



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS DA AMAZÔNIA**

**PRODUÇÃO E CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES VIA
DEPOSIÇÃO DE LITEIRA NA FLORESTA NACIONAL DO
TAPAJÓS, BELTERRA – PA**

ALESSANDRA DAMASCENO DA SILVA

**Santarém, Pará
Março, 2014**

ALESSANDRA DAMASCENO DA SILVA

**PRODUÇÃO E CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES VIA
DEPOSIÇÃO DE LITEIRA NA FLORESTA NACIONAL DO
TAPAJÓS, BELTERRA – PA**

ORIENTADOR: DR. RAIMUNDO COSME DE OLIVEIRA JUNIOR
Pesquisador A da Embrapa Amazônia Oriental

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais da Amazônia, junto ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais da Amazônia.

Área de concentração: Estudos e Manejos de Ecossistemas Amazônicos

Santarém, Pará
Março, 2014

PRODUÇÃO E CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES VIA DEPOSIÇÃO DE LITEIRA NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, BELTERRA – PA

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre em Recursos Naturais da Amazônia, Área de concentração: Estudos e Manejos de Ecossistemas Amazônicos. Aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais da Amazônia, nível de mestrado, da Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, em 21 de março de 2014.

Prof. Dr. Luís Reginaldo Ribeiro Rodrigues (UFOPA)
Coordenador do PPGRNA

Apresentada à Comissão Examinadora, integrada pelos Professores:

Prof. Dr. Troy Patrick Beldini (UFOPA)
Examinador interno

Prof. Dr. Nagib Jorge Melem Junior (EMBRAPA AMAPÁ)
Examinador externo

Prof. Dr. Plínio Barbosa de Camargo (CENA/USP)
Examinador interno

Prof. Dr. Raimundo Cosme de Oliveira Junior (EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL)
Orientador

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Antonio e Lindomar por me permitirem a realização de mais este sonho, pelo apoio e incentivo em meio às lutas do dia-a-dia e seus frequentes obstáculos. Aos meus irmãos Alex e Alexander e a minha cunhada Lidiane, que sempre me ajudaram e ajudam quando preciso. Reconheço que sem todos eles eu nada seria!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e presença fiel nos dias de caminhada, de preocupação e, também, de realização.

Aos meus pais, Antonio e Lindomar, que sempre viabilizaram e investiram em meus sonhos. Por entenderem minhas angústias e me mostrarem que angústias são naturais e que tudo é passageiro nessa vida. Pelos seus ouvidos atentos e por muitas vezes sacrificarem suas próprias vontades em prol da educação dos filhos. Por me fazer acreditar quando eu duvidei, por me levantar quando eu fraquejei, por acreditar em mim sempre e por continuar acreditando na concretização deste sonho. Agradeço pelos sorrisos e conselhos que sempre mostraram e mostram a plenitude de um amor incondicional. Devo-lhes tudo e mais do que um agradecimento vocês merecem minha reverência.

Aos meus queridos irmãos Alex e Alexander, por fazerem a minha caminhada mais leve. Pela força no momento da fraqueza e pela disponibilidade nos momentos de aflição.

A minha querida Avó Maria Neli, pelos anos que nos ensina o valor da paciência e da perseverança. Sua existência é uma dádiva nas nossas vidas.

A minha cunhada Lidiane Aguiar, pelas suas infinitas ajudas e pelas caronas nos dias de chuva, nunca terei como te pagar, pois dinheiro nenhum seria bastante. Você foi e é um presente de Deus na vida da nossa família.

Ao meu orientador, Raimundo Cosme de Oliveira Junior pela disponibilidade e confiança para a realização dessa etapa. Sem seu auxílio nada disso seria possível.

A Plínio Barbosa de Camargo, pelo entusiasmo e confiança no decorrer das atividades.

Aos amigos do coração, que me acompanharam e que me acompanham até hoje nos diversos momentos da minha vida pessoal e profissional, pois o importante não é a quantidade, mas sim a qualidade. Agradeço a todos: Andreia Neves, Aparecida Cristina, Omar Pimentel, Albetiza Alves, Elen Kercy, Wagner, Alailson, Neto, Lucas, Felipe, Thays

Maia, Niele Eloine, Rose Sabóia, Alex Coelho. A caminhada com vocês é sempre mais animada.

A Roseclea Gaspar, a irmã que nunca tive, pela amizade e incentivo nos momentos de fraqueza e pela disponibilidade em me ouvir sempre que precisei falar.

Ao Rodrigo Bezerra Gaspar, pela amizade e pela ajuda imensurável nos momentos mais diversos dessa caminhada.

A todos os meus colegas de Mestrado, especialmente a Safira Canto, Suellen Castro, Miyuki Mitsuya, Jéssica Lira e Adriano Silva. Aprendi muito com esses Mestres!

Aos Professores Robinson Severo, Celso Tanabe e Isabel Martins pela força inspiradora. Grandes professores sempre inspiram seus alunos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia, pela oportunidade do Mestrado.

Ao Centro Universitário Luterano de Santarém – CEULS/ULBRA pela compreensão nos momentos de ausência.

A todos os funcionários administrativos do Centro Universitário Luterano de Santarém – CEULS/ULBRA pela convivência do dia-a-dia, vocês também são minha família, afinal maior parte dos meus dias estou no trabalho.

A todos os professores que tive ao longo da minha trajetória como estudante.

E por fim, vemos que tanto no campo profissional como no acadêmico, agradecer a todos que ajudaram a construir uma obra e nesse caso, essa dissertação, não é tão fácil, pois o maior perigo que se coloca no agradecimento seletivo não é decidir quem incluir, mas decidir quem não mencionar. Então, aos amigos que, de uma forma ou de outra, contribuíram com sua amizade e com sugestões efetivas para a realização deste trabalho, gostaria de expressar minha profunda gratidão. Obrigada!

“Nada é mais fatal para o progresso da mente humana do que achar que nossas visões da ciência são definitivas, que nossos triunfos são completos, que não há mistérios na natureza, e que não há mundos novos a conquistar”.

Humphry Davy

SILVA, Alessandra Damasceno da. **Produção e concentração de nutrientes via deposição de liteira na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra-PA.** 2014. 90p. Dissertação de Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia. Área de concentração: Estudos e Manejos de Ecossistemas Amazônicos - Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Santarém, 2014.

RESUMO

A liteira é a camada mais superficial em solos florestais formada por folhas, galhos, flores, frutos, detritos animais, entre outros. Esse material se configura num intenso sítio de interação entre a ciclagem de elementos e a transferência de energia, pois é o principal meio de deslocamento dos nutrientes para o solo. Dentre as variáveis climáticas que podem influenciar no seu aporte e disponibilidade de nutrientes estão a temperatura e a precipitação. Ressalta-se, também, que o tipo de vegetação e as condições ambientais se tornam determinantes para sua quantidade e qualidade, pois dependendo das características de cada ecossistema, um determinado fator pode prevalecer sobre os demais. Por isso, essa pesquisa objetivou estimar a produção de liteira e determinar os teores de macronutrientes nela contidos, calculando a eficiência de utilização dos nutrientes na Floresta Nacional do Tapajós, localizada no município de Belterra, Pará. A amostragem da liteira aportada se deu em quatro transectos (1000 m x 50 m), onde foram distribuídos, sistematicamente em cada transecto, 10 coletores circulares de plástico com área de 0,22 m² cada e fundo constituído por tela de nylon com malha de 4 mm², totalizando 40 coletores. As coletas foram realizadas quinzenalmente, no período de janeiro de 2002 a dezembro de 2004, onde o material depositado nos cestos era recolhido e levado a laboratório para secagem em estufa a 65 °C e posteriormente segregado em quatro frações: folhas, madeira, reprodutivo e miscelânea. A quantidade de liteira depositada no coletor foi quantificada para kg ha⁻¹ mês⁻¹ e kg ha⁻¹ ano⁻¹, sendo também determinados as concentrações e os conteúdos de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg) contidos na serapilheira e a eficiência no uso de nutrientes. Utilizou-se a ANOVA (Análise de Variância) do tipo Fatorial de Medidas Repetidas para a comparação de cada fração da produção nas estações (chuvosa e seca) e nos anos (2002 a 2004), considerando-se os valores mensais. Para determinação das possíveis diferenças entre as produções ao longo dos anos e nos períodos chuvoso e seco, considerou-se que podem gerar influência os três anos e as duas estações (períodos). A deposição de liteira mostrou-se sazonal, com maiores produções na estação seca e de menores temperaturas do ar, produzindo por ano média de 7154,98 kg ha⁻¹ de liteira. A fração de maior deposição foi a de folhas, sendo superior a 70%, sendo esta e a fração miscelânea as que demonstraram maior aporte de nutrientes. O nitrogênio e o cálcio foram os macronutrientes encontrados em maiores concentrações e conteúdos em todas as frações estudadas. De maneira geral a produção de liteira e a concentração de nutrientes apresentaram a seguinte ordem: Folhas > Madeira > Miscelânea > Reprodutivo e N > Ca > Mg > K > P, respectivamente.

Palavras chave: Produção, Concentração de nutrientes, Variáveis meteorológicas, serapilheira, Floresta Nacional do Tapajós.

SILVA, Alessandra Damasceno da. **Produção e concentração de nutrientes via deposição de liteira na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra-PA.** 2014. 90p. Dissertação de Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia. Área de concentração: Estudos e Manejos de Ecossistemas Amazônicos - Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Santarém, 2014.

ABSTRACT

The litter is the most superficial layer in forest soils formed by leaves, twigs, flowers, fruits, animal waste, among others. This material is configured on a site of intense interaction between the cycling of elements and the transfer of energy, because it is the primary means of displacement of the nutrients to the soil. One of the climatic variables that can influence on your contribution and nutrient availability are temperature and precipitation. It should be noted, too, that the type of vegetation and environmental conditions become determining factors for its quantity and quality, because depending of the characteristics of each ecosystem, a particular factor can prevail over the other. Therefore, this research aimed to estimate the production of litter and establish the concentration of macronutrients in it contained, calculating the efficiency of utilization of nutrients in the Tapajós national forest, located in the city of Belterra, para. Litter sampling was given in four transects (1000 m x 50 m), where they were systematically distributed in each transect, 10 plastic circular collectors with 0.22 m² area each and background consisting of nylon fabric with 4 mm² mesh, totaling 40 collectors. The collections were accomplished biweekly, from January 2002 to December 2004, where the material deposited in the baskets was collected and taken to a laboratory for drying in an oven at 65 °C and subsequently segregated into four fractions: sheets, wood, reproductive and miscellaneous. The amount of litter deposited in the collector was quantified to kg ha⁻¹ month⁻¹ and kg ha⁻¹ year⁻¹, and also determined the concentrations and the contents of macronutrients (N, P, K, Ca, Mg) contained in leaf litter and nutrient use efficiency. It was used ANOVA (analysis of variance) of type factorial of repeated measurements for the comparison of each fraction of production in seasons (dry and rainy) and years (2002 to 2004), considering the monthly figures. For determining the possible differences between the productions over the years and in rainy and dry periods, it was considered that can generate influence the three years and the two seasons (periods). The litter deposition was seasonal, with higher production in the dry season and lower air temperatures, producing per year average of 7154.98 kg ha⁻¹ of litter. The larger fraction was the deposition of leaves, being greater than 70%, being this and the miscellaneous fraction the ones that demonstrated the greatest contributions of nutrients. Nitrogen and calcium were the macronutrients found in higher concentrations and contents in all fractions studied. In general the litter production and nutrient concentration showed the following order: leaves > Wood > Miscellaneous > reproductive and N > Ca > Mg > K > P, respectively.

Keywords: Production, Nutrient concentration, Weather variables, litter, Tapajós National Forest.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	1
1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
1.1.1 Produção de liteira	3
1.1.2 Fatores de produção	6
1.1.3 Nutrientes da liteira	8
1.1.4 Ciclos de nutrientes	10
2 OBJETIVOS	11
2.1 Geral	11
2.2 Específicos	12
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13
CAPÍTULO I	20
Sazonalidade da produção de liteira na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra – Pa	21
INTRODUÇÃO	22
MATERIAL E MÉTODOS	23
Localização e caracterização da área de estudo	23
Processamento do material	25
Variáveis meteorológicas	26
Análises estatísticas	28
RESULTADOS	28
DISCUSSÕES	34
CONCLUSÕES	39
AGRADECIMENTOS	39
BIBLIOGRAFIA CITADA	39
CAPÍTULO II	44
Concentração de nutrientes via deposição de liteira na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra – PA	45
INTRODUÇÃO	46
MATERIAL E MÉTODOS	47
Processamento e análises químicas do material	47
Análises estatísticas	48
RESULTADOS	48
DISCUSSÕES	61

CONCLUSÕES	65
AGRADECIMENTOS	66
BIBLIOGRAFIA CITADA.....	66
SÍNTESE INTEGRADORA	70
ANEXOS	71

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I20

Tabela 1. Produção total e frações da liteira em kg ha^{-1} e seus respectivos percentuais (%) nos três anos de estudo durante o período seco e chuvoso na Flona do Tapajós, Belterra-Pa..... 29

Tabela 2. Coeficiente de correlação de Pearson¹ entre as variáveis meteorológicas e a produção de serapilheira no período de 2002-2004, na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra, PA..... 31

CAPÍTULO II.....44

Tabela 1. Médias (g kg^{-1}) da concentração de nutrientes das frações e do total de liteira depositados nos anos de pesquisa, na Flona do Tapajós, município de Belterra, Pará. 49

Tabela 2. Coeficiente de correlação de Pearson (1) entre as variáveis meteorológicas e a concentração de nutrientes da liteira coletada na Flona do Tapajós, município de Belterra, Pará. 50

Tabela 3. Médias ($\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) do conteúdo de nutrientes das frações e do total de liteira nos anos de pesquisa, na Flona do Tapajós, município de Belterra, Pará..... 60

Tabela 4. Eficiência de Utilização dos Nutrientes (g kg^{-1}) na Flona do Tapajós, município de Belterra, Pará. 61

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I	20
Figura 1 – Localização da Floresta Nacional Tapajós no Pará, no município de Belterra, estado do Pará.....	24
Figura 2 – Esquema da distribuição dos quatro transectos na área de estudo, município de Belterra-Pa.....	25
Figura 3 – Média da precipitação e temperatura do ar no período estudado na Flona do Tapajós (2002-2004)	27
Figura 4 – Percentual de produção das frações de liteira na Flona do Tapajós no período de 2002-2004.....	28
Figura 5 – Comparação da produção total de liteira na Flona do Tapajós entre o período de 2002-2004 e as estações (seca e chuvosa).....	30
Figura 6 – Comparação da produção total de liteira na Flona do Tapajós entre as estações (seca e chuvosa).....	31
Figura 7 – Comparação da produção da fração Folhas na Flona do Tapajós entre as estações (seca e chuvosa).....	32
Figura 8 – Comparação da produção da fração Madeira na Flona do Tapajós no período experimental	33
Figura 9 – Comparação da produção da fração Reprodutivo na Flona do Tapajós entre os anos da pesquisa	33
 CAPÍTULO II.....	 44
Figura 1 – Comparação da concentração de Nitrogênio na fração Miscelânea nas estações seca e chuvosa do período experimental, na Flona do Tapajós, Belterra, Pará.....	51
Figura 2 – Comparação da concentração de Nitrogênio na fração Miscelânea no período de estudo na Flona do Tapajós, Belterra, Pará	52
Figura 3 – Comparação da concentração de Nitrogênio na fração Madeira nas estações seca e chuvosa do período experimental, na Flona do Tapajós, Belterra, Pará	53
Figura 4 – Comparação da concentração de Nitrogênio na fração Reprodutivo nas estações seca e chuvosa dos anos estudados, na Flona do Tapajós, Belterra, Pará	53

