



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA- UFRA
MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

DENISE NUNES PEREIRA

**INFLUÊNCIA DA REMOÇÃO DE SERAPILHEIRA NA CONCENTRAÇÃO DE
FÓSFORO E POTÁSSIO EM FLORESTA SUCESSIONAL NA AMAZÔNIA
ORIENTAL**

BELÉM
2016

DENISE NUNES PEREIRA

**INFLUÊNCIA DA REMOÇÃO DE SERAPILHEIRA NA CONCENTRAÇÃO DE
FÓSFORO E POTÁSSIO EM FLORESTA SUCESSIONAL NA AMAZÔNIA
ORIENTAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais: Área de concentração em Manejo de Florestas Nativas e Plantadas, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Francisco de Assis Oliveira.

**BELÉM
2016**

Pereira, Denise Nunes

Influência da remoção de serapilheira na concentração de fósforo e potássio em floresta sucessional na Amazônia Oriental / Denise Nunes Pereira. - Belém, 2016.

59 f.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2016.

Orientador: Francisco de Assis Oliveira

1. Serapilheira – remoção 2. Sazonalidade - efeito 3. Nutrientes - manipulação 4. Ecossistema 5. Sucessional I. Oliveira, Francisco de Assis II. Título

CDD – 634.9098115

DENISE NUNES PEREIRA

INFLUÊNCIA DA REMOÇÃO DE SERAPILHEIRA NA CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO E POTÁSSIO EM FLORESTA SUCESSIONAL NA AMAZÔNIA ORIENTAL.

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de pós-graduação em Ciências Florestais: Área de concentração em Manejo de Florestas Nativas e Plantadas, para obtenção do título de Mestre.

Aprovado em 28 de Abril de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco de Assis Oliveira- Orientador
Universidade Federal Rural da Amazônia

Rodrigo Silva do Vale
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA
(1º examinador)

Cristine Bastos do Amarante
Museu Paraense Emilio Goeldi
(2º examinador)

Vanda Maria Sales de Andrade
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA
(3º examinador)

À **DEUS**, pelo dom da vida expresso em Jesus Cristo.
Aos meus pais, **VALBER PEREIRA e AGNA PEREIRA.**

Dedico.

**“Porque Dele e por Ele, e para Ele, são todas as coisas;
glória, pois, a Ele eternamente. Amém!”
Romanos 11:36.**

AGRADECIMENTOS

A DEUS pela vida e oportunidade de realização deste trabalho.

A Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e ao Programa de Ciências Florestais.

Ao meu orientador e professor Francisco de Assis Oliveira que sempre nos ensinou a levar a vida com muita alegria: obrigada pela oportunidade e aprendizado. As professoras doutoras: Vanda e Lívia, que sempre estiveram dispostas a ajudar.

Ao Projeto Manipulação de Água e Nutrientes em Ecossistema de Floresta Secundária na Amazônia Oriental (MANFLORA), financiado pelo projeto “Produtividade de florestas secundárias na Amazônia oriental: o papel da disponibilidade de água no solo”, CNPq (Número do Processo: 477806/2007-4) sob liderança de Steel Silva Vasconcelos (Embrapa Amazônia Oriental).

Ao Osorio Oliveira (in memoriam), Glebson Sousa, Evandro da Silva e Paulo Alencar pelo apoio no campo, Raimundo Nonato da Silva (UFRA) e Débora Aragão, pelo apoio logístico, e Wilson Oliveira, Alexandre Modesto, Ana Júlia Amaral, Ronaldo Oliveira, Gizelle Benigno e Tâmara Lima pela ajuda no processamento da serapilheira.

Ao CNPQ pela bolsa de estudos.

Ao Sr Paulo Sarmiento e pesquisadora Cristine Amarante, do Museu Paraense Emílio Goeldi, pela dedicação, paciência, gentileza e conhecimento.

Muito obrigada também, àqueles que contribuíram de forma direta ou indireta para a elaboração desta pesquisa.

Aos meus pais e meu noivo Rogério pelas orações e força que me guiaram até aqui.

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	12
1. CONTEXTUALIZAÇÃO	13
2. OBJETIVO GERAL	15
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. REVISÃO DA LITERATURA	16
3.1. Serapilheira como componente estrutural	16
3.2. Nutrientes na serapilheira	20
3.3. Fósforo e Potássio	23
4. MATERIAIS E MÉTODOS	26
4.1. Localização	26
4.2. Vegetação	27
4.3. Clima	28
4.4. Solo	29
4.5. Delineamento experimental	30
4.6. Análise laboratorial	31
4.7. Análise estatística	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1. Deposição de Serapilheira	32
5.2. Concentração de K na serapilheira	36
5.3. Concentração de P na serapilheira	39
6. CONCLUSÃO	41
7. REFERÊNCIAS	42

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Área experimental na região do médio Apeú, nordeste do Pará, Amazônia Oriental..... 27
- Figura 2:** Floresta sucessional da estação de piscicultura (EPAD), Castanhal. Ramos (2011). 27
- Figura 3:** Dados mensais dos parâmetros climáticos da estação climatológica de castanhal. (INMET)..... 29
- Figura 4:** Parcelas experimentais com sistema de manejo controle e remoção em floresta secundária..... 30
- Figura 5:** Coletor de serapilheira instalado nas parcelas experimentais. Ramos (2011). 31
- Figura 6:** Processo de determinação dos nutrientes P e K em laboratório de análises químicas do Museu Paraense Emilio Goeldi. (a) pesagem da amostra em balança analítica; (b) bloco digestor; (c) amostras para digestão; (d) espectrofotocalorímetro para determinação de P; (e) fotômetro de chama para determinação de K. (Autora, 2015)..... 31
- Figura 7:** Correlação entre as variáveis precipitação e deposição de serapilheira nos tratamentos Controle (a) e Remoção (b). 33
- Figura 8:** Efeito da manipulação de disponibilidade de serapilheira em floresta sucessional. (a) dados climatológicos mensal de 2008. (b) deposição mensal de serapilheira (Mg/ha); 36
- Figura 9:** Efeito da manipulação de disponibilidade de serapilheira em floresta sucessional. (a) dados climatológicos mensal de 2008. (b) concentração de K (g/kg). Dados são médias \pm desvio padrão. 37
- Figura 10:** Efeito da manipulação de disponibilidade de serapilheira em floresta sucessional. (a) dados climatológicos mensal de 2008. (b) concentração de P (g/kg). Dados são médias \pm desvio padrão. 41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Espécies dominantes identificadas na área experimental da estação de piscicultura de água doce (EPAD), no município de Castanhal. Lima (2003).	28
Tabela 2: Caracterização química do solo da área experimental. (Rangel-Vasconcelos, 2002).....	29
Tabela 3: Deposição anual de serapilheira na área de estudo no ano de 2008.....	32
Tabela 4: Deposição anual de serapilheira na área de estudo no ano de 2000, 2006, 2008.....	33
Tabela 5: Deposição de serapilheira ($Mg \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$) em ecossistemas sucessionais de florestas na Amazônia.	34
Tabela 6: Concentração de K na serapilheira nos tratamentos controle e remoção no ano de 2008.	36
Tabela 7: Concentração média mensal (g/kg) de potássio em ecossistemas florestais.	38
Tabela 8: Concentração de P na serapilheira nos tratamentos controle e remoção no ano de 2008.	39
Tabela 9: Concentração média mensal (g/kg) de fósforo em ecossistemas florestais... ..	39

INFLUÊNCIA DA REMOÇÃO DE SERAPILHEIRA NA CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO E POTÁSSIO EM FLORESTA SUCESSIONAL NA AMAZÔNIA ORIENTAL.

RESUMO

Este estudo teve como objetivo verificar o efeito da manipulação de nutrientes com a remoção da serapilheira sobre as concentrações de fósforo e potássio na deposição de serapilheira, em uma floresta secundária. O experimento foi realizado na Estação de Piscicultura de Água Doce- UFRA, no município de Castanhal-Pa, nordeste paraense, em um ecossistema de floresta sucessional de 23 anos. As coletas de serapilheira foram realizadas a cada quinze dias no período de janeiro a dezembro de 2008, utilizando coletores medindo 1m² em dois sistemas de manejo, a saber: 1) Controle (testemunha); 2) Remoção de serapilheira, que consiste na retirada da camada de serapilheira com o auxílio de um ancinho. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados no esquema fatorial 2 x 12. Os dados foram submetidos a teste de normalidade e em seguida analisados segundo ANAVA no programa estatístico Statistic. O efeito da sazonalidade da precipitação influenciou a deposição de serapilheira, com maior deposição durante o período menos chuvoso (julho), apresentando valores total de deposição na faixa de 6,65 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ (controle) e 6,24 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ (remoção). As concentrações de K foram menores no período chuvoso, com concentração média de 1,07 g/kg e 0,93 g/kg para os tratamentos controle e remoção, respectivamente. Para P os valores médios foram para o tratamento controle de 0,49 g/kg e para a remoção de 0,39 g/kg. A manipulação de nutrientes pela remoção da serapilheira, não influenciou a concentração de P e K pelo deposição de serapilheira.

Palavras-chave: Sazonalidade. Nutrientes. Ecossistema Sucessional.

INFLUENCE OF LITTER REMOVAL IN CONCENTRATION PHOSPHORUS AND POTASSIUM IN THE SUCCESSIONAL OF FOREST EASTERN AMAZONIA.

ABSTRACT

This study aimed to verify the effect of nutrient manipulation with the removal of litter on the concentrations of phosphorus and potassium in burlap contribution in a secondary forest. The experiment was conducted in Water Fish Culture Station sweet- UFRA in the municipality of Castanhal-Pa, northeastern Pará, in a successional forest ecosystem 23 years. The litter samples were taken every two weeks from January to December 2008, using collectors measuring 1m² in two management systems, namely: 1) control (control); 2) litter removal; this occurred with the removal of the litter layer with the aid of a rake. the design was used in a randomized block design in a factorial 2 x 12. The data were submitted to normality test and then analyzed using ANOVA statistical program in Statistic. The effect of seasonality of rainfall influenced the deposition of litter, with greater deposition during the less rainy season (July), with the total value of deposits in the range of 6.65 Mg ha⁻¹year⁻¹ (control) and 6.24 Mg.ha⁻¹year⁻¹ (removal). The K concentrations were lower in the rainy season, with an average concentration of 1.07 g / kg and 0.93 g / kg for the treatments control and removal, respectively. For the P mean values for the control treatment of 0.49 g / kg and for the removal of 0.39 g / kg. The manipulation of nutrients by removing litter, did not influence the concentration of P and K by burlap contribution.

Keywords: Seasonality. Nutrients. Successional ecosystem.

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Na Amazônia, o principal sistema de uso da terra na agricultura familiar, é o de corte e queima. Este tem como característica a prática itinerante de derruba e queima da vegetação durante o preparo da área para o plantio. O sistema proporciona condições para o cultivo agrícola durante um a dois anos e em seguida o pousio, que é o período de restabelecimento da vegetação secundária por meio das rebrotas de troncos, raízes e germinação de sementes que sobrevivem as queimadas (KATO et al., 1999). É durante o pousio que ocorre a lenta recuperação da fertilidade do solo através do restabelecimento da vegetação e promoção dos principais ciclos de carbono, nutrientes e água (BARRIOS et al., 2005; LOURENTE et al., 2011; MARTINS et al., 2014).

A serapilheira possui um relevante papel na cobertura e proteção do solo além de ser uma fonte de nutrientes, devido à sua rápida renovação e decomposição (SILVA et al., 2014). A manutenção das florestas naturais e plantadas depende diretamente da eficiência dos processos cíclicos de nutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), que em concentrações adequadas determinam o estabelecimento e crescimento das plantas (BREYMEYER et al., 1997; CARNOL e BAZGIR, 2013). Uma vez que, sabe-se que a maior parte dos nutrientes está contida na biomassa e não no solo (ODUM, 1988).

A importância da serapilheira vai além da proteção e adubação do solo, uma vez que afeta diretamente na conservação da biodiversidade, promovendo a germinação de sementes e o estabelecimento de plântulas (MORAES et al., 1998; COLEMAN et al., 2004). Desta forma, a deposição de serapilheira em áreas submetidas a distúrbios pode ser empregado como indicador visando avaliar o processo de recuperação da vegetação (PEREIRA et al., 2013) além da compreensão do ciclo de nutrientes e carbono, o crescimento da floresta e os padrões de sucessão (GONZÁLEZ- RODRIGUEZ et al., 2011). O uso de serapilheira no estudo de monitoramento de áreas se baseia na capacidade desta em responder às modificações do ambiente pelo seu potencial de “indicador de reação”, além de ser usado para acompanhar as alterações nas condições ambientais através do tempo, gerando diagnósticos e previsões de mudanças ambientais (SCORIZA e PINÃ-RODRIGUES, 2013).

A remoção da serapilheira é capaz de causar grandes efeitos nas propriedades físicas e químicas do solo (UMA et al., 2014), assim como alterar a infiltração de água e modificar o balanço de radiação e temperatura ao longo do perfil do solo (CARNEIRO et

al., 2014). Tais modificações podem afetar diretamente na microbiota do solo, decomposição e conseqüentemente na ciclagem de carbono e nutrientes (ABURJAILE et al., 2011; MAIA, 2015).

Estudos observacionais foram realizados para inferir nas limitações de água e nutrientes sobre a dinâmica do ecossistema. Estes estudos são realizados através da manipulação experimental de recursos, geralmente com a adição de fertilizantes ou água e a remoção de serapilheira ou água (HANSON, 2000). O presente estudo se concretiza no âmbito do projeto MANFLORA, que desde 2001 atua na manipulação de recursos em floresta secundária na Amazônia Oriental.

Alguns resultados deste projeto apontaram que a deposição de serapilheira foi sensível à redução na disponibilidade de nutrientes, sugerindo que a prorrogação do tempo de remoção da serapilheira possa diminuir as concentrações de nutrientes, resultando em um ponto crítico de produtividade (VASCONCELOS, 2006). Maia (2015) observou que a remoção de serapilheira reduziu a colonização micorrízica, além de não ter alterado a disponibilidade de fósforo no solo. No Panamá, Sayer et al., (2010) e Dzwonko e Gawronski (2002), na Polônia estudaram o efeito da remoção da serapilheira em floresta tropical e concluíram que a ciclagem dos nutrientes no solo é alterada pela retirada da serapilheira.

Dessa forma, a quantificação dos nutrientes da serapilheira, bem como o padrão de sua ciclagem, permitem avaliar a magnitude dos reflexos causados pela intervenção antrópica ou por fenômenos naturais ocorridos no ecossistema, tornando possível, por meio de estudos a quantificação das saídas ou perdas de nutrientes (OKI, 2002). A importância do estudo dos nutrientes fósforo e potássio, se vale da relevante função desses nutrientes no desenvolvimento florestal. A ciclagem do fósforo requer atenções pelo fato da baixa disponibilidade e da elevada capacidade de adsorção desse elemento em solos tropicais, além da sua participação nos processos de fotossíntese, metabolismo de açúcares, armazenamento e transferência de energia, divisão celular, alargamento das e transferência das informações genéticas. O bom funcionamento desses processos acarreta no bom desenvolvimento e produção vegetal. O potássio interage nos processos essenciais como: ativação enzimática, fotossíntese, abertura e fechamento dos estômatos, uso eficiente da água, formação de amido e síntese protéica.

Com o objetivo de melhor entender as relações ocorrentes entre o componente arbóreo e a serapilheira, elaborou-se a seguinte questão científica: Como a deposição de serapilheira e as concentrações de P e K são influenciados pela remoção da serapilheira

em ecossistema de floresta sucessional? Para tentar explicar a questão levantada foi proposta a seguinte hipótese: Haverá uma redução na deposição da serapilheira em função da remoção desta após 8 anos do estudo de manipulação de recursos. Devido a interferência de remoção de serapilheira a concentração de P e K poderá ser influenciada. A variação sazonal da precipitação poderá influenciar na deposição de serapilheira, assim como na concentração de P e K.

2. OBJETIVO GERAL

-Avaliar o efeito da remoção de serapilheira na concentração dos nutrientes fósforo e potássio em floresta sucessional na Amazônia.

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

-Determinar a produção de serapilheira em ecossistema sucessional.
-Avaliar o efeito da sazonalidade da precipitação pluviométrica sobre a deposição de serapilheira.

