



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

WALMER BRUNO ROCHA MARTINS

**DINÂMICA DE SERAPILHEIRA EM ÁREAS SUBMETIDAS A DIFERENTES
MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL, PARAGOMINAS, PARÁ, BRASIL**

**BELÉM
2016**



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

WALMER BRUNO ROCHA MARTINS

**DINÂMICA DE SERAPILHEIRA EM ÁREAS SUBMETIDAS A DIFERENTES
MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL, PARAGOMINAS, PARÁ, BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciências Florestais: área de concentração Manejo de ecossistemas florestais, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Assis Oliveira

**BELÉM
2016**

Martins, Walmer Bruno Rocha

Dinâmica da Serapilheira em Áreas Submetidas a Diferentes Métodos de Restauração Florestal, Paragominas, Pará, Brasil. / Walmer Bruno Rocha Martins. - Belém, 2016.

50 f.; il.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2015.

1. Áreas Degradadas 2. Métodos de restauração 3. Monitoramento 4. Serapilheira como indicador de restauração
- I. Título

CDD – 255.31



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

WALMER BRUNO ROCHA MARTINS

**DINÂMICA DE SERAPILHEIRA EM ÁREAS SUBMETIDAS A DIFERENTES
MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL, PARAGOMINAS, PARÁ, BRASIL**

Dissertação apresentado à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do curso de Mestrado em Ciências Florestais para obtenção do título de Mestre

Aprovado em fevereiro de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco de Assis Oliveira - Orientador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

Prof. Dr. Steel Silva Vasconcelos - 1º Examinador
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

Prof. Dr. Gustavo Schwartz - 2º Examinador
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

Prof. Dr. Rodrigo Silva do Vale - 3º Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

Às pessoas mais queridas da minha vida:

Minha Mãe Sra. Milcar,

Meu pai Sr. Edson e minhas irmãs

Lourena e Davila Salila.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao meu todo poderoso Deus, por me conceder a vida e me guiar sempre em direção ao caminho do bem;

Aos meus pais Edson Martins da Silva e Milcar Rocha Martins pelos ensinamentos, conselhos e principalmente carinho e amor;

As minhas queridas irmãs Lourena Thais e Davila Salila pela descontração, companhia e todo apoio;

À Universidade Federal Rural da Amazônia (minha segunda casa), pelo apoio logístico necessário para realização do curso e por proporcionar um ambiente agradável de trabalho;

À CAPES pela concessão da bolsa de pesquisa;

Ao meu orientador Francisco de Assis Oliveira, pela disponibilidade e paciência nas orientações;

À Prof^a Gracialda Costa Ferreira pela confiança na realização da pesquisa e disposição para orientações;

À empresa Mineração Paragominas S.A. (MPSA), por todo apoio logístico e financeiro durante as atividades;

As professoras Vanda Maria Sales de Andrade, Livia Gabrig Turbay, Iracema Maria Castro Coimbra e ao professor Paulo Luiz Contente de Barros, pelas orientações, incentivo e apoio nas análises e disponibilidade em ajudar sempre que necessário;

À equipe de campo Rodrigo Barbosa, Raimundo Goulart (Cabeça) e José Marques (Tatu) pelo apoio nas atividades de coleta de dados;

Aos então estagiários Ana Paula, Paula Carolina, Juliana Machado, Joyce Cristine, Jamille Costa, Jonatas Costa, por todo apoio no Laboratório de Ecossistemas (LABECOS) e pela amizade construída durante essa jornada;

À minha companheira Jéssica Saraiva da Costa por todos os momentos, pela paciência, compreensão, carinho e amor;

A todos os meus colegas de turma de mestrado pela amizade, em especial a Sabrina Ribeiro, Denise Nunes, Mayra Piloni, Ruy Guilherme, Raphael Prado, Wander Luiz e Ana Paula por compartilhar os maus e bons momentos durante o curso;

À Coordenação de Pós Graduação em Ciências Florestais, em especial a Greice que sempre se dispôs a ajudar no que fosse necessário;

A todos que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADO

*“Quem fica na floresta um dia, quer escrever uma enciclopédia;
quem passa 5 anos, fica em silêncio para perceber o quanto é
profunda e complexa a Criação”.*

Dom Pedro Casaldáliga

Lista de Figuras

- Figura 1.** Média mensal do índice pluviométrico e temperatura do município de Paragominas dos últimos sete anos (2008-2014).20
- Figura 2.** Mapa de localização das áreas de estudo (áreas de coletas). PM: Plantio de Mudanças; RN: Regeneração Natural e; FF: Fragmento Florestal.....23
- Figura 3.** A) Instalação do coletor no interior da área de plantio de mudas e; B) o aposte de serapilheira decorridos um mês.25
- Figura 4.** A) Triagem de serapilheira em frações e; B) Massa seca de galhos finos (galhos com $\varnothing \leq 2$ cm).25
- Figura 5.** Gabarito metálico adjacente ao coletor de serapilheira.26
- Figura 6.** A) Amostras de serapilheira acumulada submersas em água e; B) bandejas inclinadas para o escoamento hídrico.....28
- Figura 7.** Deposição mensal de serapilheira em área de restauração florestal com método de plantio de mudas (PM), regeneração natural (RN) e um fragmento florestal utilizado como testemunha (FF). Médias seguidas de seus respectivos erros padrões das médias com letras minúsculas nas barras de mesma cor e maiúsculo com diferentes cores dentro de cada mês não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).
..... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 8.** Capacidade de Retenção hídrica (CRH %) em áreas de restauração e fragmento florestal em dois períodos de coleta. PM: Plantio de mudas; RN: Regeneração natural; FF: Fragmento florestal. Médias seguidas de seus desvios padrões com a mesma letra maiúscula para cada período e minúsculas para cada ecossistema não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....38

Lista de Tabelas

- Tabela 1.** Atributos químicos dos solos das áreas de Fragmento Florestal (FF), Plantio de Mudas (PM) e Regeneração Natural (RN) em diferentes profundidades.21
- Tabela 2.** Deposição, decomposição e tempo de renovação de serapilheira em três ecossistemas.36
- Tabela 3.** Deposição mensal de serapilheira fracionada nas áreas de plantio de mudas (PM), regeneração natural (RN) e fragmento florestal (FF). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).32
- Tabela 4.** Análise de coeficiente de correlação entre a produção média total da serapilheira nos três ecossistemas (Áreas) com as variáveis meteorológicas36
- Tabela 5.** Serapilheira Acumulada total e separada em três frações coletadas em três ecossistemas e em dois períodos (seco e chuvoso) do ano de 2015.36

Sumário

RESUMO.....	13
ABSTRACT	14
1. INTRODUÇÃO GERAL	13
2. OBJETIVOS.....	14
3. CONTEXTUALIZAÇÃO	Erro! Indicador não definido.
3.1. <i>A mineração de bauxita no Brasil seus impactos ambientais e as normas legais ..</i>	15
3.2. <i>A restauração de áreas degradadas na Amazônia brasileira</i>	16
3.3. <i>Monitoramento de áreas em processo de restauração florestal</i>	17
3.4. <i>Serapilheira como indicador de restauração florestal</i>	18
4. MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1. <i>Caracterização geral da área de estudo</i>	20
4.2. <i>Método geral</i>	24
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
CAPÍTULO 1.....	Erro! Indicador não definido.
DEPOSIÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA EM ÁREAS SUBMETIDAS A DIFERENTES MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL, PARAGOMINAS, PARÁ, BRASIL	Erro! Indicador não definido.
1. INTRODUÇÃO	Erro! Indicador não definido.
2. MATERIAL E MÉTODOS	Erro! Indicador não definido.
2.1. <i>Área de estudo</i>	Erro! Indicador não definido.
2.1.1. <i>Caracterização das áreas em processo de restauração florestal e do fragmento florestal</i>	
Erro! Indicador não definido.	
2.2. <i>Coleta de dados</i>	Erro! Indicador não definido.
2.2.1. <i>Serapilheira depositada</i>	Erro! Indicador não definido.
2.2.2. <i>Estoque de serapilheira no solo</i>	Erro! Indicador não definido.
2.2.3. <i>Taxa de decomposição e tempo de renovação da serapilheira</i>	Erro! Indicador não definido.
defnido.	
2.2.4. <i>Variáveis meteorológicas</i>	Erro! Indicador não definido.
3. <i>Delineamento experimental e análise estatística</i>	Erro! Indicador não definido.
4. RESULTADOS	Erro! Indicador não definido.
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	Erro! Indicador não definido.
CAPITULO 2.....	Erro! Indicador não definido.
ESTOQUE E CAPACIDADE DE RETENÇÃO HÍDRICA DA SERAPILHEIRA EM ÁREAS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL, PARAGOMINAS, PARÁ	Erro! Indicador não definido.

1. INTRODUÇÃO	Erro! Indicador não definido.
2. MATERIAL E MÉTODOS	Erro! Indicador não definido.
2.1. <i>Área de estudo</i>	Erro! Indicador não definido.
2.2. <i>Coleta de dados</i>	Erro! Indicador não definido.
2.2.1. <i>Estoque de serapilheira no solo</i>	Erro! Indicador não definido.
2.2.2. <i>Capacidade de retenção hídrica de serapilheira</i> ...	Erro! Indicador não definido.
2.3. <i>Delineamento experimental e análise dos dados</i>	Erro! Indicador não definido.
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	Erro! Indicador não definido.
CAPÍTULO 3.	Erro! Indicador não definido.
APORTE DE NUTRIENTES DA SERAPILHEIRA EM ÁREAS SUBMETIDAS A DIFERENTES MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL, PARAGOMINAS, PA	Erro! Indicador não definido.
1. INTRODUÇÃO	Erro! Indicador não definido.
2.1. <i>Áreas de estudo</i>	Erro! Indicador não definido.
6.1.1. <i>Caracterização das áreas em processo de restauração florestal e do fragmento florestal</i>	Erro! Indicador não definido.
2.2. <i>Aporte de nutrientes</i>	Erro! Indicador não definido.
2.3. <i>Delineamento experimental e análise dos dados</i>	Erro! Indicador não definido.
3. RESULTADOS PRELIMINARES	Erro! Indicador não definido.
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	Erro! Indicador não definido.

RESUMO

O processo de restauração de florestas anteriormente degradadas pela mineração cresceu continuamente nas duas últimas décadas e o monitoramento desses ambientes faz-se necessário. A serapilheira é considerada um bom indicador ambiental e deve ser utilizada na avaliação de florestas em restauração. O estudo foi conduzido na empresa Mineração Paragominas S.A., localizada no município de Paragominas, de onde se extrai bauxita desde 2007, utilizando-se primordialmente dois métodos para restauração florestal, sendo: plantio de mudas nativas (PM) e indução da regeneração natural (RN). Neste sentido, a hipótese testada é de que: o método RN é o mais eficaz quanto a produção, decomposição, capacidade de retenção hídrica e qualidade nutricional da serapilheira em áreas de restauração, pois o predomínio inicial de espécies pioneiras de rápido crescimento contribuem para o aumento e melhoria dessas características, quando comparado ao método de PM de diversas espécies, aproximando-se dessa maneira de um fragmento de floresta nativa (FF), utilizado neste trabalho como referência. Com isso, objetivou-se contrastar o aporte (a), estoque e capacidade de retenção hídrica no período seco e chuvoso (b), além de avaliar o aporte de macro e micronutrientes nos ecossistemas de PM, RN e FF (c). A serapilheira aportada foi coletada mensalmente de setembro de 2014 a outubro de 2015, também se realizou coletadas estáticas trimestralmente com auxílio de um gabarito, para efeito de cálculos de decomposição, renovação e estimativa da capacidade de retenção hídrica (CRH) da serapilheira. Todo material, após coletado, foi triado em 5 frações (folhas, galhos finos, material reprodutivo, galhos grossos e miscelânea) no aporte e três (folhas, galhos e miscelânea) no estoque. A deposição, taxa de decomposição, e CRH da serapilheira acumulada foi maior nas áreas de FF e RN, com as maiores médias de massa seca aportadas nos meses com menor pluviometria e maior temperatura. A deposição da fração folhas foi a mais representativa, com 91,67, 79,66 e 82,81% nas áreas de RN, FF e PM respectivamente. A CRH foi maior no período chuvoso, com maiores médias da fração folhas estocada nas áreas de RN e FF, no entanto, não ocorreu diferença de massa seca total entre os ecossistemas nem entre os períodos de avaliação. O método de RN mostrou-se mais eficiente quando comparada ao PM, podendo ser expandido para novas áreas, sobretudo onde as características do *topsoil* apresentem uma boa aptidão para essa finalidade.

Palavras chave: mineração de bauxita; recuperação ambiental, plantio de mudas nativas, regeneração natural, indicadores de restauração florestal.

ABSTRACT

The forest restoration process previously degraded by mining has grown steadily over the last two decades and monitoring of these environments is necessary. Litter is considered a good environmental indicator and should be used in the evaluation of forest restoration. The study was conducted at the company Mineração Paragominas SA, located in the municipality of Paragominas, from where bauxite is extracted since 2007, using mainly two methods for forest restoration, as follows: planting native seedlings (PM) and induction of natural regeneration (RN). In this sense, the tested hypothesis is that: the RN method is most effective as production, decomposition, water retention capacity and nutritional quality of litter in restoration areas because the initial dominance of pioneer species of rapid growth contribute to the increasing and improving these characteristics, when compared to the PM method of different species, approaching this way a fragment of native forest (FF), used in this work as a reference. With that aimed to contrast the contribution (a), stock and water retention capacity in the dry season and rainy (b), in addition to evaluating the contribution of macro and micronutrients in the PM ecosystems, RN and FF (c). Litter deposited was collected monthly from September 2014 to October 2015, was also held static trimensalmente collected with the aid of a template, for the purpose of calculation of decay, renewal and estimate the water retention capacity (CRH) litter. All material after collected was sorted in 5 fractions (leaves, twigs, reproductive material, thick branches and miscellaneous) in supply and three (leaves, branches and miscellaneous) in stock. The deposition, decomposition rate, and CRH of accumulated litter was higher in the areas of FF and RN, with the highest average dry matter deposited in the months with less rainfall and higher temperatures. The deposition of the fraction was the most representative sheets with 91.67, 79.66 and 82.81% in the areas NB, FF and PM respectively. CRH was higher in the rainy season, with highest average fraction of the sheets stored in the areas of RN and FF, however, there was total dry mass difference between ecosystems or between periods of evaluation. RN method was more efficient compared to the PM and can be expanded to new areas, especially where the topsoil characteristics show a good aptitude for this purpose.

