. C.; SILVA, F. Efeitos de gradientes ambientais na fitossociologia de assembleias de palmeiras no sudeste de Roraima, Brasil. **Nativa**, v. 4, n. 5, p. 317-327, 2016.
- GUEVARA, J. E.; DAMASCO, G.; BARALOTO, C.; FINE, P. V. A.; PEÑUELA, M. C.; CASTILHO, C.; VINCENTINI, A.; CÁRDENAS, D.; WITTIMANN, F.; TARGHETTA, N.; PHILLIPS, O.; STROPP, J.; AMARAL, I.; MAAS, P.; MONTEAGUDO, A.; JIMENEZ, E. M.; THOMAS, R.; BRIENEN, A. D.; MAGNUSSON, W.; FERREIRA, C.; HONORIO, E.; MATOS, F. A.; AREVALO, F. R.; ENGEL, J.; PETRONELLI, P.; VASQUES, R.; ter STEEGE, H. Low Phylogenetic Beta Diversity and Geographic Neo-endemism in Amazonian White-sand Forests. **Biotropica**, v. 48, n. 1, p. 34-46, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/btp.12298>
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa de vegetação do Estado de Roraima. Escala 1: 1.000.000. IBGE, Rio de Janeiro, 2005a.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa de Solos em nível exploratório do Estado de Roraima. Escala 1: 1.000.000. IBGE, Rio de Janeiro, 2005b.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. População do município de Rorainópolis-RR. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rr/rorainopolis/panorama>. Acesso em: 07 de janeiro de 2022.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Programa de Monitoramento por Satélites do Desmatamento por corte raso na Amazônia Legal. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2022.

- Keys to Soil Taxonomy. 12th ed. [Washington, DC]: USDA, Natural Resources Conservation Service, 2014. 360 p. Soil Survey Staff. Disponível em: <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/class/taxonomy/?cid=nrcs142p2_053580#spanish>. Acesso em: 30 abril, 2022.
- MENDONÇA, B. A. F.; FILHO, E. I. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SIMAS, F. N. B.; PAULA, M. D. Os solos das campinaranas na Amazônia brasileira: ecossistemas arenícolas oligotróficos. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 4, p. 827–839, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509820581>
- MIRON, A. C.; BEZERRA, T. G.; NASCIMENTO, R. G. M.; EMMERT, F.; PEREIRA, R. S.; HIGUCHI, N. Spatial distribution of six managed tree species is influenced by topography conditions in the Central Amazon. **Journal of Environmental Management**, v. 281, 111835, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111835>
- MOREIRA, J.; BARBOSA, R. I. Composição, riqueza e diversidade de árvores comerciais inventariadas pelo projeto RADAMBRASIL para Roraima e áreas adjacências. **Mens Agitat**, v. 3, n. 2, p. 115-124, 2008.
- MÜLLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. Aims and methods for vegetation ecology. John Wiley & Sons, New York, USA, 1974. 547p.
- NEPSTAD, D.; MCGRATH, D.; STICKLER, C.; ALENCAR, A.; AZEVEDO, A.; SWETTE, B.; BEZERRA, T.; DIGIANO, M.; SHIMADA, J.; DA MOTTA, R.; ARMIJO, E.; CASTELLO, L.; BRANDO, P.; HANSEN, M.; MCGRATH-HORN, M.; CARVALHO, O.; HESS, L. Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains. **Science**, v. 344, p. 1118-1123, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1126/ciência.1248525>
- PF. Polícia Federal. Operação Xilófagos combate o avanço do desmatamento na Amazônia Legal. Disponível em: <http://www.pf.gov.br/agencia/noticias/2014/12/pf-combate-o-avanco-do-desmatamento-na-amazonia-legal>. Acesso em: 07 de janeiro de 2022.
- PIVA, L. R. O.; SANQUETTA, C. R.; WOJCIECHOWSKI, J.; DALLA CORTE, A. P. Fitossociologia em comunidades florestais do Projeto RADAMBRASIL no bioma Amazônia. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 5, n. 2, p. 264-271, 2020. DOI: [10.5380/biofix.v5i2.73668](https://doi.org/10.5380/biofix.v5i2.73668)
- RAMOS, Y. A.; AGUIAR, B. A. C.; SILVA, M. V. C.; MATOS, R. E. S.; COELHO, M. C. B.; GIONGO, M. Structure and floristic composition in a dense ombrophilous forest area under forest management. **Floresta**, v. 49, n. 4, p. 793-802, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5380/1980509820581>
- SANDOVAL, D. E. V. Descritores fitossociológicos estruturais e ecunidades do mosaico silvigênico da floresta ombrófila densa no município de Presidente Figueiredo/Balbina-AM. 2014. 66p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – UFAM, Amazonas.
- SILVA, W. A. S.; CARIM, M. J. V.; GUIMARÃES, J. R. S.; TOSTES, L. C. L. Composição e diversidade florística em um trecho de floresta de terra firme no sudoeste do Estado do Amapá, Amazônia Oriental, Brasil. **Biota Amazônia**, v. 4, n. 3, p. 31-36, 2014.
- SILVA, K. E.; SOUZA, C. R.; AZEVEDO, C. P.; ROSSI, L. M. B. Dinâmica florestal, estoque de carbono e fitossociologia de uma floresta densa de terra-firme na Amazônia Central. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 105, p. 193-201, 2015.
- SILVA, S. P.; FERREIRA, E. J. L.; SANTOS, L. R. Fitossociologia e diversidade em fragmentos florestais com diferentes históricos de intervenção na Amazônia Ocidental. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509839027>
- ter STEEGE, H.; PITMAN, N.; SABATIER, D.; BARALOTO, C.; SALOMÃO, R.; GUEVARA, J. E.; PHILLIPS, O.; CASTILHO, C.; MAGNUSSON, W.; MOLINO, J.; MONTEAGUDO, A.; NÚÑEZ VARGAS, P.; MONTERO, J.; FELDPAUSCH, T.; CORONADO, E. H.; KILLEEN, T.; MOSTACEDO, B.; VASQUEZ, R.; ASSIS, R.; TERBORGH, J.; WITTMANN, F.; ANDRADE, A.; LAURANCE, W.; LAURANCE, S.; MARIMON, B.; MARIMON, B.; GUIMARÃES VIEIRA, I. C.; AMARAL, I.; BRIENEN, R.; CASTELLANOS, H.; LÓPEZ, D. C.; DUIVENVOORDEN, J.; MOGOLLÓN, H.; MATOS, F. D. D. A.; DÁVILA, N.; GARCÍA-VILLACORTA, R.; DIAZ, P. R. S.; COSTA, F.; EMILIO, T.; LEVIS, C.; SCHIETTI, J.; SOUZA, P.; ALONSO, A.; DALLMEIER, F.; MONTOYA, Á. D.; PIEDADE, M. T. F.; ARAUJO-MURAKAMI, A.; ARROYO, L.; GRIBEL, R.; FINE, P.; PERES, C.; TOLEDO, M.; AYMARD, G. C.; BAKER, T.; CERÓN, C.; ENGEL, J.; HENKEL, T.; MAAS, P.; PÉTRONELLI, P.; STROPP, J.; ZARTMAN, C.; DALY, D.; NEILL, D.; SILVEIRA, M.; PAREDES, M.; CHAVE, J.; LIMA FILHO, D. A.; JØRGENSEN, P.