Determinar a concentração de fósforo (P) e potássio (K) na serapilheira.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Serapilheira como componente estrutural

O uso das queimadas nas florestas da Amazônia, para criação de áreas de pastagem, exploração florestal e agricultura familiar, tem gerado alterações significativas na manutenção dos ciclos biogeoquímicos. Como exemplo, cita-se o ciclo do nitrogênio que, ao ocorrer a queima da floresta parte dos compostos nitrogenados presentes na biomassa e serapilheira são volatilizados e vão para atmosfera onde se combinam com outros elementos formando chuva ácida.

Muito embora seja impossível a sociedade manter seu estilo de vida sem provocar impactos significativos nos ecossistemas, seus efeitos poderiam ser minimizados com a aplicação de estudos e racionalização das atividades econômicas, além de evitar a superexploração dos recursos naturais e o desperdício (ADUAN et al., 2004).

Zarin et al. (2005) mostram que a redução da taxa de crescimento da floresta secundária na bacia amazônica, principalmente devido à redução dos estoques de nutrientes em ciclagem, deve-se a um histórico de sucessivas queimadas. Além disso, florestas já submetidas à queima tornam-se mais susceptíveis ao fogo (ZARIN et al., 2005; MALHI et al., 2008). Há estudos que tentam estimar o tempo de recuperação do solo depois de cultivado, Brown e Lugo (1990) apontam uma média de 40 a 50 anos para que a matéria orgânica do solo se recupere e se assemelhe ao encontrado em florestas maduras adjacentes. Esse longo período se justifica devido à alta produtividade em crescimento da floresta nos primeiros 20 anos após o abandono da área. O solo só irá se recuperar e acumular matéria após 20 anos de sucessão, quando os estoques de nutrientes irão ser repostos com maior eficiência e a taxa de crescimento da capoeira diminui (JUO E MANU, 1996).

O ecossistema florestal se destaca como o principal regulador dos principais ciclos biogeoquímicos, como os ciclos da água, carbono, fósforo e nitrogênio, além de manter um estoque de nutrientes capazes de atuar na produtividade do meio (SELLE, 2007; LUIZÃO, 2007). É por meio da senescência, queda das folhas e galhos e decomposição desses compartimentos que as árvores reciclam os nutrientes tanto através do ciclo bioquímico, como biogeoquímico.

A deposição de fitomassa no solo tem a função de renovar o estoque de matéria orgânica na serapilheira durante o desenvolvimento dos ecossistemas de florestas sucessionais (BORMANN e LIKENS, 1994). O balanço nutricional resultante do ciclo

biogeoquímico é um dos fatores determinantes para a manutenção e desenvolvimento da produtividade do ambiente florestal, uma vez que a formação da biomassa tem relação direta com a maior ou menor exportação de nutrientes do solo, em conjunto com as características genéticas de cada espécie, e outras condições do sítio (SANTANA et al., 2008; SILVA et al., 2014).

Como o principal componente estrutural e funcional dos ecossistemas florestais, a serapilheira é originada do fluxo deposicional da matriz biogeoquímica lenhosa, foliar e demais frações da parte aérea do ecossistema (VIERA et al., 2014). Esta representa o maior compartimento de armazenamento da matéria orgânica e de elementos químicos que exerce importante papel na recuperação do ecossistema após sofrer alguma interferência (GOSZ et al., 1976). Outros autores a definem como sendo a matéria orgânica de origem vegetal e animal que é depositada sobre o solo, em diferentes estágios de decomposição, destacando seu papel de reguladora das entradas de matéria orgânica no solo e, posterior incremento com o aporte de nutrientes (BARBOSA e FARIAS, 2006).

A serapilheira é constituída de diversos componentes, como: folhas, galhos finos (diâmetro até 2 cm), galhos grossos (diâmetro acima de 2 cm), flores, frutos. Podendo ser classificada em serapilheira grossa (material lenhoso acima de 2 cm de diâmetro) e serapilheira fina (folhas e galhos finos). Cada uma dessas estruturas apresenta diferentes composições químicas e, conseqüentemente, dada sua estrutura diferentes velocidades de decomposição (PROCTOR, 1983; VIEIRA, 1988; DIAS e OLIVEIRA-FILHO, 1997; CIANCIARUSO et al., 2006).

Andrade et al., (2003) e Mochiutti et al., (2006) destacam a importância da serapilheira na recuperação de áreas degradadas, especialmente sobre a melhoria da atividade biológica em solos altamente intemperizados e na formação de horizontes orgânicos. Desta forma, a qualidade nutricional e orgânica da serapilheira influencia diretamente na atividade da biomassa microbiana (MONTEIRO e GAMA-RODRIGUES, 2004).

Estudos recentes avaliam a importância da serapilheira como ferramenta de análise no entendimento do funcionamento de diferentes ecossistemas como: Longhi et al., (2011) e Antoneli e Thomaz (2012) em uma floresta Ombrófila Mista; Anghinone et al.,(2011) em sistema lavoura-pecuária; Arato et al.,(2003) em sistema agroflorestal;

Cunha Neto et al., (2013) em quatro tipologias florestais; Pimenta et al.,(2011) em uma floresta plantada; Aquino (2013) em mata de galeria.

Estudos apontam que em casos de florestas plantadas a remoção da serapilheira, constituída de uma fonte de nutrientes para o povoamento, seria um dos fatores a se considerar devido à preocupação com a manutenção da produtividade dos sítios e exaurimento do solo (COBB et al., 2008; LIMA et al., 2015).

Segundo Vogt et al. (1986) a floresta devolve nutrientes ao solo através da deposição de matéria, como folhas, galhos grossos e finos, miscelâneas e troncos, além da morte de raízes (principalmente as finas). De forma geral as folhas representam cerca de 60 % a 80% do total da serapilheira depositada e são de rápida decomposição (BRAY e GORHAM, 1964). Essa predominância da biomassa da fração folhas foi verificada por vários estudos em diferentes localidades e ecossistemas florestais (FILHO et al., 2003; AIDAR e JOLY, 2003; VIDAL, 2007; CALDEIRA et al., 2007; SILVA et al., 2007; SILVA et al., 2009; SILVA et al., 2009; MARAFIGA et al., 2012; GODINHO et al., 2013).

A Amazônia, por apresentar em sua maioria solos de baixa fertilidade, deve sua sobrevivência e produtividade à elevada diversidade vegetal que estariam adaptadas às condições climáticas e nutricionais do solo, e a serapilheira destaca seu papel na ciclagem de nutrientes (TOGNON, DEMATTÊ e DEMATTÊ, 1998). A hipótese é que essas espécies demandariam de poucas quantidades de nutrientes além de depender da eficiente reciclagem dos nutrientes produzidos pela própria floresta. Na Amazônia, a deposição anual em floresta primária de terra firme situa-se na faixa de 7-10 Mg.ha⁻¹ (LUIZÃO, 2007), podendo variar anualmente em função do padrão fenológico das espécies, além da sazonalidade pluviométrica.

Nos trópicos uma grande porcentagem de material orgânico e nutrientes encontra-se na biomassa e é reciclada rapidamente no interior do sistema, sendo auxiliada por adaptações biológicas para conservação de nutrientes, enquanto que nas regiões frias a disponibilidade de material orgânico e nutrientes está localizada no solo e serapilheira (JORDAN e HERRERA, 1981).

Além da importância nutricional, a deposição de serapilheira pode ocasionar a interceptação de luz e sombreando de sementes e plântulas, diminuindo a amplitude

térmica do solo e, assim, dificultando a difusão do vapor d'água (BARBOSA e FARIA, 2006; HULLER, et al., 2009; CARNEIRO et al., 2013). Por outro lado, pode também reduzir a disponibilidade hídrica, retendo uma considerável proporção de água da chuva que chegaria ao solo e também impedir o contato direto de sementes com o solo (PICKETT, 1991; SANTOS, 2000; RODRIGUES et al., 2010).

Das variáveis climáticas, temperatura e precipitação são as que mais afetam o aporte de serapilheira em ecossistemas florestais. A maior produção pode estar relacionada com períodos mais secos do ano (ARATO et al., 2003; FERNANDES, 2006; ESPIG et al., 2009; FERREIRA, 2010; GODINHO et al., 2014) ou com períodos chuvosos (KONIG et al., 2002; FILHO et al., 2003; DICKOW, 2010). Tucci (2009) afirma que a interceptação da chuva pelo dossel varia de acordo com a precipitação, condições climáticas, densidade da vegetação, os aspectos morfológicos da planta e a época do ano.

A decomposição de serapilheira depende da presença de organismos decompositores que apresentem baixos níveis de atividade quando o pH do solo é baixo (SARIYILDIZ et al., 2005; ABURJAILE et al., 2011), além da quantidade do material vegetal, grau de fracionamento do resíduo e qualidade do microambiente (BERTOL et al., 2004). Dentre os fatores ambientais mais relevantes no manejo florestal, encontra-se o solo e suas relações com as plantas, e como elas absorvem os nutrientes por ele oferecidos. Desse modo, a decomposição da serapilheira é sem dúvida um processo crítico para a manutenção da fertilidade e da produtividade do ecossistema (PRESCOTT, 2005; PEREIRA, 2013; CUNHA NETO, 2013; PETERSON et al., 2013). Além disso, deve-se considerar os fatores envolvidos na velocidade de decomposição, entre eles a qualidade do substrato e efeito de borda, que dentro de uma mesma região torna-se um fator determinante da taxa de decomposição (FERNANDES, 2006; OLIVEIRA et al., 2013).

Estudos apontam as consequências da remoção de serapilheira do piso florestal. Andrade et al., (2010) afirmam que a remoção de serapilheira reduz o risco de incêndios florestais, no entanto essa prática pode alterar o regime térmico do solo, influenciando na atividade biológica, decomposição de serapilheira e a dinâmica dos nutrientes. Por isso, recomenda-se a sua manutenção para o desenvolvimento da dinâmica florestal. Para alguns autores a remoção da serapilheira favorece a germinação de sementes e

regeneração de espécies nativas (ALLISON M. e AUSDEN M., 2006; RIBEIRO, 2007). Em outros casos ocorre a redução dos níveis nutricionais do sistema solo-planta com a remoção de serapilheira em plantios de *Corymbia citriodora* (FREITAS, 2008; SILVA, 2011; SOUZA, 2012;); em florestas tropicais da Costa Rica (WOOD et al., 2009); no Panamá (SAYER e TENNER, 2010); em cerrado no centro-oeste brasileiro (VILLALOBOS-VEGA et al., 2011). No estudo de remoção de serapilheira de Li et al., (2005) houve uma redução de cerca de 70% da atividade microbiana nas parcelas de remoção comparadas à controle em floresta secundária em Porto Rico. Jandl e Sollins (1997) concluíram que após 12 meses de remoção de serapilheira houve diminuição da biomassa e da atividade microbiana nos primeiros 5 cm do solo.

A maioria dos estudos realizados quanto a manipulação de serapilheira se reportam a ecossistemas não-tropicais, como: em florestas sub-tropicais de *Acacia mangium* na China (XIONG et al., 2008; KUMADA et al., 2008); florestas temperadas da Polônia (DZWONKO E GAWRONSKI, 2002) e na Finlândia (LINDHOLM E NUMMELIN, 1983); plantios com *Pinus radiata* na Austrália (TURNER E LAMBERT, 2011), *Pinus elliotti* na Flórida (LOPEZ-ZAMORA et al., 2001). A produção de serapilheira registrada por alguns trabalhos na Amazônia variou de 7 a 12 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (MARTIUS, 2004; MONTEIRO, 2005; SELVA et al., 2007; BARLOW et al., 2007; VASCONCELOS et al., 2008; NARDOTO et al., 2008; SILVA, 2014)

3.2. Nutrientes na serapilheira

A eficiência nutricional de uma floresta é definida por Vitousek (1982) como sendo a quantidade de matéria orgânica perdida ou estocada nas plantas, na mesma proporção em que ocorre a perda ou estocagem de nutrientes, podendo ser usada na comparação com a eficiência de utilização em outras florestas.

A ciclagem de nutrientes é um dos principais mecanismos de reciclagem dos nutrientes que os mantém na floresta, garantindo assim a sustentabilidade dos ecossistemas florestais (SANTOS et al., 2014), ou seja, a produção de serapilheira é a principal via de retorno de nutrientes ao solo, e quantificar esta via no espaço e em termos de conteúdo de nutrientes fornece uma melhor compreensão dos feedbacks planta de nutrientes para o solo. Trechos de floresta que apresentam maior eficiência de utilização, baixa decomposição e o maior tempo de residência dos nutrientes na serapilheira acumulada sugerem a manutenção dos reservatórios de nutrientes no ecossistema

(SANTOS, 2014). As principais vias de deposição de nutrientes nos povoamentos florestais são a produção de serapilheira, a ação da chuva na lavagem do material vegetal e a decomposição desse material (TOLEDO et al, 2002). Meguro et al., (1979) verificaram que mais de 70% da transferência dos elementos do compartimento da planta ao solo foram transferidos através da água de precipitação, concluindo que no trecho estudado, a precipitação é extremamente importante em termos de reciclagem dos nutrientes K e P.

Na Amazônia Central a floresta de terra firme apresenta um maior fluxo de serapilheira fina no período menos chuvoso, de junho a outubro, enquanto que a maior parte da decomposição ocorre durante a estação chuvosa (LUIZÃO e SCHUBART, 1987). A serapilheira fina produzida cada ano ($8,25 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$), proporciona uma entrada de 3880 kg de carbono, 151 kg de nitrogênio, 3 kg de fósforo, 16 kg de enxofre, 15 kg de potássio, 37 kg de cálcio, 14 kg de magnésio e 9 kg de sódio, para o solo de uma floresta de platô sobre Latossolo Amarelo na região de Manaus (LUIZÃO, 1989). Em outro trecho na Amazônia Central estimou-se uma entrada anual de nutrientes (em $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) em forma de serapilheira grossa de: $\text{P}=0,15$, $\text{K}= 2,42$, $\text{Ca}= 2,75$ e $\text{Mg}=1,36$, e um total anual produzido de $2,72 \text{ Mg ha}^{-1}$.

A serapilheira como principal via de transferência e nutrientes sofre influência direta da cobertura florestal, do estágio sucessional, da idade, época de coleta, clima, temperatura, precipitação, relevo, luminosidade, espécie, etc. No estudo de Oziegbe et al., (2011) em uma floresta secundária na Nigéria, as maiores quantidades de cálcio, magnésio, ferro, cobre, zinco e nitrogênio são depositados anualmente a partir da serapilheira no chão da floresta, enquanto maiores quantidades de mercúrio, potássio, sódio, fósforo, chumbo e enxofre foram depositados através de precipitação. Para Caldeira et al. (2013), potássio, magnésio e boro apresentaram maiores quantidades no período seco independentemente do tipo de cobertura florestal, que também exerceu pouca influência nos teores de nitrogênio, fósforo, cálcio, enxofre, cobre, ferro, manganês, zinco e carbono orgânico. Na Amazônia, as espécies arbóreas com maiores concentrações foliares de N, P, K e Mg foram encontradas em solos com maior fertilidade, do que aquelas que se desenvolveram em solos mais pobres (FYLLAS et al., 2009).

Dada a importância da serapilheira para os processos cíclicos, sabe-se que a remoção dessa camada tende a diminuir, em médio e longo prazo, a entrada de nutrientes para o sistema solo-planta, podendo causar impactos negativos no funcionamento dos ecossistemas florestais (SAYER, 2006; WOOD et al., 2009).

Sistemas que apresentam elevada taxa de decomposição favorecem a rápida liberação e aproveitamento de nutrientes por parte do sistema radicular da vegetação (ARATO et al., 2003). A distribuição de nutrientes varia ao longo do tempo, na fase juvenil, o processo de distribuição de nutrientes é mais acelerado e a maior parte dos nutrientes está contida nas folhas (FREITAS, 2000; VIEIRA et al., 2014). À medida que a idade aumenta, ocorre uma translocação dos nutrientes dos órgãos senescentes para as regiões de crescimento das árvores, tendendo a estabilidade da distribuição quando o povoamento atinge a maturidade (HAAG, 1985; BAMBI, 2011).