Keywords: bauxite mining; environmental restoration, planting native seedlings, natural regeneration, forest restoration indicators.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A Amazônia contém uma grande fonte de recursos naturais, que vai basicamente da madeira, passando pelo minério até chegar a água potável. Além disso, a floresta proporciona ao homem uma série de serviços ambientais como a provisão de alimentos, a regulação climática, o controle de erosões e a ciclagem de nutrientes. A ausência desses serviços em decorrência do desmatamento descontrolado, vem ocasionado consequências em escala global, dentre elas, a perda de biodiversidade e a elevação das temperaturas.

A ciclagem de nutrientes através da decomposição da serapilheira estocada sobre o solo é o que mantém as exuberantes florestas tropicais, pois os solos são ácidos e muito intemperizados, caracterizados pela baixa fertilidade natural (QUESADA et al., 2011).

Segundo Olson (1963), a serapilheira é todo material de origem vegetal e ou animal que se acumulam sobre o solo, podendo ser constituído de folhas, galhos, frutos, flores, sementes, cascas, carcaças de animais mortos e material não identificado. Esse material sofre o ataque de microrganismos decompositores, favorecidos pela alta umidade e temperatura, ocorrendo assim a mineralização, que é a liberação dos nutrientes da serapilheira para o solo e deste para as plantas através da absorção radicular.

Inúmeros fatores bióticos e abióticos afetam a produção de serapilheira, destacando-se a tipologia vegetal, estágio sucessional da floresta, características edáficas, temperatura, precipitação pluviométrica, altitude, latitude e disponibilidade hídrica (PINTO et al., 2008; ZHANG et al., 2014).

O estudo da serapilheira tem sido alvo de vários pesquisadores no Brasil (LUIZÃO et al., 2007a; VASCONCELOS et al., 2008; COUTO-SANTOS & LUIZÃO 2010; CALDEIRA et al., 2013; ALMEIDA et al., 2015; MIRANDA NETO et al., 2015). A maioria desses estudos estão voltados tanto para quantificação de massa seca, taxa de decomposição e concentração de macro e micronutrientes, assim como as suas transferências para o solo (SCORIZA et al., 2012).

Recentemente a serapilheira tem sido utilizada como indicador de áreas em processo de restauração florestal (MIRANDA NETO et al., 2015), juntamente com outras variáveis (MARTINS, 2015), comparando-se os dados obtidos com os de uma floresta de referência, vista como o exemplo de onde pretende-se chegar com a restauração (SUGANUMA & DURIGAN, 2015). No entanto, trabalhos envolvendo a utilização de serapilheira para avaliação de diferentes métodos de restauração florestal é inexistente.

Dentre os métodos utilizados para restaurar ambientes que foram degradados, predomina o plantio de mudas de diversas espécies nativas, pois tem-se teoricamente uma maior garantia de sucesso das mesmas no sítio, partindo-se do princípio que são adaptadas as condições de clima da região. A indução da regeneração natural por meio da devolução do solo superficial (*topsoil*) é outro modelo utilizado para restaurar áreas degradadas, sobretudo na Amazônia, em que o banco de sementes é constituído de uma grande densidade e riqueza de espécies (ARAÚJO et al., 2001; SALOMÃO, 2012).

Esses métodos destacam-se no setor minerário que tem mostrado mais interesse em restaurar as áreas degradadas pela exploração de minério. Isso ocorre basicamente por dois motivos, o primeiro é o legal, a empresa deve restaurar todas as áreas degradadas pela atividade, o segundo é o econômico, pois quanto mais rapidamente as áreas degradadas forem restauradas, melhor, pois diminui os custos da empresa com insumos e mão de obra.

Diante disso, torna-se importante o estudo da serapilheira como indicador comparativo entre áreas com diferentes métodos de restauração florestal, servindo dessa maneira como subsídio para possíveis intervenções no planejamento dos planos de recuperação de áreas degradadas (PRADs), visando acelerar o processo de restauração florestal com a introdução de técnicas eficientes como o plantio de enriquecimento e de adensamento.

Portanto, essa pesquisa tenta esclarecer a seguinte questão científica: Qual o melhor método utilizado para restauração de áreas degradadas levando-se em consideração a dinâmica da serapilheira? Plantio de mudas (PM) ou indução da regeneração natural (RN)? Então, as hipóteses testadas serão de que o método de regeneração natural (RN) é o mais eficaz quanto a produção e acúmulo de serapilheira (PM) (1), além de apresentar maior capacidade de retenção hídrica (2). Essas hipóteses são justificadas pelo predomínio inicial de espécies pioneiras de rápido crescimento na RN, as quais contribuem para maior produção de serapilheira, aproximando-se de uma floresta de referência.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar a dinâmica de serapilheira em duas áreas com diferentes métodos de restauração florestal: indução da regeneração natural (RN) e plantio de mudas nativas diversas (PM) e compará-las com um fragmento florestal utilizado como testemunha.

2.2. Objetivos específicos

- i. Analisar a deposição e o estoque de serapilheira entre os ecossistemas regeneração natural (RN), plantio de mudas (PM) e fragmento florestal (FF);
- ii. Comparar a capacidade de retenção hídrica da serapilheira nos três ecossistemas de estudo (RN, PM, FF).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. A mineração de bauxita no Brasil seus impactos ambientais e as normas legais

A mineração brasileira contribui significativamente para o crescimento do país. Em 2013, por exemplo, essa atividade representou 4,1 % do Produto Interno Bruto (PIB), proporcionando um aumento de 0,8 % no número de empregos em relação ao ano anterior, o que foi considerado baixo quando comparado ao crescimento dos anos anteriores decorrente do baixo crescimento econômico nesse período (LIMA & NEVES, 2014).

Dentre os principais recursos explorados nas mineradoras destaca-se a bauxita, matéria prima para produção de alumina e alumínio metálico, tanto para fins refratários (materiais capazes de suportar altas temperaturas) como químicos e principalmente metalúrgicos (IBRAM, 2012). O Brasil é atualmente o terceiro maior produtor mundial de bauxita, sendo que o Estado do Pará contribui com 90 % da produção total do país (LIMA & NEVES, 2014).

A exploração de bauxita no Brasil iniciou-se por volta do ano de 1970 com a Mineração Rio do Norte S.A. (MRN), localizada no município de Oriximiná, nas proximidades do rio Trombetas (MONTEIRO, 2005). Até os dias atuais essa mesma empresa é considerada a maior produtora de bauxita do país (SALOMÃO et al., 2007).

Segundo Salomão et al. (2007) o processo de retirada de bauxita na Amazônia brasileira geralmente envolve a supressão vegetal, decapeamento, perfuração, desmonte, escavação, carregamento, transporte e restauração florestal das áreas degradadas.

A exploração mineral causa sérios impactos ao meio ambiente, principalmente pela retirada da vegetação e das camadas superficiais do solo (BARROS et al., 2012; MACHADO et al., 2013) modificando a paisagem no geral (ARAÚJO et al., 2005; GUIMARÃES et al., 2012).

A legislação brasileira no seu § 2º do artigo 225 da Constituição Federal do Brasil de 1988 menciona que à empresa responsável pela exploração dos recursos minerais deve recuperar as áreas degradadas pela atividade. Além disso, em 1989 foi sancionado o decreto nº

97.632 que criou o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) para mineração, e tornou, dessa maneira, obrigação das mineradoras possibilitar condições necessárias para o reestabelecimento da vegetação local, com apresentação previa do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).

3.2. A restauração de áreas degradadas na Amazônia brasileira

A Amazônia brasileira tem passado por intensas mudanças, sobretudo quanto a perda da sua cobertura vegetal nativa. No entanto, nos últimos anos a taxa de desmatamento tem diminuído, quando comparado a década passada (INPE, 2014) com tendência de diminuir ainda mais nos próximos anos (ROSA et al., 2013). Apesar da diminuição do desmatamento, grandes áreas degradadas ainda perduram em boa parte da região norte, devendo ser devidamente restauradas com espécies nativas locais.

Durante décadas o termo restauração ecológica significava a volta exatamente da floresta que ali existia, inclusive com as mesmas espécies (OLIVEIRA & ENGEL, 2011). Contudo, as florestas nativas são ecossistemas dinâmicos, mudando constantemente, surgindo novas espécies e desaparecendo outras naturalmente, por isso, dizer que o objetivo da restauração florestal era a volta de todas as espécies que se encontravam naquele ecossistema não é adequado (OLIVEIRA & ENGEL, 2011).

Por isso, o termo restauração florestal é definido atualmente como a volta das condições e processos ecológicos de uma floresta que foi anteriormente degradada (MARTINS, 2013). Neste sentido, uma floresta restaurada é caracterizada pela alta diversidade de espécies, autossuficiência (ausência de intervenções antrópicas), manutenção estrutural e funcional de seus componentes e capacidade de suportar distúrbios ambientais considerados normais (SER, 2004).

Alguns modelos têm sido aplicados para restaurar ambientes que foram degradados, predominando o plantio de mudas de diversas espécies (SILVA et al., 2015), pois tem-se teoricamente uma maior garantia de sucesso das mesmas no campo. O método de plantio é realizado geralmente de maneira similar aos plantios comerciais diferindo basicamente quanto a quantidade de espécies a ser plantadas e algumas técnicas especiais quanto a distribuição das mesmas no campo. Leva-se em consideração as características ecológicas de cada espécie.

A indução da regeneração natural por meio da devolução do solo superficial (*topsoil*) é outro modelo utilizado para restaurar áreas degradadas, sobretudo na Amazônia, onde o banco de sementes é constituído de uma grande densidade e riqueza de espécies, predominando as do grupo ecológico das pioneiras (ARAÚJO et al., 2001). Esse método também é simples, de baixo

custo e muito eficaz, principalmente a regeneração natural assistida que consiste em pequenas interferências nas áreas em restauração visando acelerar o desenvolvimento das espécies (SHONO et al., 2007).

Outra questão a ser observada está relacionada ao tempo de estocagem do *topsoil*, que pode afetar diretamente o potencial germinativo das sementes de algumas espécies de maneira positiva ou negativa. O tempo de estocagem do desse material varia bastante, dependendo de uma série de fatores, como o tamanho das jazidas, qualidade do minério, dentre outros. Santos (2010) argumenta que o espalhamento do *topsoil* após a reconformação do terreno deve ser o mais rápido possível para que as sementes não percam a sua viabilidade germinativa.

Nas duas últimas décadas tem-se adotado em algumas regiões do Brasil a técnica da nucleação. De acordo com Reis et al. (2010) a nucleação é a formação de núcleos, ilhas de alta diversidade, que se conectarão futuramente a outros núcleos e ou remanescentes florestais, formando teoricamente uma floresta restaurada. Como o processo de restauração florestal de grandes áreas através do plantio total de mudas é muito oneroso, algumas empresas têm adotado o princípio da nucleação, prioritariamente em áreas próximas aos remanescentes, para que haja a conexão entre as mesmas o mais rápido possível.

O princípio da nucleação na Amazônia brasileira ainda é incipiente, com poucas pesquisas, como os de Bento (2010) e Leal Filho et al., (2013) no município de Coari no Estado do Amazonas. A própria empresa Mineração Paragominas S.A., no nordeste paraense, começou recentemente a testar a eficiência da formação de núcleos através da transposição de galhadas como técnicas de restauração (dados não publicados).

3.3. Monitoramento de áreas em processo de restauração florestal

O monitoramento de áreas que foram degradadas é fundamental para dar prosseguimento ao projeto de restauração florestal ou adequá-lo. Contudo, para que haja um bom monitoramento, é necessário sabermos onde se pretende chegar. Para isso, deve-se conhecer um ecossistema florestal de referência para efeito de comparação com os resultados encontrados nas áreas em processo de restauração (DARONCO et al., 2013).

Ecossistema de referência é caracterizado como um modelo avançado de desenvolvimento, um comparador que se almeja atingir (SER, 2004). Por isso, esse ecossistema deve estar o mais próximo possível das áreas em processo de restauração florestal, como os fragmentos florestais adjacentes, os quais são extremamente importantes ecologicamente, pois fornecem sementes e propágulos as áreas degradadas (TRES et al., 2007).

Os indicadores avaliados no monitoramento são os mais diversos, podendo ser agrupados em qualitativos e quantitativos, os quais são utilizados para descrever o estado em que o ecossistema se encontra (MARTINS, 2015; SUGANUMA & DURIGAN, 2015). De maneira geral, deve-se avaliar no monitoramento indicadores fáceis de serem medidos e compreender que de fato demonstrem claramente a situação daquele ecossistema num dado momento (UEHARA & GANDARA, 2011).

Os principais indicadores utilizados para o monitoramento de áreas degradadas envolvem as propriedades edáficas a diversidade, altura e diâmetro das espécies que compõem a vegetação (AQUINO-SILVA et al., 2010; LIMA, 2014), presença de mamíferos e aves polinizadoras e dispersoras de sementes (MARTINS, 2015). Além desses indicadores, a quantificação da serapilheira tem ganhado destaque nos últimos anos (MACHADO et al., 2008; RODRIGUES et al., 2010; SPERANDIO et al., 2012; MIRANDA NETO, 2015)

3.4. Serapilheira como indicador de restauração florestal

A serapilheira é todo material orgânico que se acumulado no solo dos ecossistemas florestais (OLSON, 1963). Ela tem funções extremamente importantes, sobretudo nas florestas tropicais, pois é a principal via de transferência de nutrientes para o solo e deste para as plantas pela absorção radicular (SELLE, 2007), protege o solo contra erosão (MORAES et al., 1999), regula os processos hidrológicos superficiais (SATO, 2008), além de ser a via de entrada de sementes no banco de sementes do solo (RODRIGUES et al., 2010). Neste sentido, a serapilheira pode e deve ser utilizada como um indicador de restauração florestal de áreas intensamente degradadas e que estão em processo de restauração.

Diversos estudos foram desenvolvidos com serapilheira em áreas em processo de restauração florestal (ARATO et al., 2003; MACHADO et al., 2008; BRAGA et al., 2010; RODRIGUES et al., 2010; GOMES et al., 2011; SPERANDIO et al., 2012; WANG'ONDU et al., 2014), mas estudos sobre a sua utilização para comparar diferentes métodos de restauração de áreas degradadas ainda são escassos.

Conhecer a quantidade de serapilheira depositada no solo, assim como a sua qualidade nutricional, é importante quando se pretende reestabelecer uma vegetação, tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico. Para isso, utiliza-se geralmente coletores confeccionados dos mais diversos materiais, com uma área de abertura previamente conhecida (SCORIZA et al., 2012).

Também se tem avaliado a serapilheira acumulada ou estocada no solo, em apenas um determinado momento ou em diferentes períodos do ano, neste caso, utilizam-se normalmente gabaritos metálicos que são lançados aleatoriamente na área desejada.