Figura 5 – Comparação da concentração de Nitrogênio na fração Reprodutivo nos períodos secos e chuvosos, na Flona do Tapajós, Belterra, Pará	53
Figura 6 – Comparação da concentração de Fósforo na fração Folhas nas estações seca e chuvosa do período experimental, na Flona do Tapajós, Belterra, Pará	54
Figura 7 – Comparação da concentração de Fósforo na fração Folhas no período estudado, na Flona do Tapajós, Belterra, Pará	54
Figura 8 – Comparação da concentração de Fósforo na fração Madeira nos períodos secos e chuvosos dos anos estudados, na Flona do Tapajós, Belterra, Pará	55
Figura 9 – Comparação da concentração de Fósforo na fração Reprodutivo nos períodos secos e chuvosos dos anos estudados, na Flona do Tapajós, Belterra, Pará	55
Figura 10 – Comparação da concentração de Fósforo na fração Reprodutivo nos anos de estudo, na Flona do Tapajós, Belterra, Pará	56
Figura 11 – Comparação da concentração de Potássio na fração Madeira no período experimental, na Flona do Tapajós, Belterra, Pará.....	57
Figura 12 – Comparação da concentração de Potássio na fração Madeira nos períodos secos e chuvosos, na Flona do Tapajós, Belterra, Pará.....	57
Figura 13 – Comparação da concentração de Potássio na fração Reprodutivo no período experimental, na Flona do Tapajós, Belterra, Pará.....	58
Figura 14 – Comparação da concentração de Cálcio na fração Folhas nos períodos secos e chuvosos, na Flona do Tapajós, Belterra, Pará.....	58
Figura 15 – Comparação da concentração de Cálcio na fração Miscelânea nos períodos secos e chuvosos, na Flona do Tapajós, Belterra, Pará.....	59

1 INTRODUÇÃO GERAL

A Floresta Nacional do Tapajós está inserida no Bioma Amazônia. Ela é definida pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) como uma área com predominância de espécies nativas e que tem por objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável. Esse é um indicativo de seu incontestável valor, que se maximiza ainda mais quando sua manutenção é tida como garantia para o bom funcionamento de aspectos ambientais, tais como clima, ciclo hidrológico, biodiversidade e também, aos aspectos culturais, econômicos e políticos.

A manutenção da floresta protege o solo e os recursos hídricos, reduzindo inundações, reciclando nutrientes e conservando a biota. Portanto, estudos em florestas nativas são importantes para o entendimento das características intrínsecas ao ecossistema. Por isso Haag (1985) e Balieiro et al. (2004), ressaltam que para obter parte destes conhecimentos sobre suas características, deve-se considerar a dinâmica nutricional da floresta, que ocorre naturalmente, em parte pela lavagem das copas e troncos das árvores pela água da chuva e através da deposição/decomposição de liteira, material que compreende a camada mais superficial depositada sob os solos florestados, podendo ser composta por folhas, galhos, estruturas reprodutivas, excrementos animais, dentre outros. As florestas tropicais acumulam um dos maiores estoques de biomassa entre os ecossistemas terrestres (Sarmiento; Pinillos e Garay, 2005). Por isso, trabalhos relacionados com a produção e acúmulo de liteira fornecem subsídios para um melhor entendimento da dinâmica dos nutrientes.

As florestas são conhecidas por sua produtividade elevada e direcionada principalmente a manutenção e crescimento das estruturas do dossel das árvores (galhos, folhas, flores e frutos). E como frequentemente as plantas substituem suas estruturas, devido fatores evolutivos ou como resposta às tensões ambientais, coletar e pesar estes materiais após sua queda é uma forma não destrutiva de estimar a produtividade destes ecossistemas, pois para Moraes e Delitti (1999) isso representa até 90% da produção primária líquida. Esse material que cai continuamente ao solo, tanto de origem vegetal como animal (insetos, excrementos, etc.) é denominado para Diniz e Pagano (1997) como chuva de serrapilheira, liteira, folhedeo ou *litter*.

A camada de liteira, independente da espessura formada, sempre auxilia na manutenção e proteção da floresta. Protege o solo contra temperaturas elevadas, armazena

grande quantidade de sementes e abriga uma abundante diversidade de microrganismos que atuam diretamente nos processos de decomposição e incorporação do material ao solo. Corrêa et al. (2006) destaca que pelo fato da liteira representar um dos vários compartimentos pelos quais os nutrientes passam através do processo de ciclagem, sua importância é maximizada quando estudada em ecossistemas florestais tropicais, especialmente na região amazônica, devido ser responsável por grande parte da liberação de nutrientes para as plantas. Pois, segundo Dalmolin et al (2009) os solos Amazônicos apresentam baixa fertilidade natural, de forma que as espécies vegetais precisam contar com a ciclagem de nutrientes para seu pleno desenvolvimento.

Dessa forma, quantificar a liteira produzida num ecossistema florestal contribui tanto para a compreensão da sua dinâmica no ambiente através da identificação de fatores que influenciam a sua deposição, como também propicia conhecer o comportamento das espécies nesse ecossistema estável, diante das variações sazonais de clima, sendo primordial para estabelecer planos e programas de recuperação para áreas degradadas. Essa importância acontece devido o processo de retorno da matéria orgânica e de nutrientes para o solo florestal ocorrer através da produção de liteira que, segundo Poggiani e Schumacher (2000), tem sua produção utilizada como um recurso indispensável tanto em Sistemas Agroflorestais - SAFs, quanto na recuperação de áreas degradadas.

De acordo com Luizão (2007) a produção anual de liteira pode variar consideravelmente de um ano para outro, dependendo, dentre outros fatores, dos padrões de precipitação pluviométrica e da fenologia das espécies de árvores. Daí resulta a importância de sua quantificação ser um processo contínuo ao longo das estações e nas diversas vegetações existentes, para que o acúmulo de informações permita demonstrar com mais precisão sua dinâmica. Por isso a cada dia fica mais perceptível a necessidade de se realizarem pesquisas a curto, médio e longo prazo, que possam dar subsídios ao maior entendimento sobre esses fatores.

Sendo assim, essa dissertação está dividida em: **Revisão Bibliográfica** sobre os diversos aspectos que norteiam a produção de liteira e também os fatores que afetam seu aporte, bem como a importância da disponibilização dos nutrientes presentes nesse material para a manutenção da floresta e seus diversos ciclos. Em seguida, são descritos os **Objetivos: Geral e Específicos**. Os **Materiais e Métodos, Resultados e Discussões** e as **Conclusões** foram apresentados em forma de artigos divididos em dois capítulos. E no final há uma **Síntese Integradora**, que aborda de maneira global a importância desse estudo e dos resultados alcançados.

1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1.1 Produção de liteira

A liteira pode ser classificada em: fina (que inclui material lenhoso com diâmetro até 2 cm) e grossa (material lenhoso – galhos e troncos – com diâmetro superior a 2 cm) (Luizão, 2007). Esse material consiste no material de origem vegetal que cai constantemente sobre o solo (folhas, ramos, flores, frutos, cascas, partes vegetais não identificadas) e, em menor proporção o de origem animal (insetos, restos animais e material fecal) (Diniz e Pagano, 1997; Abreu et al., 2010). Para Garay e Silva (1995) e Montezuma et al. (2005) a relação matéria/energia é dada nos ecossistemas tropicais a partir da deposição proveniente, principalmente, das plantas, devido sua capacidade em produzir matéria orgânica, bem como de suas estratégias de abscisão e decomposição.

Por isso, para Sayer (2006) afirma que a liteira desempenha dois dos maiores papéis nos ecossistemas florestais: o primeiro está relacionado a queda desse material que é parte inerente do ciclo de nutrientes, e o segundo, trata-se da formação de uma camada protetora, sobre o solo, devido o acúmulo de serapilheira, regulando as condições microclimáticas. Para Gonçalves (2008) o processo de ciclagem de nutrientes é composto essencialmente pelas etapas de: deposição, acúmulo e decomposição do material vegetal. A liteira constituída de matéria orgânica de origem vegetal e animal, depositada sobre o solo, com diferentes estágios de decomposição, representa uma forma de entrada e posterior incremento da matéria orgânica do solo (Barbosa e Faria, 2006).

Muitas são as análises acerca do papel da liteira no ecossistema florestal, tais como: regulador térmico, camada de proteção, reservatório hídrico e proteico, habitat de fauna decompositora, seletor de sementes e espécies, reservatório de nutrientes, etc. (Odum, 1969; Swift et al., 1979; Coelho-Neto, 2001; Poser, 1990; Jordan et al., 2003; Sayer, 2006). O funcionamento de um ecossistema é basicamente definido pela magnitude dos fluxos de energia e pela quantidade de matéria que circula no sistema. Estas magnitudes provêm de inúmeras interações bióticas que se iniciam com a produção de matéria orgânica e posterior incorporação de nutrientes, permitindo maior controle das propriedades físicas, químicas e

biológicas do solo, bem como melhor controle de processos erosivos, que garantem aos solos uma estrutura mais estável à ação das chuvas.

A produção de liteira é caracterizada como um fator importante para a manutenção de sistemas florestais e no controle de processos erosivos. Pois, permite a cobertura do solo, funciona como fonte contínua de nutrientes e possibilita condições favoráveis para o processo de infiltração de água, diminuindo as perdas por evaporação e o escoamento superficial. De acordo com Luizão (2007) sua produção anual pode variar consideravelmente de um ano para outro dependendo da fenologia das espécies de árvores e, principalmente, dos padrões de precipitação pluviométrica. Conforme Campos et al (2008) a produção de liteira é menor nas regiões frias e maior nas regiões equatoriais quentes e úmidas.

O monitoramento da dinâmica da liteira tem sido um dos mais utilizados por ser um método não destrutivo de avaliar a produtividade florestal e, quando associado a outras variáveis, permite observar e analisar a resposta da floresta às tensões sofridas quer sejam elas bióticas ou abióticas. Devido à importância da serrapilheira no funcionamento de ecossistemas florestais nativos ou plantados, muitos pesquisadores têm realizado estudos, visando caracterizar a dinâmica de produção e decomposição da liteira e o retorno de nutrientes ao solo (Pagano e Durigan, 2000; Toledo et al., 2002; Aidar e Joly, 2003, Araújo et al, 2006).

A quantidade total de liteira produzida nas diferentes épocas depende do tipo de vegetação estudada (Leitão Filho et al., 1993; Silva et al., 2009) sendo que em ecossistemas florestais tropicais conservados ocorre uma produção contínua de serrapilheira no decorrer do ano (Werneck et al., 2001). Vale ressaltar, que a quantidade depositada também pode variar dentro de um mesmo tipo de vegetação, dependendo do grau de perturbação das áreas (Araújo et al, 2006) (Quadro 1).

Além do seu papel direto na ciclagem de nutrientes, o acúmulo de serrapilheira reduz as amplitudes de variação de temperatura do solo e também a taxa de evaporação, aumentando a umidade local do solo e criando uma maior diversidade de habitats e microclimas (Montagnini e Jordan, 2002). Isso influencia o aumento da taxa de retorno de nutrientes para o solo devido às condições permitirem melhor desenvolvimento dos microrganismos decompositores.

Quadro 1 – Produção de liteira (Mg ha^{-1}) em diferentes regiões e tipologias florestais

Referência	Região/Local	Tipologia Florestal	Produção de liteira
Esse estudo	Amazônia – Belterra – PA	Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme	7,1
Marimon Jr., 2007	Amazônia - Sul – MT	Floresta Transicional Semidecídua	7,9
Selva et al, 2007	Amazônia - Sul – MT	Floresta de Terra Firme	11,4
Bambi, 2007	Amazônia - Sul – MT	Floresta de Transição	11,2
Almeida, 2005	Amazônia - Sul – MT	Floresta de Transição	8,2
Valentini, 2004	Amazônia - Sul – MT	Floresta de Transição	5,4
Sanches et al, 2009	Amazônia - Sul – MT	Floresta de Transição	7,5
Smith et al, 1998	Amazônia - Santarém – PA	Floresta de Terra Firme	10,4
Nardoto et al, 2008	Amazônia - Santarém – PA	Floresta Primária de Terra Firme	12,0
Vasconcelos et al, 2008	Amazônia - Castanhal – PA	Floresta de Terra Firme	7,4
Barlow et al, 2007	Amazônia - Jari – PA	Floresta Primária de Terra Firme	12,4
Barlow et al, 2007	Amazônia - Jari – PA	Floresta Secundária de Terra Firme	13,4
Martius, 2004	Amazônia - Manaus – AM	Floresta Primária de Terra Firme	9,5
Nardoto et al, 2008	Amazônia - Manaus – AM	Floresta Primária de Terra Firme	8,9
Luizão et al, 2004	Amazônia - Manaus – AM	Floresta de Terra Firme	8,9
Nardoto et al, 2008	Amazônia - São Gabriel da Cachoeira – AM	Floresta Primária de Terra Firme	10,3

A deposição, o acúmulo e a decomposição de serapilheira são influenciados por diversas variáveis. Entre elas, pode-se destacar: ação mecânica de chuvas e ventos (Martins e Rodrigues, 1999), duração do fotoperíodo (Pagano e Durigan, 2000), composição florística e estágio sucessional da vegetação (Pagano e Durigan, 2000; Werneck et. al., 2001), disponibilidade hídrica (Burghouts e Campbell, 1994; Moraes et. al., 1999; Montagnini e Jordan, 2002; Arato et. al., 2003) e temperatura (Pinto e Marques, 2003; Pinto et. al., 2008).

Os fatores extrínsecos mais importantes para a decomposição da liteira tendem a serem aqueles que regulam a atividade de microrganismos do solo, tais como: temperatura,

umidade e disponibilidade de nutrientes. (Kalburtji et al., 1998; Schunke et al., 2000; Abreu et al, 2004). Sabe-se que a forma e a velocidade de ciclagem dos nutrientes estão intimamente ligadas às condições climáticas e fenológicas (Alves et al, 2006).