O acúmulo de biomassa florestal é diferente em cada local de estudo, assim como o teor de nutrientes assimilado pela planta (CARNOL e BAZGIR, 2013). Caldeira et al., (2003) em estudo com *M. ferrugínea* e *M. umbellata* observou a diferença de produção de biomassa nos compartimentos da planta e entre as espécies. O estudo ainda avaliou o conteúdo de macronutrientes entre as duas espécies que exibiram diferentes padrões de assimilação dos nutrientes. A eficiência de utilização dos nutrientes pelas plantas baseia-se no princípio de conversão da energia solar em biomassa e essa eficiência é principalmente afetada pela disponibilidade de água e nutrientes para as plantas (SANTANA et al., 2008). A eficiência de utilização de nutrientes, segundo Camargo et al. (2004), também sofre influência direta com o tipo de solo.

Conforme as condições edafoclimáticas, a velocidade de decomposição da serapilheira varia segundo os teores de lignina, polifenóis, celulose, carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre, dentre outros componentes (MONTEIRO e GAMA-RODRIGUES, 2004). Eventos climáticos, como as chuvas, contribuem de forma eficaz para a formação de serapilheira, assim como a drenagem desse material contendo carbono e nutrientes para os cursos d'água (CONCEIÇÃO et al., 2007; CONCEIÇÃO et al., 2009; SHINZATO, et al., 2011; DINIZ et al., 2013). A importância da adição de nutrientes via precipitação interna ou escoamento de pelo tronco foi comprovada por alguns autores dada sua participação na ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais (MEGURO et al., 1979; LIMA, 1985; PROTIL, 2006; BALIEIRO et al., 2007; DINIZ et al., 2013). O volume de água de precipitação adicionado a ecossistema são variáveis dependentes de fatores como a vegetação (LIMA, 2003), pois esta é capaz de reter partículas trazidas pelo vento, e os nutrientes contidos nessas partículas serão, posteriormente, lavados pela chuva. Diniz et al., (2013) evidenciaram a importância da precipitação dada a quantidade de nutrientes encontrada na água de precipitação interna, quantificando a adição anual de

5,82 kg/ha de K, 10,46 kg/ha de Ca, 0,14 kg/ha de P e 23,67 kg/ha de C em Floresta Sucessional de 20 anos, Pinheiral-RJ.

No estudo de Cunha et al., (1993) concluiu que o conteúdo de nutrientes é variável segundo a fração da serapilheira analisada. Na fração detritos encontram-se altas concentrações de N, P e Ca. As folhas detêm as maiores concentrações de Ca e Mg, enquanto a fração composta por flores, frutos e sementes caracteriza-se pelos altos conteúdos de P e K. Os galhos finos apresentam baixas concentrações para todos os elementos estudados. A floresta cicla uma quantidade significativa de outros elementos da serapilheira, nutrientes ou não, principalmente de silício e de alumínio, mostrando, portanto, uma forte relação entre a atividade biológica e a composição mineral dos solos da floresta de terra firme (LUCAS et al., 1993).

No estudo de Fernandes (2006) a área de floresta de sucessão secundária espontânea apresentou valores de deposição anual de 149,81 kg ha⁻¹ano⁻¹ de nitrogênio, 3,00 kg ha⁻¹ano⁻¹ de fósforo e 16,30 kg ha⁻¹ano⁻¹ de potássio. Em dois trechos de floresta estacional semidecidual o conteúdo de nutrientes encontrado foi de 137 e 180 kg.ha⁻¹ de N, 5 e 8 kg.ha⁻¹ de P; 17 e 45 kg.ha⁻¹ de K; 89 e 179 kg.ha⁻¹ de Ca; e 21 e 26 kg.ha⁻¹ de Mg, nos trechos de floresta nos estádios inicial e maduro, respectivamente (PINTO et al., 2009).

3.3. Fósforo e Potássio

Elemento do ciclo fundamentalmente sedimentar, o fósforo apresenta grande reserva na rocha matriz (RAVEN, 2007), sendo incorporado ao sistema pela ação do intemperismo e participação dos seres vivos através do processo de excreção e decomposição (APRILE e SIQUEIRA, 2009). Em quantidades adequadas, o nutriente estimula o desenvolvimento radicular além de ser essencial para a boa formação de frutos e sementes e incrementa a precocidade da produção, sendo componente das moléculas transportadoras de energia, como a ATP, e também dos nucleotídeos do DNA e RNA (RAIJ, 2011). Diferentemente do que acontece em solo, o fósforo apresenta alta mobilidade na planta, transferindo-se rapidamente de tecidos velhos para regiões de meristema ativo e os sintomas de sua deficiência manifestam-se com a parada do crescimento.

Entre os macronutrientes, o fósforo é aquele exigido em menor quantidade pelas plantas. Sua absorção ocorre preferencialmente como $H_2PO_4^-$, consequência do efeito do pH na solução. Após a absorção, o fósforo é quase imediatamente incorporado em compostos orgânicos das plantas (RAIJ, 2011), além de apresentar alta velocidade de liberação (FERNANDES et al., 2006). O fósforo, como elemento presente no metabolismo das plantas, permanece pentavalente como fosfato (PO_4^{3-}) e pirofosfato ($P_2O_7^{4-}$), fazendo parte de moléculas grandes ou grupamentos de moléculas como DNA, RNA e os fosfolipídios das membranas (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

Em solos tropicais, a disponibilidade de fósforo é geralmente muito baixa e (NOVAIS; SMYTH, 1999), conseqüentemente, as plantas desenvolvem diversos mecanismos adaptativos capazes de contornar essa baixa disponibilidade, como modificações na arquitetura e desenvolvimento radicular, aumento na produção de fosfatase, alterações na atividade de diversas enzimas na rota glicolítica e aumento na taxa de absorção de P (MUCHHAL e RAGHOTHAMA, 1999). O teor total de P dos solos está entre 200 e 3000 mg kg⁻¹ de P, sendo que menos de 0,1%, desse total se encontra na solução do solo (FALCÃO e SILVA, 2004).

Dentre as principais possibilidades de perdas de nutrientes no solo destacam-se o processo de lixiviação ou percolação, que “lavam” o solo no sentido vertical, a erosão laminar que carreiam os nutrientes sobre a superfície do solo, a fixação que é a transformação de formas solúveis de certos nutrientes para formas insolúveis que deixam de ser absorvidos pelas plantas e o processo de volatilização, que é a perda do nutriente na forma de compostos gasosos e (ALCARDE et al., 1998).

A variação do teor de nutrientes na serapilheira pode estar relacionada às condições fisiológicas de cada espécie, das condições climáticas e de sítio, de pedogênese, a microbiota do solo ou até entre os elementos químicos. No estudo de Oliveira (2009) a liberação de fósforo a partir da serapilheira de *Neea machophylla* e *Cecropia palmata* está estreitamente relacionada com as concentrações de celulose iniciais e em menor grau com as concentrações de lignina, além de concluir que a produção de serapilheira foliar foi nitidamente influenciada pela precipitação pluviométrica (OLIVEIRA e CARVALHO, 2009). Almeida (2005) estudando a produção de serapilheira amostrada em floresta de transição no Estado de Mato Grosso, encontrou teores de fósforo de 0,92 g.kg⁻¹, enquanto que Caldeira et al. (2007) encontraram teores de 0,68 g.kg⁻¹. Em estudo de manipulação

de serapilheira em floresta primária na Alemanha, Huang e Spohn (2015) observaram que a remoção da serapilheira diminuiu a concentração de P no solo a uma profundidade de 10 cm, no entanto, o horizonte A apresentou aumento desse nutriente em virtude da maior biomassa radicular nesse tratamento. Concluíram que a biomassa das raízes finas na superfície do solo parece ter neutralizado os efeitos da exclusão da serapilheira na concentração de P.

Por interagir em quase todos os processos do metabolismo vegetal, o potássio (K) é considerado um macronutriente essencial exigido, juntamente com o nitrogênio, em altas quantidades pelas plantas (EPSTEIN e BLOOM, 2006). Malavolta (2006) explica que uma das razões para a alta exigência de K seja a necessidade de concentrações elevadas no citoplasma para garantir atividade enzimática ótima. O K apresenta elevada taxa de distribuição interna nos tecidos das plantas, uma vez que se encontra na forma livre (forma iônica) nos tecidos vegetais (MALAVOLTA, 1980). Distingue-se nas formas de potássio na solução do solo, o qual é absorvido pelas plantas; potássio trocável, que apresenta maior velocidade de liberação; o potássio presente nos minerais primários e secundários, como micas, feldspatos e ilitas; bem como o potássio fixado nos argilominerais tipo 2:1 expansivo, como a vermiculita e esmectita (CURI, et al., 2005; RAIJ, 2011).

O potássio participa da translocação de carboidratos sintetizados no processo de fotossíntese, da síntese protéica e da ativação de enzimas. Em adição à ativação enzimática, o potássio realiza três funções: participação no transporte enzimático através da membrana, manutenção do potencial osmótico e neutralização de ânions (EPSTEIN e BLOOM, 2006; MALAVOLTA, 2006).

A liberação dos nutrientes contidos na serapilheira pode variar de forma considerável de um nutriente para outro. O potássio é um nutriente altamente solúvel em água e, conseqüentemente, suscetível à lixiviação. Apresenta ainda uma rápida taxa de liberação, com perda de até 80% do seu conteúdo nos primeiros 30 dias de decomposição da serapilheira (LUIZÃO, F. 2007). Essa rápida liberação para o meio pode ser atribuída à presença de cátions com grande mobilidade no fluido celular (PAULA, J. 2007). Fatores externos e internos são capazes de influenciar a absorção de K, isto é, o meio ambiente, temperatura, umidade, precipitação e como a concentração de K, Mg, Ca e na solução do solo (DINIZ et al., 2013). Este último fator diz dos efeitos interiônicos entre K, Ca e Mg

que ocorrem na forma de inibição competitiva, normalmente ao nível de membrana celular (EPSTEIN, 1975). Os fatores internos, referentes ao genótipo, como crescimento e morfologia da raiz, capacidade de absorção de água, ente outros (MALAVOLTA, 2005). Cunha et al. (1993) concluíram sobre a influência da precipitação na concentração de potássio, uma vez que as menores concentrações foram observadas no período de maior precipitação. Em termos gerais a transferência via folheto e água de precipitação, incrementa mais de 70% de K e 40% de P (MEGURO et al.,1979).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Localização

A pesquisa foi realizada na mesorregião metropolitana de Belém, no município de Castanhal-PA, distando 80 km da capital paraense. O experimento foi realizado na Estação de Piscicultura de Água Doce (EPAD), pertencente à Universidade Federal Rural da Amazônia (01°22'43" e 01°18'02" de latitude sul; 48°05'05" e 48°15'46" de longitude oeste) (Figura 1). O estudo foi desenvolvido no âmbito do Projeto Manipulação de Água e Nutrientes em Ecossistema de Floresta Secundária na Amazônia Oriental (MANFLORA). O projeto propôs responder a questão de qual o real efeito dos nutrientes e umidade durante o crescimento das florestas secundárias, através de um experimento manipulativo de nutrientes, com remoção de serapilheira e com redução da tenção de umidade, por meio da irrigação da área durante a estação seca. A coleta de dados dos tratamentos tiveram início em julho de 2001.

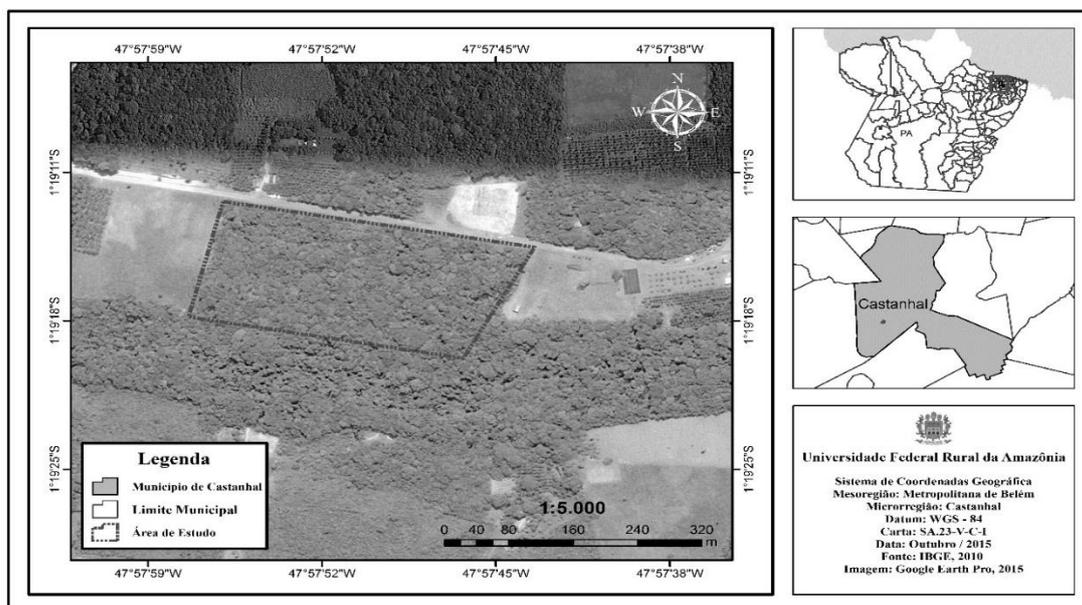


Figura 1: Área experimental na região do médio Apeú, nordeste do Pará, Amazônia Oriental.

4.2. Vegetação

A vegetação é composta, predominantemente, pela floresta tropical úmida ou floresta densa de terra firme (EMBRAPA, 2001). Vale ressaltar que essa classificação refere-se à vegetação primária. No período anterior ao experimento a área apresentou, através da prática da agricultura, sucessivos ciclos de cortes e queimas que modificou a paisagem formando um mosaico de diferentes estádios sucessionais, principalmente de pastagem. O povoamento em estudo foi modificado devido a agricultura itinerante que inclui ciclos do cultivo de milho, mandioca e feijão, por 1 a 2 anos seguido de pousio, e abandonado em 1987.

Quando o experimento foi instalado em 1999, a floresta em regeneração estava com 12 anos, atualmente está com 29 anos, predominando vegetação secundária latifoliada, com as seguintes espécies: *Myrcia sylvatica* Barb Rodr., *Miconia ciliata* (Rich) DC., *Myrcia bracteata* (Rich) DC., *Nectandra cuspidata* Nees e Mart., *Lacistema pubescens* Mart., e *Vismia guianensis* (Aubl.) (Tabela 1), as quais representam 86% das espécies observadas na área experimental (LIMA, 2003). Cada árvore medida foi identificada com plaqueta metálica numerada e identificada por botânico experiente. O material botânico foi coletado e herborizado no herbário da Embrapa Amazônia Oriental (ARAÚJO, 2005).



Figura 2: Floresta sucessional da Estação de Piscicultura (EPAD), Castanhal. Ramos (2011).

Tabela 1: Espécies dominantes identificadas na área experimental da Estação de Piscicultura de Água Doce (EPAD), no município de Castanhal. Lima (2003).

Espécie	Família
<i>Lacistema pubescens</i>	Lacistemataceae
<i>Myrcia sylvatica</i>	Myrtaceae
<i>Vismia guianensis</i>	Clusiaceae
<i>Cupania scrobiculata</i>	Sapindaceae
<i>Inga rubiginosa</i>	Mimosaceae
<i>Myrcia bracteata</i>	Myrtaceae
<i>Banara guianensis</i>	Flacourtiaceae
<i>Miconia ciliata</i>	Melastomataceae
<i>Inga thibaudiana</i>	Mimosaceae
<i>Chimarris turbinata</i>	Rubiaceae
<i>Astrocaryum gynacanthum</i>	Arecaceae
<i>Couratari guianensis</i>	Lecythidaceae
<i>Talisia sp.</i>	Sapindaceae

4.3. Clima

Segundo a classificação de Köppen, o clima da área se enquadra no tipo Afi. O período chuvoso (superior a 100 mm) ocorre entre dezembro e maio, com período de transição em junho, enquanto que o período menos chuvoso (inferior a 100 mm) de julho a novembro. A temperatura diária do ar varia entre 24,7 e 27,3 °C, com máxima de 30,1 a 32,7 °C e mínima de 19,2 a 24,2 °C. A umidade relativa do ar apresenta valores médios anuais que variam de 76 a 92% (ALVARES, 2013). Os dados da distribuição da precipitação, temperatura e umidade da Estação Climatológica de Castanhal estão na Figura 3.