A amostragem da serapilheira é realizada dentro de parcelas, transectos (linhas imaginárias ou faixas) ou de maneira aleatória em área total. Para quantificação da serapilheira em campo, deve-se ter cuidado com o número amostral e com o tamanho do coletor para que o erro não seja elevado e comprometa o trabalho. [Lorentz et al. \(2015\)](#) argumentam que a amostragem em gabaritos retangulares é mais homogênea, diminuindo dessa maneira o coeficiente de variação e aumentando a precisão dos dados.

Após a coleta da serapilheira, depositada em coletores suspensos e, ou, acumulada no solo, faz-se a triagem em laboratório da mesma em diferentes frações, como: folhas, ramos, material reprodutivo (sementes, flores e frutos) e outros que não se enquadram em nenhuma fração anterior (miscelânea). Em seguida, todo material é seco em estufa e quantificado separadamente em balança de precisão (0,01 g) ([SCORIZA et al., 2012](#)).

A triagem tem como objetivo saber a contribuição de cada fração para formação da serapilheira, além de possibilitar comparações de cada componente com outros trabalhos. As folhas de maneira geral são as mais representativas e principal via de transferência de nutrientes para o solo via decomposição ([CALDEIRA et al., 2007](#); [SELLE, 2007](#)).

A deposição, acúmulo e decomposição de serapilheira dependem de variáveis bióticas e abióticas, como: estágio sucessional das florestas, composição florística, idade, precipitação, temperatura, topografia do terreno, altitude, dentre outros ([CALDEIRA et al., 2007](#); [PINTO et al., 2008](#)). [Silver et al. \(2014\)](#) em pesquisas sobre alterações no dossel da floresta em El Verde na Floresta Experimental de Luquillo (FEL) em Porto Rico, encontraram altas modificações na produção e conteúdo de nutrientes da serapilheira, sendo que, os menores valores ocorrem em decorrência da maior intensidade de interferência no dossel, mostrando que a interferência antrópica na estrutura do ecossistema altera a dinâmica da serapilheira.

Além da deposição e estoque, o estudo da taxa e velocidade de decomposição da serapilheira podem ser indicadores eficazes do retorno dos nutrientes para o solo. Basicamente há duas maneiras de estimar essas variáveis: (1) pelo método da relação entre a produção e o estoque e (2) por meio de bolsas de serapilheira (*litter bag*) que consiste na quantificação periódica de folhas secas no interior de bolsas alocadas no ecossistema de estudo ([SCORIZA et al., 2012](#)).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida na empresa Mineração Paragominas S.A., do grupo Hydro, localizada no nordeste do estado do Pará, no Platô Miltônia 3, a 70 Km da sede municipal de Paragominas. A empresa opera desde o ano de 2007 e atualmente lavra aproximadamente 15 milhões de toneladas de minério por ano, produzindo 10 milhões de toneladas de bauxita por ano (HYDRO, 2015).

O clima da região é do tipo “Af_i”, segundo a classificação de Köppen-Geiger, caracterizado como tropical úmido sem estação seca definida com temperatura média entre 25,8 a 27,7 °C.

O índice pluviométrico anual é de aproximadamente 1.500 mm, com o período mais chuvoso entre janeiro e maio (INMET, 2015) (Figura 1). A umidade relativa gira em torno de 86 % (INMET, 2015).

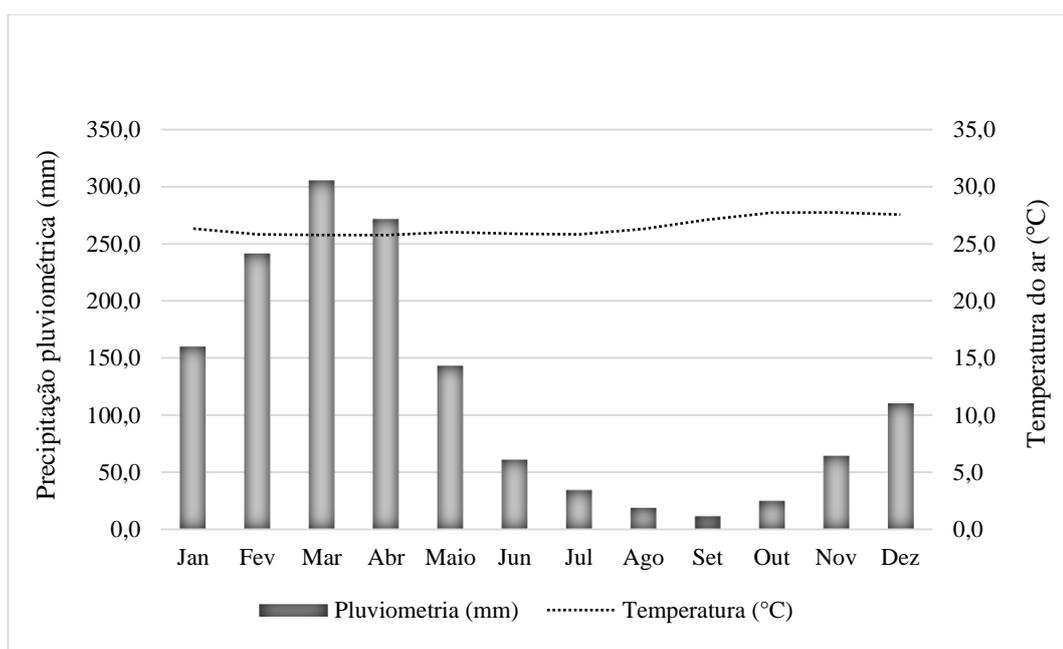


Figura 1. Média mensal da precipitação e temperatura do ar do município de Paragominas dos últimos sete anos (2008-2014).
Fonte: INMET (2015).

No município ocorre alta variabilidade de tipologias de solos. No entanto, predominam os Latossolos Amarelos, Argissolos Amarelos, Plintossolos, Gleissolos e Neossolos (RODRIGUES et al., 2003). No geral os solos são considerados de baixa fertilidade, com baixos teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo e nitrogênio, além da alta saturação por alumínio (RODRIGUES et al., 2003).

Para caracterização química dos solos das áreas específicas de estudo (Tabela 1), foram feitas coletas em três profundidades em junho do ano de 2015, sendo as análises realizadas de acordo com a metodologia descrita pela **Embrapa (1997)**.

Tabela 1. Atributos químicos dos solos das áreas de Fragmento Florestal (FF) e restauração com idade de sete anos: Plantio de Mudanças (PM) e Regeneração Natural (RN) em três profundidades.

Áreas	Prof. (m)	pH (CaCl ₂)	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	K	Na	P	Cu	Fe	Mn	Zn	M.O. g.kg ⁻¹	m %	V
FF	0,0 - 0,1	4,49	2,33	0,61	0,41	4,53	7,66	0,18	0,13	1,00	0,22	125,70	30,00	2,67	45,20	18,55	37,36
PM		4,22	1,90	0,55	0,25	6,88	9,45	0,12	0,08	1,00	0,17	223,83	14,17	3,13	28,33	9,62	27,72
RN		4,40	4,15	0,98	0,18	5,40	1,73	0,19	0,10	1,00	0,13	129,50	23,25	1,53	32,25	5,83	40,35
FF	0,1 - 0,2	4,29	1,74	0,47	0,47	4,61	6,96	0,13	0,14	1,00	0,21	172,20	17,20	3,11	28,10	23,07	30,27
PM		4,15	1,12	0,30	0,22	4,78	6,32	0,08	0,09	1,00	0,10	175,50	6,17	1,83	15,83	12,47	24,45
RN		4,40	2,83	0,48	0,23	4,85	8,33	0,17	0,10	1,00	0,13	143,00	26,50	2,50	33,50	11,30	39,68
FF	0,2 - 0,4	4,18	1,09	0,26	0,63	4,28	5,75	0,08	0,13	1,00	0,22	143,10	9,50	2,25	25,00	33,09	24,98
PM		4,27	0,82	0,25	0,10	3,80	4,95	0,05	0,12	1,33	0,18	78,33	3,50	2,93	9,83	7,12	22,68
RN		4,45	1,68	0,35	0,10	4,25	6,40	0,12	0,13	1,00	0,13	11,00	12,25	1,55	21,25	8,13	31,28

Onde: H+Al: Ácidez potencial; P: Fósforo assimilável pelo método de Mehlich⁻¹; M.O.: Matéria Orgânica; m: Saturação por Alumínio; V: Saturação por bases.

A vegetação do município era coberta por floresta tropical, mas, devido os altos índices de desmatamentos, 45% de suas áreas se tornaram desmatadas ou degradadas. Dessa forma, a tipologia florestal da região caracteriza-se atualmente em três subtipos: floresta densa de terra baixa, floresta densa submontana e floresta aluvial (**PINTO et al., 2009**).

A empresa Mineração Paragominas S.A., após a exploração de bauxita do subsolo, reconformação do terreno e espalhamento do *topsoil* (primeiros 20 cm da superfície do solo da floresta), utiliza principalmente dois métodos de restauração florestal: a) o plantio de mudas diversas e b) indução da regeneração natural.

a) *Plantio de mudas diversas (PM) e Indução da Regeneração Natural (RN)*

Na área de 20 ha selecionada para o plantio, após a reconformação do terreno e espalhamento do *topsoil* (20 cm de espessura) decorridos **xxxx anos**, foram aplicados 800 kg.ha⁻¹ de calcário dolomítico, além da subsolagem e adubação com diferentes dosagens de NPK e composto orgânico, de acordo com os resultados da análise química do solo. O plantio das mudas foi realizado no período chuvoso, com espaçamento de 3 m x 3 m, em covas de 0,30 x 0,30 x 0,30 m, com a utilização inicial de aproximadamente 105 espécies de diferentes grupos ecológicos plantadas ao acaso. Para a manutenção inicial do plantio, realizou-se o controle de formigas cortadeiras e capina química em área total no primeiro ano. Os procedimentos

realizados na área de indução da regeneração natural consistiam de reconformação do terreno e o espalhamento do *topsoil*, com posterior isolamento da área e nenhuma intervenção antrópica.

b) *Fragmento Florestal (FF)*

Além das duas áreas com diferentes métodos de restauração florestal, selecionou-se uma área de aproximadamente 20 ha de um fragmento florestal com idade desconhecida e histórico de exploração madeireira, classificada como floresta secundária, localizada próximo a uma das encostas do platô da mina. Essa área foi utilizada como uma floresta de referência para efeito de comparação com as florestas em estágios iniciais de sucessão ecológica.

Todas as áreas selecionadas para a pesquisa (PM, RN e FF) encontram-se próximas entre si, com a área de PM estando mais distante da RN e do FF (Figura 2).

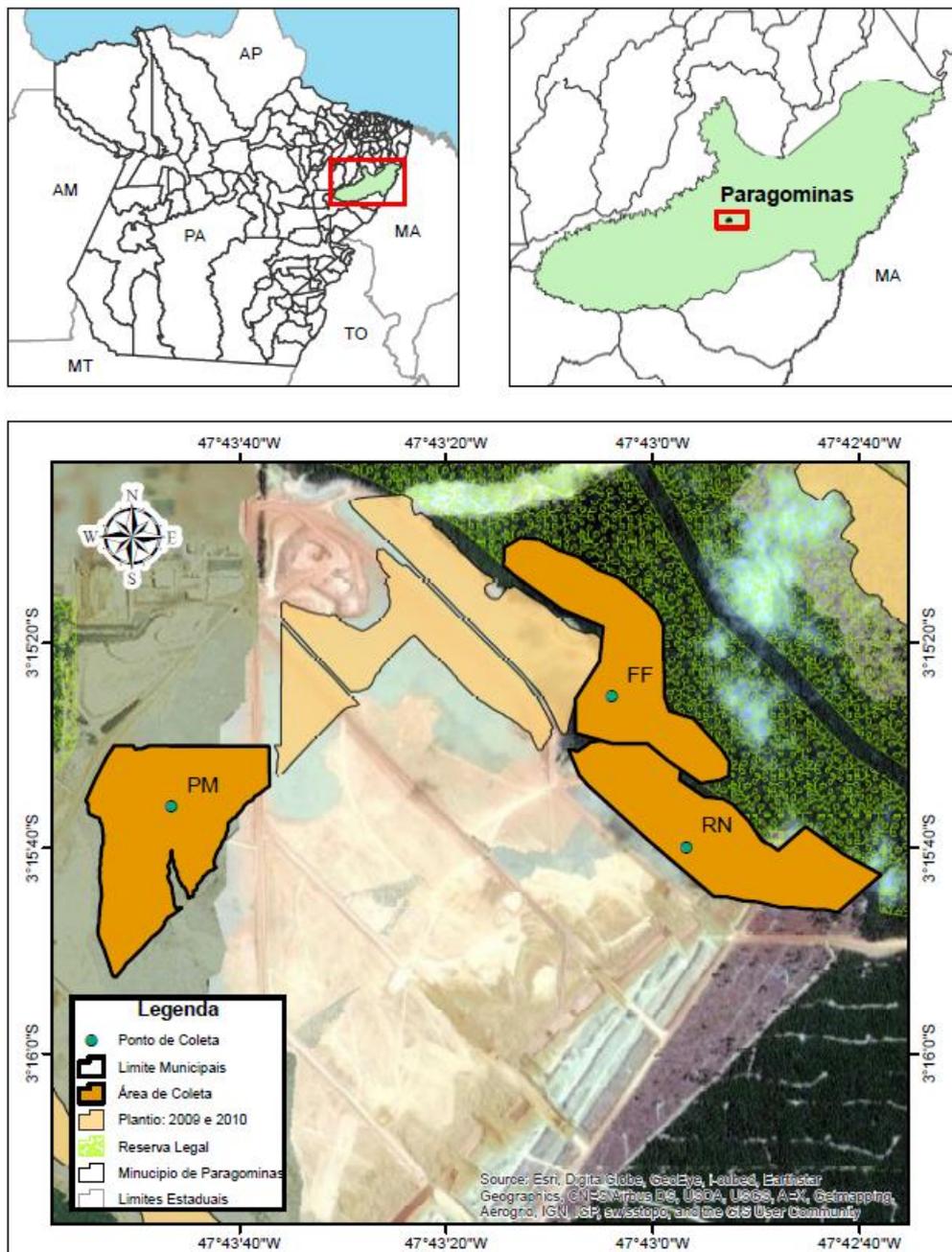


Figura 2. Mapa de localização das áreas de estudo (áreas de coletas). PM: Plantio de Mudanças; RN: Regeneração Natural e; FF: Fragmento Florestal.
Fonte: autor

4.1.1. Caracterização da vegetação das áreas de estudo

O monitoramento da vegetação em áreas sob o processo de restauração foi feito periodicamente por meio de inventários florestais em parcelas permanentes. Estas parcelas estão alocadas no interior de cada área e distanciam-se no mínimo de 100 m umas das outras.