1.1.2 Fatores de produção

A quantidade de radiação recebida em qualquer local da terra depende basicamente de fatores como a duração e a intensidade da insolação, que por vez é controlada pelos movimentos da terra sobre seu próprio eixo, bem como em torno do sol. Dessa maneira, a energia presente na atmosfera terrestre tem sua origem na radiação solar, onde a capacidade de reter energia é maior nas baixas latitudes, diminuindo em direção aos pólos. Ayoade (2002) ressalta que as diferenças de pressão atmosférica ocasionadas por esse gradiente de energia provoca a circulação de ventos entre as baixas e altas latitudes terrestres, sendo múltiplos os fatores que influenciam a circulação dos ventos junto à superfície que, em conjunto com as correntes marinhas, definem o clima nas diversas regiões do globo.

O clima de uma região depende de fatores como latitude, altitude, proximidade do mar, dentre outros. Assim, o clima é rotineiramente definido como o estado médio de parâmetros tais como temperatura e precipitação durante um longo período de tempo, geralmente uma síntese dos últimos 30 anos. Nesse sentido, um ecossistema pode ser definido como um sistema de interações entre uma comunidade de organismos e seu ambiente. Sendo que em ecossistemas como as florestas tropicais, por exemplo, a maior parte da energia e nutrientes absorvidos é direcionada para o crescimento e a manutenção das estruturas das plantas. Pelo fato dessas estruturas serem substituídas continuamente, devido fatores intrínsecos e extrínsecos, coletar e pesar estes materiais após seu aporte é uma forma, segundo Moraes e Delitti (1996), não destrutiva de estimar a produtividade do ecossistema, pois podem representar até 90% da produção primária líquida. Estão envolvidos nesta interação o ciclo de minerais, o fluxo de energia e a dinâmica das populações (Odum, 1988; Bryant, 1997).

No Brasil, a Amazônia Legal é compreendida pelos estados do Pará, Amazonas, Rondônia, Acre e Amapá e parte dos estados do Maranhão e Mato Grosso, sendo sua maior parte (64%) de cobertura vegetal formada por floresta (Lentini et al., 2003). Globalmente, a Amazônia contempla a maior floresta tropical permanente do mundo (Fujisaka et al., 1998; Vilani et al., 2006). E a floresta tropical amazônica, caracterizada por elevada diversidade

biológica, com regime de precipitação e temperaturas elevadas, sustenta mais de 230 espécies lenhosas por hectare, sem contar as epífitas e outras espécies de porte pequeno, sobre solos de baixa fertilidade (Ruivo et al, 2007). A expansão das florestas tropicais com alta diversidade de espécies e de estruturas sobre estes solos é possibilitada devido à evolução dos mecanismos de utilização dos nutrientes.

Um importante compartimento para a retenção de nutrientes pelo ecossistema florestal é o tapete formado pela liteira e que associada a microrganismos decompositores exercem inúmeros benefícios ao solo florestal. As raízes absorvem os nutrientes diretamente das folhas e da fauna saprófita em decomposição e penetram também a primeira camada do solo, minimizando a lixiviação causada pelas fortes chuvas tropicais. (Stark e Jordan, 1978; Gonçalves e Mello, 2000). Esse processo é importantíssimo, principalmente, sobre os solos amazônicos, que de acordo com Ruivo et al. (2007) se caracterizam pela acidez elevada, alta saturação com alumínio e baixa concentração de nutrientes, na sua maioria perdidos pelo processo de lixiviação.

Anderson e Swift (1983) e Xuluc-Tolosa et al. (2003) consideram o processo de decomposição como aquele regulado por variáveis como: comunidade decompositora (animais e microrganismos); degradabilidade da matéria orgânica (qualidade dos recursos) e ambiente físico-químico (macroclima, microclima e o solo). Assim, na medida em que mais estudos sobre a dinâmica da liteira e as variáveis influenciadoras do seu aporte e decomposição em florestas tropicais – regime climático, composição e fenologia florestal, propriedades físico-químicas do solo, sazonalidade, sítio topográfico, manejo florestal, etc. (Vital, 2004; Pires et al., 2006; Portela e Santos, 2007; Pinto et al., 2008;) forem realizados, mais fatores que influenciam o processo serão entendidos, tornando mais acurada e precisa a compreensão das alterações que as atividades humanas podem exercer sobre o equilíbrio dos ecossistemas.

1.1.3 Nutrientes da liteira

A ciclagem de nutrientes é um processo de suma importância para o equilíbrio ecológico e a sustentabilidade das florestas naturais (Moraes et al., 1999; Pinto et al., 2009). É através desse processo que os nutrientes absorvidos pelos seres autotróficos são devolvidos ao solo pela senescência das partes vegetativas que caem, e através da decomposição são mineralizadas e reaproveitadas pelos vegetais. Ou seja, os mesmos recursos nutricionais são utilizados sucessivamente na fixação de energia. E a liteira é importante por atuar na superfície do solo como um sistema de entrada e saída, onde as entradas se dão por meio da vegetação e a saída é via decomposição desse material, que supre o solo e as raízes com matéria orgânica e nutrientes, respectivamente. A manutenção do estoque de nutrientes minerais no solo e a produção de biomassa das florestas são estreitamente relacionadas com o processo da ciclagem de nutrientes.

O equilíbrio de nutrientes da floresta amazônica é de fundamental importância para o seu desenvolvimento, já que seu solo é caracteristicamente ácido, com reduzidos níveis de fertilidade (Santana et al., 2003). Por isso, o entendimento da ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais vai desde abordagens dos seus fluxos no solo (liberação pela liteira) até a absorção dos nutrientes na forma iônica. Alves et al. (2006) afirma que a ciclagem de nutrientes em florestas pode ser analisada através da compartimentalização da biomassa acumulada nos diferentes estratos e a quantificação das taxas de nutrientes que se movimentam entre seus compartimentos, através da produção de serrapilheira, sua decomposição, lixiviação e outros.

O aporte de liteira corresponde numa das etapas mais importantes da ciclagem de nutrientes em um bioma, pois sem tal não há ciclagem. Para Vital et al. (2004), é mediante a sua produção que ocorre parte do processo de retorno de matéria orgânica e de nutrientes para o solo florestal, sendo ela considerada o meio mais importante de transferência de elementos essenciais da vegetação (nutrientes) para o solo. O seu acúmulo na superfície do solo é regulado pela quantidade de material e taxa de decomposição (Alves et al, 2006). A manutenção do estoque de nutrientes minerais nos solos e a produtividade dos ecossistemas florestais são ligadas diretamente ao processo de ciclagem de nutrientes.

A lavagem da vegetação pela chuva e a decomposição da biomassa morta, que inclui a liteira, troncos e galhos caídos e raízes mortas são os principais mecanismos para transferência de nutrientes da biomassa arbórea para o solo. A liberação de nutrientes pela

vegetação é um processo fortemente sazonal e suas variações ao longo do ano são diretamente controladas pela sazonalidade da deposição de serapilheira (Pagano e Durigan, 2000). A velocidade com que esses nutrientes retornam ao solo depende da colonização da serapilheira por microrganismos que a utilizam como recurso energético, liberando CO₂ para a atmosfera e nutrientes inorgânicos para o solo (Berg e Mcclaugherty, 2007).

A retranslocação, capacidade das plantas em transportar nutrientes essenciais de suas folhas para outros compartimentos internos antes da abscisão das mesmas, é um dos mecanismos mais importantes utilizados pelas plantas para a conservação de nutrientes (Killingbeck, 1996; Güsewell, 2005; Kobe et al., 2005). Esse fator é considerado uma vantagem adaptativa em relação à competição, ao uso de nutrientes e a produtividade, especialmente em solos pouco férteis, mostrando que a vegetação influencia a ciclagem de nutrientes no ambiente. Esse processo tem impacto direto sobre a ciclagem de nutrientes, pois interfere na disponibilidade de nutrientes no solo e altera a qualidade nutricional da liteira depositada.

Nesse âmbito, a eficiência na economia de um elemento significa seu melhor aproveitamento pela planta antes de seu descarte, ou seja, ocorre quando existe uma baixa disponibilidade dele no ambiente e não quando há uma maior produtividade. Nas florestas tropicais a indisponibilidade do fósforo parece interferir na produtividade da floresta, sendo por isso que esse elemento é fortemente retranslocado antes da abscisão (Vitousek, 1984; Whitmore, 1990; Noij et al. 1993). Silver (1994) encontrou correlação significativa entre a deposição de liteira e as concentrações de Fósforo (P) no solo em várias florestas tropicais, no entanto para o Cálcio (Ca) a relação foi mais fraca e para o N não houve relação.

Os elementos são continuamente transferidos entre os compartimentos bióticos e os abióticos. Cada ecossistema tem sua forma característica de armazenar e de reciclar os nutrientes entre seus compartimentos (Poggiani, 1992; Alves et al, 2006). E a partir da compartimentalização da biomassa acumulada e da quantificação de nutrientes que se movimentam entre os seus compartimentos, é possível entender a ciclagem dos nutrientes e a manutenção da capacidade produtiva de uma floresta (Poggiani e Schumacher, 2005).

Num ecossistema florestal, nativo ou cultivado, a quantidade de nutrientes sempre é determinada pelo conteúdo destes nos diferentes compartimentos, tais como: árvores, sub-bosque e solo. As liteiras amostradas em diferentes florestas do mundo, em geral, são compostas em mais de 70% por folhas (Backes et al, 2005) e a quantidade de nutrientes na mesma depende da espécie, do tamanho, da capacidade de translocação do nutriente antes da senescência, do tipo de solo, dentre outros fatores. A comparação entre aporte e quantidade

liberada na decomposição no mesmo período permite verificar o balanço de nutrientes, sendo que a quantidade de cada elemento presente na liteira durante um ano fornece uma estimativa da demanda de nutrientes da floresta e da quantidade que retorna ao solo por ocasião da ciclagem. A quantidade anual de biomassa de serrapilheira e nutrientes fornece a estimativa de produtividade.

1.1.4 Ciclos de nutrientes

De acordo com Odum (2004), todos os elementos químicos, essenciais ou não, tendem a circular na biosfera segundo vias características, do ambiente para os organismos e destes para o ambiente. Por isso, o estudo qualitativo e quantitativo da serrapilheira é importante para a compreensão do funcionamento dos ecossistemas florestais (Alves et al., 2006).

Florestas tropicais conseguem crescer em substratos pobres em nutrientes somente a partir da manutenção dos mesmos sob altos níveis de biomassa, através de mecanismos de conservação, produzindo um ciclo de nutrientes relativamente otimizador ou fechado com pequenas quantidades (Herrera et al., 1978; Silva et al., 2007) e circulam na natureza através dos ciclos gasoso e sedimentar (Odum, 1988; Lopes et al., 2007). A produção e decomposição da liteira estão diretamente ligadas ao fluxo de nutrientes que retornam ao solo (planta-solo-planta), permitindo o pleno desenvolvimento de florestas em solos com baixo teor nutricional. Esse retorno, decorrente da decomposição da liteira em formas minerais disponíveis no solo é importante mecanismo para manutenção dos ecossistemas, sendo um processo chave para a manutenção de nutrientes em ambientes tropicais (Schumacher et al., 2004).

O processo de ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais pode ser caracterizado em três tipos: Ciclo geoquímico; bioquímico e biogeoquímico (Switzer e Nelson, 1972; Schumacher, 1998).

Ciclo geoquímico: As quantidades de nutrientes, que entram ou saem anualmente do ecossistema, são influenciadas por fatores como propriedades físicas e químicas do solo, condições climáticas, tipo de vegetação e localização do ecossistema (Poggiani, 1992). E a saída de elementos para fora do ecossistema ocorre segundo Poggiani e Schumacher (1997), através da erosão, lixiviação, queima (volatilização) e, principalmente, pela exploração florestal. Esse ciclo é caracterizado por essas entradas e saídas de elementos minerais entre um determinado ecossistema e seus componentes externos. As principais fontes de entrada de elementos minerais se dão por meio do intemperismo da rocha matriz, da fixação biológica de

nitrogênio, de adubações, deposições de poeiras, gases e através da precipitação pluviométrica (Pritchett e Fisher, 1987; Schumacher, 1998).

Ciclo bioquímico: Este ciclo relaciona-se com as transferências dos elementos minerais dos tecidos mais velhos para os mais jovens, onde os processos de divisão celular e de crescimento são mais ativos (Poggiani e Schumacher, 2005). Para esses autores, este ciclo é importante para a manutenção dos nutrientes de maior mobilidade como N (Nitrogênio), P (Fósforo), K (Potássio) e Mg (Magnésio).

Ciclo biogeoquímico: É aquele que se estabelece pelas trocas entre o solo e as plantas (Schumacher, 1998). Ele ocorre quando a planta, por meio do sistema radicular, retira os elementos minerais do solo para a produção da biomassa devolvendo posteriormente parte destes elementos através da queda de resíduos orgânicos (littera) e da decomposição de raízes, que são mineralizados e novamente são absorvidos pelas raízes.

A serapilheira depositada sobre o solo das florestas tem papel fundamental na dinâmica dos ecossistemas, fornecendo bases para um desenvolvimento adequado. Em uma comunidade florestal existe uma interação intensa entre a vegetação e o solo que ela ocupa, que se expressa no processo cíclico de entrada e saída de matéria do solo. E o conhecimento do comportamento de espécies arbóreas em um ecossistema estável, diante de variações sazonais do clima, é primordial para se estabelecer planos e programas de recuperação de áreas degradadas (Araújo et al, 2006). E o ciclo biogeoquímico possui papel de destaque para obtenção de conhecimento sobre as condições e dinâmica dos processos internos ocorrentes nos ecossistemas naturais, auxiliando no entendimento das mudanças provocadas como, por exemplo, pela exploração florestal no ambiente ou pelas mudanças climáticas.

2 OBJETIVOS

2.1GERAL

Esse trabalho objetivou estimar a produção de littera na Floresta Nacional do Tapajós (anos de 2002, 2003 e 2004), correlacionando sua produção com as variáveis climáticas determinando, também, os teores e o conteúdo de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) transferidos nesse período.