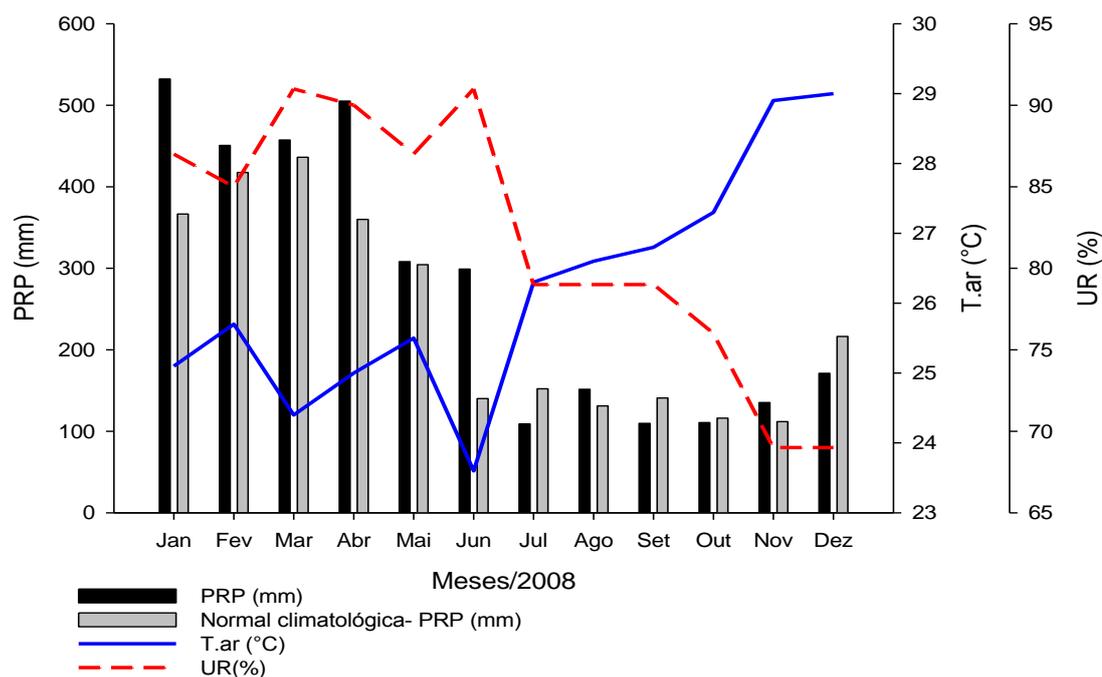


Figura 3: Dados mensais dos parâmetros climáticos da Estação climatológica de Castanhal. (INMET).

4.4. Solo

A formação geomorfológica do município é predominantemente de tabuleiros ou baixos platôs pediplanados compostos por arenitos finos e grosseiros, siltitos e argilitos caulínicos. De modo geral, o relevo é plano com declividade variando de 0% a 3%, muito embora ocorram áreas com relevo suave ondulado com declividade variando de 3% a 15% (EMBRAPA, 2001). Os solos da área de estudo são classificados como Latossolo Amarelo Distrófico Fase Pedregosa I (Concrecionário Laterítico) (Tabela 2) (TENÓRIO et al., 1999).

Tabela 2: Caracterização química do solo da área experimental. (RANGEL-VASCONCELOS, 2002).

Profundidade (cm)	pH(H ₂ O)	C _{ORG}	N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	P
0-5	5.0	28.90	1.70	1.7	0.5	0.05	2.3	1.56
5-10	5.1	19.80	1.40	1.4	0.4	0.05	3.2	5.13

5.5. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com tratamentos fatoriais 2x12, onde as parcelas foram distribuídas com seus respectivos tratamentos: controle (testemunha) e remoção, em doze meses de coleta. Foram instaladas 8 parcelas para os tratamentos com medidas de 20 x 20 m. Cada parcela possuía uma parcela central de 10 x 10 m que continha três coletores de serapilheira deposicional (Figura 4).

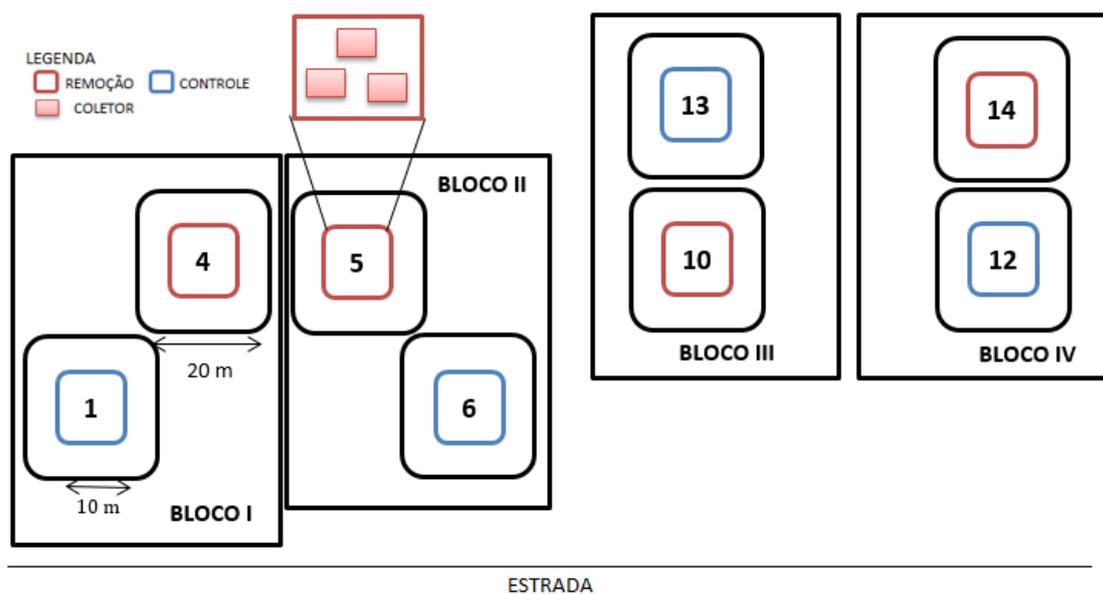


Figura 4: Parcelas experimentais com sistema de manejo Controle e Remoção em floresta secundária.

Para o Controle não houve nenhuma intervenção no ecossistema, sendo considerado o tratamento testemunha. Na Remoção os fragmentos orgânicos depositados no solo foram retirados das parcelas com o auxílio de ancinhos a cada 15 dias. As coletas do material depositado nos coletores foram realizadas mensalmente no período de um ano (Janeiro/2008 a Dezembro/2008). Os coletores de serapilheira instalados mediam 1m² e profundidade de 0,10 m, suspensos do solo a 0,3 m (Figura 5). Posteriormente a coleta, o material vegetal foi separado em lenhoso e não-lenhoso e posteriormente seco em estufa a 70°C, durante 48 h e pesados em seguida.



Figura 5: Coletor de serapilheira instalado nas parcelas experimentais. Ramos (2011).

4.6. Análise laboratorial

Os procedimentos de análise química no material vegetal foram implementados após a fase de preparação de amostras e, finalmente, moagem em moinho tipo Wiley. As amostras foram digeridas em solução duplo-ácido nitro-perclórica ($\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$, solução 2:1) e os teores de P e K foram determinados por espectrofotocalorimetria e fotometria de chama segundo metodologia descrita por Tedesco et al (1995).

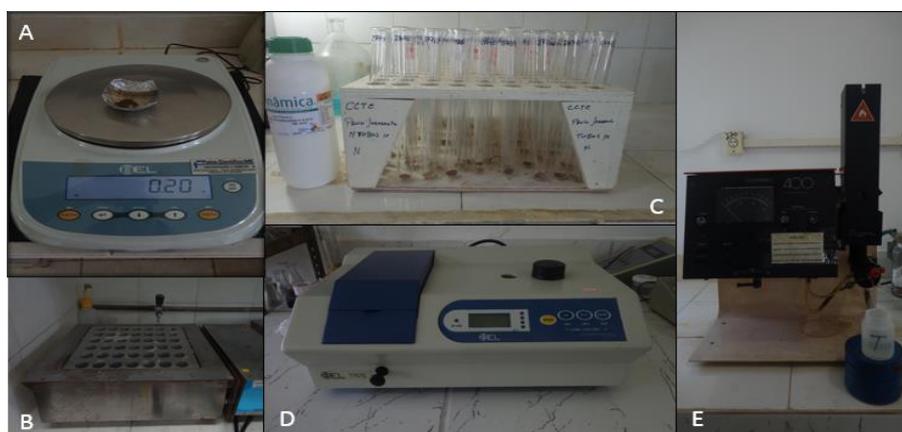


Figura 6: Processo de determinação dos nutrientes P e K em laboratório de análises químicas do Museu Paraense Emilio Goeldi. (A) Pesagem da amostra em balança analítica; (B) Bloco digestor; (C) Amostras para digestão; (D) Espectrofotocalorímetro para determinação de P; (E) Fotômetro de chama para determinação de K. (Autora, 2015).

4.7. Análise estatística

Os resultados analíticos dos dados das propriedades químicas e massa de serapilheira foram analisados segundo ANAVA analisando-se os efeitos do tratamento, tempo e interação dos tratamentos com o tempo. Na hipótese da população de dados seguir uma distribuição não-gaussianas, foram realizadas transformações logarítmicas e raíz

quadrada para atender as exigências do modelo quanto a normalidade dos dados, homogeneidade da variância e nível de significância ($p < 0,05\%$), com auxílio do programa estatístico Statistic 9.0 e elaboração de gráficos no SigmaPlot 10.0.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Deposição de Serapilheira

A deposição de serapilheira no tratamento controle variou de $384,3 \text{ kg ha}^{-1}$ (março) a $1038,7 \text{ kg ha}^{-1}$ (julho), com um valor médio de $554,44 \pm 203,56 \text{ kg ha}^{-1}$ mês, representando um total de $6,65 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Para o sistema de remoção a deposição variou entre $358,4 \text{ kg ha}^{-1}$ (março) e 915 kg ha^{-1} (julho), com valor médio de $520,30 \pm 154,30 \text{ kg ha}^{-1}$ mês, representando um total de $6,24 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Tabela 3).

Tabela 3: Deposição anual de serapilheira na área de estudo no ano de 2008.

Mês	Deposição	
	Controle	Remoção
	Mg/ha	
Jan	0,392 c	0,393 c
Fev	0,424 c	0,408 c
Mar	0,384 c	0,358 c
Abr	0,457 c	0,526 bc
Mai	0,618 bc	0,461 bc
Jun	0,809 b	0,622 bc
Jul	1,038 a	0,915 a
Ago	0,687 abc	0,634 b
Set	0,541 abc	0,551 b
Out	0,497 bc	0,540 b
Nov	0,438 c	0,392 c
Dez	0,364 c	0,439 bc
Média	0,55 A	0,52 A

Teste Tukey $p > 0,05$. As letras minúsculas compararam entre os meses e as letras maiúsculas em negrito compararam entre sistema de manejo, dentro de cada seção. Letras iguais significa que não houve diferença.

No estudo de Ramos (2011) e Ferreira (2010) a deposição média de serapilheira na mesma área de estudo no ano 2000, onde se iniciou as coletas mensais, foi de $644,4 \pm 225,9 \text{ kg ha}^{-1}$, enquanto que no ano de 2006 foi de $576,96 \pm 202,6 \text{ kg ha}^{-1}$ para o tratamento controle. Para o tratamento remoção, a deposição média foi de $704,73 \pm 215 \text{ kg ha}^{-1}$ e $582,36 \pm 170,5 \text{ kg ha}^{-1}$ para os anos de 2000 e 2006, respectivamente (Tabela 4). Do ano de 2000 para 2008 houve uma redução de 13,97% da deposição no tratamento controle, enquanto que para o tratamento remoção a redução foi no valor de 26,24%.

Tabela 4: Deposição anual de serapilheira na área de estudo no ano de 2000, 2006 e 2008.

Referência	Massa Controle (Mg/ha)	Massa Remoção (Mg/ha)	Ano
Este estudo	6,65	6,24	2008
Ferreira, 2010	7,73	8,46	2000
Ferreira, 2010	6,91	6,99	2006

Quando correlacionado o elemento climático precipitação, com a deposição de serapilheira, observou-se correlação negativa ($r = -0,51$) para o tratamento remoção (Figura 7). Este valor indica a relação entre a variável precipitação com a deposição de serapilheira, uma vez que os valores máximos ocorreram no período seco e valores mínimos no período chuvoso. Estes valores podem ser atribuídos ao efeito imediato da ação mecânica da precipitação na queda das folhas, galhos e miscelâneas durante a chuva. Antoneli e Francisquini (2015); Novák et al., (2014) também observaram a correlação da precipitação com a deposição de serapilheira. O mesmo padrão de deposição corrobora com diversos autores que também verificaram a mesma sensibilidade sazonal (LUIZÃO; SCHUBART, 1987; LUIZÃO, 1989; MARIANO et al., 2007; SCORIZA e PINÃ-RODRIGUES, 2013; CALDEIRA, et al., 2013; AQUINO, 2013; GODINHO, 2014).

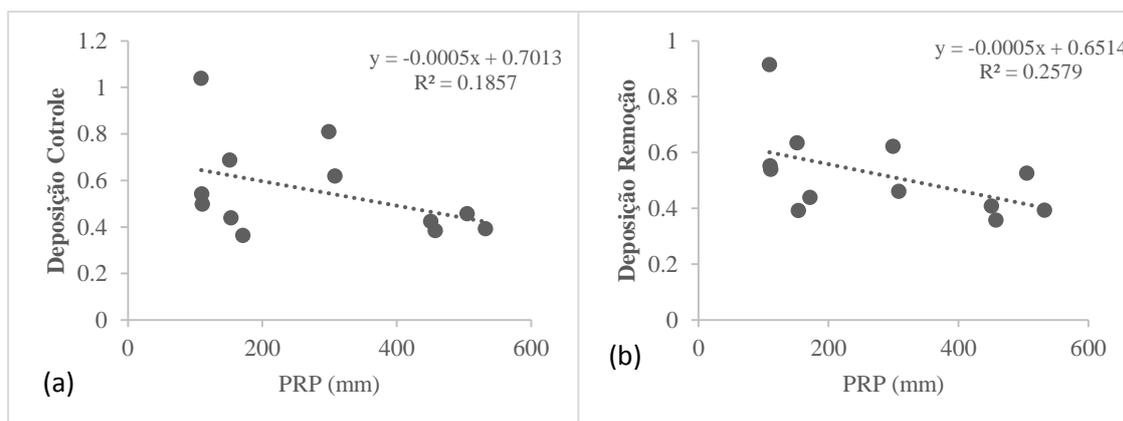


Figura 7: Correlação entre as variáveis Precipitação e Deposição de serapilheira nos tratamentos Controle (a) e Remoção (b).

Outros estudos realizados na Amazônia apresentaram valores superiores aos encontrados neste estudo conforme a Tabela 5. Todavia medições feitas por Teixeira et al., (2001) em floresta primária e secundária, no município de Capitão Poço - PA, produziram médias de $5,81 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ e $3,83 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, respectivamente. Silva (1982) em área de várzea encontrou a produção total de $3,6 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$. Para Goley

(1978) em estudo com florestas tropicais de todo o mundo foi encontrado valores de deposição entre 4 e 25 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, logo os valores encontrados neste estudo situam-se dentro da faixa sugerida, porém abaixo da média encontrada por Dantas et al., (1989) que foi de 8,0 Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Tabela 5: Deposição de serapilheira (Mg.ha⁻¹ano⁻¹) em ecossistemas sucessionais de florestas na Amazônia.