Na área de plantio de mudas (PM), foram instaladas seis parcelas de 1.000 m² (20 m x 50 m) e subparcelas de 100 m² (10 m x 10 m), onde foram medidas todas as espécies plantadas nas parcelas e as regenerantes com caule formado nas subparcelas.

Nas áreas de regeneração natural (RN) instalaram-se três parcelas de 250 m² (10 m x 25 m) e subparcelas de 50 m² (5 m x 10 m), onde são catalogadas todas as espécies com Circunferência a Altura do Peito - CAP \geq 10 cm nas parcelas e todas as espécies com caule formado de CAP < 10 cm nas subparcelas. O número amostral da RN é menor devido à baixa variabilidade de espécies ocorrentes. Já no fragmento florestal foram instaladas seis parcelas com as mesmas dimensões da área de RN e subparcelas com dimensões de 25 m² (5 m x 5 m).

Uma vez registradas as espécies, procedeu-se a análise dos parâmetros de densidade, dominância e frequência relativos, em que a soma dos três valores por espécie é denominada de Índice de Valor de Importância (IVI), de acordo com as expressões abaixo (SOUZA & SOARES, 2013).

$$DRi = \frac{Ni}{A} * 100$$

$$DoRi = \frac{DoAi}{DoT} * 100$$

$$FRi = \frac{FAi}{\sum_{i=0}^S FAi} * 100$$

$$IVIi (\%) = DRi + DoRi + FRi$$

Em que: DRi: densidade relativa da *i*-ésima espécie (%); DoRi: dominância relativa da *i*-ésima espécie (%); FRi: frequência relativa da *i*-ésima espécie (%); Ni: número de indivíduos amostrados da *i*-ésima espécie; A: área total

amostrada; DoAi: dominância absoluta da *i*-ésima espécie; DoT: dominância total, em m²ha⁻¹; FAi: frequência absoluta da *i*-ésima espécie; s: número de espécies amostradas; IVIi (%): índice de valor de importância.

Na área de PM foram registradas 106 espécies com hábito arbóreo, sendo 102 plantadas, 4 exclusivamente regenerantes e 4 espécies regenerantes que também se encontravam no plantio. A altura média do estrato superior é de aproximadamente 4,0 m, com as espécies distribuídas em 23 famílias. As dez espécies com os maiores valores de IVI (%) foram: *Chloroleucon acacioides* (Ducke) Barneby & J.W. Grimes (12,02), *Libidibia ferrea* (Mart.) L.P. Queiroz (11,07), *Inga alba* (Sw.) Willd. (11,00), *Mimosa schomburgkii* Benth. (10,99), *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. (10,99), *Genipa americana* L. (10,05), *Inga fagifolia* (L.) Willd. ex Benth. (9,92), *Croton matourensis* Aubl. (8,69), *Swietenia macrophylla* King (7,88) e *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth (7,29).

Na área de RN foram encontradas 26 espécies com altura média do estrato superior de 3,5 m, distribuídas em 12 famílias com hábito predominantemente arbóreo, mas com algumas espécies herbáceas. As espécies predominantes foram: *Croton matourensis* Aubl. (55,94), *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy (43,98), *Cecropia* sp. (42,24), *Byrsonima crista* A. Juss. (16,32), *Solanum* sp. (15,83), *Casearia grandiflora* Cambess. (10,20), *Cheiloclinium* sp. (9,95), *Guatteria poeppigiana* Mart. (9,57), *Croton ascendens* Secco & N.A. Rosa (9,30) e *Casearia arborea* (Rich.) Urb. (8,03).

Já no FF, foram encontradas 51 espécies com altura média de 7,55 m, distribuídas em 27 famílias, com espécies de hábito arbóreas, destacando-se com maior IVI (%): *Croton matourensis* Aubl. (24,35), *Tapirira guianensis* Aubl. (23,39), *Inga alba* (Sw) Willd. (22,61), *Chrysophyllum prieurii* A.DC. (21,25), *Inga thibaudiana* DC. (16,87), *Guatteria poeppigiana* Mart. (16,51), *Cordia scabrifolia* A.DC. (15,07), *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy (12,78), *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A. Mori (12,78) e *Myrcia fallax* (Rich.) DC. (9,93).

4.2. Métodos

a) Deposição de serapilheira

Para o estudo da deposição de serapilheira, foram instalados coletores confeccionados de madeira e sombrite, os quais possuem área de coleta de 0,25 m² (0,5 m x 0,5 m) e altura de 0,1 m, alocados 0,2 m de altura do solo, para evitar o contato com microrganismos decompositores (Figura 3). Foram instalados 90 coletores em agosto de 2014, distribuídos de maneira aleatória, sendo 30 em cada área de pesquisa. Nos três ecossistemas excluiu-se 50 m de bordadura e os mesmos distanciavam no mínimo 30 metros entre si.



Figura 3. A) Instalação do coletor no interior da área de plantio de mudas e; B) A deposição de serapilheira decorridos um mês.

Todo material que caiu no coletor foi mensalmente retirado e armazenados em sacos plásticos devidamente identificados, posteriormente em laboratório a serapilheira é triada em cinco frações: folhas, galhos finos ($\text{Ø} \leq 2 \text{ cm}$), galhos grossos ($\text{Ø} > 2 \text{ cm}$), material reprodutivo (frutos, sementes, flores) e miscelânea (todo material que não se enquadra nas outras frações). Após triado, o material é acondicionado em estufa a uma temperatura de 70°C durante 72 horas, em seguida pesado em balança analítica com precisão de $0,01 \text{ g}$ (Figura 4).

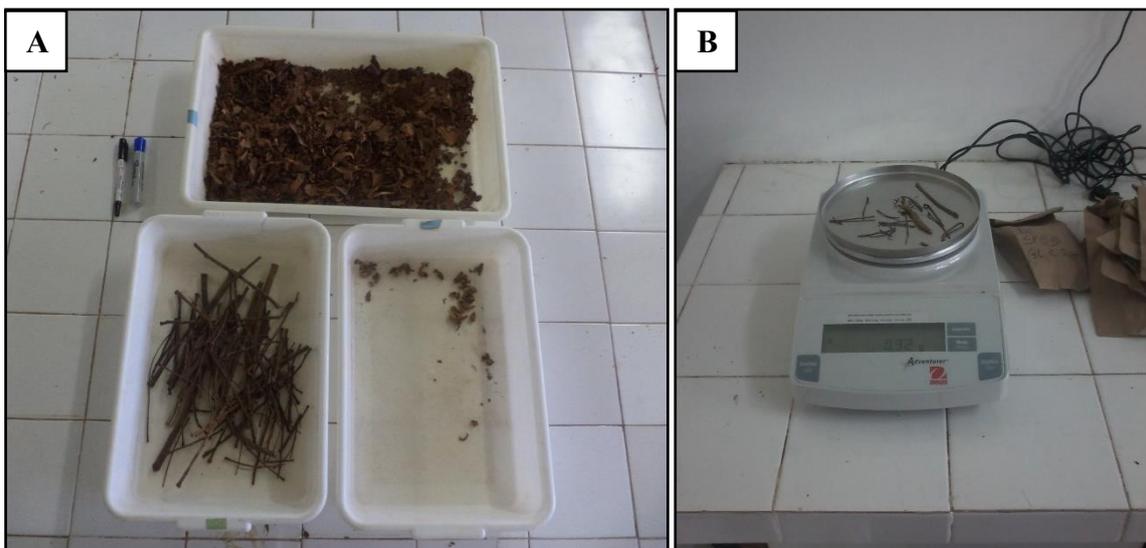


Figura 4. A) Triagem de serapilheira em frações e; B) Massa seca de galhos finos (galhos com $\text{Ø} \leq 2 \text{ cm}$).

b) *Serapilheira acumulada no solo*

A serapilheira acumulada no solo foi coletada em um gabarito com área de $0,25 \text{ m}^2$ ($0,5 \text{ x } 0,5 \text{ m}$) e $0,10 \text{ m}$ de altura. As amostras foram coletadas no final dos meses de setembro e

dezembro de 2014 e em março e junho de 2015, adjacente aos coletores suspensos, de maneira alternada, ou seja, a cada dois coletores suspensos coletou-se uma amostra de serapilheira acumulada (Figura 5), totalizando assim 15 amostras por ecossistemas. Os procedimentos pós coleta são os mesmos descritos para serapilheira depositada.



Figura 5. Gabarito metálico adjacente ao coletor de serapilheira.

c) *Decomposição e renovação da serapilheira*

A taxa de decomposição da serapilheira (K_L) foi calculada pela razão entre a deposição e o estoque de serapilheira anual (Equação 1), conforme proposto por **Olson (1963)**. Após o cálculo do valor estima K_L , encontrou-se o tempo médio de renovação da serapilheira acumulada pela equação de **Hopkins (1966)** (Equação 2).

Equação 1:

$$K_L = \frac{L}{X}$$

Equação 2:

$$t_R = \frac{1}{K_L}$$

Onde:

K_L = Coeficiente de decomposição;

t_R = Tempo médio de renovação da serapilheira (anos)

L = massa de serapilheira depositada ($Mg \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$) e;

X = massa de serapilheira acumulada anualmente ($Mg \cdot ha^{-1}$).

d) *Capacidade de Retenção Hídrica da serapilheira*

Em duas das quatro coletas de serapilheira acumulada no solo, sendo uma no período mais chuvoso (março) e outra no período menos chuvoso (agosto), analisou-se a capacidade de retenção hídrica (CRH) de acordo com **Blow (1955)**. Nesta análise, as amostras são totalmente submersas em água por cerca de 90 minutos. Em seguida as amostras são depositadas em bandejas, inclinadas com ângulo de 30° por 30 minutos, para que escorra o excesso de água (Figura 6). As amostras serão então pesadas em balança de precisão (0,01 g) para obtenção da massa úmida e levadas a estufa a 70° C por 72 horas para a obtenção da massa seca. Com isso, o valor da taxa de retenção hídrica será encontrado pela equação abaixo.

Equação 3:

$$CRH (\%) = [(MU - MS) \div MS] \times 100$$

Onde:

CRH (%) = Capacidade de Retenção Hídrica;

MU = Massa úmida (g);

MS = Massa seca (g)

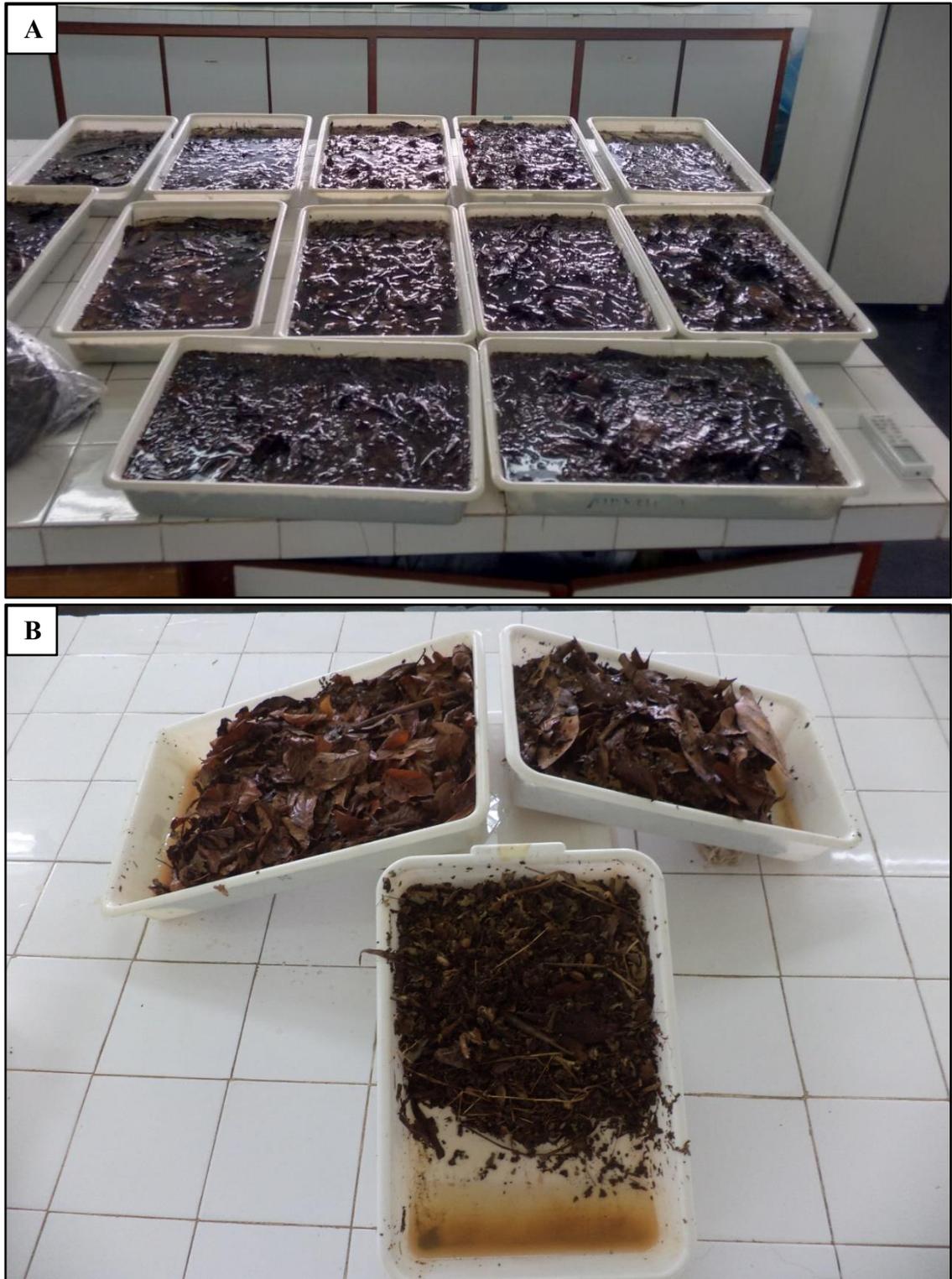


Figura 6. A) Amostras de serapilheira acumulada submersas em água e; B) bandejas inclinadas para o escoamento hídrico.

e) *Análise dos dados e delineamento estatístico*

Para análise da deposição de serapilheira foi adotado um delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo, envolvendo três ecossistemas (PM, RN e FF) avaliados durante doze meses em 30 repetições. No estoque e na capacidade de retenção hídrica

da serapilheira foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 3 x 4 (três ecossistemas x quatro períodos) e 3 x 2 (três ecossistemas x dois períodos) respectivamente, ambos os testes com 20 repetições.