2.2 ESPECÍFICOS

- ✓ Quantificar a produção de liteira;
- ✓ Verificar o conteúdo de nutrientes desse material no período pesquisado, observando seu comportamento nos períodos secos e chuvosos;
- ✓ Caracterizar a fração (folhas, madeira, flores e frutos, miscelânea) que mais contribui para a constituição da liteira nessa área;
- ✓ Correlacionar a produção e a concentração de nutrientes contidos na liteira com as variáveis climáticas (temperatura e precipitação);
- ✓ Estimar a contribuição da produção de liteira na deposição de nutrientes ao solo;
- ✓ Verificar a sazonalidade da deposição e dos nutrientes da liteira na Flona do Tapajós.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, J. B. R. de et al. avaliação da disponibilidade de matéria seca, deposição e desaparecimento de serrapilheira em função de épocas de vedação em pastagem de capim braquiária (*Brachiaria decumbens* STAPF). **Revista da Universidade Rural**, Seropédica, v.24, n. 1, jan.- jun., 2004. p. 127-134.
- ABREU, J. R. S. P.; OLIVEIRA, R. R.; MONTEZUMA, R. C. M. Dinâmica da serapilheira em um trecho de floresta atlântica secundária em área urbana do Rio de Janeiro. **Pesquisas, Botânica**, nº 61, p. 279-291, 2010.
- AIDAR, M.P.; JOLY, C. A. Dinâmica da produção e decomposição da serapilheira do araribá (*Centropogon tomentosus* Guill. Ex Bent. – Fabaceae) em uma mata ciliar, Rio Jacaré-Pepira, São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 26, p. 193-202, 2003.
- ALMEIDA, E.D. Retorno de nitrogênio e fósforo em floresta de transição no noroeste de Mato Grosso. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. 75f. 2005.
- ALVES, A. R. et al. Aporte e decomposição de serrapilheira em área de Caatinga, na Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 2, 2006. ISSN 1519-5228
- ANDERSON, J.M.; SWIFT, M.J. Decomposition in tropical forests. In: SUTTON, S.L., WHITMORE, T.C.; CHADWICK, A.C.(eds.) **Tropical rain forest: ecology and management**. Oxford: Blackwell, 1983. p. 267-274.
- ARATO, H. D., MARTINS, S. V.; FERRARI, S. H. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em viçosa-MG. **Revista Árvore**, 27(5), 715-721, 2003.
- ARAÚJO, R. S. de et al. Aporte de serrapilheira e nutrientes ao solo em três modelos de revegetação na Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, RJ. **Revista Floresta e Ambiente**, V.12, n.2, p. 15 - 21, nov./dez. 2006
- AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia dos trópicos**. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. 332 p.
- BACKES, A.; PRATES, F. L. e VIOLA , M. G. Produção de serapilheira em Floresta Ombrófila Mista, em São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta bot. bras.** 2005, v. 19, p. 155-160.
- BAMBI, P. Variação sazonal do índice de área foliar e sua contribuição na composição da serrapilheira e ciclagem de nutrientes na floresta de transição no norte do Mato Grosso. 2007. 99 f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2007.
- BALIEIRO, F.C. et al. Dinâmica de serapilheira e transferência de nitrogênio ao solo em plantios de *Pseudosamanea guachapele* and *Eucalyptus grandis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.6, p.597-601, 2004.

BARBOSA, J. H.C.; FARIA, S. M. D. Aporte de serrapilheira ao solo em estágios sucessionais florestais na reserva biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Rodriguésia**, n. 57, v. 3, p. 461-476, 2006.

BARLOW, J. et al. Litter fall and decomposition in primary, secondary and plantation forests in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, Victoria, v. 246, p. 91-97, 2007.

BERG, B.; MCCLAUGHERTY, C. **Plant litter**: decomposition, humus formation, carbon sequestration. Springer Verlag: 2007. 338p.

BRYANT, E. **Climate process & change**. Cambridge: Cambridge Univ., 209 p., 1997.

BURGHOUTS, T. B. A.; CAMPBELL, E. J. F. Effects of tree species heterogeneity on leaf fall in primary and logged dipterocarp forest in the Ulu Segama Forest Reserve, Sabah, Malaysia. **Journal of Tropical Ecology**, 10, 1-26, 1994.

CAMPOS, E. H. et al. Acúmulo de serrapilheira em fragmentos de mata mesofítica e cerrado *Stricto Senso* em Uberlândia-MG. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, n. 1, p. 189-203, jun. 2008.

COELHO-NETTO, A. L.; LEITE, A. F. **Hydrogeochemistry in a Small Mountainous Basin of the Upper Bananal River Valley in SE Brazil**. In: Fifth Internacional Conference on Geomorphology, v. 01. Tokyo, 2001.

CORRÊA, F.L. de O. et al. **Produção de serapilheira em sistema agroflorestal multiestratificado no estado de Rondônia, Brasil**. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1099-1105, 2006.

DINIZ, S.; PAGANO, S. N. Dinâmica de folheto em floresta mesófila semidecídua no município de Araras, SP. I – Produção, decomposição e acúmulo. **Revista do Instituto Florestal**, v. 9, n. 1, p. 27-36, 1997.

FUJISAKA, S. et al. The effects of forest conversion on annual crops and pastures: estimates of carbon emissions and plant species loss in a Brazilian Amazon colony. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 69, p. 17-26, 1998.

GARAY, I.; SILVA, B. A. O. Humus Florestais: síntese e diagnóstico das interrelações vegetação/solo, oecologia brasiliensis, V.I **Estrutura, Funcionamento e Manejo de Ecossistemas Brasileiros**, p.19-46, 1995.

GONÇALVES, J. L. M.; MELLO, S. L. M. O sistema radicular das árvores. In: GONÇALVES, I. L.; BENEDETI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilidade florestal**. Piracicaba: IPET, 2000. p. 219-261.

GONÇALVES, M. A. M. Avaliação da serapilheira em fragmento de floresta atlântica no sul do estado do Espírito Santo. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 85f., 2008.

GÜSEWELL, S. Nutrient resorption of wetland graminoids is related to the type of nutrient limitation. **Functional Ecology**, n. 19, p. 344–354, 2005.

HAAG, H.P. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 144p.

HERRERA, R. et al. Amazon ecosystems: their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. **Interciência**, 1978.

JORDAN, D., PONDER JR., F.; HUBBARD, V. C. Effects of soil compaction, forest leaf litter and nitrogen fertilizer on two oak species and microbial activity. **Applied Soil Ecology**, 23, 33-41, 2003.

KALBURTI, K.L.; MAMOLOST, A.P.; KOSTOPOULOU, S.K. Litter dynamics of *Dactylis glomerata* and *Vicia villosa* with respect to climatic and soil characteristics. **Grass and Forage Science**, v. 53, p. 225-232, 1998.

KILLINGBECK, K. T. Nutrients in senesced leaves: keys to the search for potential resorption and resorption proficiency. **Ecology**. n. 77, p. 1716–1727, 1996.

KOBE, R. K., LEPCZYK, C. A.; IYER, M. Resorption efficiency decreases with increasing green leaf nutrients in a global data set. **Ecology**. n. 86, p. 2780–2792, 2005.

LEITÃO FILHO, H. F. et al. **Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão (SP)**. Editora da UNESP, São Paulo- Editora da UNICAMP, Campinas: 1993.

LENTINI, M.; VERÍSSIMO, A.; SOBRAL, L. **Fatos florestais da Amazônia**. Belém: Imazon. 110 p., 2003.

LOPES, L. R. et al. Interceptação e ciclagem de nutrientes em floresta de encosta na Amazônia Central. In: I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste. **Anais...** Cuiabá: 2007.

LUIZÃO, F. J. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. **Ciência e Cultura**. v. 59, n. 3, pp. 31-36, 2007. ISSN 0009-6725.

LUIZÃO, R.C.C. et al. Variation of carbon and nitrogen cycling processes along a topographic gradient in a central Amazonian forest. **Global Change Biology**, Oxford, v. 10, n. 5, p. 592-600, 2004.

MARIMON JÚNIOR, B. H. Relação entre diversidade arbórea e aspectos do ciclo biogeoquímico de uma floresta monodominante de *Brosimum rubescens* Taub. e uma floresta mista no Leste Matogrossense. 2007. 274 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

MARTINS, S.V.; RODRIGUES, R. R. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**. São Paulo, V.22, n.3, p.405-412, 1999.

MARTIUS, C. et al. Litter fall, litter stocks and decomposition rates in rainforest and agroforestry sites in central Amazonia. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **Dordrecht**, v. 68, p. 137-154, 2004.

MONTAGNINI, F.; JORDAN, C. F. Reciclaje de nutrientes. In: GUARIGUATA, M. R.; KATTAN, G. H. (Eds.). **Ecología y conservación de bosques neotropicales**. Cartago: Ediciones LUR, p. 167-191, 2002.

MONTEZUMA, R. C. M.; FIALHO, E.S.; IMBROISI, E. O papel da serrapilheira como agente regulador de fatores físicos em ambientes florestais: implicações na reabilitação ecossistêmica, In: **Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, Universidade de São Paulo, 2005.

MORAES, R. M.; DELITTI, W. B. C. Produção e retorno de nutrientes via serapilheira foliar de *Euterpe edulis* Mar. em Mata Atlântica de encosta, Ilha do Cardoso, SP. **Naturalia**, v. 21, p. 57-62, 1996.

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

NARDOTO, G.B. et al. Understanding the influences of spatial patterns on N availability within the Brazilian Amazon Forest. **Ecosystems**, New York, v. 11, n. 8, p. 1234-1246, 2008.

NOIJ, I. G. A. M. et al. Modeling nutrient and moisture cycling in tropical forests. **The Netherlands**, 1993.

ODUM, E. P. **The strategy of ecosystem development**. Science. v.164, n. 1, p. 262-269, 1969.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 434p, 1988.

ODUM, E.P. **Fundamentos de Ecologia**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 7.ed., 928p. 2004.

PAGANO, S.N.; DURIGAN, G. Aspectos da ciclagem de nutrientes em matas ciliares do Oeste do Estado de São Paulo, Brasil. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP/FAPESP, p.109-123, 2000.

PINTO, C. B.; MARQUES, R. Aporte de nutrientes por frações da serapilheira em sucessão ecológica de um ecossistema da Floresta Atlântica. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 33, n. 3, p. 257-264, 2003.

PINTO, S. I. C. et al. Ciclagem de nutrientes em dois trechos de floresta estacional semidecidual na reserva Florestal Mata do Paraíso em Viçosa, MG, Brasil. **Revista Árvore**, v.33, n.4, p.653-663, 2009.

PINTO, S. I. C. et al. Produção de serapilheira em dois estádios sucessionais de Floresta Estacional Semidecidual na Reserva Mata do Paraíso, em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 545-556, maio/jun. 2008.

PIRES, L. A. et al. Produção, acúmulo e decomposição da serapilheira em uma restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20(1), p. 173-184, 2006.

POGGIANI, F. Alterações dos ciclos biogeoquímicos em florestas. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.4, p.734-739, 1992.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M.V. Atmospheric inputs compared with nutrients removed by harvesting from Eucalyptus plantations: implications for sustainability. In: IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of Eucalyptus, 1997. **Anais...** Salvador: IUFRO/EMBRAPA, p.68-74,1997.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M. V. Ciclagem de nutrientes em Florestas Nativas. In: Gonçalves, J.L. M.; Benedetti, Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: **IPEF**.v. (Eds.). p. 287-308. 2000.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M.V. Ciclagem de nutrientes em florestas nativas. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (ed.) **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF, p.287-308, 2005.

PORTELA, R.C.Q.; SANTOS, F.A.M. Produção e espessura da serapilheira na borda e interior de fragmentos florestais de Mata Atlântica de diferentes tamanhos, **Revista Brasil. Bot.**, V.30, n.2, p.271-280, abr.-jun. 2007.

POSER, W. J. Evidence for foot structure in Japanese. **Language** n.66, p.78-105, 1990.

PROCTOR, J. Tropical forest litterfall. I: Problems of data comparison. In: **Tropical rain forest: ecology and Management**. S.L. Sutton, T.C. Whitmore, A.C. Chadwick. (eds.). Oxford: Blackwell, pp. 267-273. 1983.

RUIVO, M. L. P. et al. Gestão florestal e implicações sócio-ambientais na Amazônia oriental (estado do Pará). **Oecologia Brasiliensis** v. 11, n. 4, p. 481-492, 2007.

SANCHES, L. et al. Dinâmica sazonal da produção e decomposição de serrapilheira em floresta tropical de transição. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.13, n.2, p.183-189, 2009.

SANTANA, J. A . S.; SOUSA, L. K. V. S.; ALMEIDA, W. C. Produção Anual de serapilheira em floresta secundária na Amazônia Oriental. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, 40, p. 119-132, 2003.

SAYER, E. J. Using experimental manipulations to asses the roles of leaf litter in the functioning of forest ecosystems, **biological reviews**, FEB. 81 (1) 1-31 Cambridge university press, 2006.

SCHUMACHER, M. V. Estudo da biomassa e dos nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) subespécie bicostata. **Revista Árvore**, v. 22, n. 2, p. 281-286, 1998.

- SCHUMACHER, M. V. Produção de serrapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no município de Pinhal Grande-RS. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 29-37, 2004.
- SCHUNKE, R.M.; RAZUK, R.B.; EUCLIDES, V.B.P. Produção, decomposição e liberação de nutrientes da liteira de pastagens de *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha* consorciadas com *Stylosantes guianensis* sob duas cargas animais. In: XVI Reunión Latinoamericana del Producción Animal y III Congreso Uruguayo de Producción Animal. **Anais...** p.68-74, Montevideo: 2000.
- SELVA, E.C. et al. Litterfall production and fluvial export in headwater catchments of the southern Amazon. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 23, p. 329-335, 2007.
- SILVA, C. J. et al. Produção de serrapilheira no Cerrado e Floresta de Transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. **Acta Amazônica**. vol.37, n.4, pp. 543-548, 2007. ISSN 0044-5967.
- SILVA, R. M. et al. Influência de variáveis meteorológicas na produção de liteira na Estação Científica Ferreira Penna, Caxiuanã, Pará. **Acta Amazônica**. vol.39, n.3, pp. 573-582, 2009. ISSN 0044-5967.
- SILVER, W. L. Is nutrient availability related to plant nutrient use in humid tropical forests? **Oecologia**, Berlin, v. 98. p. 336-343, 1994.
- SMITH, K.; GHOLZ, H. L.; OLIVEIRA, F. de A. Litterfall and nitrogen-use efficiency of plantations and primary forest in the eastern Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, 109, p.209-220, 1998.
- STARK, N.M.; JORDAN, C. F. Nutrient retention by the root mat of an Amazonian rain forest. **Ecology**, v. 59, n. 3, p. 434-437, 1978.
- SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Oxford: Blackwell, 372 p., 1979.
- SWITZER, G.L.; NELSON, L.E. Nutrient accumulation and cycling in Loblolly Pine (*Pinus taeda*) plantation ecosystems: The first 20 years. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.36, p.143-147, 1972.
- TOLEDO, L. O., PEREIRA, M. G.; MENEZES, C. E. G. Produção de serrapilheira e transferência de nutrientes em florestas secundárias localizadas na região de Pinheiral, RJ. **Ciência Florestal**. v.12, p.9-16, 2002.
- VALENTINI, C.M.A. Efluxo de CO₂ do solo de uma área de floresta de transição no noroeste de Mato Grosso. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. 81p. 2004.
- VASCONCELOS, S. S. et al. Effects of seasonality, litter removal and dry-season irrigation on litterfall quantity and quality in eastern Amazonian forest regrowth, Brazil. **Journal of Tropical Ecology**. 24, p. 1-12, 2008.

VILANI, M. T. Aplicação de um planejamento fatorial para a temperatura do ar em uma floresta tropical amazônica. **Ciência e Natura**, n. 28, p. 7-21, 2006.

VITAL, A. R. T. et al. Produção de serrapilheira 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. Litterfal, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests. **Ecology**, v. 65, n. 1, p. 285-298, 1984.

WERNECK, M. S.; PEDRALLI, G.; GIESEKE, L. F. Produção de serrapilheira em três trechos de uma floresta semidecidual com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica de Tripuí, Ouro Preto, MG. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 24, p.195-198, 2001.