Referência	Local	Ecossistema	Deposição
Este estudo (Controle)	Castanhal-PA	Floresta Secundária	6,65
Este estudo (Remoção)	Castanhal-PA	Floresta Secundária	6,24
Vasconcelos et al, 2008	Castanhal- PA	Floresta Secundária	7,4
Silva, 2014	Belterra-PA	Floresta Primária	7,15
Cabianchi, 2010	Ji-Paraná- RO	Floresta Primária	11,57
Barlow et al, 2007	Almerim-PA	Floresta Secundária	10,9
Silva et al, 2009	Melgaço-PA	Floresta de Terra Firme	6,64
Luizão, 1989	Manaus- AM	Floresta de Terra Firme	8,25
Mesquita et al., 1998	Manaus- AM	Floresta Secundária	6,90
Luizão et al., 2004	Manaus- AM	Floresta de Terra Firme	8,40
Nardoto et al, 2008	Santarém –PA	Floresta Primária	12,0
Monteiro, 2005	Manaus-AM	Floresta de Terra Firme	9,40
Monteiro, 2015	Manaus-AM	Floresta de Terra Firme	9,14
Dantas e Phillipson, 1989	Capitão Poço-PA	Floresta primária	8,0
Martius, 2004	Manaus-AM	Floresta Secundária	7,2
Smith et al, 1998	Santarém- PA	Floresta de Terra Firme	9,7

Alguns trabalhos encontraram evidências das estratégias utilizadas pelas árvores para gerar condições no solo que se alinham com as suas próprias estratégias de uso de recursos (APONTE et al., 2013). A variação da deposição de serapilheira justifica-se com a estratégia ecofisiológica das plantas no fechamento dos estômatos e liberação das folhas, durante a estação seca, que se dá em reposta ao déficit hídrico a fim de reduzir as perdas de água por evapotranspiração (SANCHES et al., 2008). Durante a estação seca, o déficit hídrico no solo dificulta a absorção de nutrientes e, conseqüentemente a senescência e queda das folhas pela maioria das espécies (BORCHERT et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2006). O estresse hídrico acelera a taxa de degradação da clorofila e eventualmente estimula a senescência precoce das folhas (MAFAKHERI et al., 2010). A

diminuição da umidade do solo causa reduções na taxa de fotossíntese da planta na época seca (MALHI et al., 1998). O período de deficiência hídrica, ou “seca”, se caracteriza pela redução da disponibilidade hídrica no solo devido à redução nos níveis de precipitação e com isso a planta responde a essa situação apresentando adaptações fisiológicas para conservação da água (PAIVA e OLIVEIRA, 2006). Diante disso, a resposta consiste na aceleração da senescência e abscisão foliar (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Dias et al., (2002) afirmaram que os períodos de maior pluviosidade podem favorecer a absorção de alguns nutrientes tornando-os disponíveis às plantas. Essa absorção ocorre por meio das raízes devido ao fluxo de massa, diretamente relacionado com o volume de água no solo (MALAVOLTA et al., 1997). Dessa forma, os nutrientes são levados a todas as partes das plantas para realização das atividades metabólicas (FERRI, 1985).

O aumento da deposição de serapilheira no período menos chuvoso (Figura 8), também pode estar relacionado à estratégia de algumas espécies em minimizar o ataque de herbívoros (MURALI E SUKMAR 1993; KURSAR e COLEY 2003). Outra hipótese seria a obtenção máxima da eficiência fotossintética com a renovação foliar neste período (período seco) (KIM et al., 2012).

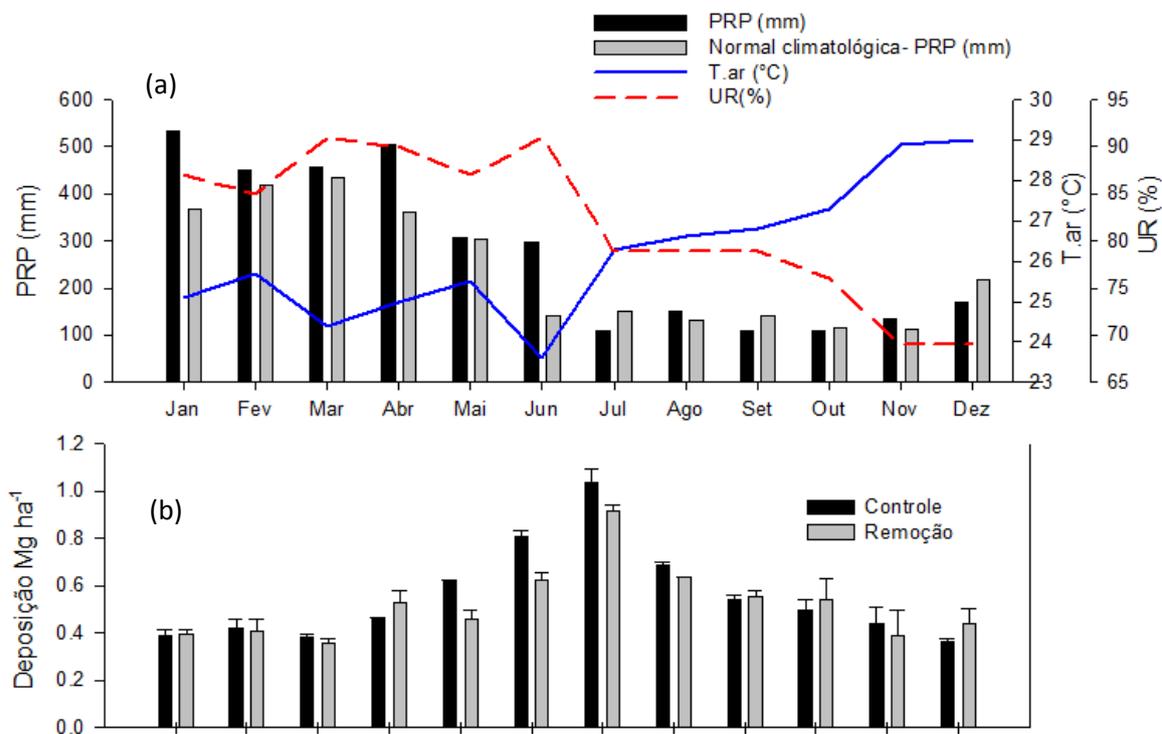


Figura 8:Efeito da manipulação de disponibilidade de serapilheira em floresta sucessional. (a) Dados climatológicos mensal de 2008. (b) Deposição mensal de serapilheira (Mg/ha);

5.2. Concentração de K na serapilheira

A concentração de K apresentou uma variação sazonal, uma vez que a concentração no tratamento controle variou entre 0,55 g.kg⁻¹ no mês de abril e 1,62 g.kg⁻¹ no mês de novembro com média mensal de 1,07 ± 0,31 g.kg⁻¹ e um total anual de 12,87 g.ka⁻¹. Enquanto que no tratamento remoção a concentração variou entre 0,57 g.kg⁻¹ (maio) e 1,31 g.kg⁻¹ (janeiro) com média mensal de 0,93 ± 0,21 g.kg⁻¹ e concentração total anual de 11,19 g.kg⁻¹. A época do ano (meses) influenciou na concentração do nutriente na serapilheira depositada, comprovada pela significância (p<0,05) do teste F aos blocos (parcelas). Não se observou diferença significativa entre os tratamentos controle e remoção quanto à concentração de K (Tabela 6).

Tabela 6: Concentração de K na serapilheira nos tratamentos Controle e Remoção no ano de 2008.

Mês	K	
	Controle	Remoção
	g/kg	
Jan	1,38 abc	1,31 a
Fev	0,92 ab	0,97 ab
Mar	1,02 abc	1,09 ab
Abr	0,55 c	0,62 ab
Mai	0,85 abc	0,57 b
Jun	0,78 bc	0,65 ab
Jul	1,24 ab	0,96 ab
Ago	1,23 ab	1,05 ab
Set	1,43 ab	0,96 ab
Out	1,31 ab	1,05 ab
Nov	1,62 a	0,99 ab
Dez	0,73 bc	0,93 ab
Média	1,01 A	0,95 A

Teste Tukey $p > 0,05$. As letras minúsculas compararam entre os meses e as letras maiúsculas em negrito compararam entre sistema de manejo, dentro de cada seção. Letras iguais significa que não houve diferença.

Os dados apontaram alta correlação negativa com a variável precipitação ($r=-0,57$) no tratamento controle, ou seja, as variáveis se relacionam de maneira inversamente proporcional, comprovando que as maiores concentrações do elemento foram encontradas nos períodos menos chuvosos (Figura 9). Isto por que o K constitui um dos elementos de maior expressão na água da chuva que atravessa o dossel e chega ao piso florestal (PEREZ-MARIN e MENEZES, 2008), além disso, devido a sua grande mobilidade, é facilmente retirado dos tecidos vegetais pois encontra-se na forma iônica,

portanto altamente suscetível ao processo de lavagem (ARCOVA; CICCO, 1987; VITAL et al., 2004). O elemento potássio apresenta como principal fonte de entrada, a precipitação e lavagem do material acumulado sobre os troncos, galhos e folhas das árvores (VITOUSEK et al., 1986; AROCENA, 2000). Outra hipótese é que ocorre o processo de redistribuição interna a partir da senescência das folhas, quando a estrutura celular se desintegra e os elementos móveis são transportados para tecidos mais novos. Switzer e Nelson (1972) verificaram que 22% da necessidade de potássio poderia ser suprida pelo ciclo bioquímico. Portanto, o potássio diminuiu no período úmido em função da lixiviação e aumentou no período seco pela sua participação nos processos de osmorregulação que fornecem meios de tolerância ao estresse hídrico (Malavolta 2006).

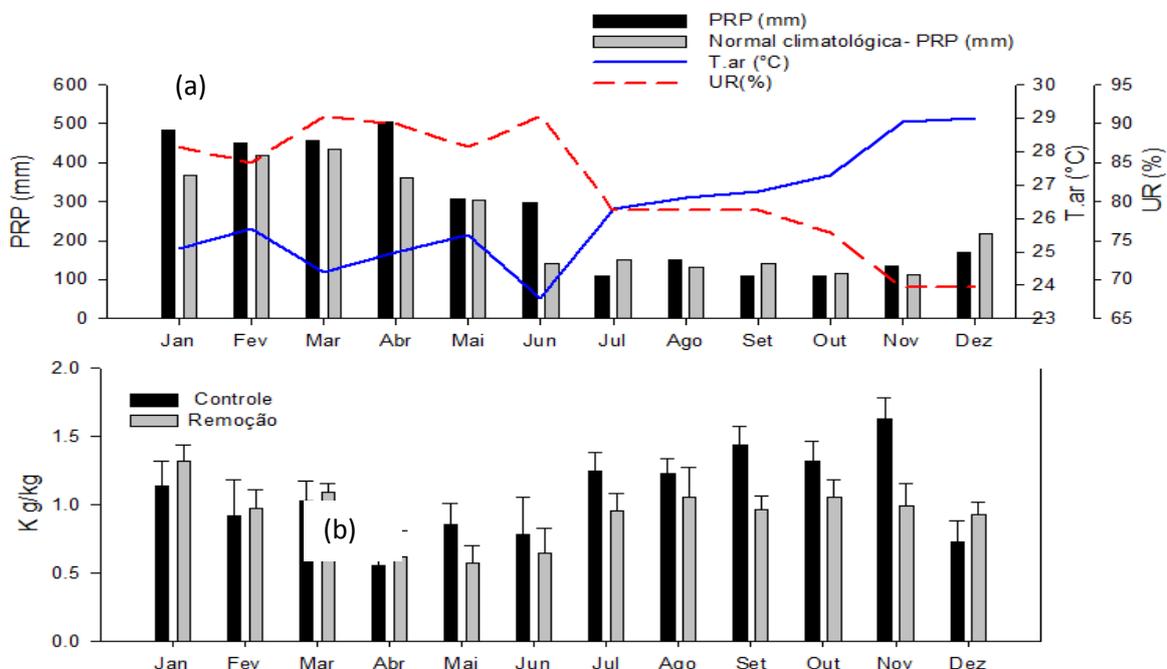


Figura 9: Efeito da manipulação de disponibilidade de serapilheira em floresta sucessional. (a) Dados climatológicos mensal de 2008. (b) Concentração de K (g/kg). Dados são médias \pm desvio padrão.

Bambi et al., (2011) concluíram que a concentração de nutrientes nas folhas fotossinteticamente ativas são geralmente maiores que nas folhas senescentes, mostrando haver transferência parcial de nutrientes antes do processo de senescência e abscisão foliar. Sayer et al., (2010) estudaram o fluxo de nutrientes na floresta sujeita a manipulação de recursos. No estudo, as parcelas também foram submetidas à remoção da camada de serapilheira, e o resultados apontaram para o K uma diminuição da concentração deste nutriente no solo e na serapilheira ao longo dos cinco anos de

observação. No entanto, a concentração de K foliar permaneceu constante, sugerindo que esse resultado se deve a retranslocação do nutriente na planta.

Para Cole e Rapp (1980) a precipitação interna constitui a principal via de transferência para os elementos potássio, enquanto que a serapilheira devolve ao solo o carbono, nitrogênio, fósforo e cálcio. Por isso, a quantificação desses processos de entrada de nutrientes pela água da chuva e sua lixiviação pela copa das árvores, representam um importante aspecto da ciclagem de nutrientes em um ecossistema florestal (LIMA, 1985). O meio ambiente e o genótipo influenciam a absorção de potássio, isto é, vários fatores internos e externos podem fazer com que as folhas absorvem quantidades maiores e menores de potássio. Os fatores internos são: concentração de nutrientes, carboidratos, crescimento e morfologia da raiz, capacidade de absorção de água. Os fatores externos: concentração de K, Ca, Mg e Na na solução, tensão de O₂, temperatura e umidade (MALAVOLTA, 2005). O estudo de Neu (2005) afirma que a dinâmica dos nutrientes está relacionada, além da cobertura florestal, a fatores bióticos como os organismos no solo, e fatores abióticos como as características físicas do solo e a sazonalidade pluviométrica.

Uma justificativa para a baixa concentração de K no tratamento remoção, quando comparados com trabalhos da literatura (Tabela 7), seria que o aumento da exposição do solo à entrada de água da chuva e luz favorece o transporte dos nutrientes móveis para as camadas mais profundas do solo e, juntamente com a baixa CTC do solo, pelo processo de lixiviação, diminui o contato da água com as raízes finas superficiais (FREITAS et al., 2008). Solos de baixa CTC refletem uma baixa capacidade de retenção e troca de cátions, e no solo deste estudo, a explicação pode estar no fato existência de argilas de baixa atividade, e com alto potencial de perdas de nutrientes via lixiviação.

Tabela 7: Concentração média mensal (g/kg) de Potássio em ecossistemas florestais.

Referência	Ecossistema	Localidade	K (g/kg)
Este estudo (Controle)	Floresta Secundária	Pará	0,31
Este estudo(Remoção)	Floresta Secundária	Pará	0,22
Fernandes, 2005	Floresta Primária	Mato Grosso	0,97
Godinho, 2014	Floresta Secundária	Espírito santo	1,96
Silva, 2014	Floresta Primária	Pará	1,84
Neves et al., 2001	Floresta Secundária	Amazonas	0,62

5.3. Concentração de P na serapilheira

No tratamento controle a concentração de P na serapilheira variou de 0,17 g.kg⁻¹ (Julho) a 0,92 g.kg⁻¹ (Fevereiro), com valor médio mensal de $0,49 \pm 0,24$ g.kg⁻¹ e concentração total de 5,89 g ha⁻¹. O tratamento remoção apresentou concentração média mensal de $0,39 \pm 0,17$ g.kg⁻¹ com variação de 0,16 g.kg⁻¹ (Julho) e 0,66 g.kg⁻¹ (Janeiro), tais valores encontram-se abaixo dos valores de referência encontrados na literatura (Tabela 9). A concentração de P não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos estudados (Tabela 8). No entanto, houve diferença significativa entre os meses de coleta. A concentração de P foi menor na estação seca do que na estação chuvosa ($0,31 \pm 0,12$ g/kg e $0,66 \pm 0,19$ g/kg respectivamente). Quando correlacionada a concentração de P com a precipitação, obteve-se valores positivos de alta correlação para o tratamento controle e baixa correlação para o tratamento remoção de serapilheira ($r=0,69$ e $r=0,36$, respectivamente).

Tabela 8: Concentração de P na serapilheira nos tratamentos Controle e Remoção no ano de 2008.

Mês	P	
	Controle	Remoção
	g/kg	
Jan	0,86 ab	0,66 a
Fev	0,92 ab	0,52 a
Mar	0,64 abc	0,57 a
Abr	0,45 bc	0,24 a
Mai	0,46 bc	0,31 a
Jun	0,30 bc	0,23 a
Jul	0,17 c	0,16 a
Ago	0,27 bc	0,28 a
Set	0,30 bc	0,27 a
Out	0,29 ab	0,31 ab
Nov	0,55 a	0,63 ab
Dez	0,66 bc	0,52 ab
Média	0,31 A	0,22 A

Teste Tukey $p > 0,05$. As letras minúsculas compararam entre os meses e as letras maiúsculas em negrito compararam entre sistema de manejo, dentro de cada seção. Letras iguais significa que não houve diferença.

Tabela 9: Concentração média mensal (g/kg) de Fósforo em ecossistemas florestais.