M.; FUENTES, A.; SCHÖNGART, J.; VALVERDE, F. C.; DI FIORE, A.; JIMENEZ, E.; PEÑUELA MORA, M. C.; PHILLIPS, J.; RIVAS, G.; VAN ANDEL, T. V.; VON HILDEBRAND, P.; HOFFMAN, B.; ZENT, E.; MALHI, Y.; PRIETO, A.; RUDAS, A.; RUSCHELL, A.; SILVA, N.; VOS, V.; ZENT, S.; OLIVEIRA, A. A.; SCHUTZ, A.; GONZALES, T.; NASCIMENTO, M. T.; RAMÍREZ-ANGULO, H.; SIERRA, R.; TIRADO, M.; MEDINA, M. N. U.; VAN DER HEIJDEN, G. V. D.; VELA, C.; TORRE, E. V.; VRIESENDORP, C.; WANG, O.; YOUNG, K.; BAIDER, C.; BALSLEV, H.; FERREIRA, C.; MESONES, I.; TORRES-LEZAMA, A.; GIRALDO, L. E. U.; ZAGT, R.; ALEXIADES, M.; HERNANDEZ, L.; HUAMANTUPA-CHUQUIMACO, I.; MILLIKEN, W.; CUENCA, W. P.; PAULETTO, D.; ELVIS, H.; SANDOVAL, V.; GAMARRA, L. V.; DEXTER, K.; FEELEY, K.; LOPEZ-GONZALEZ, G.; SILMAN M. Hyperdominance in the Amazonian tree flora. *Science*, v. 342, p. 325-334, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1243092>.

TONINI, H.; BORGES, R. A. Equação de volume para espécies comerciais em Floresta Ombrófila Densa no sul de Roraima. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 5, p. 111-117, 2015. DOI: <https://doi.org/10.4336/2015.pfb.35.82.738>