Com isso, os resultados foram submetidos ao teste de normalidade de D' Agostino e posteriormente a Análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas pelo teste SNK (Student-Newman-Keuls) a 5% de probabilidade em caso de diferença significativa.

Foi utilizado para análise estatística e geração de gráficos o software STATISTICA 8.0 e o SigmaPlot 10.0 nesta ordem.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Deposição de serapilheira

A produção anual de serapilheira foi de 6,61 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para o PM, 10,75 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para RN e 11,83 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para o FF (Tabela 2). Esses resultados de RN e FF ficam próximos aos encontrados em outros estudos realizados na Amazônia, que variaram de 8,04 a 11,80 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (KLINGE et al., 1977; DANTAS & PHILLIPSON, 1989; SCOTT et al., 1992; VILLELA & PROCTOR, 1999; MARTIUS et al., 2004; BARLOW et al., 2007; SELVA et al., 2007; ALMEIDA et al., 2015). A produção anual do PM apesar de inferior a RN e FF, assemelha-se aos resultados encontrados por Ewell (1976) e Luizão (1995) em florestas tropicais.

Os três ecossistemas diferiram estatisticamente entre si quanto a deposição de serapilheira, sendo que, o FF apresentou a maior média mensal, seguido de RN e PM (Tabela 2). Machado et al. (2015) encontraram maiores valores em florestas mais antigas do que em estágios iniciais de sucessão, corroborando com o presente estudo. Diferente disso, Dickow et al. (2012) constataram diferença na produção de serapilheira em florestas com diferentes estágios de sucessão.

Tabela 2. Produção mensal e anual de serapilheira em áreas de restauração florestal e fragmento florestal de referência.

Meses	Áreas						Média mensal	Total
	PM		RN		FF			
	Mg.ha ⁻¹							
set/14*	1,29 ± 0,07	a A	1,25 ± 0,08	a A	1,05 ± 0,06	bc A	1,20 ± 0,04	a 3,59
out/14	0,66 ± 0,05	cd A	0,84 ± 0,07	bcd A	0,79 ± 0,07	cd A	0,76 ± 0,04	cb 2,29
nov/14	0,51 ± 0,04	cde B	0,96 ± 0,07	ab A	1,05 ± 0,08	bc A	0,84 ± 0,05	c 2,52
dez/14	0,26 ± 0,03	fg C	0,55 ± 0,04	de B	1,07 ± 0,23	cd A	0,63 ± 0,09	db 1,88
jan/15	0,27 ± 0,03	fg B	0,81 ± 0,11	bcdeA	0,65 ± 0,07	d A	0,58 ± 0,05	d 1,73
fev/15	0,21 ± 0,02	g B	0,70 ± 0,05	bcdeA	0,69 ± 0,06	d A	0,53 ± 0,04	d 1,60

mar/15	0,30 ± 0,04	efg B	0,54 ± 0,05	e A	0,69 ± 0,07	d A	0,51 ± 0,03	d	1,53
abr/15	0,40 ± 0,04	efg B	0,64 ± 0,06	cde A	0,82 ± 0,09	cd A	0,62 ± 0,04	db	1,86
maio/15	0,49 ± 0,05	cde B	0,97 ± 0,08	ab A	1,05 ± 0,08	bc A	0,84 ± 0,05	c	2,51
jun/15	0,41 ± 0,03	def C	0,91 ± 0,09	bc B	1,14 ± 0,09	abc A	0,82 ± 0,05	c	2,46
jul/15	0,77 ± 0,06	bc B	1,27 ± 0,09	a A	1,48 ± 0,10	a A	1,17 ± 0,06	a	3,52
ago/15*	1,04 ± 0,07	ab B	1,31 ± 0,07	a A	1,35 ± 0,10	a A	1,23 ± 0,05	a	3,70
Média mensal	0,55 ± 0,02	C	0,90 ± 0,03	B	0,98 ± 0,03	A	0,81 ± 0,02		
Total anual	6,61		10,75		11,83				29,19

Médias seguidas de seus respectivos erros padrões com letras minúsculas na coluna e maiúsculo na linha não diferente estatisticamente pelo teste de SNK ($p < 0,05$).

As melhores médias de serapilheira produzidas apresentadas nas áreas de RN e FF estão possivelmente relacionadas ao domínio de espécies pioneiras de rápido crescimento como *Croton matourensis*, *Vismia guianensis*, *Tapirira guianensis* e *Inga alba*. Essas espécies desenvolvem-se rapidamente em áreas antropizadas e, de acordo com Guariguata & Ostertag (2001) investem mais energia em produção de folhas do que em madeira.

Chazdon (2012) e Dickow et al. (2012) argumentam que espécies pioneiras proporcionam um ambiente mais propício para o estabelecimento de espécies secundárias através da maior produção e renovação de material vegetal e por isso, apresentam importante função ecológica.

A RN é um método de restauração de áreas degradadas menos eficaz em relação ao PM quanto a diversidade de espécies em estágios iniciais de sucessão. No entanto, a RN é pouco dispendiosa e a baixa diversidade pode ser superada pelo plantio de enriquecimento com espécies desejadas (SHONO et al., 2007).

Os meses em que ocorreram as maiores quantidades de serapilheira foram agosto, setembro e julho com 3,77, 3,59 e 3,52 Mg.ha⁻¹ respectivamente, períodos em que foram registradas elevadas temperaturas e baixa precipitação pluviométrica na área de pesquisa (Figura 7).

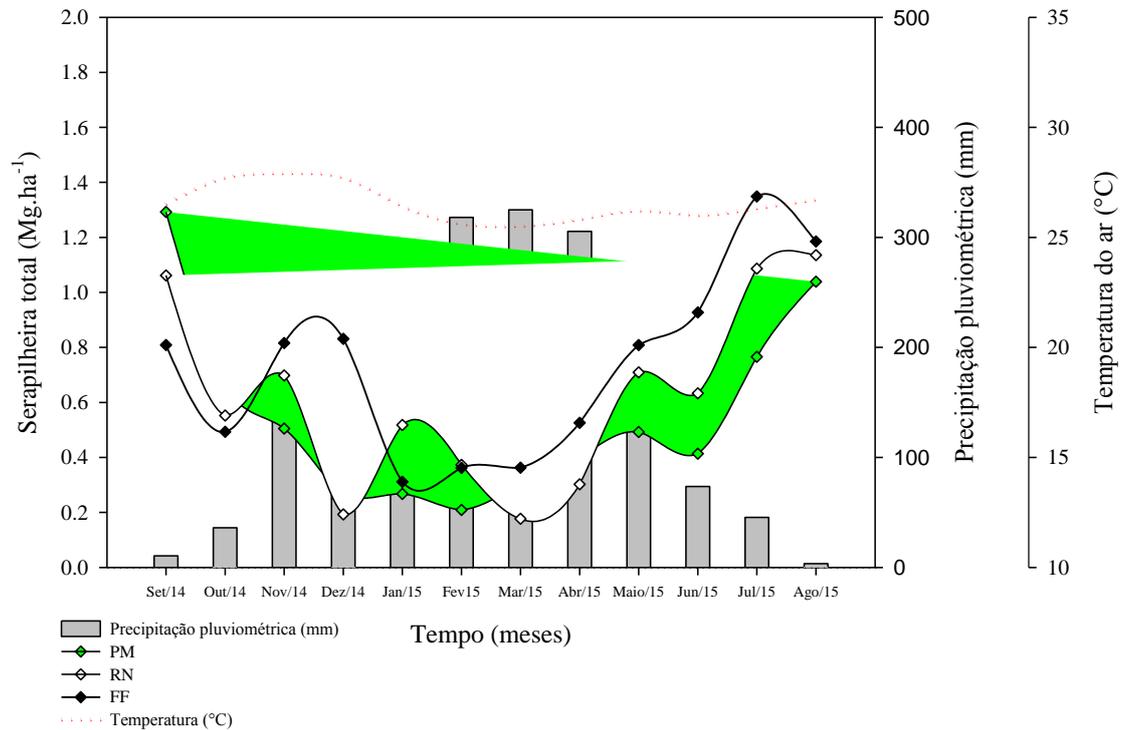


Figura 7. Dinâmica de serapilheira deposicional em áreas de plantio de mudas (PM), regeneração natural (RN) e fragmento florestal (FF) relacionados com as variáveis meteorológicas, temperatura do ar e precipitação pluviométrica.

A variação da deposição de serapilheira em função da temperatura e pluviometria está associada a uma estratégia das plantas no controle de perda de água por transpiração no período mais quente, com a deposição de folhas, galhos e outros (LARCHER, 2004; SELVA et al., 2007; MACHADO et al., 2008). No entanto, Kim et al. (2012) mencionam que a maior produção de serapilheira em períodos mais quentes na Amazônia está associada a renovação foliar das árvores para melhorar o aproveitamento da radiação fotossinteticamente ativa, mesmo com pouca água disponível no solo.

O coeficiente de correlação entre a produção de serapilheira e as variáveis precipitação e temperatura mínima mostraram-se negativas para os três ecossistemas, já a radiação foi correlacionada positivamente com o PM e RN (Tabela 3).

A fração folha foi a mais representativa com 92 %, 80 % e 83 % nas áreas de RN, FF e PM respectivamente (Tabela 3). A maior contribuição das folhas na composição da serapilheira foi encontrada por outros autores em florestas tropicais (LUIZÃO, 1995; OZIEGBE et al., 2011; WANG'ONDU et al., 2014; ALMEIDA, 2015), compreendendo a principal entrada de nutrientes para solo via pela decomposição.

Tabela 3. Deposição mensal de serapilheira fracionada em ecossistemas: plantio de mudas (PM), regeneração natural (RN) e fragmento florestal (FF).

Fração folhas (Mg ha ⁻¹)												
Área	set/14	out/14	nov/14	dez/14	jan/15	fev/15	mar/15	abr/15	maio/15	jun/15	jul/15	ago/15
PM	1,04 a	0,49 b	0,36 b	0,18 b	0,17 b	0,13 b	0,12 b	0,24 b	0,34 b	0,32 b	0,63 b	0,83 b
RN	1,08 a	0,75 a	0,85 a	0,49 a	0,66 a	0,59 a	0,45 a	0,43 a	0,72 a	0,82 a	1,18 a	1,20 a
FF	0,92 a	0,66 ab	0,78 a	0,54 a	0,37 b	0,49 a	0,48 a	0,42 a	0,74 a	0,96 a	1,23 a	1,12 a
Fração galhos ≤ 2 cm de diâmetro (Mg ha ⁻¹)												
Área	set/14	out/14	nov/14	dez/14	jan/15	fev/15	mar/15	abr/15	maio/15	jun/15	jul/15	ago/15
PM	0,20 a	0,12 a	0,09 b	0,04 b	0,07 b	0,04 b	0,07 a	0,08 a	0,09 a	0,07 a	0,09 ab	0,15 a
RN	0,11 ab	0,06 a	0,06 b	0,03 b	0,13 ab	0,08 ab	0,06 a	0,17 a	0,20 a	0,06 a	0,05 b	0,06 a
FF	0,07 b	0,09 a	0,21 a	0,40 a	0,21 a	0,15 a	0,13 a	0,23 a	0,19 a	0,11 a	0,15 a	0,16 a
Fração material reprodutivo (Mg ha ⁻¹)												
Área	set/14	out/14	nov/14	dez/14	jan/15	fev/15	mar/15	abr/15	maio/15	jun/15	jul/15	ago/15
PM	0,05 a	0,04 a	0,04 a	0,04 a	0,02 a	0,02 a	0,04 a	0,03 a	0,03 a	0,02 a	0,04 a	0,03 a
RN	0,01 a	0,01 a	0,01 b	0,01 a	0,01 a	0,01 a	0,01 b	0,01 a	0,01 a	0,01 a	0,01 a	0,01 a
FF	0,02 a	0,03 a	0,02 ab	0,02 a	0,01 a	0,01 a	0,02 ab	0,05 a	0,01 a	0,04 a	0,02 a	0,04 a
Fração miscelânea (Mg ha ⁻¹)												
Área	set/14	out/14	nov/14	dez/14	jan/15	fev/15	mar/15	abr/15	maio/15	jun/15	jul/15	ago/15
PM	0,01 a	0,01 a	0,03 a	0,01 b	0,01 c	0,02 a	0,07 a	0,04 a	0,03 a	0,01 a	0,01 b	0,03 a
RN	0,03 a	0,03 a	0,04 a	0,03 ab	0,02 b	0,03 a	0,03 a	0,04 a	0,04 a	0,02 a	0,03 b	0,04 a
FF	0,03 a	0,02 a	0,04 a	0,04 a	0,05 a	0,03 a	0,07 a	0,06 a	0,09 a	0,04 a	0,05 a	0,03 a
Fração galhos > 2 cm de diâmetro (Mg ha ⁻¹)												
Área	set/14	out/14	nov/14	dez/14	jan/15	fev/15	mar/15	abr/15	maio/15	jun/15	jul/15	ago/15
PM	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,02 a	0,00 a	0,00 a	0,02 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
RN	0,03 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a						
FF	0,01 a	0,00 a	0,00 a	0,07 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,05 a	0,00 a	0,00 a	0,02 a	0,00 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de SNK ($p < 0,05$).

A quantidade de folhas da RN em comparação com o PM foi superior no período de novembro de 2014 a agosto de 2015 (Tabela 3), com diferenças variando de 36 % a 115 %. Isto pode ser explicado pela abundância de indivíduos finos na RN, com pequena área basal (13,71 m² ha⁻¹) em comparação ao PM (16,78 m² ha⁻¹), conforme os resultados constatados por Almeida et al., (2015) no sul da Amazônia brasileira.

Os galhos finos ($\emptyset \leq 2$ cm) foram os que mais contribuíram depois da fração folhas, com 14 %, 5 %, e 12 %. A produção de galhos finos no FF foi superior ao PM em quatro dos doze meses de estudo, o que pode estar relacionado a desrama natural periódica no FF em decorrência do sombreamento pelo fechamento do dossel, o que não ocorreu no PM.

Os galhos grossos ($\emptyset > 2$ cm) pouco influenciaram na massa seca final da serapilheira, estando ausente em oito dos doze meses de avaliação (Tabela 3). Apesar de serem fontes de

nutrientes, tem pouca expressão na composição total da serapilheira e decompõem-se lentamente nos ecossistemas naturais (LUIZÃO, 2007b).