Referência	Ecossistema	Localidade	P (g/kg)
Este estudo (Controle)	Floresta Secundária	Pará	0,31
Este estudo (Remoção)	Floresta Secundária	Pará	0,22
Fernandes, 2005	Floresta Primária	Mato Grosso	0,97
Godinho, 2014	Floresta Secundária	Espírito santo	1,96
Silva, 2014	Floresta Primária	Pará	1,84
Neves et al., 2001	Floresta Secundária	Amazonas	0,62

A ausência de interação significativa da concentração de P nas parcelas de remoção está de acordo com o estudo de Vasconcelos et al., (2008), na mesma área, quando avaliado os períodos de 2000 a 2005. Isto sugere que a serapilheira pouco influenciou no suprimento de P do solo, e essa disponibilidade no solo depende quase exclusivamente do material de origem do solo (QUESADA et al., 2010). Esperava-se que, pelo tempo de implantação do experimento, houvesse uma redução significativa na disponibilidade do nutriente, causando um déficit nutricional para a vegetação. A baixa disponibilidade de P é comum em solos amazônicos e pode limitar o desenvolvimento da vegetação secundária que, por sua vez desenvolvem estratégias para absorção máxima de nutrientes com o uso de associações com fungos micorrízicos (DAVIDSON et al., 2004). Durante cinco anos consecutivos de remoção de serapilheira, Vasconcelos et al., (2008) observaram que não houve redução do teor de P no solo, sugerindo que a absorção desse nutriente era mantida por meio de associações micorrízicas. Resultados obtidos por Sayer et al., (2010) em estudo de remoção de serapilheira, também indicou que para cinco anos de estudo não houve diferença na ciclagem do P. Apesar disso, observou-se que nos primeiros 3 anos de estudo cerca de 23% do P orgânico do solo, na faixa de 0-2 cm de profundidade, havia diminuído. Maia et al., (2015) não puderam testar a hipótese de aumento da colonização micorrízica em função do estresse nutricional nas parcelas de remoção de serapilheira, pois a concentração de fósforo do solo não diminuiu com esse tratamento.

Outra explicação que pode ser dada, especialmente no caso do P, é a sua alta atividade metabólica que o conduz a uma elevada redistribuição interna, reduzindo assim seu retorno via serapilheira quando comparado a outros nutrientes (NEVES et al., 2001; DAVIDSON e MARTINELLI, 2009). Moraes e Domingos (1997) relatam a estratégia de economia de nutrientes em comunidades florestais oligotróficas, onde os nutrientes são reaproveitados ao participarem da ciclagem interna do ecossistema.

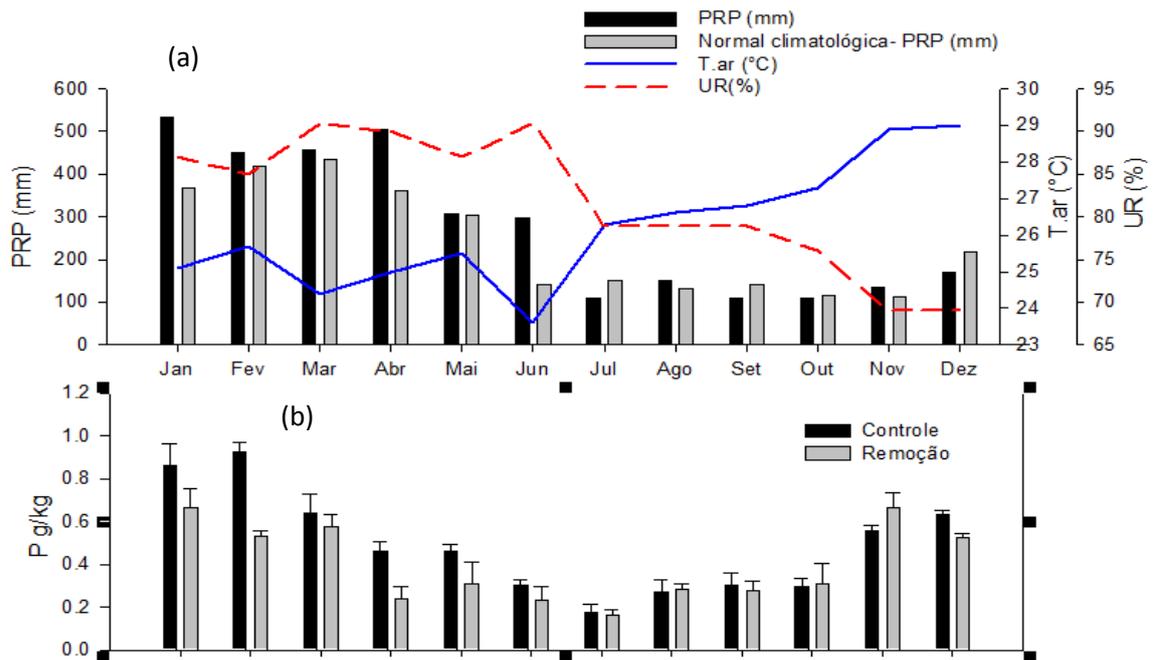


Figura 10: Efeito da manipulação de disponibilidade de serapilheira em floresta sucessional. (a) Dados climatológicos mensal de 2008. (b) Concentração de P(g/kg). Dados são médias \pm desvio padrão.

6. CONCLUSÃO

- A concentração média encontrada para os nutrientes P e K foi de 0,49 g/kg e 1,07 g/kg no tratamento controle, enquanto que para a remoção foi de 0,39 g/kg e 0,93 g/kg. A produção no ano de 2008 foi de 6,65 Mg/ha.ano⁻¹ (controle) e 6,4 Mg/ha.ano⁻¹ (remoção).
- A remoção de serapilheira não causou impactos na disponibilidade de P e K, quando comparado com as parcelas controle, no ano de 2008.
- A produção de serapilheira apresentou tendência de sazonalidade durante o ano, com as maiores e menores produções ocorrendo nos meses característicos do período menos chuvoso (julho) e chuvoso da região (março), respectivamente.

7. REFERÊNCIAS

ABURJAILE, S. B.; SILVA, M. P.; BATISTA, El. A. F. S.; BARBOSA, L. P. J. L.; BARBOSA, F. H. F. Pesquisa e caracterização da diversidade microbológica do solo, na região de São José do Buriti – MG, em decorrência da substituição de cobertura florestal nativa (cerrado) por plantações de eucalipto. **Ciência Equatorial**, nº 2, 2011.

ADUAN, R. E.; VILELA, M.F.; REIS JÚNIOR, F. B. Os grandes ciclos biogeoquímicos do planeta. **Documento/ Embrapa Cerrados**. 1º edição. Planaltina, DF. 25p. 2004.

AIDAR, P.M.M.; JOLY, C.A. Dinâmica da produção e decomposição da serapilheira do Araribá (*Centrolobium tomentosum* Guill. ex Benth. – Fabaceae) em uma mata ciliar, Rio Jacaré-Pepira, São Paulo. **Revista Brasil. Bot.**, V.26, n.2, p.193-202, jun. 2003.

ALCARDE, J. C.; GUIDOLIN, J. A.; LOPES, A. S. **Os adubos e a eficiência das adubações**. 3ª ed. São Paulo. ANDA. 1998. (Boletim Técnico, 3).

ALLISON M. e AUSDEN M. Effects of removing the litter and humic layers on heathland establishment following plantation removal. **Biological Conservation**, 127, 177-182. 2006.

ALMEIDA, E.A. **Nitrogênio e Fósforo no solo de uma floresta em transição Amazônia Cerrado**. Cuiabá. Universidade Federal do Mato Grosso. Dissertação (Mestrado). Cuiabá., 78f. 2005.

ALVARES, C A.; STAPE, L. J.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L M., SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Vol. 22, No. 6, 711–728, DOI 10.1127/0941-2948/2013/0507. Gebruder Borntraeger 2013.

ANDRADE, A.G.; TAVARES, S.R.L.; COUTINHO, H.L.C. **Contribuição da serapilheira para recuperação de áreas degradadas e para manutenção da sustentabilidade de sistemas agroecológicos**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.24, n.220,p. 55-63,2003.

ANDRADE, J.A.V.; ABREU, F.M.G.; MADEIRA, M.A.V. Influence of Litter Layer removal on the soil thermal regime of a Pine Forest in a Mediterranean Climate. **R. Bras. Ci. Solo**, 34:1481-1490, 2010.

ANGHINONI, I.; ASSMANN, J. M; MARTINS, A. P.; COSTA, S. E.; CARVALHO, P. C. F. CICLAGEM DE NUTRIENTES EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA. **Synergismus scyentifica** UTFPR , Pato Branco , 06 (2). 2011. III Encontro de Integração Lavoura - Pecuária no Sul do Brasil.

ANTONELI, V.; FRANCISQUINI, V. Influência de alguns elementos climáticos na produção de serapilheira em um reflorestamento de *pinus* na Flona (Floresta

Nacional) de Irati- PR. **Caderno de Geografia**, DOI 10.5752/p.2318-2962. v25n.44p.16. 2015.

ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. Produção de serapilheira em um fragmento de floresta ombrófila mista com sistema de faxinal. **Soc. e Nat.**, Uberlândia, ano 24 n. 3, 489-504, set/dez. 2012.

APONTE, C.; GARCÍA, L. V; MARAÑÓN, T. Tree species effects on nutrient cycling and soil biota: a feedback mechanism favouring species coexistence. **Forest Ecology and Management**. **309**: 36–46. 2013.

APRILE, F.M; SIQUEIRA, G. W. **Modelo de Concentração de Fósforo Total para o Sistema Hidrogeológico da Bacia do Lago Tupé, Amazônia Central**. Biotupé: Meio Físico, Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central. volume 2 UEA Edições, Manaus, 2009.

AQUINO, P. S. R. (2013). **Análise espacial da produtividade e acúmulo de serapilheira em mata de galeria**. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília, DF, 76p. 2013.

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. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.5, p.715-721, 2003.

ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V. Fluxo de nutrientes através da precipitação interna e escoamento pelo tronco em floresta natural secundária no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Cunha, SP. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, São Paulo, v.41, n.1, p.37-58, 1987.

AROCENA, J.M. Cation in solution from forest soils subjected to forest floor removal and compaction treatments. **Forest Ecology and Management**, v.133, n.1/2, p.71-80. 2000.

BALIEIRO, F.C. et al. Evaluation of the throughfall and stemflow nutrient contents in mixed and pure plantations of *Acacia mangium*, *Pseudosamanea guachapele* and *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 339- 346, 2007.

BAMBI, P.; LOBO, F.A.; SALMOLIN, A.C.; DIAS, C.A.A. Deposição e redistribuição de nutrientes das folhas de espécies de transição Amazônia- Cerrado, MT. **Ciência e Natura**, UFSM, 33(1): 17 - 31, 2011.

BARBOSA, J.H.C.; FARIA, S.M. Aporte de serapilheira aos solos em estágios sucessionais florestais na reserva biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguesia**, pg. 461-476, 2006.

BARLOW, J., GARDNER, T. A., FERREIRA, L. V., AND PERES, C. A.: Litter fall and decomposition in primary, secondary and plantation forests in the Brazilian Amazon, **Forest Ecol. Manag.**, 247, 91– 97, doi:10.1016/j.foreco.2007.04.017, 2007.

BARRIOS, E., COBO, J.G., RAO, I.M., THOMAS, R.J., AMEZQUITA, E., JIMENEZ, J.J., RONDON, M.A. Fallow management for soil fertility recovery in tropical Andean agroecosystems in Colombia. **Agriculture Ecosystems & Environment** 110, 29-42.2005.

BERTOL, L.; LEITE, D.; ZOLDAN, JR.W.A. Decomposição dos resíduos de milho e variáveis relacionadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.2, p.369-375, 2004.

BORCHERT, R. Phenology and flowering periodicity of neotropical dry forest species: evidence from herbarium collections. **Journal of Tropical Ecology** 12: 65-80. 1996.

BORMANN, F.H.; LIKENS, G.E. Pattern and Process in a Forested Ecosystem. **New York: Springer Verlag**, 1994.

BRAY, J. R.; GORHAM, E. Litter production in forests of the world. **Advances in Ecological Research**, London, v. 2, p. 101-157, 1964.

BREYMEYER, A.; DEGORSKI, M.; REED, D.; Decomposition of pine-litter organic matter and chemical properties of upper soil layers: transect studies. **Environmental Pollution**, Barking, v.98, p.361-367, 1997.

BROWN, S.; LUGO, A. E. Tropical secondary forests. **Journal of Tropical Ecology**, v. 6, n. 1, p. 1-32, 1990.

CABIANCHI, G.M. **Ciclagem de nutrientes via serapilheira em fragmento ciliar do rio Urupá, Rondônia**. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo. 101f. 2010.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Quantificação de serapilheira e de nutrientes – Floresta Ombrófila Mista Montana – Paraná. **Rev. Acad.**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 101-116, 2007.

CALDEIRA, M.V.W. et al. Biomassa e nutrientes da serapilheira em diferentes coberturas florestais. **Comunicata Scientiae** 4(2): 111-119, 2013.

CALDEIRA, M.V.W.; SOARES, R.V.; MARQUES,R.; WISNIEWSKI,C. Biomassa e nutrientes em *Myrsine ferruginea* (Ruiz e Pav.) Mez e *Myrsine umbellata* Mart. **Revista Floresta** 33(3) 265-273. 2003.

CARNEIRO, R. G.; MOURA, M. A. L.; SILVA, V. P. R.; JUNIOR, R. S. S.; ANDRADE , A. M. D.; SANTOS, A. B. Variabilidade da temperatura do solo em função da serapilheira em fragmento remanescente de Mata Atlântica. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.18, n.1, p.99-108, 2014.

CARNEIRO, R.G.; MOURA, M.A.L.; SILVA, V. DE. P.R. DA.; SILVA JUNIOR, R. S.; ANDRADE, M.D.; SANTOS, A. B. DOS. Variabilidade da temperatura do solo em função da liteira em fragmento remanescente de mata atlântica. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1317-1327, Sept./Oct. 2013.

CARNOL, M.; BAZGIR, M. Nutrient return to the forest floor through litter and throughfall under 7 forest species after conversion from Norway spruce. **Forest Ecology and Management**. 309. 66-75. 2013.

CIANCIARUSO, M. V.; PIRES, J. S. R.; DELITTI, W. B. C.; SILVA, E. F. L. P. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasilica** 20: 49-59.2006.

COBB, W.R. et al. Aboveground biomass and nitrogen in four short-rotation woody crop species growing with different water and nutrient availabilities. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.255, n.12, p.4032-4039, 2008.

COLE, P.W.; RAPP, M. Elemental cycling forest ecosystems. In: Reichle D.E. (Ed.) **Dynamic properties of forest ecosystems**. Cambridge, England: Cambridge University Press, p. 341-409. 1980.

COLEMAN, D.C.; CROSSLEY JUNIOR, D.A.; HENDRIX, P.F. Fundamentals of soil ecology. 2nd ed. San Diego: **Elsevier Academic** Press. p. 384.2004.

CONCEIÇÃO, A. C.; MONTEIRO, M. T. F.; LUIZÃO, F. J. Influência sazonal da dinâmica do carbono e nutrientes transportados para um igarapé de drenagem na Amazônia Central. **Anais** do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 23 a 28 de Setembro de 2007, Caxambu – MG.

CONCEIÇÃO, A. C.; MONTEIRO, M.T.F.; COUTO-SANTOS, F.R.; LUIZÃO, F.J. Contribuição da serapilheira fina para o concentração de carbono e nutrientes em uma bacia hidrográfica na Amazônia Central. **Anais** do IX Congresso de Ecologia do Brasil, 13 a 17 de Setembro de 2009, São Lourenço – MG.

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**, Santa Maria, v. 23, n. 3, p. 379-387, jul.-set., 2013.

CUNHA, G. C; GRENDENE, L. A; DURLO, M. A; BRESSAN, D. A. Dinâmica Nutricional em Floresta Estacional Decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serapilheira. **Ci. Flor.**, Santa Maria, v.3, n.1, p. 35-64, 1993.

CURI, N.; KAMPF, N.; MARQUES, J.J. Mineralogia e formas de potássio em solos brasileiros. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T.L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa e do Fosfato; Instituto internacional da Potassa, 2005. p. 71-86.

