



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**FELIPE CARDOSO DE MENEZES**

**ARMAZENAMENTO DE LITEIRA E ÁGUA EM ECOSSISTEMAS  
SUCCESIONAIS DO BAIXO RIO GUAMÁ, AMAZÔNIA ORIENTAL**

**Belém – PA**

**2021**

**FELIPE CARDOSO DE MENEZES**

**ARMAZENAMENTO DE LITEIRA E ÁGUA EM ECOSSISTEMAS  
SUCESSIONAIS DO BAIXO RIO GUAMÁ, AMAZÔNIA ORIENTAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, como parte das exigências do programa em Ciências Florestais, área de concentração em Ecologia e Ecofisiologia de Árvores, para obtenção do título de Mestre em Ciências florestais.

**Orientador: Prof. Francisco do Assis Oliveira.**

**Co-Orientador: Dr. Walmer Bruno Rocha Martins.**

**Belém – PA**

**2021**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia  
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

D278a de Menezes, Felipe Cardoso  
Armazenamento de Littera e Água em Ecossistemas Sucessionais do Baixo Rio Guamá, Amazônia  
Oriental / Felipe Cardoso de Menezes. - 2021.  
47 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Ciências Florestais (PPGCF), Campus  
Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2021.  
Orientador: Prof. Dr. Francisco de Assis Oliveira  
Coorientador: Prof. Dr. Walmer Bruno Rocha Martins.

1. Planície Fluvial. 2. Planalto interfluvial. 3. Diversidade. 4. Ciclo Biogeoquímico. 5. Littera. I.  
Oliveira, Francisco de Assis, *orient.* II. Título

---

CDD 634.92

**Felipe Cardoso de Menezes**

**ARMAZENAMENTO DE LITEIRA E ÁGUA EM ECOSISTEMAS  
SUCESSIONAIS DO BAIXO RIO GUAMÁ, AMAZÔNIA ORIENTAL**

Dissertação apresentada a Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, como exigência do curso de mestrado em ciências florestais, área de concentração ecologia e ecofisiologia de árvores, para a obtenção de título de Mestrado em Ciências.

29 de outubro de 2021

**BANCA EXAMINADORA**



---

Professor Francisco de Assis Oliveira. – Orientador  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA



---

Dr. Walmer Bruno Rocha Martins. – Co-Orientador  
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ - UEPA



---

Dra. Vanda Maria Sales de Andrade. – 1º Examinador  
PESQUISADOR EXTERNO



---

Dra. Valéria Pereira Braz Homci. – 2º Examinador  
PESQUISADOR EXTERNO



---

Professor Rui Guilherme Correia. – 3º Examinador  
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ - UEPA

*As pessoas que mais me incentivaram a chegar a esse momento:*

*Meus pais, Sr. João Maria e Sra. Maria das Graças,*

*Meu irmão Victor e irmãs Aline e Alana e*

*ao meu tio Jason Filho*

***DEDICO***

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu Deus pai todo poderoso, pelo dom da vida, calma e discernimento que foram essenciais para a conclusão deste meu trabalho.

Agradeço aos meus pais, Sr. João Maria Ferreira de Menezes e Sra. Maria das Graças Santos Cardoso de Menezes por me apoiarem e estarem sempre ao meu lado com palavras de encorajamento em todos os passos que dei até este meu objetivo. Ao meu irmão Victor de Jesus Correa e irmãs Aline Cardoso de Menezes e Alana Cardoso de Menezes por todo o carinho e amor que de mim é recíproco.

Meu tio Sr. Jason Barros Cardoso Filho que ao lado de meus pais foi exemplo de honestidade para minha formação.

Aos meus amigos mais íntimos e próximos Leonardo Guilherme, Reginaldo Neto e Vanessa Rafaela que me deram total apoio em cada passo que dei nesta vida.

A minha noiva Vanessa Cristina de L. Lopes, companheira que acompanhou minha trajetória no avançar neste trabalho.

A Universidade Federal Rural da Amazônia, meu eterno lar que me permitiu realizar vários sonhos com todo o seu apoio e infraestrutura.

Ao CNPq, por me conceder uma bolsa de pesquisa que muito me ajudou.

A todos aqueles que me incentivaram a nunca desistir e sempre evoluir como pessoa e profissional sempre buscando um horizonte melhor de oportunidades, e especial ao Sr. Adelson Oliveira, meu primeiro mentor após o término da minha graduação e a equipe técnica da Secretaria de Meio Ambiente de Igarapé-açu.

Ao meu Orientador Professor Francisco de Assis Oliveira, por todo o seu conhecimento e confiança em meu trabalho me ajudaram no desenvolvimento desta pesquisa.

Ao meu Co-orientador Walmer Bruno Rocha Martins, em todos os momentos de apoio, sugestões, contribuições e orientações em diversos momentos que levarei sempre na memória e o guardo sempre como amigo.

A todos os membros do LABECOS, que foram essenciais e muito me ajudaram na minha evolução, na pesquisa e como pesquisador, em especial ao mestre Hélio Brito, mestrando Welton e as estagiárias, Júlia e Tirza, e a todos que de alguma forma me auxiliaram.

A Coordenação de Pós-Graduação em Ciências Florestais, e com todo o carinho destaque o esforço hercúleo da Dra. Lina Bufalino na busca incessante nas melhorias do curso, e a Andreza que nunca poupou esforços em ajudar no que fosse necessário.

A todos aqueles em algum momento, direta ou indiretamente, contribuíram na realização e conclusão deste trabalho.

**MUITO OBRIGADO!**

## RESUMO

A liteira é um indicador importante de qualidade de restauração de ecossistemas, onde suas propriedades físicas capacidade de armazenamento de água e estoque de liteira variam de um ecossistema para outro. Na Amazônia os Ecossistemas Sucessionais Florestais de Planaltos Interfluviais (ESF<sub>PI</sub>) e os Sucessionais Florestais de Planícies Fluviais (ESF<sub>PF</sub>) são exemplos que representam diferenças para o fator liteira. Com isso, a seguinte questão foi proposta: Os ecossistemas de floresta sucessional de planalto interfluvial possui estoque de liteira e capacidade de armazenamento de água superior em comparação ao de planície fluvial? Com a hipótese de que (h): Se o ecossistema de planalto interfluvial apresentar maior estoque de liteira, logo ele terá maior capacidade de armazenamento de água independente do período das coletas. O experimento foi realizado na UFRA, Campus Belém. Cada ecossistema foi considerado como tratamento e foi implantado 12 parcelas de 10m x 100m e com o uso de coletor metálico foram coletadas 36 amostras por ecossistema com intervalo de 6 meses entre coletas. Para o estudo, foi feita a análise florística (CAP>15cm) dos ecossistemas e coletado amostras de liteira para determinar seu armazenamento na superfície do solo (Mg.ha<sup>-1</sup>) e de armazenamento de água (%). O delineamento experimental aplicado foi inteiramente casualizado de 2x2. A *Euterpe oleraceae* apresentou os valores mais expressivos nos dois ecossistemas e a família Fabaceae foi a mais rica em espécies. Da análise das médias dos valores coletados das propriedades físicas da liteira, capacidade de armazenamento de água e estoque, foi considerado a hipótese como rejeitada (ANOVA, p < 0,05). Com o ecossistema ESF<sub>PI</sub> apresentando o maior armazenamento de liteira no período com menos chuvas (10,5 ± 3,75 Mg.ha<sup>-1</sup>) e o ecossistema ESF<sub>PF</sub> maior média de armazenamento de água no período de mais chuvas (349%), foi considerado que o ecossistema com maior estoque de liteira não tendo a maior capacidade de armazenamento de água, levando a crer que essas características vem de fatores do próprio ecossistema.

Palavras-chave: Planície Fluvial; Planalto interfluvial; Diversidade; Ciclo Biogeoquímico.

## ABSTRACT

The litterfall is an important indicator of the quality of ecosystems' restoration, one in which the physical properties of water storage and litter stock vary from one ecosystem to another. In the Amazon, the Successional Forest Ecosystems of Interfluvial Highlands (SFEIHs) and the Successional Forest Ecosystems of Fluvial Plains (SFEFPs) are examples that represent differences for the litter factor. Therefore, the following question was proposed: Do the successional forest ecosystems of interfluvial highland possess a higher litter stock and water storage capacity when compared to the fluvial plain one? With the hypothesis that (h): if the highland interfluvial ecosystem presents a higher litter stock, so it will possess a higher water storage capacity, notwithstanding the time period in which it was collected. The experiment was carried out at the Federal Rural University of the Amazon (UFRA), at the campus located in Belém. Each ecosystem was considered as a form of treatment and had 12 tracts of 10x10m implanted; using a metallic collector, 36 samples were collected in each ecosystem, with a lapse of 6 months between each sample. For this study, we performed a floristic survey (CBH>15cm) of the ecosystems and collected litterfall samples to determine its storage on the ground surface ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) and the water storage percentage (%). The outline we applied to the experiment was entirely randomized with a 2x2 distribution. The *Euterpe oleraceae* presented the most expressive values across both ecosystems and the Fabaceae family was the richest one as far as the number of species is concerned. After analyzing the average values collected regarding the physical properties of the litterfall, its litter stock and water storage capacity, we rejected the hypothesis (ANOVA,  $p < 0,05$ ). The SFEIHs ecosystem presented the higher litter stock in the time period when there was less rain ( $10,5 \pm \text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) and the SFEFPs ecosystem presented the higher water storage average during the rainy season (349%). Thus, we concluded that the ecosystem with the higher litter stock value does not present the higher water storage capacity, which leads us to believe that these characteristics derive from factors pertaining to the system itself.

Keywords: Fluvial Plain; Interfluvial Highland; Diversity; Biogeochemical Cycle

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Limites da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), limite do ecossistema de planícies fluviais e limites das parcelas.....	20
<b>Figura 2</b> - Variáveis climatológicas, Precipitação Pluviométrica (mm), Temperatura Máxima (°C) e Temperatura Mínima (°C) no período de julho de 2020 a maio de 2021. Dados da ESTAÇÃO METEOROLÓGICA ISARH/UFRA.....	21
<b>Figura 3</b> - Amostras sendo secas em estufas de circulação e renovação de ar.....	24
<b>Figura 4</b> - Pesagem das amostras secas em balança analítica (Ohaus – ARA 520). ....	24
<b>Figura 5</b> – Coleta de amostra de liteira em campo no ecossistema sucessional de planície fluvial a margem direita do rio Guamá.....	25
<b>Figura 6</b> – Utilização do coletor metálico onde podemos ver delimitado (a) o material que deve ser removido e (b) o solo exposto demarcando a área coletada. ....	25
<b>Figura 7</b> – Procedimento laboratorial para determinação do armazenamento de água. (a) Imersão da liteira coletada em água; (b) Amostras passando pelo escoamento de água para pesagem. ....	27
<b>Figura 8</b> – Médias da Capacidade de Armazenamento de Água (%) referente a um mês do segundo semestre de 2020 e referente a um mês do segundo semestres 2021, dos ecossistemas ESF <sub>PF</sub> = Sucessional de Planície Fluvial e ESF <sub>PI</sub> = Sucessional de Planalto Interfluvial, localizados na UD – Várzea (1° 27' 52" S e 48° 26' 03" O) e floresta adjacente ao ICA (1° 27' 14" S e 48° 26' 22" O) localizados a margem direita do Rio Guamá no Campus Belém da UFRA. As médias estão apresentadas com seus respectivos erros padrões, com letras maiúsculas apresentando a relação dos ecossistemas dentro dos meses coletados, as letras minúsculas representam a comparação do mesmo ecossistema entre os meses coletados, testados estatisticamente com ANOVA ( $p < 0,05$ ). ....	30
<b>Figura 9</b> - Média $\pm$ EP referente ao armazenamento de liteira ( $Mg \cdot ha^{-1}$ ) em dois meses comparando setembro de 2020 e março de 2021, nos ecossistemas ESF <sub>PF</sub> = Sucessional de Planícies Fluvial e ESF <sub>PI</sub> = Sucessioanl de Planalto Interfluvial, localizados na UD – Várzea (1° 27' 52" S e 48° 26' 03" O) e floresta adjacente ao ICA (1° 27' 14" S e 48° 26' 22" O) localizados a margem direita do Rio Guamá no Campus Belém da UFRA. As médias estão apresentadas com seus respectivos erros padrões, com letras maiúsculas apresentando a relação dos ecossistemas dentro dos meses coletados, as letras minúsculas representam a comparação do mesmo ecossistema entre os meses coletados, testados estatisticamente com ANOVA ( $p < 0,05$ ). ....	31
<b>Figura 10</b> – Distribuição das frações em (%) dos ecossistemas estudados para cada coleta representados pelos ecossistemas do estudo em ESF <sub>PF</sub> = Planície Fluvial e ESF <sub>PI</sub> = Planalto Interfluvial localizados na UD – Várzea (1° 27' 52" S e 48° 26' 03" O) e floresta adjacente ao ICA (1° 27' 14" S e 48° 26' 22" O). ....	32