Na fração material reprodutivo, a diferença entre os ecossistemas ocorreu em novembro/14, março/15, enquanto que para a miscelânea, nos meses de dezembro/14, janeiro/15 e julho/15 (Tabela 3). Possivelmente esta baixa magnitude diferencial ao longo do tempo, relaciona-se a pequena contribuição dessas frações para o total de serapilheira. Além disso, há espécies que floram e frutificação em períodos específicos, atraindo insetos polinizados e dispersores de sementes, os quais foram frequentemente encontrados nos coletores.

5.2. Estoque de serapilheira

Os resultados médios de serapilheira estocada no solo ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) foram de 6,00 ($\pm 0,46$), 7,23 ($\pm 0,49$) e 7,32 ($\pm 0,53$) para os ecossistemas PM, RN e FF respectivamente. Esses valores são superiores aos encontrados por Matos e Costa (2012) na FLONA Caxiuanã/PA. De acordo com Tapia-Coral et al. (2014) os estudos de estoque de serapilheira na Amazônia normalmente variam 3,95 - 5,54 Mg ha^{-1} para reflorestamentos e 4,47 - 9,40 Mg ha^{-1} para florestas em estágios iniciais de sucessão.

A serapilheira estocada diferiu entre os ecossistemas nos quatro períodos de estudo. Esses resultados corroboram com os encontrados por Caldeira et al. (2013), Cunha Neto et al. (2013) e Mateus et al. (2013) e divergem de Sperandio et al. (2012) e Dickow et al. (2012), que encontraram similaridade no estoque de serapilheira em diferentes fitofisionomias florestais, argumentando com isso, ser a proximidade entre as diferentes áreas de mesmas condições abióticas, como clima e temperatura, os fatores responsáveis por não haver diferença entre a produção de serapilheira nos ecossistemas.

Houve diferença significativa entre os períodos chuvoso (Janeiro e abril) e menos chuvoso (outubro e julho) no FF (Figura 8), com as maiores médias no período de maior precipitação, o que não se esperava. Contudo, isso pode ser explicado em decorrência de maior deposição de serapilheira nos meses anteriores, outubro e novembro o que ocasionou maior estoque em dezembro. Outra possibilidade está relacionada aos fatores mecânicos das gotas de água da chuva, raios e ventanias, ocasionando o desprendimento de ramos e folhas das árvores. Além disso, o próprio carregamento da serapilheira em decorrência de micro relevos pode ter influenciado nos resultados.

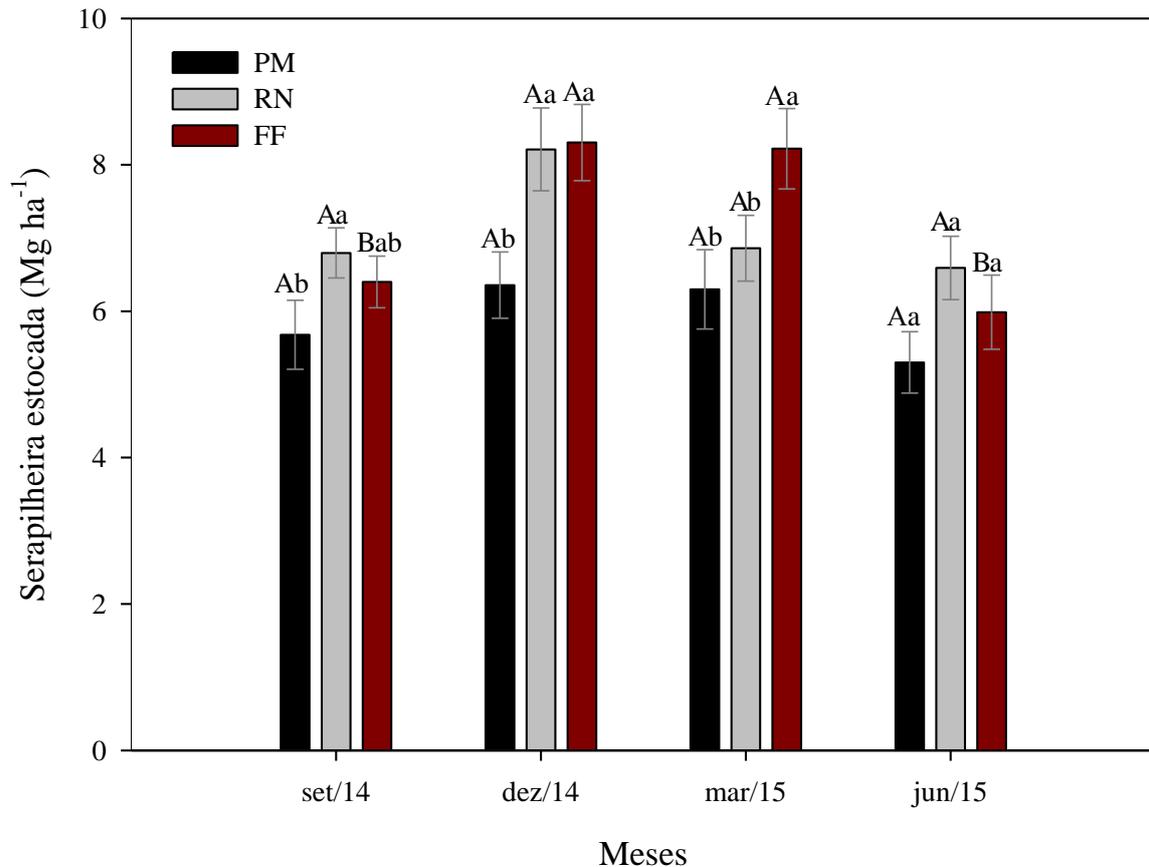


Figura 8. Estoque de serapilheira em quatro períodos de coleta, nos ecossistemas de plantio de mudas (PM), regeneração natural (RN) e fragmento florestal (FF). Colunas seguidas por uma mesma letra minúscula para cada período e maiúscula para cada ecossistema em diferentes períodos não difere estatisticamente pelo teste SNK ($p < 0,05$).

Ocorreu diferença em todas frações de serapilheira entre os ecossistemas, sendo que, as maiores médias do componente foliar foi encontrado na RN e os galhos finos ($\varnothing \leq 2$ cm) no FF (Tabela 3). A maior quantidade de folhas na RN pode estar atribuída ao número elevado de espécies pioneiras, com destaque para *Croton matourensis*, que apresentou o maior IVI (Índice de valor de importância).

O maior estoque de galhos finos no FF é explicado pelo fato de ser o ecossistema mais estabilizado estruturalmente, com desramas naturais ocorrendo constantemente, seja pela ação dos ventos e chuvas fortes ou pela baixa incidência luminosa no interior da floresta.

Tabela 3. Estoque de serapilheira fracionada em três ecossistemas: plantio de mudas (PM), regeneração natural (RN) e fragmento florestal (FF).

Folhas (Mg ha ⁻¹)					
Área	Out/14	Jan/15	Abr/15	Jul/15	Média
PM	3,69 ^b ± 0,47	3,74 ^c ± 0,55	1,80 ^c ± 0,28	3,25 ^b ± 0,44	3,12 ^c ± 0,23
RN	5,36 ^a ± 0,39	6,04 ^a ± 0,21	4,72 ^a ± 0,34	4,69 ^a ± 0,32	5,20 ^a ± 0,17
FF	3,98 ^b ± 0,28	5,11 ^b ± 0,25	3,96 ^b ± 0,30	3,70 ^b ± 0,28	4,19 ^b ± 0,15
Galhos < 2cm Ø (Mg ha ⁻¹)					
Área	Out/14	Jan/15	Abr/15	Jul/15	Média
PM	0,88 ^b ± 0,26	1,19 ^b ± 0,26	1,47 ^b ± 0,33	1,20 ^a ± 0,29	1,18 ^b ± 0,14
RN	1,03 ^{ab} ± 0,15	1,10 ^b ± 0,27	0,95 ^c ± 0,14	1,23 ^a ± 0,23	1,08 ^c ± 0,10
FF	1,30 ^a ± 0,10	1,93 ^a ± 0,29	2,21 ^a ± 0,20	1,21 ^a ± 0,25	1,66 ^a ± 0,12
Material reprodutivo (Mg ha ⁻¹)					
Área	Out/14	Jan/15	Abr/15	Jul/15	Média
PM	0,17 ^a ± 0,08	0,36 ^a ± 0,18	0,16 ^a ± 0,07	0,19 ^a ± 0,06	0,22 ^a ± 0,05
RN	0,00 ^b ± 0,00	0,00 ^b ± 0,00	0,00 ^b ± 0,00	0,00 ^b ± 0,00	0,00 ^b ± 0,00
FF	0,02 ^b ± 0,01	0,12 ^b ± 0,05	0,03 ^b ± 0,02	0,03 ^b ± 0,01	0,05 ^b ± 0,01
Miscelânea (Mg ha ⁻¹)					
Área	Out/14	Jan/15	Abr/15	Jul/15	Média
PM	0,65 ^a ± 0,14	0,93 ^a ± 0,22	3,03 ^a ± 0,39	0,72 ^a ± 0,10	1,33 ^a ± 0,16
RN	0,56 ^a ± 0,10	0,56 ^b ± 0,07	1,15 ^c ± 0,18	0,75 ^a ± 0,10	0,76 ^b ± 0,06
FF	0,78 ^a ± 0,15	0,91 ^a ± 0,12	2,41 ^b ± 0,24	0,69 ^a ± 0,11	1,20 ^b ± 0,11
Galhos > 2cm Ø (Mg ha ⁻¹)					
Área	Out/14	Jan/15	Abr/15	Jul/15	Média
PM	0,04 ^a ± 0,03	0,37 ^b ± 0,20	0,00 ^a ± 0,00	0,14 ^a ± 0,12	0,14 ^a ± 0,06
RN	0,04 ^a ± 0,03	0,87 ^a ± 0,29	0,00 ^a ± 0,00	0,05 ^b ± 0,05	0,24 ^a ± 0,08
FF	0,02 ^a ± 0,02	0,17 ^b ± 0,09	0,00 ^a ± 0,00	0,25 ^a ± 0,12	0,11 ^a ± 0,04

Médias com erros seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de SNK (p<0,05).

Na fração material reprodutivo e miscelânea, o PM foi superior aos demais tratamentos em praticamente todos os períodos (Tabela 3). Nesse ecossistema, a diversidade de espécies é elevada (101 sp.), e por isso, florescem e frutificam de maneira dessincronizada ao longo do tempo. Para restauração florestal é interessante que haja espécies sempre frutificando, pois atraem a fauna dispersora de sementes e contribui para a regeneração natural (MARTINS, 2015).

Tabela 4. Deposição, decomposição e tempo de renovação de serapilheira em três ecossistemas.

Ecossistemas	Decomposição	Renovação
	K_L	t (anos)
Plantio de mudas	1,11	0,90
Regeneração natural	1,48	0,68
Fragmento florestal	1,62	0,62

A decomposição (K_L) e o tempo de renovação (t) foram maiores no FF, seguida de RN e PM. Resultados que demonstram que a RN além de maior deposição mensal apresenta melhor eficiência no ciclo biogeoquímico em relação ao PM.

2. DISCUSSÃO

Tabela 5. Análise de coeficiente de correlação entre a produção média total da serapilheira nos três ecossistemas (Áreas) com as variáveis meteorológicas

Área	Prp (mm)	Tm (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	UR (%)	Rg (Kj.m ²)	Vv (mps)	Po (%)
PM	-0,77*	0,18	0,19	-0,79*	-0,33	0,77*	0,33	-0,46
RN	-0,78*	0,12	0,11	-0,83*	-0,29	0,61*	0,27	-0,44
FF	-0,72*	0,23	0,12	-0,71*	-0,33	0,37	0,17	-0,43

PPT: Precipitação; Tm: Temperatura Média; Tmax: Temperatura Máxima; UR: Umidade relativa; Rg: Radiação solar global; Vv: Velocidade do vento; Po: Ponto de Orvalho. *Resultados significativos de acordo com a correlação de Person ($p < 0,05$).

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.1. Serapilheira acumulada

Tabela 6. Serapilheira Acumulada total e separada em três frações coletadas em três ecossistemas e em dois períodos (seco e chuvoso) do ano de 2015.

Ecossistemas	Serapilheira Acumulada (Mg.ha ⁻¹)							
	Chuvoso				Seco			
	Folhas	Galhos	Miscelânea	Total	Folhas	Galhos	Miscelânea	Total
PM	2,087 Bb	1,121 Ab	3,338 Aa	6,546 Aa	3,759 Ab	1,223 Ab	1,959 Ba	6,941 Aa
RN	4,782 Aa	0,911 Ab	1,167 Ab	6,860 Aa	5,436 Aa	1,347 Aab	1,536 Aa	8,319 Aa
FF	3,856 Ba	2,032 Aa	2,330 Aa	8,218 Aa	5,102 Aa	2,252 Aa	1,155 Ba	8,509 Aa

Total	10,725 B	4,064 A	6,835 A	21,624 A	14,297 A	4,822 A	4,650 B	23,769 A
-------	----------	---------	---------	----------	----------	---------	---------	----------

PM: Plantio de mudas; RN: Regeneração natural; FF: Fragmento florestal. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha para cada fração entre os períodos e minúscula na coluna entre os ecossistemas em cada período não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se na Tabela 2 que não houve diferença no estoque de serapilheira total entre os métodos de restauração florestal (PM e RN), nem mesmo destes entre os períodos de avaliação. No entanto, espera-se que o acúmulo de serapilheira na RN seja superior à do PM, aproximando-se do FF, devido principalmente a maior densidade, similaridade de espécies e adaptabilidade ao habitat.

Quando analisados as frações, verifica-se que a quantidade de folhas foi maior no período seco. Isso ocorre provavelmente em decorrência das altas temperaturas nessa época, o que provoca a liberação das folhas da maioria das espécies para não perder água intensamente por transpiração (MACHADO et al., 2015; SANCHES et al., 2008). Outra explicação é de que a obtenção da máxima capacidade fotossintética, sobretudo na Amazônia, estimule a renovação das folhas em épocas mais quentes (KIM et al., 2012).

Os maiores valores de folhas encontrados foram na RN e FF nos dois períodos, não diferindo entre si. No período chuvoso as folhas representaram, 31,88, 69,70 e 46,9 % nas áreas de PM, RN e FF respectivamente, já na época seca esses valores corresponderam a 54,16, 65,34 e 59,96 % para PM, RN e FF nesta ordem. Como esperado, a fração folhas constituem a principal fração da serapilheira, com exceção do PM na época chuvosa.

A massa encontrada na fração galhos foi superior no FF nos dois períodos, mas na época seca não diferiu da RN. Esses valores podem ser explicados em decorrência de uma cobertura florestal mais estabelecida, com dossel em formação, sombreando o sub-bosque e proporcionando uma desrama natural mais intensa.