WHITMORE, T. C. **An introduction to tropical rain forests**. Oxford: Clarendon, 1990.

XULUC-TOLOSA, F.J. et al. Leaf litter decomposition of tree species in three successional phases of tropical dry secondary forest in Campeche, Mexico. **Forest ecology and management**, n. 174, p. 401-412, 2003.

CAPÍTULO I

SAZONALIDADE DA PRODUÇÃO DE LITEIRA NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, BELTERRA – PA¹

Alessandra Damasceno da Silva
Raimundo Cosme de Oliveira Junior
Plínio Barbosa de Camargo

¹ Capítulo escrito de acordo com as normas da Revista Acta Amazonica

Sazonalidade da produção de liteira na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra – Pa*

Alessandra Damasceno da SILVA¹, Raimundo Cosme de OLIVEIRA JUNIOR², Plínio Barbosa de CAMARGO³

¹Engenheira Agrícola. Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Oeste do Pará. sda.alessandra@gmail.com

²Orientador. Engenheiro Agrônomo. Doutor em Geoquímica Ambiental. Embrapa Amazônia Oriental e CEULS-ULBRA, raimundo.oliveira-junior@embrapa.br e agronomia.stm@ulbra.br

³Pesquisador do CENA/USP

*Parte da dissertação da primeira autora

RESUMO

O trabalho objetivou verificar a sazonalidade da produção de liteira, na Floresta Nacional do Tapajós, localizada no município de Belterra, PA. Foram realizadas coletas quinzenais no período de 2002-2004, onde a deposição de liteira total foi de $6565,45 \pm 216,42 \text{ kg ha}^{-1}$; $6433,51 \pm 332,05 \text{ kg ha}^{-1}$ e de $8465,97 \pm 273,53 \text{ kg ha}^{-1}$ no primeiro, segundo e terceiro ano, respectivamente. A deposição apresentou-se sazonal, com picos de produção em agosto, setembro e outubro, meses correspondentes ao período seco e de maiores temperaturas. Os valores mínimos foram observados em maio, junho e julho, final do período chuvoso e início da estação seca. Quando utilizado a Análise de Variância do tipo Fatorial de Medidas Repetidas para a comparação da produção nas estações (chuvosa e seca) e nos anos (2002 a 2004) verificou-se que, embora maior aporte tenha sido observado em 2004, os valores de F e p mostraram que não houve diferença estatística significativa ($F_{[2,10]}=0,289$, $p=0,971$) na produção total considerando a interação conjunta entre esses anos e as estações. Mas, quando analisado separadamente, observou-se que a estação influenciou a produção ($F_{[1, 5]}=8,291$, $p=0,034$), sendo maior na estação seca. O fator ano não gerou influência na diferença ($F_{[2, 10]}=2,334$, $p=0,147$).

PALAVRAS-CHAVE: Produção de liteira, Flona do Tapajós, Precipitação, Temperatura.

Seasonality of production in the Tapajós National Forest, Belterra – Pa

ABSTRACT

The work aimed to verify the seasonality of litter production, in the Tapajós national forest, located in the city of Belterra, PA. Fortnightly collections were carried out in the period of 2002-2004, where the litter deposition total was $6565.45 \pm 216.42 \text{ kg ha}^{-1}$; $6433.51 \pm 332.05 \text{ kg ha}^{-1}$ and $8465.97 \text{ kg ha}^{-1} \pm 273.53$ on the first, second and third year, respectively. The deposition was seasonal, with the largest production in August, September and October months corresponding to dry period and higher temperatures. The minimum values were observed in may, June and July, end of the rainy season and beginning the dry season. When used ANOVA Factorial type of repeated measurements for the comparison of production in seasons (dry and rainy) and years (2002 to 2004) was verified that although greater contribution has been observed in 2004, F and p values showed that there was no statistically significant difference ($F_{[2,10]} = 0.289$, $p = 0.971$) on total production considering the joint interaction between these years and seasons. But, when analyzed separately, it was observed that the station influenced the production ($F_{[1, 5]} = 8.291$, $p = 0.034$), being higher in the dry season. The year factor did not generate influence on difference ($F_{[2, 10]} = 2.334$, $p = 0.147$).

KEYWORDS: Litter Production, Tapajós National Forest, Precipitation, Temperature.

INTRODUÇÃO

Liteira ou serapilheira é a camada de detritos orgânicos que se acumula sobre o solo dos ecossistemas florestais, sendo constituída por folhas, galhos, cascas, ramos, caules, flores, frutos, sementes, além de dejetos animais e partes vegetais/animais não identificadas. Esse material desempenha importante papel nos ecossistemas florestais, pois seu aporte permite a formação de uma manta protetora na superfície do solo que regula as condições microclimáticas (Sayer, 2006), fazendo parte, também, do ciclo de nutrientes, devido a deposição, acúmulo e decomposição do material vegetal.

A floresta tropical densa de terra firme, que cobre a maior parte da região amazônica e que se situa predominantemente sobre solos de baixa fertilidade química natural (Jordan, 1985; Fernandes, 1997; Luizão, 2007) tem sua dinâmica de crescimento e desenvolvimento muito ligada a produção de liteira, pois esta é essencial para a ciclagem de nutrientes. Aliado a isto, encontra-se a alta diversidade vegetal da floresta, composta por espécies nativas adaptadas às condições climáticas e nutricionais do solo. Então, observa-se que tais espécies dependem de uma eficiente reciclagem da matéria orgânica produzida pela própria floresta.

O conhecimento dos índices de produção de liteira é caracterizado por White et al. (2012) como uma ferramenta indicadora do grau de fragilidade e do nível de perturbação dos ecossistemas florestais, em face da crescente ocupação destes ambientes naturais pelo homem, tendo em vista que os estudos da produção desse material, bem como o do fluxo de nutrientes minerais associados são de fundamental importância para a compreensão dos aspectos dinâmicos dos ecossistemas. Por esse motivo, Proctor (1983) e White et al. (2012) destacam que sua quantificação vem sendo realizada em diversas partes do mundo, uma vez que Calvi et al. (2009) ressaltam que a liteira assume o papel de estoque potencial de nutrientes para o sistema. Para tanto, utiliza-se uma metodologia simples, de baixo custo e relativamente padronizada (Proctor, 1983; White et al., 2012).

A deposição de liteira é o resultado da interação de muitos fatores e, conforme as peculiaridades de cada sistema, um fator pode prevalecer sobre os demais (BRUN, et al., 2001). Dentre esses fatores estão: tipo de vegetação, altitude, latitude, precipitação, temperatura, regimes de luminosidade, relevo, evapotranspiração, disponibilidade hídrica, características do solo (Wisniewski et al., 1997; Brun, et al., 2001; Figueiredo Filho et al., 2003; Caldeira, 2003).

Os padrões de deposição demonstram a heterogeneidade temporal e espacial do ambiente e que pode afetar a estrutura e dinâmica da comunidade de plantas, por isso, a

quantificação da produção de serapilheira contribuí para a compreensão do funcionamento e manejo de florestas, particularmente nas regiões tropicais. Pois, por meio de avaliações desse tipo pode-se obter uma gama de informações para expansão do conhecimento acerca de um bioma, auxiliando como ferramenta de planejamento e ação para manejos a serem adotados em regiões antropizadas e em vias de degradação. Neste sentido, este estudo teve como objetivo verificar a sazonalidade da produção de liteira na Floresta Nacional do Tapajós, correlacionando sua produção com as variáveis climáticas (precipitação e temperatura do ar).

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada no km 67 da Rodovia Santarém-Cuiabá (BR-163), na Floresta Nacional do Tapajós – Flona do Tapajós (2° 45' a 4° 10' S e 54° 45' a 55° 30' W), Município de Belterra, estado do Pará (Figura 1). A Flona foi criada em 1974 pelo Decreto Federal nº 73.684 de fevereiro de 1974 (Ruschel, 2008), sendo alterada pela Lei Federal nº 12.678 a partir de 26 de junho de 2012 (Brasil, 2012) e possui área de 527.319 hectares que abrange os municípios de Belterra, Aveiro, Placas e Rurópolis.

A Flona está inserida no Bioma Amazônia e é definida pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) como uma área com predominância de espécies nativas e que tem por objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável.

A vegetação predominante na área de estudo é classificada como Floresta Ombrófila Densa, caracterizada pela dominância de árvores de grande porte, além de lianas e epífitas (Velooso et al. 1991; Hernandez Filho et al. 1993). Nessa região existe predominância de LATOSSOLO AMARELO Distrófico, caracterizados por diferentes texturas, geralmente profundo, ácido, friável e revestido por florestas densas (Espírito-Santo et al, 2005). De acordo com Ruschel (2008) o clima é tropical úmido, com temperatura média anual de 25,5 °C e variação térmica anual inferior a 5 °C, classificado como Ami no sistema Köppen, com precipitação média anual em torno de 1.900-2110 mm, sendo as maiores precipitações ocorrentes nos meses de janeiro a maio.

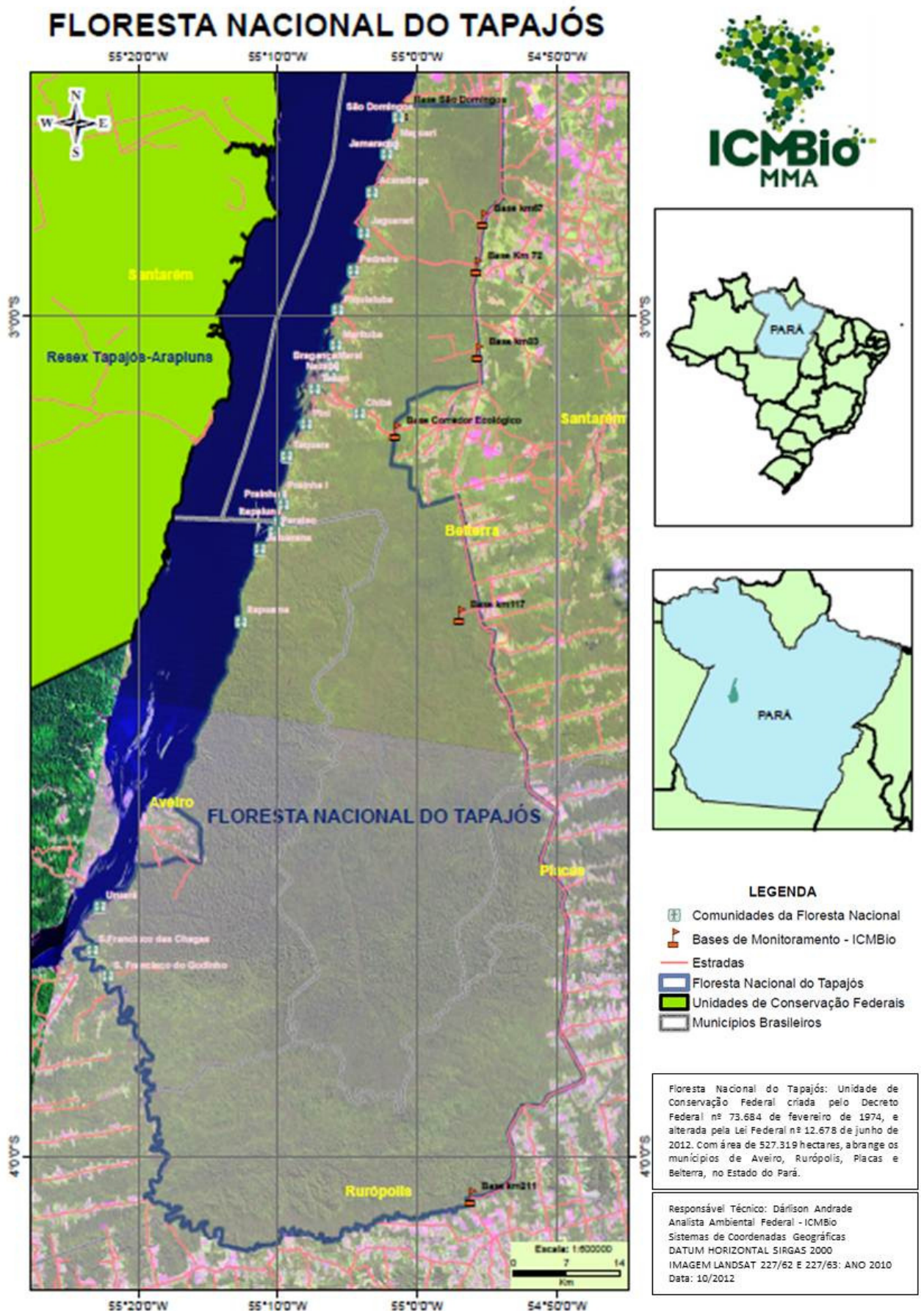


Figura 1 – Localização da Floresta Nacional Tapajós no Pará, no município de Belterra, estado do Pará
 Fonte: ICMBio, 2013

Processamento do material

Os dados da produção de liteira foram obtidos por meio de quatro transectos delimitados no Km 67 da Flona do Tapajós, com 1000 m de comprimento e 50 m de largura cada, totalizando 20 ha (Figura 2). A torre existente no Km 67 serviu como ponto referência para localização dos transectos, pois três deles tem início próximo à torre, sendo eles: T#1, T#2 e o T#3. Já o transecto 4 (T#4) tem início no T#2, de onde vai 500 m para o sul e 500 m para o norte. Em cada transecto foram distribuídos 10 (dez) coletores circulares de plástico com área de 0,22 m² cada, sendo o fundo feito de nylon com malha de 4 mm², somando 40 coletores.