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Armazenamento de liteira ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) em ecossistemas distintos representando a matriz Biogeoquímica (liteira) em diferentes locais.....	17
<b>Tabela 2</b> - Armazenamento de água (%) em diferentes ecossistemas sucessionais. ....	19
<b>Tabela 3</b> - Análise fitossociológica contendo as dez espécies que apresentaram os maiores valores de Índice de Valor de Importância (IVI) identificadas no ecossistema sucessional florestal de planalto interfluvial ( $\text{ESF}_{\text{PI}}$ ) e sucessional florestal de planície fluvial ( $\text{ESF}_{\text{PF}}$ ), localizados na UD – Várzea ( $1^{\circ} 27' 52''$ S e $48^{\circ} 26' 03''$ O) e floresta adjacente ao ICA ( $1^{\circ} 27' 14''$ S e $48^{\circ} 26' 22''$ O) localizados a margem direita do Rio Guamá no Campus Belém da UFRA.....	28

## LISTA DE EQUAÇÕES

- Equação 1** -  $DA_i$  = Densidade absoluta da  $i$ -ésima espécie (Ind./ha);  $N_i$  = Numero de indivíduos amostrados da  $i$ -ésima espécie;  $A$  = Área total amostrada (ha).....26
- Equação 2** -  $DR_i$  = Densidade relativa da  $i$ -ésima espécie (%);  $DT$  = Densidade Total.....26
- Equação 3** -  $FA_i$  = Frequência absoluta da  $i$ -ésima espécie;  $P_i$  = Numero de parcelar com ocorrência da  $i$ -ésima espécie;  $P$  = Número Total de parcelas.....26
- Equação 4** -  $FR_i$  = Frequência relativa da  $i$ -ésima espécie (%);  $FA_i$  = Frequência absoluta da  $i$ -ésima espécie.....26
- Equação 5** -  $DoA_i$  = Dominância absoluta da  $i$ -ésima espécie;  $DAP$  = Diâmetro a Altura do Peito;  $A$  = Área total amostrada (ha).....26
- Equação 6** -  $DoR_i$  = Dominância relativa da  $i$ -ésima espécie (%);  $DoT$  = Dominância Tota( $m^2 \cdot ha^{-1}$ ).....26
- Equação 7** -  $IvI$  = Índice de Valor de Importância (%);  $Dri$  = Densidade relativa da  $i$ -ésima espécie (%);  $FR_i$  = Frequência relativa da  $i$ -ésima espécie (%);  $DoR_i$  = Dominância relativa da  $i$ -ésima espécie.....26

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	15
3	ÁREA DE ESTUDO.....	19
	<b>3.1. Local.....</b>	19
	<b>3.2. Geologia, geomorfologia e pedologia.....</b>	20
	<b>3.3. Climatologia.....</b>	21
	<b>3.4. Ecossistemas.....</b>	22
	3.4.1. Ecossistema Sucessional Florestal de Planície Fluvial (ESF <sub>PF</sub> ).....	22
	3.4.2. Ecossistema Sucessional Florestal de Planalto Interfluvial (ESF <sub>PI</sub> ).....	22
4	MÉTODOS.....	22
	<b>4.1. Delineamento experimental e análise estatística.....</b>	22
	<b>4.2. Procedimentos de campo.....</b>	23
	4.2.1. Coleta do Estoque de Liteira no solo.....	23
	4.2.2. Análise florística.....	25
	<b>4.3. Procedimentos de laboratório.....</b>	27
5	RESULTADOS E DISCUÇÃO.....	28
	<b>5.1. Resultados.....</b>	28
	5.1.1. Análise florística.....	28
	5.1.2. Capacidade de Armazenamento de Água.....	30
	5.1.3. Armazenamento de liteira.....	30
	<b>5.2. Discução.....</b>	32
	5.2.1. Capacidade de Armazenamento de Água.....	32
6	CONCLUSÃO.....	35
	REFERENCIAS.....	35

## 1 INTRODUÇÃO

A floresta Amazônica é um grande mosaico florestal formado de diversas comunidades vegetais onde as espécies predominantes, de forma geral, caracterizam esse ambiente (ARMENTERAS et al., 2019). Nos planaltos interfluviais e planícies fluviais amazônicas, formando terrenos mais altiplanos entre cursos de água e regiões baixas a margem dos rios respectivamente (DANTAS; MEDINA, 2000), suas vegetações apresentam características únicas possuindo uma maior diversidade vegetal e adaptação a longos períodos submersão completas em áreas inundadas, respectivamente (GAMA et al., 2005; XAVIER, 2009; MONTERO; LATRUBESSE, 2013).

As diferenças nestes ambientes dessa forma influencia também influencia na produção da liteira, elemento comum nesses dois ecossistemas (COSTA et al., 2017a), componente representativo da qualidade ambiental de florestas em seu desenvolvimento ou restauração (SILVA et al., 2018). Formada de todo o material orgânico de origem vegetal e animal presente no solo florestal, é composta predominantemente de material como cascas e galhos, florações, frutos, sementes e folhas oriundas da senescência das plantas, restos de animais e suas fezes formam a menor fração (MARTINS et al., 2018a; SAYER et al., 2020).

A liteira é fundamental pra manutenção do ciclo Biogeoquímico, com a manutenção de nutrientes por meio da disposição e reabsorção dos nutrientes após a decomposição ocasionada pela fauna da liteira (SAYER et al., 2020).

Entre suas importâncias para o ambiente, a camada formada na superfície do solo se apresenta como importante barreira protetora para o impacto direto das gotas de chuva, impede o fluxo laminar de água na superfície do solo, protegendo-o contra a lixiviação e processos erosivos, além de favorecer a germinação de espécies tolerantes a sombra (BENTOS; NASCIMENTO; WILLIAMSON, 2013; ARÉVALO-SANDI; NORRIS, 2018; MANUEL VILLA et al., 2020).

Sendo o armazenamento de água na liteira um atributo físico que favorece o ecossistema, a estrutura da liteira é afetada de várias formas pelos elementos climatológicos como temperatura, pluviosidade e pressão barométrica, denominados de fatores abióticos, como também pela florística do ambiente e também fisiologia da própria planta como os fatores bióticos (ALMEIDA; LUIZÃO; RODRIGUES, 2015; FREITAS; SANTOS; OLIVEIRA, 2015; COSTA et al., 2017b; DUARTE et al., 2018).

Como indicador de recuperação de florestas alteradas (SILVA et al., 2018), entender seu mecanismo de armazenagem de água em florestas ripárias que foram antropizadas é importante para o entendimento do ecossistema se comparado as florestas ombrófilas de planaltos que possuem mais estudos. Por possuir peculiaridade única em passar por alagamentos sazonais de 6 meses por ano, aproximadamente, com profundidades que ultrapassam os 10 metros (FREITAS; SANTOS; OLIVEIRA, 2015; SARTORI et al., 2016; JUNK et al., 2018), a flora presente se torna adaptada a este estresse imposto (NÓBREGA et al., 2009).

Mecanismos mais específicos as espécies são notados devido ao desenvolvimento neste ecossistema onde é possível observar adaptações que apresentam equilíbrio mesmo no período de alagamento (WITTMANN et al., 2007; MAURENZA; MARENCO; PIEDADE, 2009; LUCAS et al., 2012).

Por possuir um ambiente de floresta ripária que foi alterado para a transformação de centro para comunidades ribeirinhas e após anos foi desativado (SANTOS; BARROS, 2017), sua regeneração vem se dando de forma natural em paralelo com as demais vegetações presentes no campus da UFRA – Belém podendo se fazer um comparativo do estoque de água dos seus ecossistemas.

Haja vista as características presentes nos ecossistemas a questão elaborada para este trabalho foi a seguinte: i) Os ecossistemas de floresta sucessional de planalto interfluvial possui estoque de liteira e capacidade de armazenamento de água superior ao de planície fluvial?

Tendo como hipótese para ser testada: 1) Se o ecossistema de planalto interfluvial apresentar maior estoque de liteira, logo ele terá maior capacidade de armazenamento de água.

Com esta hipótese determinado o objetivo geral deste trabalho foi: Analisar o armazenamento de água de um ecossistema sucessional de floresta fluvial ( $ESF_{pf}$ ), e de ecossistema sucessional de floresta em planaltos interfluviais ( $ESF_{pi}$ ), com os objetivos específicos de: a) comparar os valores do atributo físico armazenamento de água entre os ecossistemas; e b) conhecer e analisar as porções de liteira entre os ecossistemas das florestas sucessionais estudados.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

A Amazônia é uma grande diversidade vegetal distribuída em diferentes comunidades vegetais. Contudo existem diferenças nos relevos amazônicos que favorecem a diversidade, maior representante desta floresta (ELIAS et al., 2019).

Com muita influência dos rios observamos que a vegetação se desenvolve em um relevo dividido em planícies fluviais, presente nas margens dos rios, e os planaltos interfluviais, em terrenos mais elevados com influência menor dos rios ( WITTMANN; JUNK; PIEDADE, 2004; ALVARENGA et al., 2018); e mesmo possuindo esta diferença a vegetação desses ecossistemas tiveram redução de suas áreas verdes, perdendo sua diversidade florística.

Os maiores causadores desse dano vem da abertura de áreas para implantação de agricultura e pecuária, a exploração ilegal de madeira e o uso desenfreado da técnica de corte e queima de comunidades rurais para preparo da terra para subsistência (CARIM; SCHWARTZ; SILVA, 2007; REZENDE; VIEIRA, 2019).

Essas áreas passam por intenso uso levando ao desgaste de recursos naturais e a perda de serviços ecossistêmicos característicos das florestas (VIEIRA et al., 2003; WALKER, 2012; SARTORI et al., 2016; LUZ et al., 2020). Quando atingido esse estado de exaustão de recursos as áreas são abandonadas por improdutividade e entram em um estado de sucessão florestal secundária que consiste em uma sequência de estágios até a restauração da biodiversidade ( MORAN et al., 2000; MORAES et al., 2016; ARMENTERAS et al., 2019).

Ao atingir os estágios mais avançados da regeneração da vegetação, serviços ambientais, que antes eram presentes no ecossistema (ARAÚJO et al., 2005; LEVIS et al., 2017), voltam a se reestruturar com o retorno da vegetação e a proteção do solo, isolamento térmico e o ciclo hidrológico essencial as bacias hidrográficas ( OLIVEIRA, 2005; MASSOCA et al., 2012).

A interação da biota com o meio abiótico em que se encontra é a base para a formação do ecossistema onde a circulação de energia permite a ciclagem de nutrientes e minerais para sua estruturação (ODUM, 2001); e os indicadores envolvidos nessa interação se tornam essenciais para acompanhar a evolução da restauração (COCHEV et al., 2019), como no caso da germinação de mudas, recrutamento e sobrevivência de mudas, fluxo e

estoque de sementes e a quantificação e ciclagem da liteira no solo (CASTRO et al., 2009; FRAGAL; SILVA; NOVO, 2016; LEVIS et al., 2017; ELIAS et al., 2019; REYES et al., 2019; SAYER et al., 2020).

Importante indicador da regeneração avançada do ecossistema, a liteira é o elemento de maior influência e produção de matéria orgânica presente no solo (NEBEL; DRAGSTED; VEGA, 2001; FÖRSTER et al., 2009;); sua deposição no solo florestal é importante para manutenção dos nutrientes (SANTOS et al., 2017). A sua produção é afetada tanto por fatores bióticos quanto em exemplo da idade dos indivíduos, características fisiológicas da espécie, como pelos fatores abióticos do meio como elementos climáticos e temperatura (ALMEIDA; LUIZÃO; RODRIGUES, 2015).

Silva et al. (2018) analisam o estoque de liteira em dois ecossistemas em estágio sucessionais, um em plantio heterogêneo de espécies arbóreas após mineração de bauxita em pousio de 5 anos e outro em uma floresta remanescente em estágio avançado de restauração de sua estrutura florestal. Os autores observaram que a floresta remanescente teve um valor superior ( $6,34 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) comparado ao do plantio heterogêneo ( $4,64 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) que possuiu destaque por ser uma floresta mais velha e apresentar estrutura melhor.

As variações climáticas também são grandes fatores de grande influência à produção e acúmulo de liteira nos ecossistemas, a baixa umidade do meio ativa mecanismos característicos da fenologia de cada espécie como adaptação (WITTMANN et al., 2007). Feitas et al. (2015) ao trabalhar com quatro ecossistemas diferentes (MT: Mata Nativa; SAF: Sistema Agro Florestal; PA: Pastagem Cultivada e RT: Roça de toco), observou que o período de estiagem da região apresentou valores maiores de liteira estocada ( $\text{MT} = 11,21 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1} > \text{SAF} = 10,67 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1} > \text{PA} = 8,78 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1} > \text{RT} = 3,83 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) como um total, porém no período chuvoso o tratamento SAF apresentou valores superiores de acúmulo ( $12,43 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) superando os valores do tratamento MT no período de estiagem.

Outros fatores como incidência de luz solar, danos mecânicos e estresse hídrico ou ausência nutricional podem auxiliar na abscisão foliar apresentada pela planta (JUNIOR, 2020).

**Tabela 1** - Armazenamento de liteira ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) em ecossistemas distintos representando a matriz Biogeoquímica (liteira) em diferentes locais.