A miscelânea teve maior contribuição na época chuvosa, retratando a alta atividade microbológica na decomposição da serapilheira favorecida por um ambiente de maior umidade e temperatura.

2.2. Capacidade de retenção hídrica (CRH)

A maior capacidade de retenção hídrica (CRH) da serapilheira foi encontrada na RN e FF no período chuvoso (Figura 8). Essas áreas também apresentaram um maior acúmulo de serapilheira, no entanto, a retenção de água pela serapilheira não é associada diretamente a quantidade e sim as suas frações e sobretudo ao seu estágio de decomposição (VALEJO,

1982), pois partículas pequenas de serapilheira apresentam uma maior superfície de contato e por isso adsorvem um número maior de moléculas de água (MELOS et al., 2010).

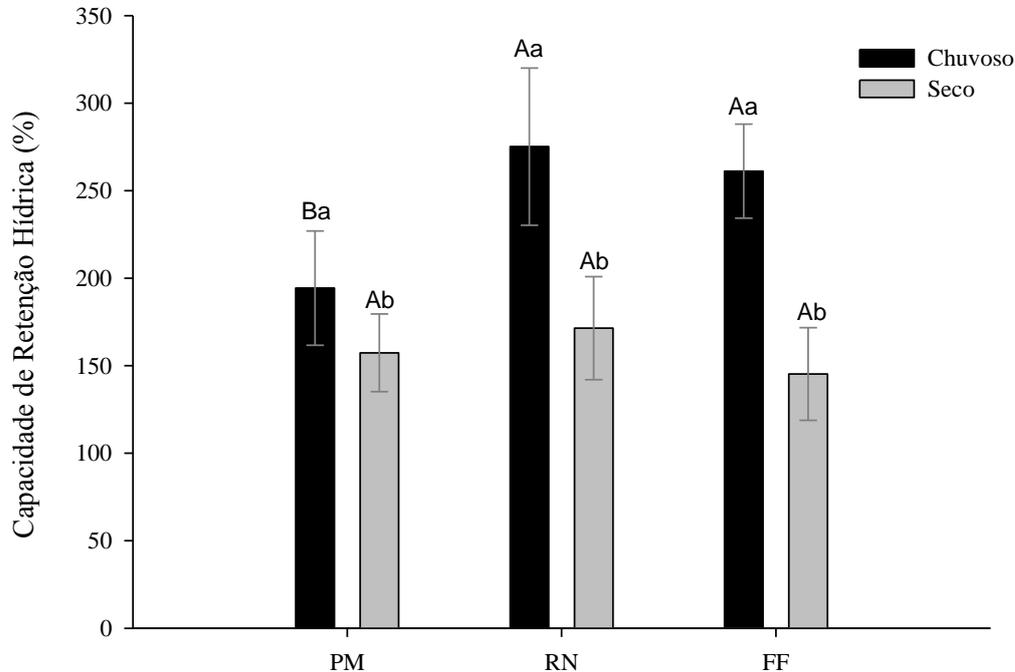


Figura 9. Capacidade de Retenção hídrica (CRH %) em áreas de restauração e fragmento florestal em dois períodos de coleta. PM: Plantio de mudas; RN: Regeneração natural; FF: Fragmento florestal. Médias seguidas de seus desvios padrões com a mesma letra maiúscula para cada período e minúsculas para cada ecossistema não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A alta CRH das áreas de FF e RN em relação ao PM pode estar relacionada às características inerentes as próprias espécies encontradas nos dois ambientes, como estruturas nas folhas, flores, etc, capazes de reter água mais facilmente. De acordo com Guimarães & Secco (2010), *Croton matourensis* (espécie com maior IVI na RN e no FF), apresenta indumentos de tricomas lepidotos nas folhas e ramos, além de indumentos pilosos nas flores. Essas características são diferenciadas e podem ser favoráveis a adsorção das moléculas água. Outra hipótese, é de que os ecossistemas mais densos e com menor intensidade luminosa atingindo o solo, proporcionem mais lentamente a evaporação da água contida na serapilheira, é o caso da RN e FF.

Isso mostra que, independentemente do método a ser adotado, o primeiro passo no processo de restauração florestal é cobrir o solo, e para isso, as espécies devem apresentar crescimento rápido, o que ocasionará conseqüentemente maiores depósitos de serapilheira.

Esses resultados demonstram que a área de PM está mais susceptível aos processos erosivos, sobretudo em chuvas intensas, além disso, por se tratar de um plantio, alguns indivíduos acabam morrendo, deixando dessa maneira áreas descobertas, ocasionando ainda mais danos ambientais ao ecossistema. Caldeira et al. (2007) elucidam que várias consequências surgem em um ecossistema de estágio inicial, como a baixa umidade do solo e decomposição lenta da serapilheira em comparação a um ecossistema florestal mais estabelecido.

No período seco, a CRH não diferiu entre os ecossistemas, a baixa pluviometria nessa época do ano possivelmente interferiu de maneira negativa a ação de algumas populações de microrganismos decompositores, e com isso, as folhas recém caídas encontravam-se praticamente integras, pouco dilaceradas, o que facilita a infiltração rápida de água para o perfil do solo. De acordo com Kozovits et al., (2007) e Holanda et al., (2015) a presença de água é fundamental para o desenvolvimento e multiplicação de microrganismos, favorecendo o processo de decomposição de serapilheira.

Croton matourensis é uma espécie pioneira de hábito arbóreo considerada promissora para restauração de ecossistemas degradados, pois apresenta uma alta capacidade de regeneração natural em ambientes desfavoráveis a maioria das espécies florestais (LIMA, 2014).

3. CONCLUSÕES

A fração folhas da serapilheira acumulada foi superior na RN e FF no período chuvoso e seco, no entanto a serapilheira total foi estatisticamente semelhante entre ecossistemas de PM, RN e FF, apesar do valor médio do PM ser numericamente menor nos dois períodos de avaliação.

A restauração florestal com a utilização do método de RN foi o que obteve melhor resultado de retenção hídrica no período chuvoso em comparação ao PM, aproximando-se do FF utilizado como referência.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E. J.; LUIZÃO, F.; RODRIGUES, D. J. Produção de serrapilheira em florestas intactas e exploradas seletivamente no sul da Amazônia em função da área basal da vegetação e da densidade de plantas. *Acta Amazonica*, v.45, n.2, p.157-166, 2015.

ARATO, H. D.; MARTINS, S. V.; FERRARI, S. H. S. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, v.27, n.1, p.715-721, 2003.

ARAUJO, M. M.; OLIVEIRA, F. A.; VIEIRA, I. C. G.; BARROS, P. L. C.; LIMA, C. A. T. Densidade e composição florística do banco de sementes do solo de florestas sucessionais na região do Baixo Rio Guamá, Amazônia Oriental. **Scientia forestalis**, n.59, p.115-130, 2001.

ARAUJO, F. S.; MARTINS, S. V.; MEIRA NETO, J. A. A.; LANI, J. L.; PIRES, I. L. Florística da vegetação arbustiva-arbórea colonizadora de uma área degradada por mineração de caulim, em Brás Pires, MG. **Revista árvore**, v.29, n.6, p.983-992, 2005.

AQUINO-SILVA, M. R.; SIMÃO, M. R.; SANTOS, D. S.; BASTOS, E. J. B. Recovery of degraded areas in Vale do Paraíba, São Paulo, Brazil: Performance Indicators. **Advanced Materials Research**, v.107, p.27-34, 2010.

BARLOW, J.; GARDNER, T. A.; FERREIRA, L. V.; PERES, C. A. Litter fall and decomposition in primary, secondary and plantation forests in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v.247, n.1, p.91-97, 2007.

BARROS, D. A.; GUIMARÃES, J. C. C.; PEREIRA, J. A. A.; BORGES, L. A. C.; SILVA, R. A.; PEREIRA, A. A. S. Characterization of the bauxite mining of the Poços de Caldas alkaline massif end is socio-environmental impacts. **Revista Escola de Minas**, v.65, n.1, p.127-133, 2012.

BENTO, R. A. **Custeio baseado em atividades das técnicas de restauração de áreas degradadas na Amazônia central**. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2010.

BLOW, F. E. Quantity and hydrologic characteristics of litter upland oak forest in Eastern Tennessee. **Journal of Forestry**, v.53, p.190-195, 1955.

BRAGA, A. J. T.; GRIFFITH, J. J.; PAIVA, H. N.; SILVA, F. C.; CORTE, V. B.; MEIRA NETO, J. A. A. Enriquecimento do sistema solo-serapilheira com espécies arbóreas aptas para recuperação de áreas degradadas. **Revista Árvore**, v.31, n.6, p.1145-1154, 2010.

CALDEIRA, M. V. W.; SILVA, R. D.; KUNZ, S. H.; ZORZANELLI, J. P. F.; CASTRO, K. C.; GODINHO, T. O. Biomassa e nutrientes da serapilheira em diferentes coberturas florestais. **Comunicata Scientiae**, v.4, n.2, p.111-119, 2013.

CALDEIRA, M. V. W.; MARQUES, R.; SOARES, R. V.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes – Floresta Ombrófila Mista Montana – Paraná. **Revista Acadêmica**, v.5, n.2, p.101-116, 2007.

CALVI, G. P.; PEREIRA, M. G.; ESPÍNDULA JÚNIOR, A. Produção de serapilheira e aporte de nutrientes em áreas de floresta Atlântica em Santa Maria de Jetibá, ES. **Ciência Florestal**, v.1, n.2, p.131-138, 2009.

CHAZDON, ROBIN. Regeneração de florestas tropicais. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**. Belém, v. 7, p. 195-218, 2012.

COUTO-SANTOS, F. R.; LUIZÃO, F. J. Fine litter accumulation in Central Amazonian Tropical Rainforest canopy. **Acta Amazonica**, v.40, n.4, p.781-786, 2010.

CUNHA NETO, F. V.; LELES, P. S. S.; PEREIRA, M. G.; BELLUMATH, V. G. H.; ALONSO, J. M. Acúmulo e decomposição da serapilheira em quatro formações florestais. **Ciência Florestal**, v.23, n.3, p.379-387, 2013.

DANTAS, M. & PHILLIPSON, J. Litterfall and litter nutrient content in primary and secondary Amazonian "terra firme" rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, v.5, p.27-36, 1989.

DARONCO, C.; MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Ecossistemas em restauração versus ecossistemas de referência: estudo de caso da comunidade vegetal de mata ciliar em região de Cerrado, Assis, SP, Brasil. **Hoehnea**, v.40, n.3, p.485-498, 2013.

DICKOW, K. M.; MARQUES, R.; PINTO, C. B.; HÖFER, H. Produção de serapilheira em diferentes fases sucessionais de uma floresta subtropical secundária, em Antonina, PR. **Revista Cerne**, v.18, n.1, p.75-86, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602012000100010>

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisas em Solos, 1997. 212 p.

EWEL, J. J. Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala. **The Journal of Ecology**, v.64, n.1, p.293-308, 1976

GODINHO, T. O.; CALDEIRA, M. V. W.; CALIMAN, J. P.; PREZOTTI, L. C.; WATZLAWICK, L. F.; AZEVEDO, H. C. A.; ROCHA, J. H. T. Biomassa, macronutrientes e carbono orgânico na serapilheira depositada em trecho de floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. **Scientia Forestalis**, v.41, n.97, p.131-144, 2013.

GOMES, A. C. S.; LUIZÃO, F. J. Leaf and Soil Nutrients in a Chronosequence of Second-Growth Forest in Central Amazonia: Implications for Restoration of Abandoned Lands. **Restoration Ecology**, v.20, n.3, p.339-345, 2011.

GUARIGUATA, M. R.; OSTERTAG, R. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**, v.148, p.185-206, 2001.

GUIMARÃES, L. A. C.; SECCO, R. S. As espécies de Croton L. sect. Cyclostigma Griseb. e Croton L. sect. Luntia (Raf.) G. L. Webster subsect. Matourenses G. L. Webster (Euphorbiaceae s.s.) ocorrentes na Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, v.40, n.3, p.471-487, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672010000300006>

GUIMARÃES, CHAGAS, J. M.; CAMPOS, C. C. F.; ALECRIM, E. F.; MACHADO, F. S. Avaliação dos aspectos e impactos ambientais decorrentes da mineração de bauxita no sul de Minas Gerais, **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.15, p.321-333, 2012.

HOLANDA, A. C.; FELICIANO, A. L. P.; MARANGON, L. C.; FREIRE, F. J.; HOLANDA, E. M. Decomposição da serapilheira foliar e respiração edáfica em um remanescente de caatinga na Paraíba. **Revista árvore**, v.39, n.2, p.245-254, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000200004>

HOPKINS, B. Vegetation of the Olkemeji Forest Reserve, Nigeria. IV: The litter and soil with special reference to their seasonal changes. **Journal of Ecology**, v.54, p.687-703, 1966.

HYDRO. **Hydro Paragominas: Mina de bauxita**. Disponível em: <<http://www.hydro.com/pt/A-Hydro-no-Brasil/Operacoes-no-Brasil/Hydro-Paragominas-mina/>>. Acesso em 31 de julho de 2015.

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. **Informações e Análise da Economia Mineral Brasileira**. 7. ed. Dez. 2012. Disponível em <www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00002806.pdf> Acesso em 19 de novembro de 2013.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. 2º Distrito de Meteorologia, consulta genérica. Estação automática A202 Paragominas/PA. Serviço Nacional de Informações Hidro-Meteorológicas – SIM. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/climatologia>. Acesso em 20 out. 2015.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (Projeto Prodes)**. 104 p. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2014.htm> Acesso em: 04 Jun. 2015.

KIM, Y.; KNOX, R. G.; LONGO, M.; MEDVIGY, D.; HUTYRA, L. R.; PYLE, E. H.; WOFSY, S. C.; BRAS, R. L.; MOORCROFT, P. R. Seasonal carbon dynamics and water fluxes in an Amazon rainforest. **Global change biology**, v.18, n.4, p.1-11, 2012. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2011.02629.x

KLINGE, H. Fine litter production and nutrient return to the soil in three natural forest stands of eastern Amazonia. **Journal Geo-Eco-Trop**, v.1, p.159-167, 1977

KOZOVITS, A. R.; BUSTAMANTE, M. M.; GAROFALO, C. R.; BUCCI, S.; FRANCO, A. C.; GOLDSTEIN, G. Nutrient resorption and patterns of litter production and decomposition in a Neotropical Savanna. **Functional Ecology**, v.21, n.6, p.1034-1043, 2007. DOI: 10.1111/j.1365-2435.2007.01325.x

LARCHER. W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2004. 531 p.