DANTAS, M.; PHILLIPSON, J. Litterfall and nutrient content in primary and secondary Amazonian "Terra Firme" rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, Vol. 5, p. 27-36. 1989.

DAVIDSON, E.A.; CARVALHO, C.J.R.; VIEIRA, I.C.G.; FIGUEIREDO, R.O.; MOUTINHO, P.; ISHIDA, F.Y.; et al. 2004. Nitrogen and phosphorus limitation of biomass growth in a tropical secondary forest. **Ecological Applications**, 14: 150-163.

DAVIDSON, E.A.; MARTINELLI, L.A. Limitação de nutrientes para a regeneração de floresta secundária. **Amazonia and Global Change Geophysical Monograph**. Series 186 by the American Geophysical Union. 10.1029/2008GM000732.2009.

DIAS, H. C. T. et al. Variação temporal de nutrientes na serapilheira de um fragmento de floresta estacional semidecidual em Lavras, Minas Gerais - Brasil. **Revista Cerne**, v.8, n.2, p. 1-16, 2002.

DIAS, H.C.T.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. Variação temporal e espacial da produção de serapilheira em uma área de floresta estacional semidecídua montana em Lavras-MG. **Revista Árvore** 21: 11-26. 1997.

DICKOW, K. M. C. **Ciclagem de fitomassa e nutrientes em sucessão secundária na floresta atlântica, Antonina, PR**. Tese (Doutorado). Curitiba. 2010.

DINIZ, A.R.; et al. Precipitação e aporte de nutrientes em diferentes estádios sucessionais de Floresta Atlântica, Pinheiral – RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, V. 23, N. 3, P. 389-399, Jul.-Set., 2013.

DZWONKO, Z. E GAWRONSKI, S. Effect of litter removal on species richness and acidification of a mixed oak-pine woodland. **Biological Conservation** 106: 389-398. 2002.

EMBRAPA, **Solos e Avaliação da aptidão agrícola das terras do município de Castanhal, Estado do Pará**. Documentos n° 119. ISSN 1517- 2201.2001.

EPSTEIN, E. **Nutrição Mineral de Plantas; princípios e perspectivas**: São Paulo: EDUSP, 1975. 341p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas : princípios e perspectivas**. Editora Planta. Londrina. 2006.

ESPIG, S. A.; FREIRE, F. J.; MARANGON, L.C.; FERREIRA, R. L. C.; FREIRE, M. B. G. S.; ESPIG, D. B. Sazonalidade, composição e aporte de nutrientes da serapilheira em fragmento de mata atlântica. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.5, p.949-956, 2009.

FACELLI, J. M.; PICKETT, S. T. A. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. **The Botanical Review**, New York, v. 57, p. 1-32, 1991.

FALCÃO, N, P. de S; SILVA, J. R. A. da. Características de adsorção de fósforo em alguns solos da Amazônia Central. **Acta Amazonica**. VOL. 34(3); 337 – 342. 2004.

FERNANDES, M.M; PEREIRA, M. G.; MAGALHÃES, L. M. S.; CRUZ, A. R.; GIÁCOMO, R. G. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de floresta

secundária, plantio de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) e andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) na flona Mário Xavier, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 163-175.2006.

FERREIRA, A. M. S. D. **Concentração de cátions em ecossistema sucessional de floresta na Região do Médio Apeú, Nordeste do Pará, Amazônia Oriental**. Dissertação (Mestrado). 2010. Universidade Federal Rural da Amazônia, 2010.

FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal 1**. 2.ed. São Paulo: EPU, 1985. 362p.

FILHO, A. F.; MORAES, G. F.; SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO, D. J. Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma floresta ombrófila mista localizada no sul do estado do Paraná. **Ciência Florestal**, Santa Maria, 2003. v. 13, n. 1, p. 11-18.

FREITAS, A. V. **Efeito da remoção de serapilheira na concentração de C, N e na razão C/N no solo e em folhas de espécies nativas de Mata Atlântica em plantios de eucalipto abandonados na Reserva Biológica União, RJ**. Monografia (Centro de Biotecnologia e Biotecnologia), Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF, 33p. 2008.

FREITAS, R.A. **Estudo da biomassa e do conteúdo de nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden plantado em solo sujeito a arenização no município de Alegrete - RS**. Santa Maria, 2000. 60f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria.

FREITAS, T.A.S.; BARROSO, D.G.; CARNEIRO, J.G. de A. Dinâmica de raízes de espécies arbóreas: visão da literatura. **Ciência Florestal**, v.18, n.1, p.133-142, 2008.

FYLLAS, N. M.; PATIÑO, S.; BAKER, T. R.; NARDOTO, G. B.; MARTINELLI, L. A.; QUESADA, C. A.; PAIVA, R.; SCHWARZ, M.; HORNA, V.; MERCADO, L. M.; SANTOS, A.; ARROYO, L.; JIMÉNEZ, E. M.; LUIZÃO, F. J.; NEILL, D. A.; SILVA, N.; PRIETO, A.; RUDAS, A.; SILVEIRA, M.; VIEIRA, I.C. G.; LOPEZ-GONZALEZ, G.; MALHI, Y.; PHILLIPS, O. L.; LLOYD, J. Basin-wide variations in foliar properties of Amazonian forest: phylogeny, soils and climate. **Biogeosciences** 6(11): 2677-2708. 2009.

GODINHO, T.O.; CALDEIRA, M.V.W.; ROCHA, J.H.T.; CALIMAN, J.P.; TRAZZI, P.A. Quantificação de biomassa e nutrientes na serapilheira acumulada em trecho de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. **CERNE** vol.20 no.1 Lavras Jan./Mar. 2014.

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

GOLLEY, F.B.; MCGINNIS, J.T.; CLEMENTS, R.G.; CHILD, G.I.; DUEVER, M.J. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. São Paulo: Pedagógica e Universitária, 1978. 256 p.

GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, H., et al., Litterfall deposition and leaf litter nutrient return in different locations at Northeastern Mexico. **Plant Ecology**, vol. 212, no. 10, p. 1747-1757. 2011.

GOSZ, J.R.; LIKENS, G.E. BORMANN, F. H. Organic matter and nutrient dynamics of the forest and forest floor in the Hubbard Brook forest. **Oecologia** **22**: 203-320. 1976.

HAAG, H. P. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Campinas, SP. Brasil, 1985. 114p.

HANSON PJ, EDWARDS NT, GARDEN CT, ANDREWS JA. Separating root and soil microbial contributions to soil respiration: A review of methods and observations. **Biogeochemistry** 2000; 48: 115-146.

HAYASHI, S. N.; VIEIRA, I. C. G.; CARVALHO, C. J. R.; DAVIDSON, E. Linking nitrogen and phosphorus dynamics in litter production and decomposition during secondary forest succession in the eastern amazon. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.**, Belém, v. 7, n. 3, p. 283-295, set.-dez. 2012.

HUANG, W.; SPONH. M. Effects of long-term litter manipulation on soil carbon, nitrogen, and phosphorus in a temperate deciduous forest. **Soil Biology e Biochemistry**. 83; 12 e 18. 2015.

HULLER, A; COELHO, G. C; LUCCHESI, O. A; SCHIRMER, J. Um estudo comparativo entre quatro espécies arbóreas utilizadas na restauração da cobertura florestal ripária do Rio Uruguai. **Rev. Árvore**. 2009, vol.33, n.2, pp. 297-304.

JANDL, R.; SOLLINS, P. Water-extractable soil carbon in relation to the belowground carbon cycle. **Biology and Fertility of Soils**, v. 25, p. 196-201, 1997.

JORDAN, H.; HERRERA, R. Tropical rain forests: are nutrients really critical? **American Naturalist**, Chicago, v. 117, n. 2, p. 167-180, 1981.

JUO, A. S. R.; MANU, A. Chemical dynamics in slash-and-burn agriculture. **Agriculture, Ecosystems e Environment**, v. 58, p. 49-60, 1996.

KATO, MS.A.; KATO,O.R.; DENICH, M.; VLECK, P.L.G. Fire-free alternatives to slash-and-burn for shifting cultivation in the eastern Amazon region: the role of fertilizers. **Field Crops Research**. University of Göttingen, Göttingen, Germany. 1999. 225-237p.

KIM, Y.; KNOX, R.G.; LONGO, M.; MEDVIGY, D.; HUTYRAK, L.R.; PYLE, E.H.; et al. Seasonal carbon dynamics and water fluxes in an Amazon rainforest. **Global Change Biology**,18: 1-11. 2012.

KONIG, F. G.; SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; SELING, I. Avaliação da sazonalidade da produção de serapilheira numa floresta estacional decidual no município de Santa Maria- RS. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.26, n.4, p.429-435, 2002.

KUMADA, S.; KAWANISHI, T.; HAYASHI, Y.; OGOMORI, K.; KOBAYASHI, Y.; TAKAHASHI, N.; SAITO, M.; HAMANO, H.; KOJIMA, T.; YAMADA, K. Litter carbon dynamics analysis in forests in arid ecosystem with a model incorporating the physical removal of litter. **Ecological Modelling** 215. 190–199.2008.

KURSAR, T.A.; COLEY, P.D. Convergence in defense syndromes of young leaves in tropical rainforests. **Biochemical Systematics and Ecology**, 31: 929-949.2003.

LI, Y.; XU, M.; ZOU, X.; XIA, Y. Soil CO₂ efflux and fungal and bacterial biomass in a secondary Forest in wet tropics in Puerto Rico, **Plant na Soil**, v. 268, p. 151-160, 2005.

LIMA, C. A. T. DE. **Regeneração natural de uma floresta secundária sob manipulação de água e nutriente no município de castanhal, Pará**. Belém. 2003, 61f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural da Amazônia, 2003.

LIMA, N.L.; SILVA-NETO, C. DE. M., CALIL, F. N.; SOUZA, K.R.DE.; MORAES, D.C.DE. Acúmulo de serapilheira em quatro tipos de vegetação no Estado de Goiás. **Enciclopédia biosfera**. Centro Científico Conhecer- Goiânia, v. 11 n. 22; p. 39. 2015.

LIMA, W.P. Ação das chuvas no ciclo biogeoquímico de nutrientes em plantações de pinheiros tropicais e em cerrado. **IPEF**, n.30, p.13-17, ago.1985.

LINDHOLM, T. E NUMMELIN, M. Changes in the community structure of forest floor vegetation after repeated litter disturbance by raking. **Silva Fennica** 17(4): 289-300. 1983.

LONGHI, R. V; LONGHI, S. J; CHAMI, L. B; WATZLAWICK, L. F; EBLING, A. A. produção de serapilheira e retorno de macronutrientes em três grupos florísticos de uma floresta ombrófila mista, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 699-710, out.-dez., 2011.

LOPEZ-ZAMORA, I.; DURYEY, M. L.; WILD, C. C.; COMERFORD, M. B.; NEARY, D. G. Effect of pine needle removal and fertilization on tree growth and soil P availability in a *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* stand. **Forest Ecology and Management** 148: 125- 134.2001.

LOURENTE, E.R.P.; MERCANTE, F.M.; ALOVISI, A.M.T.; GOMES, C.F.; GASPARINI, A.S.; NUNES, C.M. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 1, p. 20-28, 2011.

LUCAS, Y; LUIZÃO, F.J.; CHAUVEL, A.; ROUILLER, J.; NAHON, D. 1993. The relation between biological activity of the rain forest and the mineral composition of soils. **Science**, 260: 521-523

LUIZÃO, F. J. Litter production and mineral element input to the forest floor in a Central Amazonian forest. **GeoJournal**, v.19, p.407–417. 1989.

LUIZÃO, F. J.; SCHUBART, H. O. R. Litter production and decomposition in a terra-firme forest of Central Amazonia. **Experientia**, v.43; p.259–265. 1987.

LUIZÃO, F. J. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. **Cienc. Cult.** vol.59 no.3 São Paulo July/Sept. 2007.

MAFAKHERI, A.; SIOSEMARDEH, A.; BAHRAMNEJAD, B.; STRUIK, P.; SOHRABI, Y. Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. **Australian Journal of Crop Science**, 4:580-585. 2010.

MAIA, R. S. **Colonização micorrízica arbuscular em floresta secundária na Amazônia sob remoção de serapilheira e irrigação do solo.** Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Pará. Pará. 77p. 2015.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E. Potássio- Absorção, transporte e redistribuição na planta. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T.L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira.** Piracicaba: Instituto da Potassa e do Fosfato; Instituto Internacional da Potassa, 2005. P. 179-230.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** Piracicaba: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações.** 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MALHI, Y.; NOBRE, A. D.; GRACE, J.; KRUIJT, B.; PEREIRA, M.G.; CULF, A.; SCOTT, S. Carbon dioxide transfer over a Central Amazonian rain forest. **Journal of Geophysical Research**, 1998. 103:31593-31612.

MALHI, Y.; ROBERTS, J. T.; BETTS, R. A.; KILLEEN, T. J.; LI, W.; NOBRE, C. A. Climate change, Deforestation, and the Fate of the Amazon. **Science**, v. 319, p. 169-172, 2008.

MARAFIGA, J.S.; VIERA, M.; SZYMCZAK, D.A.; SCHUMACHER, M.V.; TRUBY, P. Deposição de nutrientes pela serapilheira em um fragmento de floresta estacional decidual no Rio Grande do Sul. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n.6, p. 765-771, nov/dez, 2012.

MARIANO, K.R.S; AMORIM, S.M.C; MARIANO JÚNIOR, C.A.S.; SILVA, K.K.A. Aporte de nutrientes ao solo via produção de serapilheira pela espécie *Cocoloba rósea* Mein. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 381-383, jul. 2007.

MARTINS, S.C.S.; PINEIRO, M. S.; OLIVEIRA, A. V. de.; FIALHO, J.S. MARTINS, C.M. Efeito do pousio na recuperação de um solo sob Caatinga no semiárido brasileiro. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.19; p. 2014.

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

MEGURO, M. et al. Ciclagem de nutrientes minerais na Mata Mesófila secundária-São Paulo. II- O papel da precipitação na importação e transferência de potássio e fósforo. **Bol. Botânica**, Universidade de São Paulo. 61-67, 1979.

MESQUITA; DELAMÔNICA; LAURANCE, R.; DELAMÔNICA, P.; LAURENCE, W. F. Effects of surrounding vegetation on edge-related tree mortality in Amazonian Forest fragments. **Biological Conservation**, v.91, p.129-134, 1999.

MONCHIUTTI, S; QUEIROZ, J.A. L; JUNIOR, N.J.M. Produção de serapilheira e retorno de nutrientes de um povoamento de Taxi-branco e de uma floresta secundária no Amapá. **Bol. Pesq. Fl.**, Colombo, n. 52, p. 3-20 jan./jun. 2006.

MONTEIRO, M.T.; GAMA-RODRIGUES, E. F. Carbono, nitrogênio e atividade da biomassa microbiana em diferentes estruturas de serapilheira de uma floresta natural. **R. Bras. Ci. Solo**, 28:819-826, 2005.

MORAES, R.M.; DELITTI, W.B.C.; RINALDI, M.C.S.; REBELO, C.F. **Ciclagem mineral em Mata Atlântica de encosta e mata sobre restinga, Ilha do Cardoso, SP: nutrientes na serapilheira acumulada**. In Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros. Águas de Lindóia. São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo. vol. 2. p. 71-77. 1998.

MORAES, R.M.DE.; DOMINGOS, M. Elementos minerais em folhas de espécies arbóreas de Mata Atlântica e Mata de restinga, na Ilha do Cardoso, SP. **Rev. bras. Bot.** vol.20 no.2 São Paulo Dec. 1997.

MUCHHAL, U.S.; RAGHOTHAMA, K.G. Transcriptional regulation of plant phosphate transporters. **Proceedings of the National Academy of Science, Washington**, v.96, p.5868-5872, 1999.

MURALI, K.S.; SUKUMAR, R. Leaf flushing phenology and herbivory in a tropical dry deciduous forest, southern India. **Oecologia**, 94:114-119. 1993.

NARDOTO, G.B.; OMETTO, J.P.H.B.; EHLERINGER, J.R.; HIGUCHI, N.; BUSTAMANTE, M.M. da C.; MARTINELLI, L.A. Understanding the influences of spatial patterns on N availability within the Brazilian Amazon Forest. **Ecosystems**, New Yourk, v. 11, n. 8, p.1234-1246, 2008.