Região	Município	Estoque de Liteira ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )		Autores
		Mais chuvoso	Menos chuvoso	
Norte	Belém - PA	9,79	-	Oliveira (2005)
Norte	Belém - PA	5,89	-	
Norte	Esperantina - TO	11,21	6,74	Freitas et al. (2015)
Norte	Esperantina - TO	10,67	12,43	
Norte	Esperantina - TO	8,78	4,83	
Norte	Esperantina - TO	3,83	1,26	
Nordeste	Abreu e Lima - PE	5,42*	-	Costa et al. (2016)
Nordeste	Abreu e Lima - PE	6,38*	-	
Nordeste	Abreu e Lima - PE	6,05*	-	
Norte	Castanhal - PA	10,59	-	Junior (2020)
Norte	Castanhal - PA	6,80**	-	
Norte	Belém - PA	6,30	-	Costa et al. (2017)
Norte	Belém - PA	7,94	-	
Sudeste	Pinheiral - RJ	8,83	5,76	Santos et al. (2019)
Centro-oeste	Brasília - DF	11,51	-	Matos et al. (2017)
Centro-oeste	Brasília - DF	12,56	-	
Centro-oeste	Brasília - DF	14,90	-	
Sudeste	Linhares e Jaguaré - ES	3,18	-	Correia et al. (2016)
Sudeste	Linhares e Jaguaré - ES	4,41	-	
Nordeste	Pombal - PB	3,79	-	Holanda et al. (2017)
Sudeste	São Sebastião da Vargem Grande - MG	4,64	-	Silva et al. (2018)
Sudeste	São Sebastião da Vargem Grande - MG	6,34	-	

\*Intervalo de um ano para as coletas de liteira estabelecidas no experimento.

\*\* Coleta feita entre o período mais chuvoso e menos chuvoso do ano.

A composição da liteira é muito influenciada pela diversidade florística do ambiente, sendo que a produção de cada fração pode ser influenciada por um fator diferente ou momento diferente do ano (MATEUS et al., 2013). A liteira podendo ser formada por várias frações, porém 4 frações distintas são mais representadas, a menos detectada é a miscelânea, por ser formada e elementos que não são possíveis de identificar de forma

precisa e elementos orgânicos de origem animal (MATOS et al., 2017); é a com menor fator de produção no ecossistema.

A fração foliar notoriamente é a maior entre todas, seguida da fração lenhosa, ambas sendo as maiores contribuintes do aporte de material estocado (HOLANDA et al., 2017). Em seu trabalho Matos et al. (2017) observou que em uma área de Cerrado Típico (fração foliar 61%; fração lenhosa 23%), uma de Mata de Galeria (fração foliar 51%; fração lenhosa 22%) e um plantio de eucalipto (fração foliar 68%; fração lenhosa 14%) a proporção de folhas sempre se mostrou maior em comparação as demais seguidos da lenhosa.

Esses elementos estruturais da liteira influenciam muito na fauna presente na liteira, a qual é responsável pelo início da fragmentação da matéria orgânica em fragmentos menores e aceleradores da decomposição em valores a cima de 80% (PIAZZA et al., 2021).

A umidade presente na liteira se torna um grande influenciador na presença de animais invertebrados (LAKING et al., 2021). A fragmentação também favorece ao armazenamento de água na liteira já que este atributo físico é favorecido pela maior área de contato do produto no solo (PINTO, 2021). Consiste na capacidade de absorção ligado a porosidade do material, a velocidade de sua decomposição e a sua capacidade de permitir a aderência da água a sua superfície, muito favorecido pela sua área de contato, relevo do ambiente, sendo necessário o entendimento que esse atributo físico varia entre ecossistemas (MATEUS et al., 2013).

A água que fica retida no material deposto sobre o solo e funciona como transportador dos nutrientes liberados pela de composição (SANTOS et al., 2017). Toda macro e mesofauna é estimulada em seu desenvolvimento devido a presença de água no meio (PIAZZA et al., 2021). A unidade é um dos fatores que mais apresenta destaque para o desenvolvimento da fauna, podendo destacar os invertebrados, responsáveis pela fragmentação inicial da liteira levando ao aumento da aderência da água na superfície do material (LAKING et al., 2021).

Santos et al. (2017) em seu trabalho com clones de *Eucalyptus* observou que a liteira dos clones chegou a reter 249% da água imposta, porém devemos salientar que há grandes variações entre os valores de armazenamento de água na liteira com valores que superam em 300% a sua massa (MATEUS et al., 2013).

**Tabela 2** - Armazenamento de água (%) em diferentes ecossistemas sucessionais.

<b>Região</b>	<b>Ecossistema</b>	<b>Estoque de água (%)</b>	<b>Autores</b>
Sudeste	Ecossistema Sucessional de Floresta de Mata Atlântica	343,87	Mateus et al. 2013
Sudeste	Ecossistema Sucessional de Floresta de Mata Atlântica	339,94	
Norte	Ecossistema Sucessional de Floresta Amazônico	404,27	Junior 2020
Centro-Oeste	Plantio de Eucalipto	249,58	Santos et al. 2017
Norte	Plantio de Árvores Nativas	175,50	Martins et al., 2018b
Norte	Floresta com Indução de Regeneração Natural	223,00	
Norte	Fragmento de Floresta Nativa	203,00	

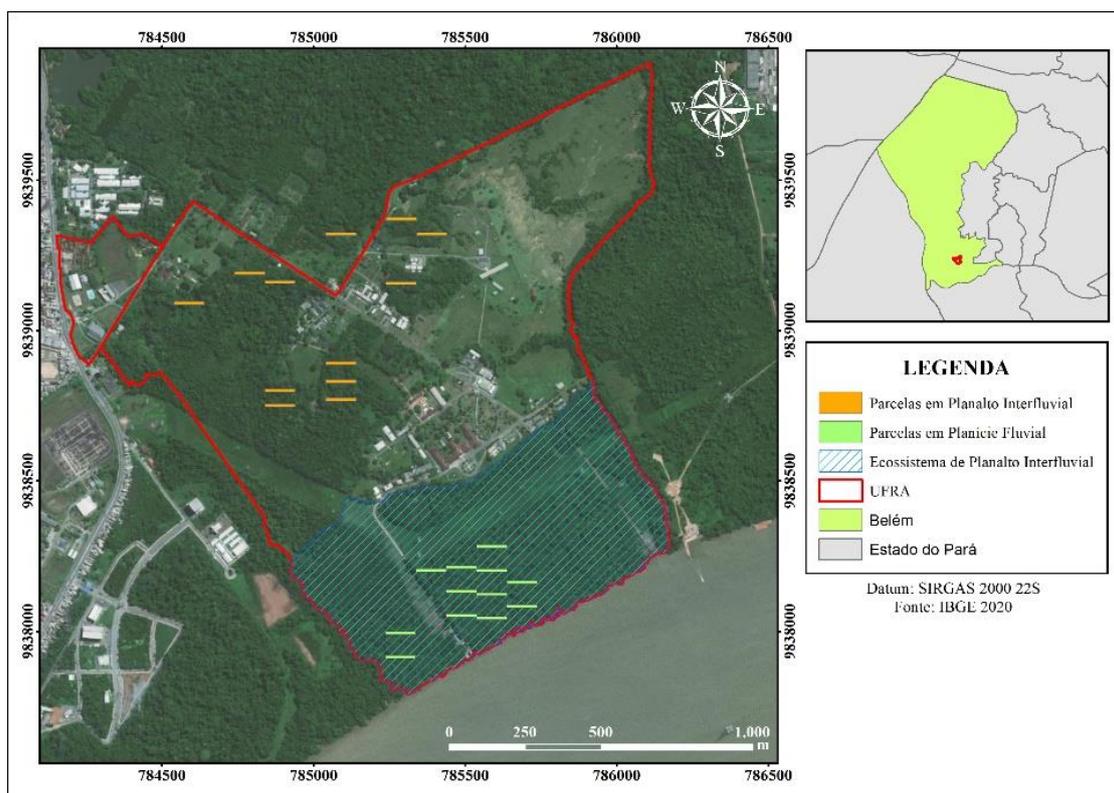
Favorecendo a manutenção da ciclagem e transporte dos nutrientes mantendo sempre o aporte de material orgânico do solo e o funcionamento do ciclo biogeoquímico do ecossistema (JUNIOR, 2020).

### **3 ÁREA DE ESTUDO**

#### **3.1. Local**

O experimento foi instalado nos domínios da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), campus Belém, localizada no município de Belém – PA (1° 44' 54"S e 47° 03' 42"O), que possui em torno de 222,89 hectares e está a 10,5 m acima do nível do mar (SANTOS et al., 1983), em ecossistema de floresta em estágio sucessional de planaltos interfluviais (1° 27' 14"S e 48° 26' 22"O) e ecossistema de floresta em estágio sucessional de planícies fluviais (1° 27' 52"S e 48° 26' 03"O) localizados inseridos nas microbacias dos rios Murucutu e Santo Antônio, a margem direita do baixo rio Guamá.

**Figura 1** - Limites da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), limite do ecossistema de planícies fluviais e limites das parcelas.



FONTE: Felipe Cardoso de Menezes.

### 3.2. Geologia, geomorfologia e pedologia

O terreno da UFRA pode ser representado por Sedimentos Quaternários, Formação Barreira e Pós-Barreira. Com características de possuir unidades de solo litorestratificadas argilo-arenosas e areno-argilosas, de origem mioceno-pliocenicas formadas de elementos tecto-estruturais (falhas normais e transcorrentes) e mudanças eustáticas (SERRÃO; BELATO; DIAS, 2019).

Os movimentos eustáticos deram formação de níveis de cotas enxutas sobre planícies inundáveis cobertas por enchentes. O terreno da UFRA estando presente no nível geológicos Belém-Marajó, encontrasse em região de planícies suaves de altura média a cima do nível do mar de 10,5m. As planícies fluviais tendo origem no período Pleistoceno (ARAÚJO JÚNIOR, 2013).

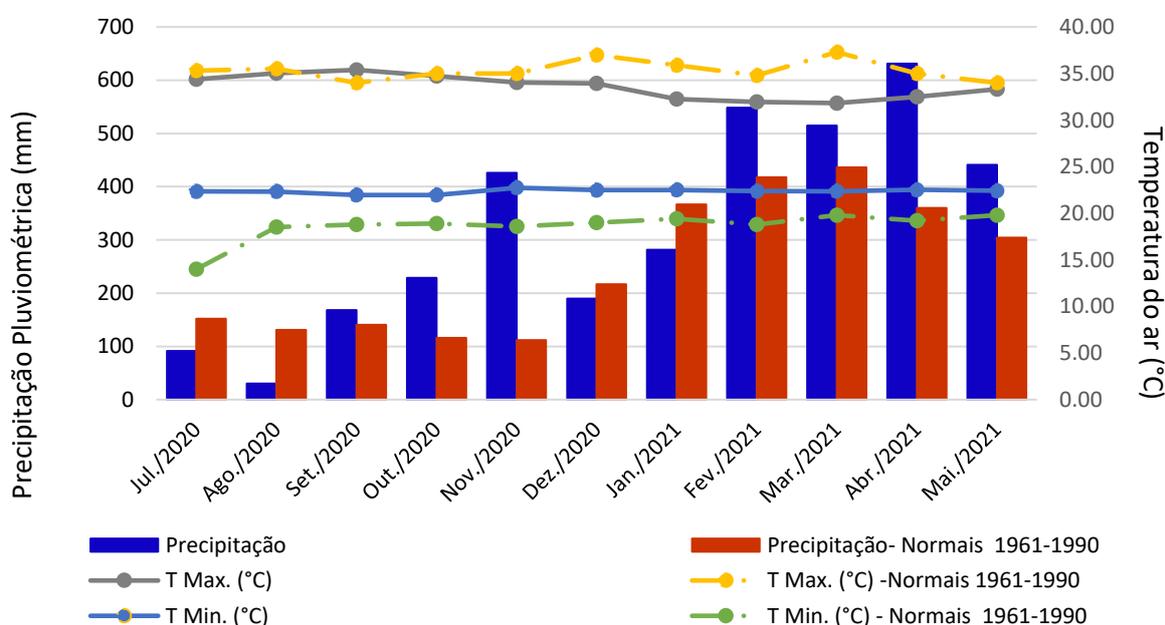
Os solos da Universidade estão classificados como Latossolo Amarelo álico, Concrecionário Laterítico álico e Plintossolo álico, na área representativa dos ecossistema

sucessional de planalto interfluvial, e para a área do ecossistema de planície fluvial os Gleissolo Pouco Húmico e Hidromórficos Indiscriminados (SANTOS et al., 1983).

### 3.3. Climatologia

O clima de predominância na região é o “Af2” de acordo com a classificação de Köppen, onde sua pluviosidade varia entre 2.000 mm e 3.000 mm ao ano (MARTORANO; PEREIRA; ENVIROMENT, 1993; ALVARES et al., 2013), sendo os meses com maiores volumes médios de chuvas os de fevereiro, março e abril, sendo que historicamente o mês de março apresenta maiores médias com médias variando entre 400 e 450 mm/mês e os meses com menores volumes de chuvas são de agosto, setembro, outubro e novembro, onde historicamente o mês de novembro apresentou menores médias com marca que muitas vezes não superam 130 mm/mês (MORAES; FILHO, 2018), e com temperaturas que variam na região entre 24°C e 32°C (CLIMATEMPO, 2020), e historicamente apresentavam variação de 18°C a 37°C no período de um ano (INMET, 2021).