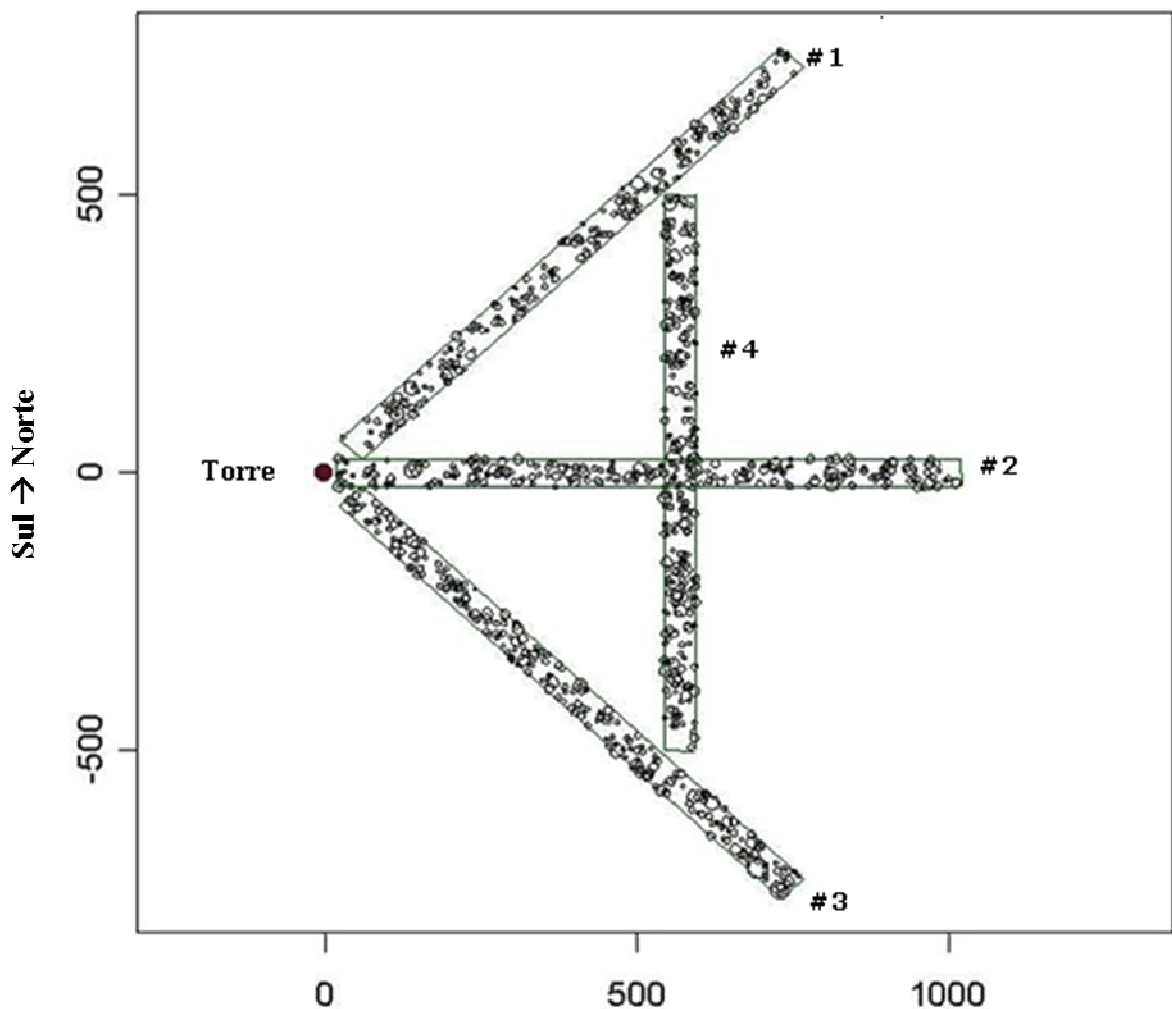


Figura 2 – Esquema da distribuição dos quatro transectos na área de estudo, município de Belterra-Pa
Fonte: PROJETO LBA-ECO

As coletas tiveram início em janeiro de 2002 e foram finalizadas em dezembro de 2004, totalizando três anos. Quinzenalmente todo o material presente em cada coletor foi recolhido, acondicionado em embalagem de papel Kraft, identificado com a numeração do

coletor e a data da coleta e submetido à secagem em estufa de circulação de ar forçada a 65°C, até peso constante. As coletas foram quinzenais para evitar a excessiva lavagem do material pelas chuvas, porém cada duas amostras quinzenais foram agrupadas em uma amostra mensal.

Após secagem, a liteira foi separada nas frações: folhas (incluindo folíolos e pecíolo), madeira (partes lenhosas arbóreas de todas as dimensões e as cascas), flores/frutos (estruturas reprodutivas) e miscelânea (material vegetal que não pode ser identificado em função do processo de decomposição e material de origem animal como excrementos, por exemplo). Em seguida, as frações foram acondicionadas em embalagens de papel e identificadas, seguindo novamente para secagem em estufa até atingir peso constante. A partir daí obteve-se o peso de cada fração por meio de sua pesagem em balança de precisão. Com os valores do peso seco foi possível estimar a produção mensal e anual de liteira fina em kg ha⁻¹.

Variáveis meteorológicas

Os dados médios de temperatura (°C) e precipitação (mm) utilizados no presente estudo foram obtidos por meio da estação micrometeorológica localizada no Km 67, através de sensor de temperatura (Campbell Scientific 500) e pluviômetro (Texas Instruments), respectivamente.

A Figura 3 mostra a distribuição mensal da pluviosidade e temperatura do ar durante os anos da pesquisa. A precipitação total foi 1663,45; 1263,40 e 1929,89 mm em 2002, 2003 e 2004, respectivamente. Espírito-Santo (2005) descreve, para esta região, o período seco como aquele que vai de julho a dezembro e o chuvoso de janeiro a junho, contudo, no ano de 2003 o menor índice pluviométrico foi observado nos meses de janeiro, mostrando-se atípico. As precipitações pluviométricas dos anos de 2002 e 2003 se mostraram abaixo da média (1.900 – 2.110 mm) apontada por Ruschel (2008) para essa região, onde apenas o ano de 2004 ficou na faixa prevista.

A temperatura média anual do período estudado foi de 25,3 °C, aproximando-se à média indicada por Ruschel (2008) para essa região do Pará, que é de 25,5 °C (com variação inferior a 5°C). As maiores médias das temperaturas médias mensais foram superiores a 26 °C e se concentraram principalmente nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro.

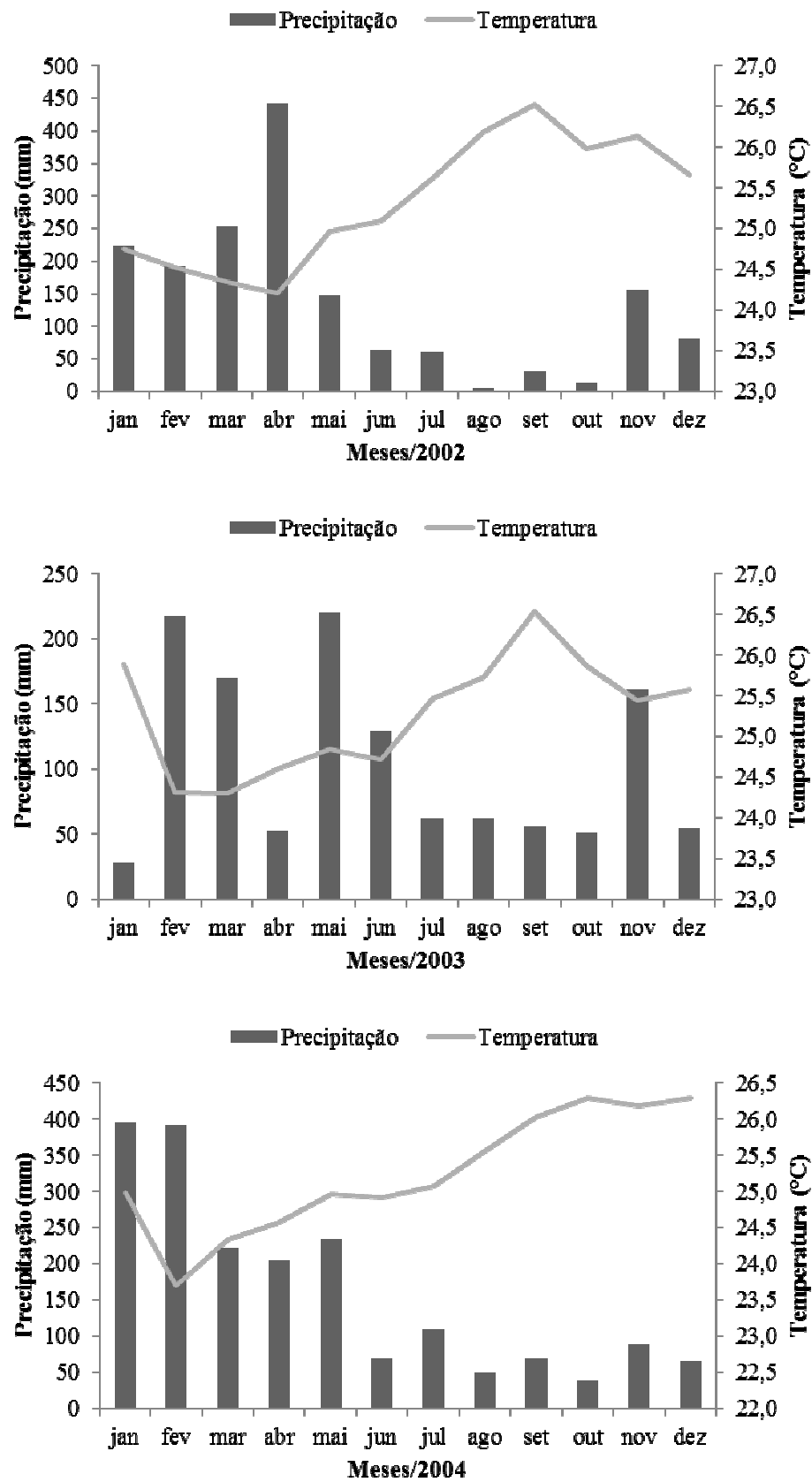


Figura 3 – Média da precipitação e temperatura do ar no período estudado na Flona do Tapajós (2002-2004)

Análises estatísticas

Utilizou-se a ANOVA (Análise de Variância) do tipo Fatorial de Medidas Repetidas (Littell et al., 2006) para a comparação de cada fração da produção nas estações (chuvosa e seca) e nos anos (2002 a 2004), considerando-se os valores mensais. Para determinação das possíveis diferenças entre as produções ao longo dos anos e nos períodos chuvoso e seco, considerou-se a existência de dois fatores que podem gerar influência: os três anos e as duas estações (períodos). Primeiramente foi realizada uma análise das interações entre estes fatores com a ANOVA Fatorial de Medidas Repetidas, para verificar se sua ação dá-se-ia conjuntamente. Caso não sendo encontrada interação estatisticamente significativa, ou seja, $p \geq 0,05$ fez-se a análise de cada fator isoladamente. Caso sendo encontrado $p < 0,05$ em algum fator, considera-se então que este influenciou a produção. As análises estatísticas e a elaboração dos gráficos foram executadas com o auxílio dos softwares Microsoft Office Excel 2013; SPSS; Statistica e Graphpad.

RESULTADOS

Os valores percentuais de produção das frações (Figura 4) e da liteira total apresentaram variabilidade devido as características e à dinâmica da área de estudo. A deposição se manteve estável ao longo do período de coletas, no entanto, no terceiro ano (2004) houve um aumento significativo (Tabela 1).

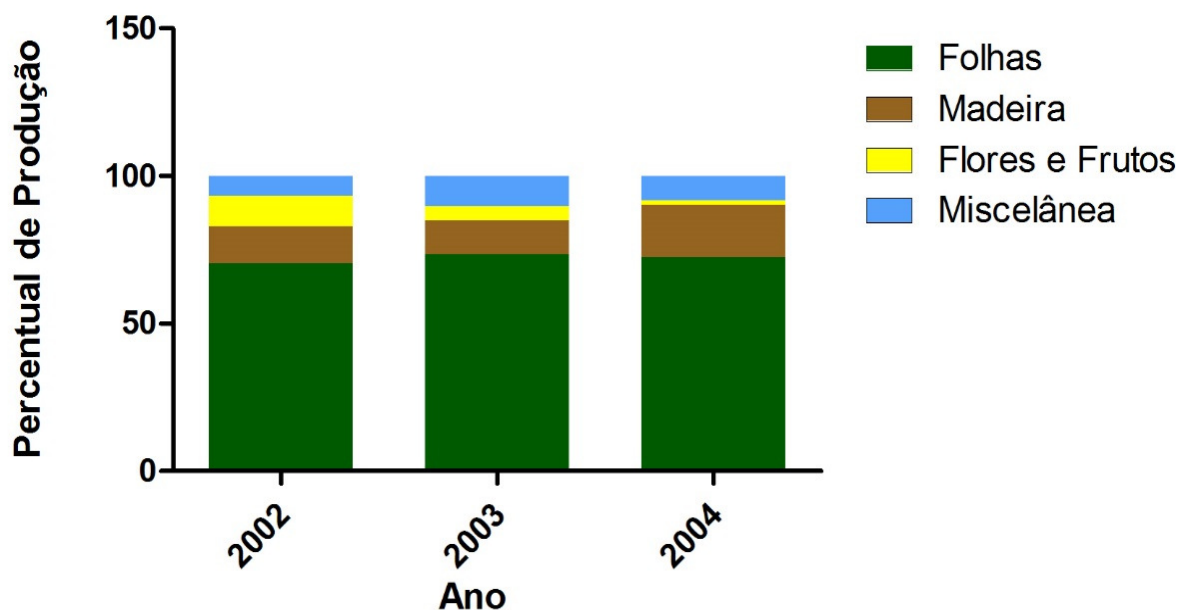


Figura 4 – Percentual de produção das frações de liteira na Flona do Tapajós no período de 2002-2004

No primeiro ano de estudo a deposição de liteira total foi de $6565,45 \pm 216,42 \text{ kg ha}^{-1}$, no segundo ano $6433,51 \pm 332,05 \text{ kg ha}^{-1}$ e no terceiro a deposição chegou a $8465,97 \pm 273,53 \text{ kg ha}^{-1}$. A média dos três anos foi de $7154,98 \text{ kg ha}^{-1}$. A deposição de serapilheira apresentou-se sazonal, com picos máximos em agosto, setembro e outubro, cujos meses correspondem ao do período de seca e de maiores temperaturas do ar. Os valores mínimos de deposição foram observados nos meses de maio, junho e julho, coincidindo o final do período da estação chuvosa com início da estação seca e de menores temperaturas do ar.