LEAL FILHO, N.; SANTOS, J. R.; FERREIRA, R. L. Comparando técnicas de nucleação utilizadas na recuperação de áreas degradadas na Amazônia brasileira. **Revista árvore**, v.37, n.4, p.587-597, 2013.

LIMA, T. M.; NEVES, C. A. R (Coord.) Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral**, v.34. Brasília: DNPM, 2014. 104 p.

LIMA, A. C. S. M. **Avaliação de áreas degradadas pela mineração de bauxita, Paragominas – PA**. 2014. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2014.

LORENTZ, L. H.; VOGEL, H. L. M.; BOLIGON, A. A.; PEREIRA, C. A.; PEREIRA, M. A. Tamanho e forma da unidade amostral para quantificação da serapilheira em fragmento de floresta estacional subtropical. **Revista árvore**, v.39, n.3, p.513-521, 2015.

LUIZÃO, R. C. C.; LUIZÃO, F. J. Fine root growth and nutrient release in decomposing leaf litter in three contrasting vegetation types in central Amazonian. **Plant Ecology**, v.192, n.2, p.225-236, 2007.

LUIZÃO, F. J. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas as mudanças climáticas. **Ciência e Cultura**, v.59, n.3, p.31-36, 2007.

LUIZÃO, F. J. **Ecological Studies in contrasting forest types in central Amazonia**. Stirling. University of Stirling. 1995. 298 p.

MACHADO, D. L.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; DINIZ, A. R.; SANTOS, L. L.; MENEZES, C. E. G. Ciclagem de nutrientes em diferentes estágios sucessionais da mata atlântica na bacia do Rio Paraíba do Sul, RJ. **Bioscience journal**, v.31, n.4, p.1222-1237, 2015. DOI: 10.14393/BJ-v31n4a2015-23092

MACHADO, N. A. M.; LEITE, M. G. P.; FIGUEIREDO, M. S.; KOZOVITS, A. R. Growing *Eremanthus erythropappus* in crushed laterite: A promising alternative to topsoil for bauxite-mine revegetation. **Journal of Environmental Management**, v.129, p.149-156, 2013.

MACHADO, M. R.; RODRIGUES, F. C. M. P.; PEREIRA, M. G. Produção de serrapilheira como bioindicador de recuperação em plantio adensado de revegetação. **Revista Árvore**, v.32, n.1, p.143-151, 2008.

MARTIUS, C.; HÖFER, H.; GARCIA, M. V. B.; RÖMBKE, J.; HANAGARTH, W. Litter fall, litter stocks and decomposition rates in rainforest and agroforestry sites in central Amazonia. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.68, n.2, p.137-154, 2004.

MARTINS, S. V. (Ed.). **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2015. 375 p.

MARTINS, S. V. **Recuperação de Áreas Degradadas: como recuperar áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e áreas de mineração**. 3. ed. Viçosa: Aprenda Fácil/Centro de Produções Técnicas, 2013. 264 p.

MATEUS, F. A.; MIRANDA, C. C.; VALCARCEL, R.; FIGUEIREDO, P. H. A. 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. <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2013.024>

MELOS, A. R.; SATO, A. M.; NETTO, A. L. C. Produção, estoque e retenção hídrica da serrapilheira em encosta sob plantio de híbridos de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*: Médio Vale do rio Paraíba do Sul. **Anuário do Instituto de Geociências**, v.33, n.2, p.66-73, 2010. <https://doaj.org/article/19e83260b0fb45e88314453b52f824ef>

MIRANDA NETO, A.; MARTINS, S. V.; SILVA, K. A.; LOPES, A. T.; DEMOLINARI, R. A. Litter production and leaf litter decomposition in mined area in restoration process in southeast Brazil. **Aust. J. Basic & Appl. Sci**, v.9, n.23, p.321-327, 2015.

MONTEIRO, M. A. Meio século de mineração industrial na Amazônia e suas implicações para o desenvolvimento regional. **Estudos Avançados**, v.19, n.53, 2005.

MORAES, R. M.; DELITTI, W. B. C.; VUONO, Y. S. Litterfall and litter nutrient content in two Brazilian Tropical Forests. **Revista brasileira de botânica**, v.22, p.9-16, 1999.

OLIVEIRA, R. E.; ENGEL, V. L. A restauração ecológica em destaque: um retrato dos vinte e oito anos de publicação na área. **Oecologia Australis**, v.15, n.2, p.303-315, 2011.

OLSON, J. S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, v.44, p.223-331, 1963.

OZIEGBE, M. B.; MUOGHALU, J. I.; OKE, S. O. Litterfall, precipitation and nutrient fluxes in a secondary lowland rain forest in Ile-Ife, Nigeria. **Acta Botânica Brasílica**, v.25, n.3, p.664-671, 2011.

PINTO, S. I. C.; MARTINS, S. V.; BARROS, N. F.; DIAS, H. C. T. Produção de serapilheira em dois estádios sucessionais de floresta estacional semidecidual na Reserva Mata do Paraíso, em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v.32, n.3, p.545-556, 2008.

PINTO, A.; AMARAL, P.; SOUZA JR, C.; VERÍSSIMO, A.; SALOMÃO, R.; GOMES, G.; BALIEIRO, C. **Diagnóstico socioeconômico e florestal do município de Paragominas**. Belém: IMAZON, 2009. 65p. (Relatório Técnico).

QUESADA, C. A.; LLOYD, J.; ANDERSON, L. O.; FYLLAS, N. M.; SCHWARZ, M.; CZIMCZIK. Soil of Amazonian with particular reference to the RAINFOR sites. **Biogeosciences**, v.8, p.1415-1440, 2011.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; TRES, D. R. Nucleation in tropical ecological restoration. **Scientia Agricola**, v.67, n.2, p.244-250, 2010.

RODRIGUES, T. E.; SILVA, R. C.; SILVA, J. M. L.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. C.; GAMA, J. R. N. F.; VALENTE, M. A. **Caracterização e classificação dos solos do município de Paragominas, Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. 51p. (Documentos 162)

RODRIGUES, B. D.; MARTINS, S. V.; LEITE, H. G. Avaliação do potencial da transposição da serapilheira e do banco de sementes do solo para restauração florestal em áreas degradadas. **Revista árvore**, v.34, n.1, p.65-73, 2010.

ROSA, I. M. D.; PURVES, D.; SOUZA JR. C.; EWERS, R. M. Predictive modelling of contagious deforestation in the brazilian amazon. **Plos One**, v.8, n.10, p.1-14, 2013.

SALOMÃO, R. P.; ROSA, N. A.; MORAIS, K. A. C. Dinâmica da regeneração natural de árvores em áreas mineradas na Amazônia. **Boletim do Museu Paranaense Emílio Goeldi, Ciências Naturais**, v.2, n.2, p.85-139, 2007.

SALOMÃO, R. P. **Seleção e aptidão de espécies arbóreas para recuperação de áreas degradadas por mineração**. 2012. 153 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2012.

SANCHES, L.; VALENTINI, C. M. A.; PINTO JÚNIOR, O. B.; NOGUEIRA, J. S.; VOURLITIS, G. L.; BIUDES, M. S.; SILVA, C. J.; BAMBI, P.; LOBO, F. A. Seasonal and

interannual litter dynamics of a tropical semideciduous forest of the Southern Amazon Basin, Brasil. **Journal of geophysical research**, v.113, p.1-9, 2008. DOI: 10.1029/2007JG000593

SANTOS, L. M. **Restauração de campos ferruginosos mediante resgate de flora e uso de topsoil no quadrilátero ferrífero, Minas Gerais**. 2010. 180 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

SATO, A. M. **Respostas geo-hidroecológicas relacionadas à substituição de pastagens por plantações de eucalipto no médio vale do rio Paraíba do Sul: a interface biota-solo-água**. 2008. 160 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

SCHEER, M. B. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em um trecho de floresta ombrófila densa aluvial em regeneração, Guaraqueçaba (PR). **Revista Floresta**, v.38, n.2, p.253-266, 2008.

SCORIZA, R. N.; PEREIRA, M. G.; PEREIRA, G. H. A.; MACHADO, D. L.; SILVA, E. M. R. Métodos para coleta e análise de serrapilheira aplicados à ciclagem de nutrientes. **Floresta e Ambiente**, v.2, n.2, p.1-18, 2012.

SCOTT, D. A.; PROCTOR, J.; THOMPSON, J. Ecological studies on a lowland evergreen rain forest on Maraca Island, Roraima, Brazil. II. Litter and nutrient cycling. **Journal of Ecology**, v.80, n.4, p.705-717, 1992.

SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Bioscience journal**, v.23, n.4, p.29-39, 2007.

SELVA, E.C.; COUTO, E.G.; JOHNSON, M.S.; LEHMANN, J. Litterfall production and fluvial export in headwater catchments of the southern Amazon. **Journal of Tropical Ecology**, v.23, n.3, p.329-335, 2007.

SER – SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION. 2004. Science & Policy Working Group. *The SER international primer on ecological restoration*. Disponível em: <<http://www.ser.org/resources/resources-detail-view/ser-international-primer-on-ecological-restoration>>. Acesso em 23 de dez. de 2015.

SHONO, K.; CADAWENG, E.A.; DURST, P.B. Application of assisted natural regeneration to restore degraded tropical forestlands. **Restoration Ecology**, v.15, n.4, p.620-626, 2007.

SILVA, E. N.; SATANA, A. C. Modelos de regressão para estimação do volume de árvores comerciais, em florestas de Paragominas. **Revista Ceres**, v.61, n.5, p.631-636, 2014.

SILVA, K. A.; MARTINS, S. V.; MIRANDA NETO, A.; CAMPOS, W. H. Semeadura direta com transposição de serapilheira como metodologia de restauração ecológica. **Revista árvore**, v.39, n.5, p.811-820, 2015.

SILVA, R. M.; COSTA, J. M. N.; RUIVO, M. L. P.; COSTA, A. C. L.; ALMEIDA, S. S. Influência de variáveis meteorológicas na produção de liteira na Estação Científica Ferreira Penna, Caxiuanã, Pará. **Acta Amazonica**, v.39, n.3, p.573-582, 2009.

SILVER, W. L.; HALL, S. J.; GONZÁLEZ, G. Differential effects of canopy trimming and litter deposition on litterfall and nutrient dynamics in a wet subtropical forest. **Forest Ecology and Management**, v.332, p.47-55, 2014.

SOUZA, J. A.; DAVIDE, A. C. Deposição de serapilheira e nutrientes em uma mata não minerada e em plantios de bracatinga (*Mimosa scabrella*) e de eucalipto (*Eucalyptus saligna*) em áreas de mineração de bauxita. **Revista Cerne**, v.7, n.1, p.101-113, 2001.

SOUZA, A. L.; SOARES, C. P. B. **Florestas Nativas: estrutura, dinâmica e manejo**. Viçosa: UFV, 2013. 322 p.

SOUZA, P. A.; VENTURIN, N.; GRIFFITH, J. J.; MARTINS, S. V. Avaliação do banco de sementes contido na serapilheira de um fragmento florestal visando recuperação de áreas degradadas. **Revista Cerne**, v.12, n.1, 2006.

SPERANDIO, H. V.; CECÍLIO, R. A.; SILVA, V. H.; LEAL, G. F.; BRINATE, I. B.; CALDEIRA, M. V. W. Emprego da serapilheira acumulada na avaliação de sistemas de restauração florestal em Alegre-ES. **Floresta e Ambiente**, v.19, n.4, p.460-467, 2012.

SUGANUMA, M. S.; DURIGAN, G. Indicators of restoration success in riparian tropical forests using multiple reference ecosystems. **Restoration Ecology**, v.23, n.3, p.238-251, 2015.

TAPIA-CORAL, S.C.; LUIZÃO, F.; PASHANASI, B.; CASTILLO, D. D.; LAVELLE, P. Influência da massa e nutrientes da liteira sobre a composição dos macro invertebrados em plantios florestais na Amazônia peruana. **Revista científica Folia Amazônica**, v.23, n.2, p.171-186, 2014.

TRES, D. R.; ANNA, C. S. S.; LANGA, S. B. R.; RIBAS JUNIOR, U.; REIS, A. Banco e chuva de sementes como indicadores para a restauração ecológica de matas ciliares. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, supl.1, p.309-311, 2007.

UEHARA, T. H. K.; GANDARA, F. B. (Org.). **Monitoramento de áreas em recuperação: subsídios a seleção de indicadores para avaliar o sucesso da restauração ecológica**. 2. ed. São Paulo: SMA, 2011. 63 p. (Cadernos da mata ciliar, n.4).

VALLEJO L. R. **A influência do "Litter" na distribuição das águas pluviais**. 1982. 98 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1982.

VASCONCELOS, S. S.; ZARIN, D. J.; ARAÚJO, M. M.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; CARVALHO, C. J. R.; STAUDHAMMER, C. L.; OLIVEIRA, F. A. Effects of seasonality, removal and dry-season irrigation on litterfall quantity and quality in eastern Amazonian forest regrowth, Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v.24, n.1, p.27-38, 2008.

VENDRAMI, J. L.; JURINITZ, C. F.; CASTANHO, C. T.; LORENZO, L.; OLIVEIRA, A. A. Litterfall and leaf decomposition in forest fragments under different successional phases on the state of São Paulo, Brazil. **Revista Biota Neotropica**, v. 12, n.3, p.136-143, 2012.

VILLELA, D. M.; PROCTOR, J. Litterfall mass, chemistry, and nutrient retranslocation in a monodominant forest on Maracá island, Roraima, Brazil. *Biotropica*, v.31, n.2, p.198-211, 1999.

WANG'ONDU, V. W.; BOSIRE, J. O.; KAIRO, J. G.; KINYAMARIO, J. I.; DAHDOUH-GUEBAS, F.; KOEDAM, N. Litter fall dynamics of restored mangroves (*Rhizophora mucronata* Lamk. and *Sonneratia alba* Sm.) in Kenya. *Restoration Ecology*, v.22, n.6, p.824-831, 2014.

ZHANG, H.; YUAN, W.; DONG, W.; LIU, S. Seasonal patterns of litterfall in forest ecosystem worldwide. *Ecological Complexity*, v.20, p.240-247, 2014.

ANEXOS

Tabela 7. Análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas no tempo da deposição de serapilheira em três ecossistemas durante doze meses, com trinta repetições.

CV	GL	SQ	QM	F	P
Rep	29	25.74	0.89	7.09	0.0000
Método	2	37.98	18.99	151.65	0.0000
Erro (a)	58	45.10	0.78	6.21	0.0000
Mês	11	67.60	6.15	49.08	0.0000
Mês*Método	22	16.49	0.75	5.99	0.0000
Erro (b)	957	119.83	0.13		
Total	1079	312.73			