**Figura 2** - Variáveis climatológicas e normais climatológicas, Precipitação Pluviométrica (mm), Temperatura Máxima (°C) e Temperatura Mínima (°C) no período de julho de 2020 a maio de 2021. Dados da ESTAÇÃO METEOROLÓGICA ISARH/UFRA.



FONTE: Felipe Cardoso de Menezes.

Para este experimento os meses de setembro de 2020 e março de 2021 não apresentaram o menor e o maior valores, respectivamente, que ocorrem para os períodos

mas se destacam como meses típicos para os períodos de menores e maiores índices de chuvas.

### **3.4. Ecossistemas**

A vegetação nativa da região é de floresta tropical do tipo ombrófila densa por toda a sua extensão. O uso da terra desse ambiente se iniciou na década de 40 com a inauguração do Instituto Agrônomo do Norte (IAN), que posteriormente viria a ser a EMBRAPA, com a implantação de experimentos agrícolas e florestais (WATRIN; HOMMA, 2007).

#### **3.4.1. Ecossistema Sucessional Florestal de Planície Fluvial (ESF<sub>PF</sub>)**

A área correspondente a planície aluvial possui 9 ha, local esse que foi utilizado para a implantação da Unidade Demonstrativa de Alternativas de Uso de Áreas de Várzea (UD-Várzea), com o intuito de qualificar a mão-de-obra de comunidades ribeirinhas. Começou a ser utilizada no ano de 1948 sendo sua função para uso múltiplo como rizicultura, piscicultura e avicultura, a UD-Várzea se manteve ativa até início dos anos 2000 quando suas atividades foram encerradas (SANTOS; BARROS, 2017). A área não passou por qualquer tratamento ou técnica para reflorestamento ou recuperação da área onde passou aproximadamente 20 anos em pousio.

#### **3.4.2. Ecossistema Sucessional Florestal de Planalto Interfluvial (ESF<sub>PI</sub>)**

O ecossistema de floresta do planalto costeiro estudado dentro dos limites da UFRA. O fragmento de coleta fez parte de um campo experimental até o ano de 1951 quando parte do seu terreno foi doado para a fundação da Escola de Agronomia da Amazônia (EAA), atual UFRA.

Os últimos experimentos feitos no local foram com plantios de seringueira na década de 70 (WATRIN; HOMMA, 2007), e em seguida deixada em estado de pousio e regeneração natural da vegetação até os dias atuais não sendo submetida a nenhum tratamento silvicultural há aproximadamente 50 anos.

## **4 MÉTODOS**

### **4.1. Delineamento experimental**

Foi utilizado o Delineamento Inteiramente Casualizado com 4 tratamentos (sendo dois ecossistemas avaliados em dois períodos). O experimento foi aplicado de forma a

compreender que a floresta sucessional de planície fluvial foi um tratamento e a floresta em estágio sucessional no planalto interfluvial outro. Para as repetições foram feitas coletas em 24 parcelas de 10 m x 100 m de forma aleatorizada, onde 12 estão distribuídas no ecossistema de planície e as 12 restantes estão no ecossistema de planalto, onde para cada parcela foi coletado 3 amostras de liteira depositados na superfície do solo.

## **4.2.Procedimentos de campo**

### **4.2.1. Coleta do Estoque de Liteira no solo**

Para coleta de liteira acumulada no solo foi utilizado um coletor metálico quadrado de 0,0625 m<sup>2</sup> (0,25 m x 0,25 m) e 0,10 m de altura. A amostras tiveram suas coletas ocorridas no início dos meses de setembro de 2020 e março de 2021, em locais aleatórios do interior de cada parcela, com a coleta de 3 amostras por parcela o total de coletas por ecossistema ficou em 36 amostras e na soma dos ecossistemas teve um total de 72 amostras, onde após as coletas as amostras foram colocadas dentro de sacos plásticos. Ao término de cada coleta, o material foi levado ao laboratório onde foi dado continuidade ao experimento.

Ao fim da pesagem as amostras passaram aproximadamente sete dias secando em temperatura ambiente e depois da perda excessiva de água as amostras foram submetidas à uma triagem, as quais foram separadas em 4 frações distintas: Folhosa (composta por todas as partes que caracterizam estrutura de folhas como pecíolos, folíolos, foliólolos, raques foliares, entre outros); Lenhoso (onde cascas e galhos até 2 cm de diâmetro entrar nesse grupo); Reprodutivo (formado por flores e suas partes, inflorescências, frutos e sementes) e miscelânea (com restos mortais de animais, elementos orgânicos não identificados e materiais orgânicos oriundos de animais). Separada as frações, cada uma foi devidamente alocada em sacolas de papel e enviadas a estufa e circulação e renovação de ar, onde passaram 72 horas a temperatura de 70°C. Atingido o ponto mínimo de humidade no material coletado, as amostras foram retiradas dos sacos e passaram novamente por pesagem em bandeja plástica onde adquirimos os valores da Massa Seca (MS) do material e a partir desses valores podemos determinar a Capacidade de Retenção Hídrica (CRH) da liteira na superfície do solo.

**Figura 3** - Amostras sendo secas em estufas de circulação e renovação de ar.



$$CRH(\%) = \frac{Mu - Ms}{Ms} \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: CRH = Capacidade de armazenamento de água (Retenção Hídrica); Mu = Massa úmida (g); Ms = Massa seca (g).

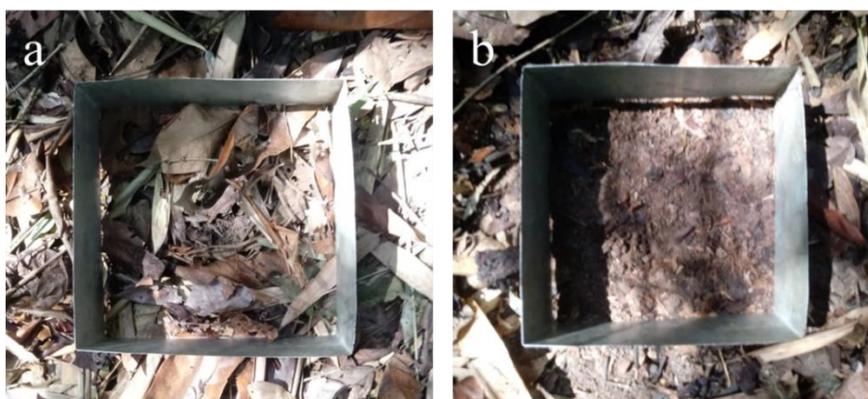
**Figura 4** - Pesagem das amostras secas em balança analítica (Ohaus – ARA 520).



**Figura 5** – Coleta de amostra de leiteira em campo no ecossistema sucessional de planície fluvial a margem direita do rio Guamá.



**Figura 6** – Utilização do coletor metálico onde podemos ver delimitado (a) o material que deve ser removido e (b) o solo exposto demarcando a área coletada.



#### 4.2.2. Análise florística

Entre as 12 parcelas de cada ecossistema do experimento, foram inventariadas 6 parcelas sorteadas ao acaso, onde passaram por mensuração todos os indivíduos, arbóreos e palmeiras, com o Circunferência a Altura do Peito (CAP) superior a 15 cm e convertido esses valores para Diâmetro a Altura do Peito (DAP). A identificação foi feita por um parobotânico *in locuo* porém quando necessário foi coletado ramos dendrológicos para correta identificação em herbário.

As informações coletadas passaram por digitalização e analisados seguindo os parâmetros fitossociológicos: Frequência, Dominância e Densidades Absolutas e Relativas, para a determinação dos Respective Índices de Valor de Importância (IVI), dos ecossistemas de planalto interfluvial e planície fluvial.

$$DAi = \frac{Ni}{A} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: DAi = Densidade absoluta da i-ésima espécie (Ind./ha); Ni = Numero de indivíduos amostrados da i-ésima espécie; A = Área total amostrada (ha).

$$DRi = \frac{DAi}{DT} \times 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde: DRi = Densidade relativa da i-ésima espécie (%); DT = Densidade Total.

$$FAi = \frac{Pi}{P} \times 100 \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde: FAi = Frequência absoluta da i-ésima espécie; Pi = Numero de parcelar com ocorrência da i-ésima espécie; P = Número Total de parcelas.

$$FRi = \frac{FAi}{\sum FAi} \times 100 \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde: FRi = Frequência relativa da i-ésima espécie (%); FAi = Frequência absoluta da i-ésima espécie.

$$DoAi = \frac{(\pi \times DAP^2)/4}{A} \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde: DoAi = Dominância absoluta da i-ésima espécie; DAP = Diâmetro a Altura do Peito; A = Área total amostrada (ha).

$$DoRi = \frac{DoAi}{DoT} \times 100 \quad (\text{Eq. 6})$$

Onde: DoRi = Dominância relativa da i-ésima espécie (%); DoT = Dominância Total (m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>).

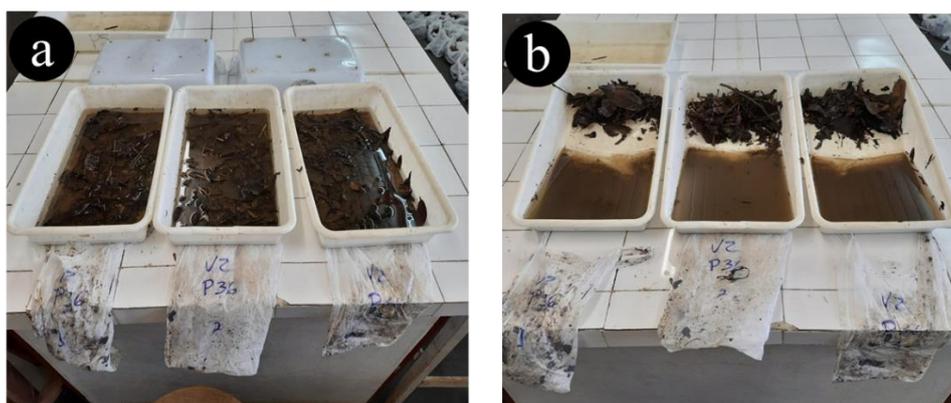
$$IVI = \frac{DRi + FRi + DoRi}{3} \quad (\text{Eq. 7})$$

Onde: IvI = Índice de Valor de Importância (%); Dri = Densidade relativa da i-ésima espécie (%); FRi = Frequência relativa da i-ésima espécie (%); DoRi = Dominância relativa da i-ésima espécie.

### 4.3. Procedimentos de laboratório

Para testar a capacidade armazenamento máximo de água das amostras coletadas nos meses de setembro de 2020 e março de 2021, sendo que cada grupo de amostras foi coletado em meses típicos dos períodos menos e mais chuvoso, respectivamente. Todas as amostras foram submetidas ao método de Blow (1955), onde foram colocadas em recipientes plásticos e submersas em água por um período de 90 minutos (uma hora e meia), e ao fim desse período passaram mais 30 minutos em uma inclinação de aproximadamente 30° para retirada do excesso de água por gravidade. Em seguida as amostras foram pesadas em bandeja plástica com auxílio de balança analítica de precisão para se obtenha a Massa Húmida (MU) das amostras com o desconto do valor da bandeja que era verificado posteriormente.

**Figura 7** – Procedimento laboratorial para determinação do armazenamento de água. (a) Imersão da liteira coletada em água; (b) Amostras passando pelo escoamento de água para pesagem.



### 4.4. Análise estatística

Os dados coletados após as análises laboratoriais primeiramente foram submetidos ao teste de normalidade de Kolmogorov\_Smirnov ( $p > 0,05$ ), o teste de homoscedasticidade de Bartlett ( $p > 0,05$ ), e em seguida passaram por análise de variância (ANOVA) e em caso de valor significativo ( $p < 0,05$ ) as médias foram comparados pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Os dados de armazenamento de água e estoque de liteira que não mostraram normalidade e homoscedasticidade foram transformados pela raiz-quadrada ou logaritmo, além da eliminação de outliers. Os dados coletados foram analisados com o auxílio da plataforma estatística RStudio 4.0.3 (R Core Team, 2021), onde os gráficos também foram elaborados com o uso das ferramentas da mesma plataforma.

## 5 RESULTADOS E DISCUÇÃO

### 5.1. Resultados

#### 5.1.1. Análise florística

No ecossistema sucessional florestal de planalto interfluvial (ESF<sub>PI</sub>) foram amostrados 557 indivíduos em uma área equivalente a 0,6 ha, valor representante de 6 parcelas, que apresentaram sua distribuição entre 52 espécies representando 28 famílias. Para o ecossistema sucessional floresta de planície fluvial (ESF<sub>PF</sub>) foram registrados 547 indivíduos em 0,6 ha distribuídos em 30 espécies de 18 famílias distintas.

No ecossistema ESF<sub>PI</sub> a família que apresentou o maior destaque foi a família *Arecaceae* possuindo duas espécies representantes que somadas possuem 46,32% dos indivíduos inventariados e IVI de 22,77%, porém somente a espécie *Euterpe oleraceae* Mart. apresenta grande destaque por possuir maior densidade, frequência e dominância relativas culminando no maior IVI do ecossistema. As espécies seguintes foram a *Mabea angustifolia* Spruce ex Benth. (Euphorbiaceae) e *Virola surinamensis* (Rol. ex Rottb.) Warb. (Myristicaceae) que juntas apresentaram valor inferior ao da *Euterpe oleraceae* Mart. (Tabela 3).