Tabela 1. Produção total e frações da liteira ($\text{kg ha}^{-1} \pm \text{desvio}$) e seus respectivos percentuais (%) nos três anos de estudo durante o período seco e chuvoso na Flona do Tapajós, Belterra-Pa

	Período Seco	Período Chuvoso	Total Ano (%)
2002			
Folhas	$3162,06 \pm 91,56$ (74,50)	$1452,89 \pm 98,77$ (62,60)	$4614,94 \pm 174,28$ (70,3)
Madeira	$437,63 \pm 28,80$ (10,30)	$385,99 \pm 29,76$ (16,60)	$823,61 \pm 28,28$ (12,6)
Reprodutivo	$378,02 \pm 26,31$ (8,90)	$305,78 \pm 27,63$ (13,20)	$683,8 \pm 26,48$ (10,4)
Miscelânea	$266,15 \pm 15,74$ (6,30)	$177,01 \pm 13,65$ (7,60)	$443,16 \pm 16,05$ (6,7)
Liteira Total	$4243,85 \pm 128,74$ (100)	$2321,60 \pm 157,75$ (100)	$6565,45 \pm 216,42$ (100)
2003			
Folhas	$3206,88 \pm 320,83$ (78,40)	$1506,40 \pm 98,37$ (64,30)	$4713,27 \pm 295,90$ (73,3)
Madeira	$426,21 \pm 30,43$ (10,40)	$324,25 \pm 28,79$ (13,80)	$750,46 \pm 32,41$ (11,7)
Reprodutivo	$108,20 \pm 3,19$ (2,70)	$195,15 \pm 16,63$ (8,30)	$303,35 \pm 13,22$ (4,7)
Miscelânea	$347,65 \pm 14,38$ (8,50)	$318,77 \pm 11,95$ (13,60)	$666,43 \pm 15,08$ (10,3)
Liteira Total	$4088,95 \pm 354,39$ (100)	$2344,57 \pm 143,43$ (100)	$6433,51 \pm 332,05$ (100)
2004			
Folhas	$3903,91 \pm 192,61$ (74,40)	$2226,63 \pm 75,08$ (69,20)	$6130,53 \pm 201,84$ (72,4)
Madeira	$867,32 \pm 79,58$ (16,50)	$635,09 \pm 57,07$ (19,80)	$1502,4 \pm 67,90$ (17,7)
Reprodutivo	$64,82 \pm 14,39$ (1,20)	$74,70 \pm 8,22$ (2,30)	$139,52 \pm 11,33$ (1,7)
Miscelânea	$412,49 \pm 28,84$ (7,90)	$281,02 \pm 12,96$ (8,70)	$693,51 \pm 24,22$ (8,2)
Liteira Total	$5248,53 \pm 281,32$ (100)	$3217,44 \pm 129,24$ (100)	$8465,97 \pm 273,53$ (100)

De maneira geral, embora um maior aporte tenha sido observado em 2004 o gráfico abaixo (Figura 5) e os valores de F e p mostram que não houve diferença estatística significativa (ANO e ESTAÇÃO: $F_{[2, 10]}=0,289$, $p=0,971$) na produção total da liteira considerando a interação conjunta entre os anos estudados e as estações (seca e chuvosa) desse período. A produção de liteira foi maior nas estações secas quando comparada à estação chuvosa, assim, quando analisado separadamente verificou-se que a estação influenciou a produção total de liteira (ESTAÇÃO: $F_{[1, 5]}=8,291$, $p=0,034$), sendo esta maior na estação seca, conforme vê-se no gráfico da Figura 6. O fator ano não gerou influência na diferença (ANO: $F_{[2, 10]}=2,334$, $p=0,147$).

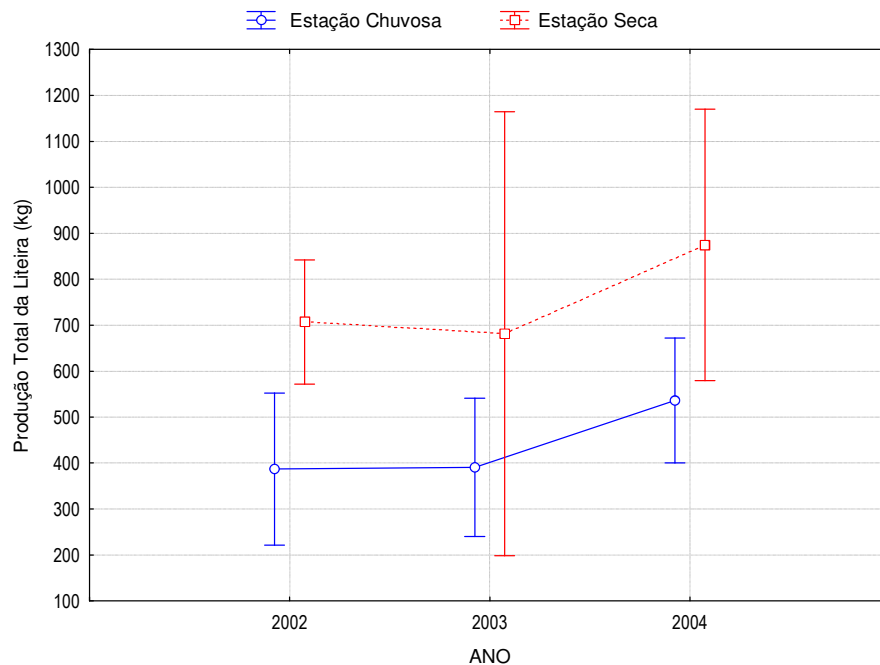


Figura 5 – Comparação da produção total de liteira na Flona do Tapajós entre o período de 2002-2004 e as estações (seca e chuvosa)

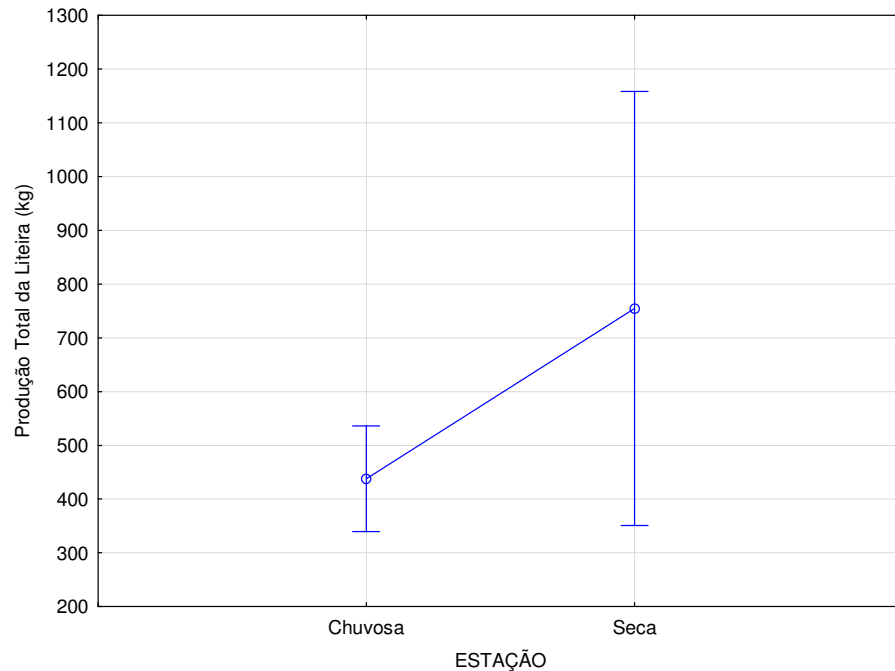


Figura 6 - Comparação da produção total de liteira na Flona do Tapajós entre as estações (seca e chuvosa)

No entanto, analisando as relações entre as condições climáticas e a produção de liteira, por meio do coeficiente de correlação de Pearson (r), onde os resultados estão expressos na Tabela 2, foi observado que a deposição das frações folhas e do total depositado correlacionou-se de forma inversa com a precipitação. A temperatura média do ar teve correlação positiva com a deposição da fração folhas e miscelânea e do total depositado. As correlações oscilaram de fraca a moderada. O r indica a magnitude e o sinal da correlação. Estas só devem ser consideradas se o valor de p for menor que 0,05.

As correlações entre a produção de liteira e a precipitação foram negativas demonstrando, assim, maior sensibilidade ao regime de chuvas.

Tabela 2. Coeficiente de correlação de Pearson¹ entre as variáveis meteorológicas e a produção de serapilheira no período de 2002-2004, na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra, PA

PRODUÇÃO		Precipitação	Temperatura
Liteira Total	R	-0,472**	0,635**
	p-valor	0,004	0,000
Folhas	R	-0,514**	0,665**
	p-valor	0,002	0,000
Madeira	R	-0,073	0,237
	p-valor	0,677	0,170
Flores e Frutos	R	-0,141	0,109
	p-valor	0,420	0,535
Miscelânea	R	-0,296	0,434**
	p-valor	0,085	0,009

¹ $|r| < 0,5$ – correlação fraca; $0,5 \leq |r| < 0,7$ – correlação moderada; $|r| \geq 0,7$ correlação forte.

**Significativo, $p < 0,05$.

A produção total de liteira teve correlação moderada, negativa e significativa com a precipitação ($r=-0,514$ e $p=0,002$) e moderada, positiva e significativa com a temperatura ($r=0,665$ e $p=0,000$).

A produção da Fração folhas apresentou diferença apenas influenciadas pelo fator estação ($F_{[1, 5]}=10,201$, $p=0,024$), sendo maior na estação *seca* que na *chuvosa* (Figura 7). Não houve diferença estatística significativa quando comparado conjuntamente a produção da fração folhas entre os anos e as estações (ANO e ESTAÇÃO: $F_{[2, 10]}=0,00063$, $p=0,999$). A análise individual entre a produção dessa fração no decorrer dos anos estudados, também não mostrou diferença (ANO: $F_{[2, 10]}=2,368$, $p=0,143$).

A produção de folhas apresentou correlação moderada, negativa e significativa com a precipitação ($r=-0,514$ e $p=0,002$) e moderada, positiva e significativa com a temperatura ($r=0,665$ e $p=0,000$).

De acordo com a Figura 8 a produção da fração madeira apresentou diferença apenas influenciada pelo fator Ano ($F_{[2, 10]}=7,20$, $p=0,011$), tendo decaído em 2003 (quando comparado a 2002) e atingido maior produção em 2004 (Produção média: 2002 = 68,63 kg; 2003 = 62,53 kg e 2004 = 125,20 kg). Não houve diferença estatística significativa quando comparado Ano e Estação ($F_{[2, 10]}=0,225$, $p=0,802$), e também, quando comparado apenas com a Estação ($F_{[1, 5]}=2,452$, $p=0,178$).

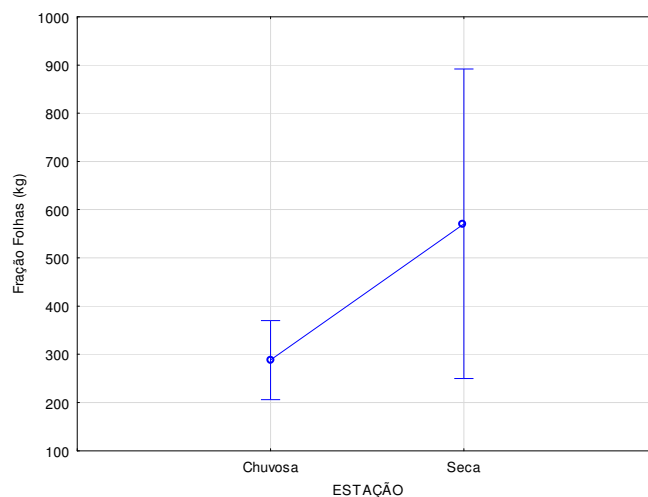


Figura 7 - Comparação da produção da fração Folhas na Flona do Tapajós entre as estações (seca e chuvosa)

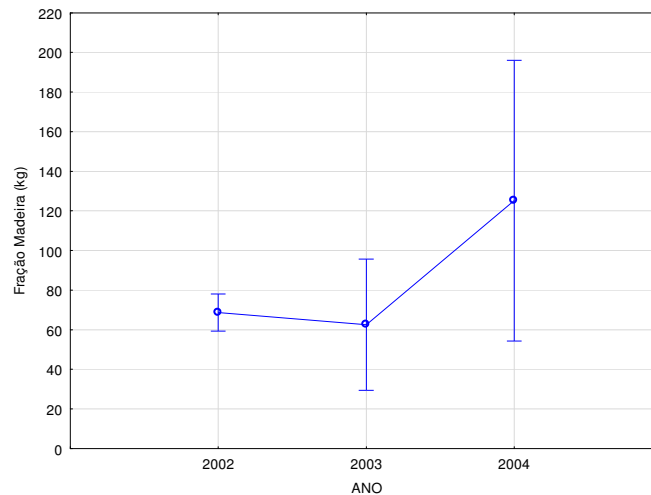


Figura 8 - Comparação da produção da fração Madeira na Flona do Tapajós no período experimental

A produção da Fração Reprodutiva apresentou diferença estatisticamente significativa com $p < 0,001$ influenciadas pelo fator Ano ($F_{[2, 8]} = 31,083$, $p = 0,00017$), tendo apresentado decréscimo a partir de 2002 (média de produção: 2002 = 88,25 kg; 2003 = 26,40 kg e 2004 = 13,41 kg) (Figura 9). Não houve diferença estatística entre os fatores Estação ($F_{[1, 4]} = 0,372$, $p = 0,574$) e Ano e Estação ($F_{[2, 8]} = 2,918$, $p = 0,111$).

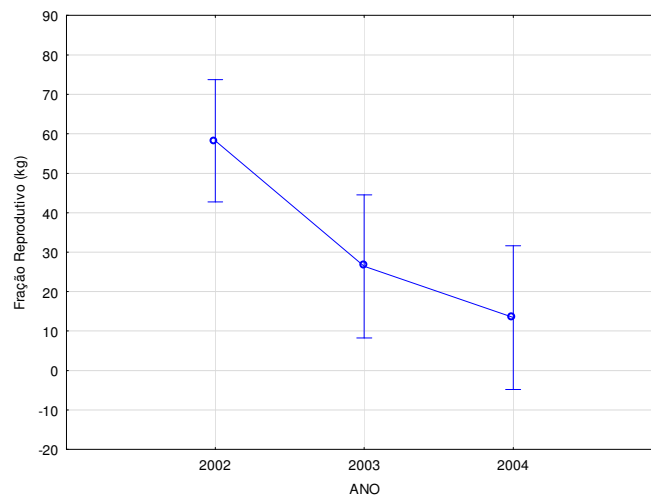


Figura 9 - Comparação da produção da fração Reprodutivo na Flona do Tapajós entre os anos da pesquisa

A produção da fração Miscelânea não apresentou diferenças estatísticas significativas em nenhum dos fatores (ANO e ESTAÇÃO: $F_{[2, 10]} = 0,763$, $p = 0,491$; ANO: $F_{[2, 10]} = 3,254$, $p = 0,815$ e ESTAÇÃO: $F_{[1, 5]} = 2,548$, $p = 0,171$). No entanto, essa fração apresentou correlação moderada, positiva e significativa com a temperatura ($r = 0,665$ e $p = 0,009$).

DISCUSSÕES

Os anos de 2002/2003 (intensidade moderada) e 2004/2005 (intensidade fraca) estiveram sob a influência de condições distintas ocasionadas pelo fenômeno de grande escala El Niño (Inpe, 2013). Este evento está associado com o predomínio de anomalias negativas de precipitação (chuva abaixo do normal) atingindo todas as regiões do Pará (Parente, 2008). Parente (2008) ressalta, ainda, que esse fenômeno é mais intenso nos seus primeiros meses, iniciando logo em seguida uma fase de enfraquecimento do fenômeno onde, no Pará, observam-se diferenças na precipitação regional com algumas áreas apresentando um padrão inverso, ou seja, com chuvas acima do normal.

No entanto, reflexos desses fenômenos podem ser observados em anos posteriores a sua ocorrência (Scoriza, 2009). Nesse estudo, por exemplo, viu-se que a produção de serapilheira na Flona do Tapajós, no ano de 2004 foi superior aos demais anos estudados. Comportamento semelhante foi observado por Monteiro (2005), quando estudou as interações na dinâmica do carbono e nutrientes da liteira entre uma floresta de terra-firme e o igarapé de drenagem na Amazônia Central, onde apesar dos valores seguirem a mesma tendência, foi observado aumento na quantidade de folheto, o que provavelmente seja reflexo do efeito El Niño que marcou o ano de 2002, tendo um aumento na produção de liteira no ano de 2003. Ressalta-se, portanto, que os percentuais de liteira produzidos pela Flona Tapajós estão de acordo com aqueles sugeridos por Bray e Gorham (1964), que afirmam que as serapilheiras amostradas em diferentes florestas do mundo, em geral, são compostas de 60 a 80% por folhas, de 1 a 15% por frutos, de 12 a 15% por ramos e de 1 a 25% por cascas de árvores.