NEU, V. **Influência da cobertura vegetal na ciclagem de nutrientes via solução do solo na região de Manaus- AM.** Dissertação (mestrado). ESALQ- Universidade de São Paulo. Piracicaba. 110 p. 2005. São Paulo.

NEVES, E.J.; MARTINS, E.G.; REISSMAN, C.B. Deposição de serapilheira e de nutrientes de duas espécies da Amazônia. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 43, p. 47-60, 2001.

NOVAIS, F.R.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais.** Viçosa: UFV, 399 p.1999.

NOVÁK, J.; DUSEK, D.; SLODICKA, M. Quantity and quality of litterfall in Young oak stands. **Journal of Forest Science**, 60,(6): 219–225. 2014.

ODUM, E. P. **Ecologia.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

OKI, V. K. **Impactos da colheita de *Pinus taeda* sobre o balanço hídrico, a qualidade da água em microbacias.** 2002. 87f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

OLIVEIRA, M. B. L de.; SANTOS, A. J. B.; MANZI, A. O.; ALVALÁ, R. C. dos. S.; CORREIA, M. F.; MOURA, M. S. B. Trocas de energia e concentração de carbono entre a vegetação de caatinga e atmosfera no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.3b, 166-174, 2006.

OLIVEIRA, P. C; CARVALHO, C. J. R. Fósforo, nitrogênio, lignina, celulose e polifenóis em amostras de serapilheira foliar de *Neea machophylla*, *Cecropia palmata* e *Casearia aborea* no nordeste do Estado do Pará. **Revista Brasileira de Agroecologia**. 4(3):20-28.2009.

OLIVEIRA, P. C; CARVALHO, C. J. R. Reabsorção de nutrientes por espécies arbóreas acumuladoras de fósforo na Amazônia: influência na qualidade da serapilheira. **Revista Brasileira de Agroecologia**. 4(3): 11-19. 2009.

OLIVEIRA, C.V.;BARRETO, P.A.B.; GOMES, A.S.; GUIMARÃES,S.O. Efeito de borda e decomposição da serapilheira foliar de um fragmento florestal, em Vitória da Conquista – BA. **Enciclopédia Biosfera** - Goiânia, v.9, n.17; p. 2013.

OZIEGBE, M. B.; MUOGHALU, J. I.; OKE, S. O. Litterfall, precipitation and nutrient fluxes in a secondary lowland rain forest in Ile-Ife, Nigéria. **Acta Botanica Brasílica**, Vol 25, Iss 3, Pág 664-671.2011.

PAIVA, R & OLIVEIRA, L.M. **Fisiologia e Produção Vegetal.** Lavras. Ed. UFLA, 2006. 104 p.

PAULA, J. D. **Decomposição da serapilheira em igarapé sob floresta e área alterada na Amazônia Central.** Dissertação (Mestrado). INPA/UFAM, Manaus. 2007.

PEREIRA, G.H.A.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; AMORIM, T.A.; MENEZES, C.E.G. Decomposição da serapilheira, diversidade e funcionalidade de invertebrados no solo em um fragmente de floresta atlântica. **Biosci. J.**, Uberlândia, v.29, n.5, p.1317-1327, Sept./Oct. 2013.

PEREZ-MARIN, A.M.; MENEZES, R.S.C. Ciclagem de Nutrientes via precipitação pluvial total, interna e escoamento pelo tronco em sistema agroflorestal com *Gliricidia sepium*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.6, p.2573-2579, 2008.

PETERSON, F.S.; SEXTON, J.; LAJTHA, K. Scaling litter fall in complex terrain: A study from the western Cascades Range, Oregon. **Forest Ecology and Management**, 306. 118-127. 2013.

PIMENTA, J. A.; ROSSI, L. B.; TOREZAN, J. M. D.; CAVALHEIRO, A. L.; BIANCHINI, E. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de um reflorestamento e de uma floresta estacional semidecidual no sul do Brasil. **Acta bot. bras.** 25(1): 53-57. 2011.

PINTO, S.I.C.; MARTINS, S.V.; BARROS, N.F.; DIAS, H.C.T. Ciclagem de nutrientes em dois trechos de floresta estacional semidecidual na reserva florestal mata do paraíso em Viçosa, MG, Brasil. **R. Árvore**, viçosa-mg, v.33, n.4, p.653-663, 2009.

PRESCOTT, C. Do rates of litter decomposition tell us anything we really need to know? **Forest Ecology and Management**, v.220, p.66-74, 2005.

PROCTOR, J. In **Tropical rain forest ecology**, S.L. Sutton, T.C. Whitmore, A.C. Chadwick, Eds. (Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 267-273. 1983.

PROTIL, C. Z.; **Contribuição de quatro espécies arbóreas ao ciclo biogeoquímico em floresta atlântica na planície litorânea do Paraná**. Tese (Doutorado). 150 p. Curitiba, 2006.

QUESADA, C.A.; LLOYD, J.; SCHWARZ, M.; PATIÑO, S.; BAKER, T.R.; CZIMCZIK, C. Variations in chemical and physical properties of Amazon forest soils in relation to their genesis. **Biogeosciences**, 7: 1515-1541. 2010.

RAIJ, B.V. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

RAMOS, H. M. N. **Concentração de metais na liteira em um ecossistema sucessional da Amazônia Oriental**. Belém, 2011. 51 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural da Amazônia, 2011.

RANGEL-VASCONCELOS, L.G.T. **Biomassa microbiana de solo sob vegetação secundária na Amazônia oriental**. Belém, 2002, 276f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, 2002.

RAVEN, P.H. **Biologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. 830 p.

RIBEIRO, S. B. et al. Diversidade e classificação da comunidade arbórea da Floresta Ombrófila Mista da FLONA de São Francisco de Paula, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 2, p. 101- 108, 2007.

RODRIGUES, B.D.;MARTINS, S.V.;LEITE, H.G. Avaliação do potencial da transposição da serapilheira e do banco de sementes do solo para a restauração florestal em áreas degradadas. **Rev. Árvore**. vol.34 no.1 Viçosa Jan./Feb. 2010.

SANCHES, L.; VALENTINI, C. M. A.;IUDES, M. S.; NOGEUIRA, J. S. VOURLITIS, G. L.; BIUDES, M. S. Seasonal and interannual litter dynamics of a tropical semideciduous forest of the Southern Amazon basin, Brazil. **Journal of Geophysical Research**. 113: 1- 9. 2008.

SANTANA,R.C.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.;LEITE,H.C.;COMEFORD,N.B. Alocação de nutrientes em plantios do Brasil. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:2723, 2008, número especial.

SANTOS, A.R. **Produção, estoque e nutrientes da serapilheira em Floresta Ombrófila Densa do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga**. Dissertação (Mestrado). São Paulo, São Paulo. 2014. 102 p. il.

SANTOS, J.C.; SCHUMACHER, M.V.; WITSCHORECK, R.; ARAÚJO, E.F.; LOPES, V.G. Nutrientes na serapilheira acumulada em um povoamento de *Eucalyptus saligna* Smith em São Gabriel, RS. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria-RS, v.2, n.1, p.1-8, jan./abr., 2014.

SANTOS, S. L. **Influência da serapilheira na germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas na Mata de Santa Genebra**. Dissertação (Mestrado). 2000. Universidade Estadual de Campinas. 2000.

SARYILDIZ, T.; ANDERSON, J.M.; KUCUK, M. Effects of tree species and topography on soil chemistry litter quality, and decomposition in Northeast turkey. **Soil Biology and Biochemistry**, v.37, n.9, p.1695-1706, 2005.

SAYER, E. J.; TANNER, E. V. J.; LACEY, A. L. Effects of litter manipulation on earlystage decomposition and meso-arthropod abundance in a tropical moist Forest. **Forest Ecology and Management** 229: 285-293. 2006.

SAYER, E.J.; TANNER, E. V.J. Experimental investigation of the importance of litterfall in lowland semi-evergreen tropical forest nutrient cycling. **British Ecological Society**. Journal of Ecology, 98, 1052–1062. 2010.

SAYER, E.J.; TANNER, E. V.J. Experimental investigation of the importance of letterfall in lowland semi-evergreen tropical forest nutrient cycling. **British Ecological Society**. Journal of Ecology, 98, 1052–1062. 2010.

SCORIZA, R. N e PINÃ-RODRIGUES, F. C.M. Aporte de serapilheira como indicador ambiental em fragmentos de floresta estacional semidecidual em Sorocaba, SP. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.8, n.4, p.634-640, 2013.

SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 23, n. 4, p. 29-39, Oct./Dec. 2007.

SELVA, E. C.;COUTO, E. G.; JOHNSON, M.S. LEHMANN. Litterfall production and fluvial export in headwater catchments of th Southern Amazon. **Journal of Tropical Ecology** 23:329–335. 2007.

SHINZATO, E. T.; TONELLO, K.C.; GASPAROTO, E.A.G.; VALENTE, R.O.A. Escoamento pelo tronco em diferentes povoamentos florestais na Floresta Nacional de Ipanema em Iperó, Brasil. **Sci. For.**, Piracicaba, v. 39, n. 92, p. 395-402, dez. 2011.

SILVA, A.D. **Produção e concentração de nutrientes via deposição de serapilheira na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra – Pa.** Dissertação (Mestrado). UFOPA. Santarém- Pa. 90p. 2014.

SILVA, C. J; LOBO, F. A.; BLEICH, M. E.; SANCHES, L. Contribuição de folhas na formação da serrapilheira e no retorno de nutrientes em floresta de transição no norte de Mato Grosso. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 3, p. 591-600, 2009.

SILVA, C. J; SANCHES, L.; BLEICH, M. E.; LOBO, F. A; NOGUEIRA, J. S. Produção de serrapilheira no cerrado e floresta de transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. **Acta Amazônica**, v. 37, n. 4, p. 543-548, 2007.

SILVA, H.F.; BARRETO,A.B.; SOUSA,G.T.O.; AZEVEDO,G.B.;GAMA-RODRIGUES E.F.; OLIVEIRA,F.G.R. Decomposição de serapilheira foliar em três sistemas florestai no Sudoeste da Bahia. **R. bras. Bioci.**, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p. 164-172, jul./set. 2014.

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 Amazônica**, v. 39, n. 3, p. 573-582, 2009.

SILVA, V. D. **Concentração de C, N e razão C/N no solo em plantios abandonados de eucalipto (*Corymbia citriodora* (Hook.) K. D. Hill e L. A. S. Johnson) na Reserva Biológica União, RJ: efeito da serapilheira.** Monografia (Centro de Biociências e Biotecnologia), Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF, 39p.2011.

SMITH, K.; GHOLZ, H.L.; OLIVEIRA, F.A. Litterfall and nitrgen-use efficiency of plantations and prymary forst inthe eastern Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, 109:209-220.1998.

SOUZA, R. C. **Efeito da serapilheira sobre a dinâmica de nutrientes em plantios de eucalipto em regeneração natural de mata atlântica.** Tese (Doutorado) 2012. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. RJ. 214p. 2012.

SWITZER, G. L.; NELSON, L. E. Nutrient accumulation and cycling in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) Plantation Ecosystems: The first twenty years. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.**, v. 36, p.143- 147, 1972.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEIS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2ed. Porto alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

TENÓRIO, A.R. M.; GRAÇA, J. J. C.; GÓES, J. E. M; MENDES, J. G. R; GAMA, J. R. N. F.; SILVA, P. R. O.; CHAGAS, P. S. M.; SILVA, R. N. P. ; AMÉRICO, R. R. ;PEREIRA, W. L. M. **Mapeamento dos solos da Estação de Piscicultura de Castanhal**. Belém: FCAP. Serviço de documentação e informação, 1999. p.1-27. (FCAP. Informe Técnico, 25).

TOGNON, A.A.; DEMATTÊ, J. L. I.; DEMATTÊ, J. A. M. Teor e distribuição da matéria orgânica em latossolos da região da floresta amazônica e do cerrado do Brasil. **Scientia Agricola**, v. 55, n. 3, p. 173-187, 1998.

TOLEDO, L. O.; PEREIRA, M. G.; MENZES, C. E. G. Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em florestas secundárias localizadas na região de Pinheiral, RJ. **Ciência Florestal**, vl. 12, n. 2. 2002.

TUCCI, E.M. **Hidrologia ciência e aplicação**. P.A.; Ed. Da UFRGS, abr, 944p. 2009.

TURNER, J. E LAMBERT, M. J. Analysis of nutrient depletion in a radiata pine plantation. **Forest Ecology and Management** 262: 1327-1336. 2011.

UMA, M.; SARAVANAN,T.S.; RAJENDRAN,K. Growth, Litterfall na litter decomposition of *Casuarina equisetifolia* in a semiarid zone. **Journal of Tropical Forest Science** 26(1): 125–133. 2014.

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

VIDAL, M. M.; PIVELLO, V. R.; MEIRELLES, S. T.; METZGER, J. P. Produção de serapilheira em floresta Atlântica secundária numa paisagem fragmentada (Ibiúna, SP): Importância da borda e tamanho dos fragmentos. **Revista Brasileira de Botânica** 30: 521-532.2007.

VIEIRA, L. S. **Manual de ciência do solo**. Editora Agronômica Ceres. Piracicaba, SP. p. 366-384p. 1988.

VIERA, M.; SCHUMACHER,M.V.; ARAÚJO,E. F.; CORREA, R.S.;CALDEIRA, M.V.W. Deposição de Serapilheira e Nutrientes em Plantio de *Eucalyptus urophylla*

× *E. globulus* . **Floresta e Ambiente**.2014. Disponível em :>
http://www.scielo.br/pdf/floram/2014nahead/aop_floram_053913.pdf.

VILLALOBOS-VEGA, R.; GOLDSTEIN, G.; HARIDASAN, M.; FRANCO, A. C.; MIRALLES WILHELM, F.; SCHOLZ, F. G.; BUCCI, S. J. Leaf litter manipulations alter soil physicochemical properties and tree growth in a Neotropical savanna. **Plant Soil** 346: 385-397. 2011.

VITAL, A.R.T.; GUERRINI, I.A.; FRANKEN, W.K.; FONSECA, R.C.B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.6, p.793-800, 2004.

VITOUSEK, P. M. Nutrient cycling and nutrient use efficiency. **American Naturalist**, v.119, n.1, p.553-572, 1982.

VOGT, K.A.; GRIER, C.C. VOGT, D.J. Production, turnover, and nutrient dynamics of above and belowground detritus of world forest. **Advances in ecological research**. v.15, p.303-77, 1986.

WOOD, T. E.; LAWRENCE, D.; CLARK, D. A.; CHAZDON, R. L. Rain forest nutrient cycling and productivity in response to large-scale litter manipulation. **Ecology** 90(1): 109- 121. 2009.

XIONG, Y.; XIA, H.; LI, Z.; CAI, X.; FU, S. Impacts of litter and understory removal on soil properties in a subtropical *Acacia mangium* plantation in China. **Plant Soil** 304: 179-188.2008.

ZARIN, D. J.; DAVIDSON, E. A.; BRONDIZIO, E. S.; VIEIRA, I. C. G.; SÁ, T.; FELDPAUSCH, T.; SCHUUR, E. A. G.; MESQUITA, R.; MORAN, E.; DELAMONICA, P.; DUCEY, M. J.; HURTT, G. C.; SALIMON, C.; DENICH, M. Legacy of fire slows carbon accumulation in Amazonian forest regrowth. **Frontiers in Ecology and Environment**, v. 3, p. 365-369, 2005.

ANEXO I

Resumo da Análise estatística para os macronutrientes P e K e valores de Deposição de serapilheira.

Fósforo	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	P
intercept	7.091130	1	7.091130	66.43902	0.000000
Sm	0.218468	1	0.218468	2.04689	0.156843
Mês	4.873668	11	0.443061	4.15117	0.000097
sm*mes	1.029571	11	0.093597	0.87694	0.566274
Erro	7.684662	72	0.106731		

Potássio	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	P
intercept	92.65540	1	92.65540	3603.138	0.000000
Sm	0.08744	1	0.08744	3.400	0.069303
Mês	1.36932	11	0.12448	4.841	0.000015
sm*mes	0.31854	11	0.02896	1.126	0.354333
Erro	1.85149	72	0.02572		

Deposição	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	P
intercept	397.3818	1	397.3818	8389.627	0.000000
Mês	24.3583	11	2.2144	46.751	0.000000
Sm	0.1503	1	0.1503	3.174	0.079030
mes*sm	1.7408	11	0.1583	3.341	0.000931
Erro	3.4103	72	0.0474		