Para o ecossistema ESF<sub>PF</sub> a família *Arecaceae* também apresentou duas espécies possuem 53,56% dos indivíduos inventariados e juntos tem IVI de 28,28%, a espécie *Euterpe oleraceae* Mart. também apresentou os maiores valores para densidade e frequência relativas, contudo as espécies *Hura crepitans* L. (Euphorbiaceae) e *Pachira macrocalyx* (Ducke) Fern. Alonso possuíram dominância relativa maior com 20,26% e 31,30% respectivamente (Tabela 3).

**Tabela 3** - Análise fitossociológica contendo as dez espécies que apresentaram os maiores valores de Índice de Valor de Importância (IVI) identificadas no ecossistema sucessional florestal de planalto interfluvial (ESF<sub>PI</sub>) e sucessional florestal de planície fluvial (ESF<sub>PF</sub>), localizados na UD – Várzea (1° 27' 52" S e 48° 26' 03" O) e floresta adjacente ao ICA (1° 27' 14" S e 48° 26' 22" O) localizados a margem direita do Rio Guamá no Campus Belém da UFRA.

Índice de Valor de Importancia Ecosistema SPI							
#	FAMÍLIA	ESPÉCIE	N	DRi (%)	FRi (%)	DoRi (%)	IVI (%)
1	Arecaceae	<i>Euterpe oleraceae</i> Mart.	256	45,96	45,96	14,96	22,27
2	Euphorbiaceae	<i>Mabea angustifolia</i> Spruce ex Benth.	40	7,18	7,18	13,09	8,39
3	Myristicaceae	<i>Virola surinamensis</i> (Rol. ex Rottb.) Warb.	27	4,85	4,85	13,11	7,62
4	Lauraceae	<i>Nectandra cuspidata</i> Nees.	27	4,85	4,85	11,74	7,16
5	Polygonaceae	<i>Triplaris weigeltiana</i> (Rchb.) Kuntze	20	3,59	3,59	10,08	5,21

6	Euphorbiaceae	<i>Hevea spp.</i>	19	3,41	3,41	4,59	3,32
7	Simaroubaceae	<i>Simaba orinocensis</i> Kunth	14	2,51	2,51	2,94	2,80
8	Fabaceae	<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd.	7	1,26	1,26	4,57	2,60
9	Bignoniaceae	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.)	5	0,90	0,90	1,92	2,25
10	Nyctaginaceae	<i>Guapira laxa</i> (Netto) Furlan	10	1,80	1,80	2,61	2,12

Índice de Valor de Importancia Ecosistema SPF

#	FAMÍLIA	ESPÉCIE	N	DRi (%)	FRi (%)	DoRi (%)	IVI (%)
1	Arecaceae	<i>Euterpe oleraceae</i> Mart.	291	53,20	8,70	18,48	26,79
2	Euphorbiaceae	<i>Hura crepitans</i> L.	87	15,90	7,25	20,26	14,47
3	Malvaceae	<i>Pachira macrocalyx</i> (Ducke) Fern. Alonso	22	4,02	5,80	31,30	13,71
4	Myristicaceae	<i>Virola surinamensis</i> (Rol. ex Rottb.) Warb.	34	6,22	8,70	4,17	6,36
5	Polygonaceae	<i>Triplaris weigeltiana</i> (Rchb.) Kuntze	20	3,66	5,80	3,07	4,18
6	Fabaceae	<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A.Howard	14	2,56	2,90	4,91	3,45
7	Lecythidaceae	<i>Couroupita guianensis</i> Aubl.	9	1,65	5,80	1,75	3,07
8	Fabaceae	<i>Inga aptera</i> (Vinha) T.D.Penn.	7	1,28	7,25	0,66	3,06
9	Urticaceae	<i>Cecropia engleriana</i> Sneathl.	8	1,46	4,35	1,60	2,47
10	Anacardiaceae	<i>Spondias sp.</i>	3	0,55	4,35	1,36	2,08

N: Numero de indivíduos; DRi (%): Densidade relativa; FRi (%): Frequência relativa; DoRi (%): Dominância relativa; IVI (%): Índice de Valor de Importância.

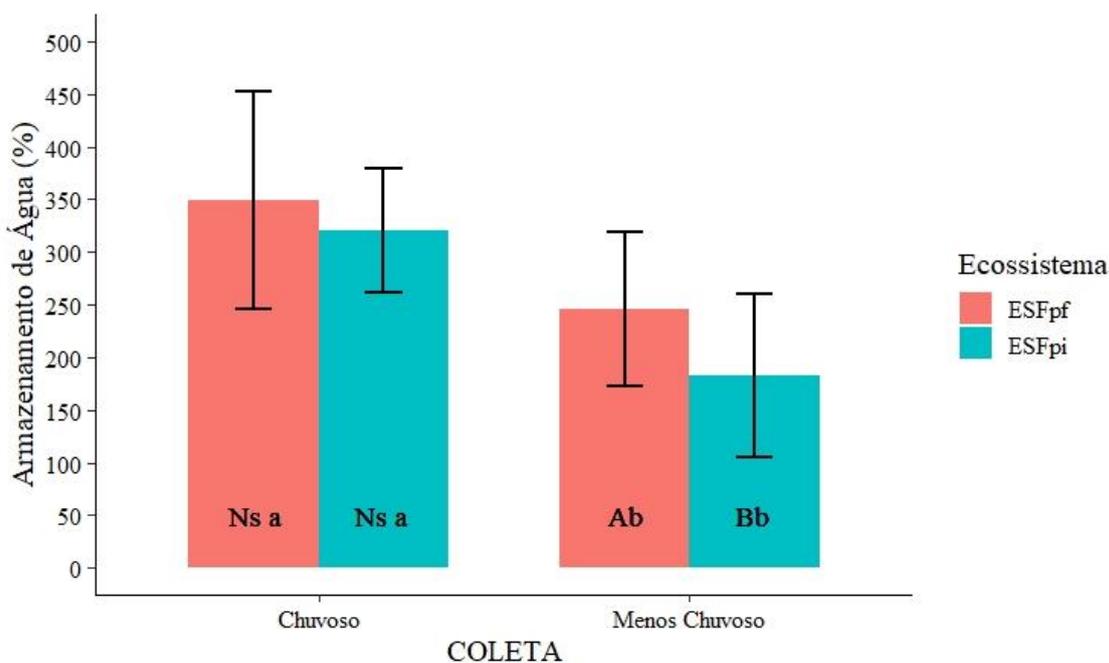
Entre os ecossistemas houve uma diferença de 22 espécies inventariadas de um ecossistema para o outro, onde o ESF<sub>PI</sub> apresentou 52 espécies e deste total 37 ocorreram exclusivamente nesse ecossistema, sendo o maior valor nesse quesito, enquanto que no ESF<sub>PF</sub> apresentou 30 espécies onde apenas 15 foram exclusivas desse ambiente, das espécies inventariadas 15 se mostraram presentes em ambos os ecossistemas. Das famílias botânicas presentes tivemos um total de 28 presentes no ecossistema ESF<sub>PI</sub> enquanto que uma quantidade menor foi apresentada em ESF<sub>PF</sub> com um total de apenas 18.

A família Fabaceae, que possui maior número de espécies do ecossistema ESF<sub>PI</sub>, das quais as espécies secundárias do gênero *Inga* como as espécies *I. alba*, *I. laurina*, e *I. ingoides*, acompanhados da espécie clímax *A. leiocarpa* apresentaram, maior número de espécies secundárias e primárias. O ecossistema ESF<sub>PF</sub> apresentou similaridade ao ecossistema que foi comparado onde a família Fabaceae é a com maior número de espécies representantes sendo a *I. ingoides* e *C. fairchildiana* as que possuem maior representatividade. Também existe a presença de espécies clímax *E. oleraceae*, *H. creptans* e *C. guianensis*, porém com baixa diversidade se compararmos os ecossistemas do estudo.

### 5.1.2. Capacidade de Armazenamento de Água

O armazenamento de água apresentou diferença significativa entre ecossistemas apenas nas amostras coletadas em setembro de 2020 ( $F_{5\%;1} = 12,86$ ;  $p\text{-valor} = 0,0006$ ). As amostras deste típico mês representativo do período menos chuvoso, apresentou maior média de Capacidade de Armazenamento de Água para ESF<sub>PF</sub> (246%) enquanto que a média as amostras do ecossistema ESF<sub>PI</sub> (182%) apresentou valor significativamente inferior (Figura 8).

**Figura 8** – Médias da Capacidade de Armazenamento de Água (%) referente a um mês do segundo semestre de 2020 e referente a um mês do segundo semestres 2021, dos ecossistemas ESF<sub>PF</sub> = Sucessional de Planície Fluvial e ESF<sub>PI</sub> = Sucessional de Planalto Interfluvial, localizados na UD – Várzea (1° 27' 52" S e 48° 26' 03" O) e floresta adjacente ao ICA (1° 27' 14" S e 48° 26' 22" O) localizados a margem direita do Rio Guamá no Campus Belém da UFRA. As médias estão apresentadas com seus respectivos erros padrões, com letras maiúsculas apresentando a relação dos ecossistemas dentro dos meses coletados, as letras minúsculas representam a comparação do mesmo ecossistema entre os meses coletados, testados estatisticamente com ANOVA ( $p < 0,05$ ).

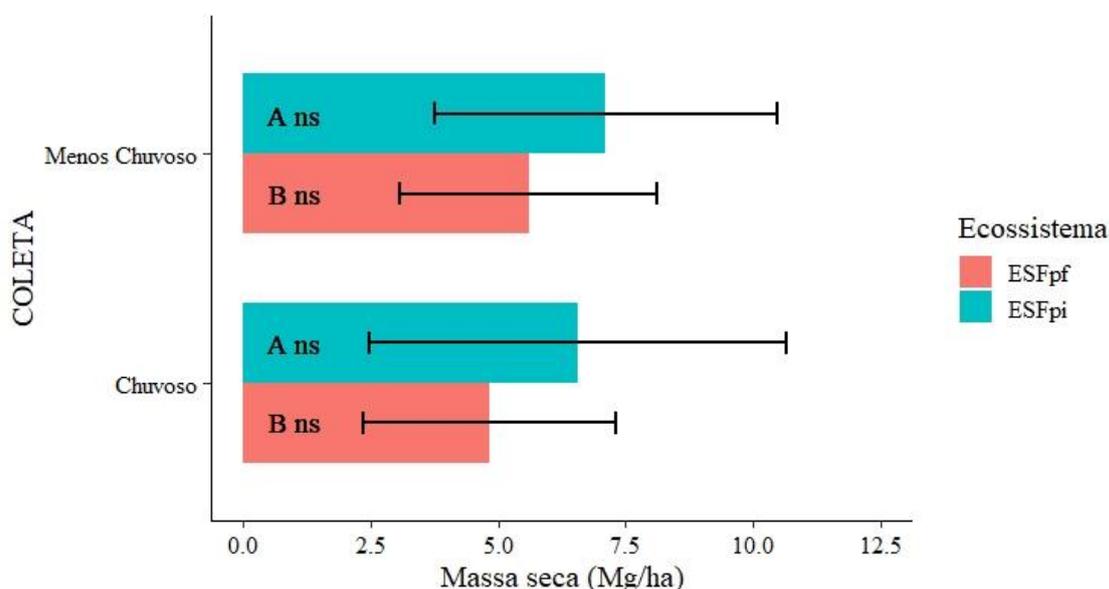


### 5.1.3. Armazenamento de liteira

No comparativo da massa de liteira coletada foi observada diferenças significativas entre os ecossistemas nos períodos abrangidos pela pesquisa. O ecossistema ESF<sub>PI</sub>, apresentou média de 7,11 Mg.ha<sup>-1</sup>, para o período de menos chuvas, valores significativamente maiores quando comparado ou ESF<sub>PF</sub> 5,60 Mg.ha<sup>-1</sup> ( $F_{5\%;1} = 4,638$ ;  $p\text{-valor} = 0,0347$ ) (Figura 9). Resultados similares ocorreram quando ESF<sub>PI</sub> e ESF<sub>PF</sub> passaram pelo teste estatístico para o período com maior volume de chuvas ( $F_{5\%;1} = 4,67$ ;

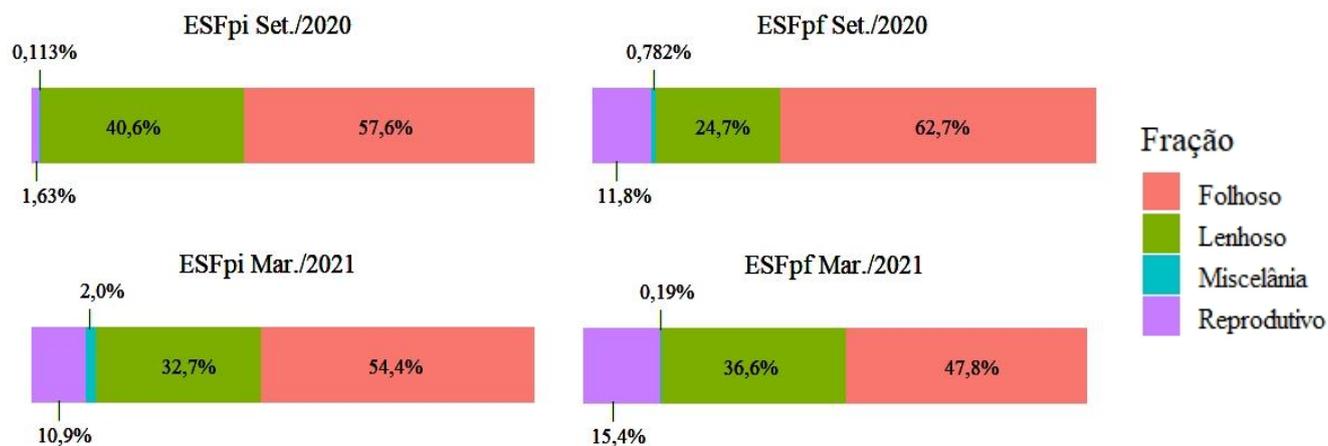
p-valor = 0,0341), apresentando que existe uma diferença significativa do estoque da liteira com chuvas constantes. Quando o mesmo ecossistema foi comparado entre os meses de coleta, não foram observados valores significativos tanto para  $ESF_{PI}$  quanto para  $ESF_{PF}$ .

**Figura 9** - Média  $\pm$  EP referente ao armazenamento de liteira ( $Mg \cdot ha^{-1}$ ) em dois meses comparando setembro de 2020 e março de 2021, nos ecossistemas  $ESF_{PF}$  = Sucessional de Planícies Fluvial e  $ESF_{PI}$  = Sucessional de Planalto Interfluvial, localizados na UD – Várzea ( $1^{\circ} 27' 52''$  S e  $48^{\circ} 26' 03''$  O) e floresta adjacente ao ICA ( $1^{\circ} 27' 14''$  S e  $48^{\circ} 26' 22''$  O) localizados a margem direita do Rio Guamá no Campus Belém da UFRA. As médias estão apresentadas com seus respectivos erros padrões, com letras maiúsculas apresentando a relação dos ecossistemas dentro dos meses coletados, as letras minúsculas representam a comparação do mesmo ecossistema entre os meses coletados, testados estatisticamente com ANOVA ( $p < 0,05$ ).



A fração de liteira que apresentou maior concentração foi a folhosa, apresentando superioridade em todas as coletas, seguido em todas as coletas pela fração lenhosa. O destaque vai a representatividade para a fração folhosa do ecossistema  $ESF_{PF}$  (62,7%) em setembro de 2020 seguido pelo  $ESF_{PI}$  (57,6%) do mesmo período de coleta (Figura 10). Para março de 2021 a fração folhosa com maior representatividade foi  $ESF_{PI}$  (54,4%) com o menor valor em  $ESF_{PF}$  (47,8%) (Figura 10).

**Figura 10** – Distribuição das frações em (%) dos ecossistemas estudados para cada coleta representados pelos ecossistemas do estudo em ESF<sub>PF</sub> = Planície Fluvial e ESF<sub>PI</sub> = Planalto Interfluvial localizados na UD – Várzea (1° 27' 52" S e 48° 26' 03" O) e floresta adjacente ao ICA (1° 27' 14" S e 48° 26' 22" O).



## 5.2. Discussão.

### 5.2.1. Capacidade de Armazenamento de Água

Avaliando os ecossistemas estudados foi possível constatar que os resultados demonstraram diferenças significativas entre os valores médios do estoque de liteira e capacidade de armazenamento de água entre os ecossistemas onde a planície fluvial apresentou maior capacidade de armazenamento de água possuindo um dos menores valores de estoque. Por esse motivo rejeitamos a hipótese (**ANOVA, P < 0,05**) de que os maiores armazenamentos de liteira levariam a um maior armazenamento de água.

Uma possível explicação que pode nos levar a entender este acontecimento pode vir dos elementos climáticos que influenciam na produtividade e estoque da liteira. Silva (2004) apresenta em seu estudo que entre os elementos climáticos o de maior influência para ocorrer a deposição da matéria orgânica vegetal foi a radiação solar, outros elementos como ventos e precipitação menor influência.

Ao levar em conta que as coletas do ecossistema ESF<sub>PI</sub> apresentaram as duas maiores médias de armazenamento de liteira, período menos chuvoso (7,11 Mg/ha) e mais chuvoso (6,55 Mg/ha), sendo estes meses típicos do período menos chuvoso e mais chuvoso da região amazônica respectivamente (MARTINS et al. 2018; JUNIOR, 2020), superando o valor médio do ecossistema ESF<sub>PF</sub> d (5,60 Mg/ha), indicativos que a produção está relacionado ao fato da adaptação das espécies dentro ambiente (FERREIRA et al., 2009; CAMARGO; GIARRIZZO; JESUS, 2015).

Como apresentado por Silva et al. (2009) em seu experimento na floresta nacional de Caxiuanã – PA, ao aplicar o controle do fator água no solo anulando ao máximo a chuva ocorreu a elevação na produção da liteira, com destaque para fração folhosa seguida da lenhosa. Esta especificidade da humidade do solo quando relacionada a incidência da radiação solar e fortes ventos favorece maior produção das frações de liteira (SILVA, 2004).

Camargo, Giarrizzo e Jesus, (2015) indicam que em ambientes de florestas ripárias com umidade do solo elevada mesmo em períodos menos chuvosos não apresentou interferência quanto a produção da liteira, característica favorecida pela região tropical que não apresenta grandes variações de elementos climáticos no decorrer do ano (JUNIOR, 2020; SILVA, 2014). Observamos essa situação nos ecossistemas ESF<sub>PF</sub> e ESF<sub>PI</sub> que não apresentaram diferenças significativas entre os períodos de coleta (Figura 9).

Outro fator influenciador na quantidade de material estocado na superfície do solo, pode estar relacionado a fertilidade do solo, já que a maior parte dos nutrientes absorvidos pelas plantas vem do aporte da liteira depositada e decomposta (SILVA, 2014). Nessa condição, o ecossistema ESF<sub>PI</sub> apresenta maior influência a ciclagem de nutrientes, enquanto que este processo diminui para o ecossistema ESF<sub>PF</sub>, pois a ocorrência de alagamentos periódicos na região margeadora dos rios, como no caso de florestas ripárias, retarda a abscisão foliar sendo necessário a passagem por períodos de estresse para maior produção (SILVA, 2004; FERREIRA; CATTÂNIO; JARDIM, 2015).

Podemos indicar que a riqueza nutricional das florestas ripárias também favorece esta caracterização, é a ocorrência dos períodos de cheia dos rios que ao transbordar para as florestas depositam detritos no solo, uma fonte importante de nutrientes para esse ecossistema (MACEDO et al., 2019), as correntes do rio acabam sendo depositados sobre o solo, o que mantém o ambiente rico em macro e micro nutrientes (FERREIRA, 2016). Mesmo existindo espécies com mecanismo de abscisão foliar em momentos de cheia, como indicado por Maurenza, Marengo e Piedade (2009) em seu estudo com *Pouteria glomerata* que em situação de alagamento libera suas folhas como mecanismo de preservação, o ciclo biogeoquímico é muito favorecido pelos sedimentos dos rios.

A composição da flora dos locais também tem grande carga sobre as variações dos estoques de liteira. Mesmo ecossistema ESF<sub>PI</sub> possuindo maior valor de indivíduos

(928,22 ind./ha) comparado ao ESF<sub>PF</sub> (911,67 ind./ha), os valores são próximos indicando que as diferenças nos valores de estoque têm grande influência dos grupos ecológicos e da adaptabilidade aos ambientes.

Existe grande similaridade nos grupos ecológicos dos ecossistemas estudados, a variedade maior de espécies presentes no ecossistema ESF<sub>PI</sub> influencia na produtividade. Junior (2020), em seu experimento avalia que a composição florística teve importância para o armazenamento de liteira vindo muito pela diversidade e presença de espécies clímax no dossel florestal.

As espécies clímax como *E. oleraceae*, *V. surinamensis* e indivíduos do gênero *Hevea* indicam o bom desenvolvimento e indicam elevada produção da liteira, tendo em vista que os ecossistemas sucessionais com presença de espécies clímax tendem a possuir maior produção e estoque de liteira (JUNIOR, 2020).

Medeiros et al. (2019), com experimento fitossociológico feito no mesmo local, indicou que esta baixa diversidade é proveniente do histórico passado de manejo e atualmente de exploração irregular de produtos madeireiros e não-madeireiros, acrescido ao fato de o excesso de água no solo do ecossistema interferir no desenvolvimento das plantas de forma negativa (MAURENZA; MARENCO; PIEDADE, 2009).

A retenção de água nos ecossistemas está muito ligada ao estado de fracionamento da liteira, no caso do ecossistema ESF<sub>PF</sub> apresentou os maiores valores, em especial no período chuvoso, onde com valores inferiores de estoque da liteira apresentou os maiores valores para o quesito armazenamento de água. Parte da explicação para esse caso vem da fauna presente da liteira responsável pela primeira etapa da decomposição da liteira que limita a fragmentação da liteira logo após a queda sobre o solo (LAMMEL et al., 2015; SILVA et al., 2018). O desenvolvimento desses pequenos animais tem grande influência da umidade presente no meio para seu desenvolvimento (SANTOS; FRANKLIN; LUIZÃO, 2008; ZHANG et al., 2021), elemento que se mantém presente em florestas ripárias mesmo nos períodos menos chuvosos da região amazônica em especial no solo (FERREIRA, 2016).

Franklin et al., (2001) em seu experimento com ácaros presentes em várzeas da Amazônia detectou que esses estes animais são super adaptados ao ambiente que excedem com facilidade 100 dias de submersão e apresentam boa atividade metabólica nos momentos de seca.

## 6 CONCLUSÃO

I. Mesmo com o ESFpi possuindo os maiores valores para armazenamento de liteira, o ESFpf apresentou maiores valores de armazenamento de água indicando que características dos ecossistemas favorecem esta propriedade física.

II. O ESFpf, possuindo o menor armazenamento de liteira com maior armazenamento de água indica que o ecossistema se torna propício a fragmentação da liteira favorecendo a presença de água.

III. A diversidade presente dos ecossistemas, mesmo apresentando similaridade em algumas espécies e famílias, favorece o a deposição da liteira.

## REFERENCIAS

ALMEIDA, E. J.; LUIZÃO, F.; RODRIGUES, D. DE J. Litterfall production in intact and selectively logged forests in southern of Amazonia as a function of basal area of vegetation and plant density. **Acta Amazonica**, v. 45, n. 2, p. 157–166, 2015.

ALVARENGA, G. C. et al. Spatial patterns of medium and large size mammal assemblages in várzea and terra firme forests, Central Amazonia, Brazil. **PLoS ONE**, v. 13, n. 5, p. 1–19, 2018.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

ARAÚJO JÚNIOR, A. C. R. Geomorfologia Urbana Como Subsídio Para O Planejamento Ambiental Na Cidade De Belém-Pa. **Revista Geografar**, v. 8, n. 2, p. 133, 2013.

ARAÚJO, M. M. et al. Lacistema pubescens. **Ciência Florestal**, v. 15, p. 343–357, 2005.

ARÉVALO-SANDI, A. R.; NORRIS, D. Short term patterns of germination in response to litter clearing and exclosure of large terrestrial vertebrates along an Amazon forest regrowth gradient. **Global Ecology and Conservation**, v. 13, 2018.

ARMENTERAS, D. et al. Scenarios of land use and land cover change for NW Amazonia: Impact on forest intactness. **Global Ecology and Conservation**, v. 17, 2019.

BENTOS, T. V.; NASCIMENTO, H. E. M.; WILLIAMSON, G. B. Tree seedling recruitment in Amazon secondary forest: Importance of topography and gap micro-site conditions. **Forest Ecology and Management**, v. 287, p. 140–146, 2013.

CAMARGO, M.; GIARRIZZO, T.; JESUS, A. J. S. Efeito da variação da inundação sazonal na produção de serrapilheira numa floresta aluvial do médio Rio Xingu (bacia do Amazonas, Brasil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 3, p. S250–S256, 2015.

CARIM, S.; SCHWARTZ, G.; SILVA, M. F. F. DA. Riqueza de espécies, estrutura e composição florística de uma floresta secundária de 40 anos no leste da Amazônia. **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, n. 2, p. 293–308, 2007.

CASTRO, A. P. DE et al. Os sistemas agroflorestais como alternativa de sustentabilidade em ecossistemas de várzea no Amazonas. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 2, p. 279–288, 2009.

CLIMATEMPO. **Climatologia e histórico de previsão do tempo em Belém, BR.**

Disponível em: <<https://www.climatempo.com.br/climatologia/232/belem-pa>>. Acesso em: 30 jan. 2021.

COCHEV, J. S. et al. Dinâmica espaço-temporal da paisagem e estrutura populacional de *Euterpe precatoria* Mart. em fragmento florestal no município mato-grossense de Alta Floresta, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 3, p. 1398, 2019.

COSTA, B. C. et al. Dinâmica da massa seca e propriedades químicas da liteira em *Virola surinamensis* e floresta sucessional na Amazônia oriental. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 1, p. 23, 2017a.

COSTA, P. M. O. et al. Dynamics of leaf litter and soil respiration in a complex multistrata agroforestry system, Pernambuco, Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, v. 19, n. 4, p. 1189–1203, 2017b.

DA SILVA, W. B. et al. Are litterfall and litter decomposition processes indicators of forest regeneration in the neotropics? Insights from a case study in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 429, n. July, p. 189–197, 2018.

DANTAS, M. E.; MEDINA, A. I. DE M. Projeto Porto Seguro Santa Cruz Cabralia. In: [s.l.: s.n.]. p. 9–30.

DUARTE, J. A. P. et al. Composição e estrutura florística de florestas degradadas e secundárias da Mesorregião sudoeste Paraense, PA, Brasil. **Biota Amazônia**, v. 8, n. 2, p. 32–43, 2018.

ELIAS, F. et al. Soil and topographic variation as a key factor driving the distribution of tree flora in the Amazonia/Cerrado transition. **Acta Oecologica**, v. 100, n. September, p. 103467, 2019.

FERREIRA, Á. X. **DISTRIBUIÇÃO E PROPRIEDADE HIDRÁULICA DOS SOLOS DA Álvaro Xavier Ferreira DISTRIBUIÇÃO E PROPRIEDADE HIDRÁULICA DOS SOLOS DA VÁRZEA DE CURUAI, PARÁ.** [s.l.] UNB, 2016.

FERREIRA, C. S. et al. Adaptive strategies to tolerate prolonged flooding in seedlings of floodplain and upland populations of *Himatanthus sucuuba*, a Central Amazon tree. **Aquatic Botany**, v. 90, n. 3, p. 246–252, 2009.

FERREIRA, L. S.; CATTÂNIO, J. H.; JARDIM, M. A. G. Efeito da topografia e da precipitação na florística e na produção de liteira em caxiuanã, Pará. **Revista Arvore**, v. 39, n. 6, p. 995–1005, 2015.

FÖRSTER, B. et al. Tropical terrestrial model ecosystems for evaluation of soil fauna and leaf litter quality effects on litter consumption, soil microbial biomass and plant growth. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 8, p. 1063–1071, 2009.

FRAGAL, E. H.; SILVA, T. S. F.; NOVO, E. M. L. DE M. Reconstructing historical forest cover change in the Lower Amazon floodplains using the LandTrendr algorithm. **Acta Amazonica**, v. 46, n. 1, p. 13–24, 2016.

FRANKLIN, E. N. et al. RESSISTÊNCIA À SUBMERSÃO DE ÁCAROS (ACARI: ORIBATIDA) TERRESTRES DE FLORESTAS INUNDÁVEIS E DE TERRA FIRME NA AMAZÔNIA CENTRAL EM CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS DE LABORATÓRIO. **Acta Amazonica**, v. 31, n. 2, p. 285–298, 2001.

FREITAS, J. L.; SANTOS, E. S.; OLIVEIRA, F. A. Avaliação de Atributos Químicos do Solo em Ambientes de Terra Firme e Várzea no Município de Santana, Amapá. **Biota Amazônia**, v. 5, n. 4, p. 27–33, 2015.

GAMA, J. R. V. et al. Comparação entre florestas de várzea e de terra firme do Estado do Pará. **Revista Árvore**, v. 29, n. 4, p. 607–616, 2005.

HOLANDA, A. C. et al. Aporte de serapilheira e nutrientes em uma área de caatinga. v. 11, n. 1, p. 92–105, 2017.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**.

JUNIOR, H. B. DOS S. Fitossociologia e propriedades físicas da liteira em ecossistema sucessional de floresta alterada na Amazônia Oriental. v. 2507, n. February, p. 1–9, 2020.

JUNK, W. J. et al. Macrohabitat studies in large Brazilian floodplains to support sustainable development in the face of climate change. **Ecohydrology and Hydrobiology**, v. 18, n. 4, p. 334–344, 2018.

LAKING, A. E. et al. Salamander loss alters litter decomposition dynamics. **Science of the Total Environment**, v. 776, p. 145994, 2021.

LAMMEL, D. R. et al. Land use, soil and litter chemistry drive bacterial community structures in samples of the rainforest and Cerrado (Brazilian Savannah) biomes in Southern Amazonia. **European Journal of Soil Biology**, v. 66, p. 32–39, 2015.

LEVIS, C. et al. Persistent effects of pre-Columbian plant domestication on Amazonian forest composition. **Science**, v. 355, n. 6328, p. 925–931, 2017.

LUCAS, C. M. et al. Effects of short-term and prolonged saturation on seed germination of Amazonian floodplain forest species. **Aquatic Botany**, v. 99, p. 49–55, 2012.

LUZ, R. L. et al. Litter decomposition and nutrient release dynamics of leaves and roots of the babassu palm in eastern amazonia. **Acta Amazonica**, v. 50, n. 3, p. 213–222, 2020.

MACEDO, R. S. et al. Amazonian dark earths in the fertile floodplains of the Amazon River, Brazil: an example of non-intentional formation of anthropic soils in the Central Amazon region Terra Preta de Índio em várzeas eutróficas do rio Solimões, Brasil: um exemplo da não int. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Hum**, v. 970, n. 1, p. 207–227, 2019.

MANUEL VILLA, P. et al. Stand structural attributes and functional trait composition overrule the effects of functional divergence on aboveground biomass during Amazon forest succession. **Forest Ecology and Management**, v. 477, n. August, p. 118481, 2020.

- MARTINS, W. B. R. et al. DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA E NUTRIENTES EM ÁREAS DE MINERAÇÃO SUBMETIDAS A MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL EM PARAGOMINAS, PARÁ. **Floresta**, v. 48, n. 1, p. 27–36, 2018a.
- MARTINS, W. B. R. et al. Litterfall, litter stock and water holding capacity in post-mining forest restoration ecosystems, Eastern Amazon. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 3, 2018b.
- MARTORANO, L. G.; PEREIRA, L. C.; ENVIROMENT, E. Estudos Climáticos do Estado do Pará : Classificação Climática ( KÖPPEL ) e deficiência Hídrica ( Thornhtwhite , Mather ). n. January, 1993.
- MASSOCA, P. E. DOS S. et al. Dinâmica e trajetórias da sucessão secundária na Amazônia central Dynamics and trajectories of secondary succession in Central Amazonia. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.**, v. 7, n. 3, p. 235–250, 2012.
- MATEUS, F. A. et al. Estoque e capacidade de retenção hídrica da serrapilheira acumulada na restauração florestal de áreas perturbadas na mata Atlântica. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 3, p. 336–343, 2013.
- MATOS, N. M. et al. Estoque de Serapilheira em Três Fisionomias no Cerrado do Distrito Federal. **Floresta e Ambiente**, v. 24, n. 0, p. 1–9, 2017.
- MAURENZA, D.; MARENCO, R. A.; PIEDADE, M. T. F. Efeito da inundação de longa duração sob o crescimento de *Pouteria glomerata* (Sapotaceae), uma arbórea da várzea da Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 3, p. 519–526, 2009.
- MEDEIROS, A. M. DE et al. **Fitossociologia De Um Ecossistema Florestal De Planície Fluvial Da Ufra No Município De Belém-Pa.** [s.l.: s.n.].
- MONTERO, J. C.; LATRUBESSE, E. M. The igapó of the Negro River in central Amazonia: Linking late-successional inundation forest with fluvial geomorphology. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 46, p. 137–149, 2013.
- MORAES, D.; FILHO, M. Contribuição das chuvas do período da tarde em Belém e possíveis relações com a normal climatológica. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 23, p. 17–32, 2018.
- MORAES, I. S. et al. MONITORAMENTO DA ABERTURA NO DOSSEL A PARTIR DE FOTOGRAFIAS HEMISFÉRICAS COM NDVI E MLME EM ÁREA DE CONCESSÃO FLORESTAL : MAMURU-ARAPIUNS / PA Canopy Opening Monitoring by Hemispherical Photographs with NDVI and LSMM , in Forest Concession Area : Mamuru-A. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 7, p. 1303–1315, 2016.
- MORAN, E. F. et al. Moran et al, 2000 - former land use effects on reg forest - BZ.pdf VN - readcube.com. **Forest Ecology and Management**, v. 139, p. 93–108, 2000.
- NEBEL, G.; DRAGSTED, J.; VEGA, A. S. Litter fall, biomass and net primary production in flood plain forests in the Peruvian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 150, n. 1–2, p. 93–102, 2001.
- NÓBREGA, A. M. F. DA et al. Banco de sementes de remanescentes naturais e de áreas reflorestadas em uma várzea do Rio Mogi-Guaçu - SP. **Revista Árvore**, v. 33, n. 3, p. 403–411, 2009.

- ODUM, E. P. **Fundamentos da Ecologia**. 6 ed. ed. Lisboa: [s.n.].
- OLIVEIRA, F. DE A. **Biogeoquímica comparativa de ecossistemas de floresta sucessional de *Virola surinamensis* na região dos tabuleiros costeiros do estuário guajarinó, Amazônia Oriental, Brasil**. [s.l: s.n.].
- PIAZZA, M. V. et al. Chronic insect herbivores accelerate litter decomposition and nutrient recycling rates along an environmental/herbivory gradient in northern Patagonia. **Forest Ecology and Management**, v. 479, n. June 2020, p. 118534, 2021.
- PINTO, W. J. QUALIDADE AMBIENTAL EM PLANTAÇÕES DE EUCALYPTUS SPP. DETERMINADA A PARTIR DE PROCESSOS FUNCIONAIS DA SERAPILHEIRA. 2021.
- REYES, H. A. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi along secondary forest succession at the eastern periphery of Amazonia: Seasonal variability and impacts of soil fertility. **Applied Soil Ecology**, v. 136, n. August 2018, p. 1–10, 2019.
- REZENDE, G. M.; VIEIRA, D. L. M. Forest restoration in southern Amazonia: Soil preparation triggers natural regeneration. **Forest Ecology and Management**, v. 433, n. August 2018, p. 93–104, 2019.
- SANTOS, A. F. A. et al. Capacidade de retenção hídrica do estoque de serapilheira de eucalipto. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 1–9, 2017.
- SANTOS, P. C. T. C. DOS et al. **OS SOLOS DA FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO PARÁ**. ed. 02 ed. Belém - PA: UFRA, 1983.
- SANTOS, W. H. DOS; BARROS, P. L. C. DE. **MEMÓRIAS: Um olhar na construção da Universidade Federal Rural da Amazônia**. [s.l: s.n.].
- SANTOS, E. M. R.; FRANKLIN, E.; LUIZÃO, F. J. Litter manipulation and associated invertebrate fauna in secondary forest, central Amazonia, Brazil. **Acta Oecologica**, v. 34, n. 3, p. 274–284, 2008.
- SARTORI, G. M. S. et al. Sistemas de preparo do solo e de semeadura no rendimento de grãos de soja em área de várzea. **Ciencia Rural**, v. 46, n. 3, p. 492–498, 2016.
- SAYER, E. J. et al. Revisiting nutrient cycling by litterfall—Insights from 15 years of litter manipulation in old-growth lowland tropical forest. **Advances in Ecological Research**, v. 62, n. February, p. 173–223, 2020.
- SERRÃO, S. L. C.; BELATO, L. D. S.; DIAS, R. P. A vulnerabilidade natural e ambiental do município de Belém (PA). **Nature and Conservation**, v. 12, n. 1, p. 36–45, 2019.
- SILVA, A. D. DA. **Produção e concentração de nutrientes via deposição de liteira na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra-PA**. [s.l.] UFOPA, 2014.
- SILVA, R. M. DA. **Influência De Variáveis Meteorológicas Na Produção E Decomposição De Liteira Na Estação Científica Ferreira Penna, Caxiuanã, Pa**. [s.l.] UFV, 2004.
- SILVA, R. M. DA et al. Influence of meteorological variables in the litterfall production in the Ferreira Penna Scientific Station, Caxiuanã, Pará, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 3, p. 573–582, 2009.

SILVA, K. DE A. et al. Litter stock in a forest in process of restoration after bauxite mining. **Rodriguesia**, v. 69, n. 2, p. 853–861, 2018.

VIEIRA, I. C. G. et al. Classifying successional forests using Landsat spectral properties and ecological characteristics in eastern Amazônia. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, n. 4, p. 470–481, 2003.

WALKER, R. The scale of forest transition: Amazonia and the Atlantic forests of Brazil. **Applied Geography**, v. 32, n. 1, p. 12–20, 2012.

WATRIN, O. DOS S.; HOMMA, A. K. O. **Evolução do uso da terra do Engenho Murutucu : historia , geografia e ecologia**. [s.l: s.n.]. v. 1

WITTMANN, A. DE O. et al. Germination in four low-várzea tree species of Central Amazonia. **Aquatic Botany**, v. 86, n. 3, p. 197–203, 2007.

WITTMANN, F.; JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F. The várzea forests in Amazonia: Flooding and the highly dynamic geomorphology interact with natural forest succession. **Forest Ecology and Management**, v. 196, n. 2–3, p. 199–212, 2004.

XAVIER, G. P. DA S. **Mudanças no estoque de carbono da biomassa lenhosa de florestas de várzea baixa da amazônia central ao longo de um gradiente sucessional**. [s.l.] INPA, 2009.

ZHANG, M. et al. Linking soil nutrient cycling and microbial community with vegetation cover in riparian zone. **Geoderma**, v. 384, n. October 2020, p. 114801, 2021.

**Apêndice 1:** Fitosociologia das espécies catalogadas por inventário amostral (CAP > 15cm) no ecossistema ESF<sub>PI</sub> localizado na mata do ICA, Universidade Federal Rural da Amazônia – Campus Belém, PA 2020.

#	FAMÍLIA	ESPÉCIE	N	DRi (%)	FRi (%)	DoRi (%)	IVI (%)
1	Arecaceae	<i>Euterpe oleraceae</i> Mart.	256	45.96	45.96	14.96	22.27
2	Euphorbiaceae	<i>Mabea angustifolia</i> Spruce ex Benth.	40	7.18	7.18	13.09	8.39
3	Myristicaceae	<i>Virola surinamensis</i> (Rol. ex Rottb.) Warb.	27	4.85	4.85	13.11	7.62
4	Lauraceae	<i>Nectandra cuspidata</i> Nees.	27	4.85	4.85	11.74	7.16
5	Polygonaceae	<i>Triplaris weigeltiana</i> (Rchb.) Kuntze	20	3.59	3.59	10.08	5.21
6	Euphorbiaceae	<i>Hevea</i> spp.	19	3.41	3.41	4.59	3.32
7	Simaroubaceae	<i>Simaba orinocensis</i> Kunth	14	2.51	2.51	2.94	2.80
8	Fabaceae	<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd.	7	1.26	1.26	4.57	2.60
9	Bignoniaceae	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.)	5	0.90	0.90	1.92	2.25
10	Nyctaginaceae	<i>Guapira laxa</i> (Netto) Furlan	10	1.80	1.80	2.61	2.12
11	Bignoniaceae	<i>Amphilophium crucigerum</i> L. G. Lohmann	9	1.62	1.62	2.54	2.04
12	Urticaceae	<i>Cecropia engleriana</i> Sneathl.	6	1.08	1.08	0.87	1.96
13	Lecythidaceae	<i>Gustavia poeppigiana</i> O. Berg.	13	2.33	2.33	0.47	1.92
14	Fabaceae	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.	2	0.36	0.36	4.05	1.80
15	Fabaceae	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	10	1.80	1.80	0.53	1.76
16	Araliaceae	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al.	4	0.72	0.72	0.45	1.37
17	Lauraceae	<i>Endlicheria ruforamula</i> Chanderb.	5	0.90	0.90	0.20	1.35
18	Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Rich	5	0.90	0.90	2.12	1.33
19	Clusiaceae	<i>Simphonia globulifera</i> L. F.	2	0.36	0.36	2.04	1.13

20	Siparunaceae	<i>Siparuna cuspidata</i> (Tul.) A.DC.	6	1.08	1.08	0.15	1.06
21	Fabaceae	<i>Inga ingoides</i> (Rich.) Willd.	4	0.72	0.72	0.47	1.05
22	Myristicaceae	<i>Iryanthera dialyandra</i> Ducke	5	0.90	0.90	0.18	1.01
23	Combretaceae	<i>Terminalia obloga</i> (Ruiz & Pav.) Steud.	4	0.72	0.72	0.35	1.01
24	Fabaceae	<i>Acosmium lentiscifolium</i> Schott	4	0.72	0.72	0.31	1.00
25	Malvaceae	<i>Mollia burchellii</i> Sprague	2	0.36	0.36	0.56	0.96
26	Fabaceae	<i>Poepigia</i> spp.	4	0.72	0.72	0.17	0.95
27	Moraceae	<i>Brosimum lactescens</i> (S.Moore) C.C.Berg	3	0.54	0.54	0.31	0.94
28	Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	2	0.36	0.36	0.20	0.84
29	Euphorbiaceae	<i>Alchornea</i> spp.	7	1.26	1.26	0.26	0.83
30	Fabaceae	<i>Piptadenia</i> spp.	1	0.18	0.18	0.34	0.83
31	Salicaceae	<i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.	2	0.36	0.36	0.16	0.83
32	Malvaceae	<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. & Spreng.) K.Schum.	2	0.36	0.36	0.15	0.82
33	Oxalidaceae	<i>Averrhoa carambola</i> L.	4	0.72	0.72	0.26	0.65
34	Burceraceae	<i>Dacryodes hopkinsii</i> Daly	4	0.72	0.72	0.21	0.63
35	Burceraceae	<i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swart	2	0.36	0.36	0.36	0.57
36	Moraceae	<i>Ficus maxima</i> Mill.	1	0.18	0.18	0.46	0.54
37	Lecythidaceae	<i>Couratari</i> spp.	1	0.18	0.18	0.34	0.50
38	Arecaceae	<i>Astrocaryum</i> spp.	2	0.36	0.36	0.16	0.50
39	Sapotaceae	<i>Pouteria caimito</i>	2	0.36	0.36	0.15	0.50
40	Humiriaceae	<i>Endopleura uchi</i> (Huber) Cuatrec.	1	0.18	0.18	0.30	0.49
41	Boraginaceae	<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	2	0.36	0.36	0.12	0.48
42	Fabaceae	<i>Pentaclethra maculosa</i> (Willd.)	1	0.18	0.18	0.23	0.46

43	Fabaceae	<i>Dicorynia paraensis</i> Benth.	1	0.18	0.18	0.21	0.46
44	Anacardiaceae	<i>Spondias</i> sp.	1	0.18	0.18	0.12	0.43
45	Fabaceae	<i>Inga</i> spp.	1	0.18	0.18	0.11	0.42
46	Fabaceae	<i>Stryphnodendron foreroi</i> E.M.O.Martins	1	0.18	0.18	0.10	0.42
47	Annonaceae	<i>Annona exsucca</i> DC.	1	0.18	0.18	0.09	0.42
48	Burceraceae	<i>Protium calendulinum</i> Daly	1	0.18	0.18	0.08	0.41
49	Lecythidaceae	<i>Eschweilera grandiflora</i> (Aubl.) Sandwith	1	0.18	0.18	0.07	0.41
50	Burceraceae	<i>Protium</i> spp.	1	0.18	0.18	0.07	0.41
51	Myrtaceae	<i>Cocoloba</i> sp.	1	0.18	0.18	0.04	0.40
52	Campanulaceae	<i>Aubutilon</i> sp.	1	0.18	0.18	0.02	0.39
<i>TOTAL INDIVIDUOS</i>			557	100	100	100	100

N: Numero de árvores inventariadas; DRi (%): Densidade Relativa; FRi (%): Frequência Relativa; DoRi (%): Dominância Relativa; IVI (%): Índice de Valor de Importância.

**Apêndice 2:** Fitossociologia das espécies catalogadas por inventário amostral (CAP > 15cm) no ecossistema ESF<sub>PF</sub> localizado na desativada UD-Várzea as margens do Rio Guamá, Universidade Federal Rural da Amazônia – Campus Belém, PA 2020.

#	FAMÍLIA	ESPÉCIE	N	DRi (%)	FRi (%)	DoRi (%)	IVI (%)
1	Arecaceae	<i>Euterpe oleraceae</i> Mart.	291	53.20	8.70	18.48	26.79
2	Euphorbiaceae	<i>Hura crepitans</i> L.	87	15.90	7.25	20.26	14.47
3	Malvaceae	<i>Pachira macrocalyx</i> (Ducke) Fern. Alonso	22	4.02	5.80	31.30	13.71
4	Myristicaceae	<i>Virola surinamensis</i> (Rol. ex Rottb.) Warb.	34	6.22	8.70	4.17	6.36
5	Polygonaceae	<i>Triplaris weigeltiana</i> (Rchb.) Kuntze	20	3.66	5.80	3.07	4.18
6	Fabaceae	<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A.Howard	14	2.56	2.90	4.91	3.45
7	Lecythidaceae	<i>Couropita guianensis</i> Aubl.	9	1.65	5.80	1.75	3.07
8	Fabaceae	<i>Inga aptera</i> (Vinha) T.D.Penn.	7	1.28	7.25	0.66	3.06
9	Urticaceae	<i>Cecropia engleriana</i> Snethl.	8	1.46	4.35	1.60	2.47
10	Anacardiaceae	<i>Spondias</i> sp.	3	0.55	4.35	1.36	2.08
11	Moraceae	<i>Ficus maxima</i> Mill.	5	0.91	2.90	2.35	2.05
12	Euphorbiaceae	<i>Hevea</i> spp.	5	0.91	2.90	1.33	1.71
13	Fabaceae	<i>Rhynchosia phaseoloides</i> (Sw.) DC.	7	1.28	2.90	0.93	1.70
14	Meliaceae	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	6	1.10	2.90	0.58	1.52
15	Arecaceae	<i>Mauritia flexuosa</i> L.f.	2	0.37	1.45	2.66	1.49
16	Fabaceae	<i>Lecointea peruviana</i> J.F.Macbr.	2	0.37	2.90	0.51	1.26
17	Boraginaceae	<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	2	0.37	2.90	0.09	1.12
18	Fabaceae	<i>Zygia inaequalis</i> (willd.) Pittier.	2	0.37	2.90	0.08	1.12
19	Rosaceae	<i>Prunus</i> spp.	1	0.18	1.45	1.41	1.01

20	Clusiaceae	<i>Simphonia globulifera</i> L. F.	6	1.10	1.45	0.38	0.98
21	Bignoniaceae	<i>Tabebuia umbellata</i> (Song.) Sandwith.	2	0.37	1.45	0.74	0.85
22	Oxalidaceae	<i>Averrhoa carambola</i> L.	2	0.37	1.45	0.39	0.74
23	Moraceae	<i>Brosimum lactescens</i> (S.Moore) C.C.Berg	2	0.37	1.45	0.25	0.69
24	Fabaceae	<i>Inga ingoides</i> (Rich.) Willd.	2	0.37	1.45	0.20	0.67
25	Fabaceae	<i>Vatairea guianensis</i> Aubl.	1	0.18	1.45	0.16	0.60
26	Malvaceae	<i>Mollia burchellii</i> Sprague	1	0.18	1.45	0.11	0.58
27	Fabaceae	<i>Stryphnodendron spp.</i>	1	0.18	1.45	0.09	0.57
28	Myristicaceae	<i>Iryanthera dialyandra</i> Ducke	1	0.18	1.45	0.08	0.57
29	Calophyllaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	1	0.18	1.45	0.06	0.57
30	Lauraceae	<i>Nectandra cuspidata</i> Nees.	1	0.18	1.45	0.04	0.56
<i>TOTAL INDIVIDUOS</i>			547	100	100	100	100

N: Numero de árvores inventariadas; DRi (%): Densidade Relativa; FRi (%): Frequência Relativa; DoRi (%): Dominância Relativa; IVI (%): Índice de Valor de Importância.

**Apêndice 3:** Análise de variância em Delineamento Inteiramente Casualizado da Capacidade de Armazenamento de Água.

3.1. ANOVA Setembro de 2020 entre ecossistemas

	gl	SQ	MQ	Valor F	Pr (>F)
Ecosistemas	1	72804	72804	12,86	0,000618
Resíduos	70	396348	5662		

3.2. ANOVA Março de 2021 entre ecossistemas

	gl	SQ	MQ	Valor F	Pr (>F)
Ecosistemas	1	8,34	8,336	2,17	0,146
Resíduos	64	245,82	3,841		

3.3. ANOVA Setembro de 2020 e Março de 2021 do ecossistema SPF

	gl	SQ	MQ	Valor F	Pr (>F)
Coletas	1	181074	181074	23,21	$8,13 \cdot 10^{-6}$
Resíduos	70	546092	7801		

3.4. ANOVA Setembro de 2020 e Março de 2021 do ecossistema SPI

	gl	SQ	MQ	Valor F	Pr (>F)
Coletas	1	358787	358787	71,4	$2,71 \cdot 10^{-12}$
Resíduos	64	351755	5025		

amento de Água.

**Apêndice 4:** Análise de variância em Delineamento Inteiramente Casualizado da Massa Seca dos ecossistemas.

4.1. ANOVA setembro de 2020 entre ecossistemas.

	gl	SQ	MQ	Valor F	Pr (>F)
Ecosistemas	1	40,9	40,91	4,638	0,0341
Resíduos	70	617,4	8,81		

4.2. ANOVA março de 2021 entre ecossistemas.

	gl	SQ	MQ	Valor F	Pr (>F)
Ecosistemas	1	1,852	1,8520	4,661	0,0343
Resíduos	70	27,811	0,3973		

4.3. ANOVA setembro de 2020 e março de 2021 do ecossistema ESF<sub>PF</sub>.

	gl	SQ	MQ	Valor F	Pr (>F)
Coletas	1	10,7	10,730	1,715	0,195
Resíduos	70	437,9	6,256		

4.4. ANOVA setembro de 2020 e março de 2021 do ecossistema ESF<sub>PI</sub>.

	gl	SQ	MQ	Valor F	Pr (>F)
Coletas	1	5,6	5,595	0,4	0,529
Resíduos	70	979,6	13,995		