No decorrer do período experimental a produção de liteira foi ininterrupta, porém, houve maior aporte de material no período seco. Este padrão é observado também em outras florestas tropicais (Luizão e Schunart, 1986; Smith et al, 1998; Teixeira et al, 2001), sendo que uma maior produção de liteira nos períodos mais secos pode ser atribuída a vários fatores, tais como: disponibilidade de água (Poggiani e Monteiro Junior, 1999; Medeiros e Almeida, 2003), nutrientes (Morellato, 1992), e incidência de ventos (Martins e Rodrigues, 1999). Martins e Rodrigues (1999), afirmam que a maior produção de liteira na estação seca é uma resposta da vegetação ao estresse hídrico, já que a senescência das folhas reduz a perda de água por transpiração. Medeiros e Almeida (2003) verificaram que, após a exclusão de água numa floresta localizada em Melgaço, no Pará, a redução na produção desse material foi acentuada, devido a não renovação das folhas da vegetação nesse período, onde as mesmas se encontravam sob forte estresse hídrico, resultando numa redução de 28% da serapilheira fina.

A produção de liteira no ano de 2004 ($8465,97 \text{ kg ha}^{-1}$) foi superior a média de $8000 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ sugerida para florestas situadas na Amazônia brasileira (Dantas e Phillipson., 1989; Cabianchi, 2010), mas esta e as demais estão dentro da faixa sugerida para florestas tropicais de todo o mundo, que oscilam entre 4000 e $25000 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Golley et al, 1978; Cabianchi, 2010). A produção observada na Flona do Tapajós foi inferior a relatada por Selva et al. (2007) ao estudar uma floresta nativa no Sul da Amazônia, próximo de Juruena no Mato Grosso, onde ele observou que a produção de serapilheira foi de $11800 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, mostrando, também, forte sazonalidade, com maior deposição nos meses mais secos do ano.

Andrade et al (1999) verificaram que florestas tropicais sobre solos de baixa fertilidade aportam cerca de 7500 kg ha^{-1} , enquanto que em solos de fertilidade média e em áreas montanhosas essa produção é de 10500 kg ha^{-1} e 6300 kg ha^{-1} , respectivamente. Sendo assim, a Flona do Tapajós se enquadra na categoria de florestas com solos entre baixa e média fertilidade, de acordo com o proposto por Andrade et al (1999).

Medeiros e Almeida (2003) em estudo realizado numa floresta primária de terra firme localizada na Estação Científica Ferreira Penna (ECFPn), em Caxiuanã, município de Melgaço no Pará, estimou a produção em $9588 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de liteira, nas condições normais de temperatura, umidade e pluviosidade. Sendo este valor, também, superior ao verificado na Flona do Tapajós, Belterra, Pará. Porém, esses autores relataram que quando submetida à exclusão de água da chuva, a produção de liteira foi estimada em apenas $6900 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, valor este também superior aquele produzido na Flona do Tapajós na estação seca, com maior restrição hídrica, onde a maior produção nessa estação se deu em 2004 ($5248 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

Nesse estudo a redução na produção de liteira ocorreu nos meses mais chuvosos, que segundo Espírito-Santo e Shimabukuro (2005) são compreendidos entre Janeiro e Junho e no decorrer dos meses com menor índice de precipitação, Julho e Dezembro, ocorreu maior aporte de material. Para Rocha (2006) a maior deposição de liteira na estação seca e durante o início do período chuvoso tem se mostrado como um padrão característico de florestas tropicais, com tendências sazonais em função das condições climáticas ao longo do ano.

Em relação a influência das estações na produção de liteira, assim como Calvi et al (2009) verificaram em área de floresta, foi observada para a Flona do Tapajós significância (anova) apenas para a produção total de liteira e fração folhas nos três anos de estudo. Quanto ao coeficiente de correlação de Pearson, foram obtidos resultados semelhantes aqueles encontrados por Calvi et al (2009), com correlação moderada e negativa, demonstrando que na medida que houve diminuição da disponibilidade de água no ambiente, aumentou-se a proporção da liteira depositada, tanto da fração folhas como do total. Mas, em relação às

demais frações, as correlações foram fracas e positivas, mostrando que a incidência das chuvas não influenciou muito sobre estas outras frações (Calvi et al., 2009). Hermansah et al. (2002) encontraram correlações positivas entre a produção e a temperatura, porém em relação a precipitação, houve correlação negativa e fraca, onde as correlações negativas demonstraram a maior sensibilidade ao regime de chuvas.

Alguns pesquisadores afirmam que a temperatura é um fator capaz de influenciar a deposição de liteira ao longo do ano através de alterações nos padrões de abscisão foliar (Pinto et al. 2008; Pinto e Marques 2003; Pagano e Durigan 2000), mas Larcher (2000) ressalta também, que temperaturas baixas podem promover a abscisão foliar em espécies arbóreas, enquanto temperaturas mais altas podem retardar o processo. Burghouts e Campbell (1994) apontaram a umidade do solo como fator determinante para o aporte de liteira numa floresta tropical na Malásia. Porém, ressalta-se que a quantidade de liteira depositada no piso florestal é determinada tanto pela disponibilidade de água como por fatores locais como temperatura, fertilidade do solo, fotoperíodo, fatores bióticos e muitos outros.

No estudo de Pezzatto e Wisniewski (2006) as correlações entre as deposições de serapilheira e as variáveis meteorológicas (temperatura e precipitação) mostraram-se de fracas a moderadas e Poggiani e Monteiro Jr. (1990) e König et al. (2002) atestaram que os meses com menor pluviosidade coincidiram com os de maior produção de liteira, encontrando correlação positiva com as menores médias de temperatura. Sanches et al (2009) observaram através de correlação entre a produção de liteira e algumas variáveis climáticas (temperatura, umidade relativa do ar e precipitação), que a produção desse material e a umidade relativa do ar e a precipitação se correlacionaram de maneira negativa, porém significativa, no entanto eles não encontraram correlação significativa entre a produção e a temperatura média do ar.

Schumacher et al. (2003) encontraram correlações entre a produção de liteira e a temperatura média mensal, não verificando nenhum efeito significativo da precipitação na produção. Tais resultados levaram a crer que o comando que desencadeou a produção foi o calor. Porém, quando Figueiredo Filho et al. (2003) avaliaram a deposição de liteira numa Floresta Ombrófila Mista no Paraná, observaram que a temperatura não influenciou na deposição, uma vez que a variação desta foi pequena entre as estações, enquanto que a precipitação teve influência. Mariano et al (2007) constataram através desta mesma análise que a deposição de liteira se correlacionou negativamente com a precipitação, não encontrando também correlação significativa com a temperatura.

A fração Folhas com produção média acima de 70% está de acordo com estudos acerca da produção de serapilheira em florestas tropicais (Werneck et al., 2001; Luizão et al.,

2004; Moreira e Silva, 2004). Segundo Moreira e Silva (2004) a formação florestal ao sofrer estresse hídrico, responde com maior queda de folhas, pois para Larcher (2000) e Matos e Costa (2012) as folhas são o principal órgão responsável pela regulação hídrica vegetal, através dos estômatos. Souto (2006) relata que a menor produção de liteira no período das chuvas está relacionado com a renovação das folhagens que é favorecida pela ocorrência das chuvas, permitindo um período fotossintético mais ativo das folhas novas, onde estas irão gerar e acumular reservas nutritivas para desencadear a fenologia das plantas nesse período de maior disponibilidade hídrica.

Para Pagano e Durigan (2000) outro fator que pode estar relacionado à variação sazonal na produção da fração foliar é a ocorrência de dias mais curtos na estação chuvosa, onde Taiz e Zeiger (2002) ressalta que um dos principais hormônios relacionados aos processos de senescência e abscisão foliar, o etileno, tem sua produção oscilando em ritmo circadiano, com maior produção no decorrer do dia e menor no período noturno. Por isso, as variações de disponibilidade de água no solo da floresta e a quantidade de horas de luz/ausência de luz ao longo das estações do ano pode ser um fator de grande importância para a regulação do aporte da fração foliar no ambiente.

As demais frações de liteira (Madeira; Flores e Frutos e Miscelânea) coletados na Flona do Tapajós não apresentaram correlação significativa com as variáveis climáticas (temperatura e precipitação), sendo este um indicativo de que estas não estão associadas à sua produção. Assim, Marimon Júnior (2007) afirma que a falta de correlação significativa entre as variáveis climatológicas e a produção de liteira podem estar ligados ao atraso de resposta da vegetação ao estresse hídrico, que geralmente tende a deslocar o pico da curva de aporte da liteira para frente do pico de mínima da precipitação. Segundo Luizão (1989), na Amazônia, a maior produção mensal de liteira no período seco é sempre esperado, pois esse período é caracterizado pela queda de uma maior quantidade de detritos orgânicos. Contudo, Rodrigues e Leitão Filho (2004) afirmam que outros fatores podem estar envolvidos, tais como nível de fertilidade do solo e grau de perturbação da vegetação.

Vilani et al (2006) enfatizam que espécies vegetais tropicais utilizam a estação seca, para fazer a “liberação” de seus componentes constituintes, renovando seu tecido fotossintético, pelo fato de ser mais desvantajosa em relação a disponibilidade hídrica. No entanto, estes autores afirmam que é possível considerar que a estação seca tenha pouco impacto na produção da liteira e que, na verdade, este processo esteja mais relacionado com o sincronismo natural do início de brotamento das espécies provocado por um melhor fotoperíodo do que pela precipitação.

Entretanto, Larcher (2000) afirma a baixa umidade solo, ocasionada devido diminuição na precipitação, desencadeia a abscisão foliar e Godinho et al (2013) enfatiza que o aumento do grau de desidratação, em função da baixa umidade, provoca a senescência precoce das folhas. No entanto, existe uma hipótese de que alguns parâmetros vitais à manutenção dos ecossistemas terrestres não são afetados por variações climáticas que diferem das condições normais, pois as comunidades vegetais teriam desenvolvido estratégias adaptativas ao longo do processo evolutivo. (Santos et al., 1984; Godinho et al, 2013).

As frações lenhosas, como a Fração Madeira, tendem segundo Montezuma (2005) a aumentar devido o efeito mecânico das chuvas. Dalmolin et al (2009) encontraram correlação positiva e significativa entre a fração galhos e a precipitação, associando este evento à ocorrência de fortes ventos no período de transição seco/chuvoso, revelando também o efeito proporcionado pela maior massa de matéria que tem de sustentar durante o período de chuvas (presença de muitas folhas, frutos, ramos novos, etc.), tornando-se mais susceptível à quebra e queda. Nesse estudo não houve diferença significativa de produção da Fração Madeira quando comparado com os períodos seco e chuvoso, bem como ao longo dos anos estudados. Xiong e Nilsson (1997) e Scoriza (2009) observaram em seus respectivos estudos que a maior deposição de ramos esteve associada aos meses de maior precipitação. No entanto, Scoriza (2009) observa que a queda desse material pode resultar de processos fisiológicos e ecológicos naturais, como desrama, competição por luz e nutrientes, ataque de insetos, entre outros.

Sanches et al (2009) percebeu que a deposição de flores, mesmo menor que a de folhas, ocorreu somente na estação úmida e que a deposição de frutos não apresentou tendência com relação às condições climáticas, indicando que sua deposição esteja possivelmente ligada à estratégia de dispersão adotada pelas espécies para sua reprodução e que não seja em função das variações do microclima. Esse padrão é típico de florestas tropicais (Jackson, 1978; Silva et al, 2007).

Espig et al (2009) não encontrou correlação significativa entre a produção da Fração Miscelânea e a precipitação. Padrão semelhante foi encontrado no período experimental observado nesse estudo, apresentando correlação significativa apenas com a variável temperatura do ar. Schumacher et al (2008) observam que fatores climáticos extremos, como tempestades ocasionais, podem modificar pouco a temperatura média do ar e por isso, a utilização de dados médios para a análise de correlação podem mascarar possíveis correlações com a variação da produção. Contudo, Scoriza (2009) e Arato et al. (2003)

ressalvam que a temperatura e a precipitação podem não influenciar imediatamente o aporte de liteira, apresentando efeitos mais significativos alguns meses depois.

CONCLUSÕES

A deposição de liteira na Flona do Tapajós foi ininterrupta durante todo período experimental, caracterizando uma floresta tropical típica, cujo aporte desse material é favorecido pelas condições climáticas, tanto de temperatura como de precipitação. Não são descartados, também, a interação com outros fatores.

A média de produção dos três anos de estudo (período de 2002 a 2004) foi estimado em 7154,98 kg ha⁻¹, onde o ano de maior produção foi o de 2004, sendo a fração Folhas aquela que mais contribuiu para a constituição da liteira na área. O aporte das frações demonstrou a seguinte ordem: Folhas > Madeira > Miscelânea > Reprodutivo.

A produção de liteira mostrou um padrão sazonal de deposição, onde o aporte do material foi muito maior durante os períodos secos, acreditando-se, portanto, que esteja relacionado à escassez de precipitação, que diminui a disponibilidade hídrica. As maiores temperaturas também coincidiram com a maior deposição de liteira e os valores mínimos com as menores temperaturas do ar.

Elevadas temperaturas e escassez de água propiciam melhores condições para o aporte desse material, enquanto que nos períodos chuvosos a vegetação fica mais ativa metabolicamente, aproveitando para disponibilizar energia para as novas folhas e brotações, por exemplo. E o material depositado no período anterior colabora com a disponibilização dos nutrientes necessários.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro Universitário Luterano de Santarém (CEULS/ULBRA), pela flexibilidade e à Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), pela oportunidade da pós-graduação.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Andrade, A.G.; Caballero, S.S.U.; Faria, S.M. 1999. *Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 22 p. (Documentos, 13).
- Arato, H.D., Martins, S.V.; Ferrari, S.H. 2003. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. *Revista Árvore*, 27: 715-721.
- Brasil. Lei n° 12.678, de 25 de junho de 2012. 2012. *Diário Oficial da União*. Brasília, 26 jul. 2012. sec. 1. p. 3.

- Bray, J.R.; Ghoran, E. 1964. Litter production in forest of the world. *Advances Ecology of Research*, 2: 101-157.
- Brun, E.J., Schumacher, M.V., Vaccaro, S., Spathelf, P. 2001. Relação entre a produção de serapilheira e variáveis meteorológicas em três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 9: 277-285.
- Burghouts, T.B.A.; Campbell, E.J.F. 1994. Effects of tree species heterogeneity on leaf fall in primary and logged dipterocarp forest in the Ulu Segama Forest Reserve, Sabah, Malaysia. *Journal of Tropical Ecology*, 10: 1-26.
- Cabianchi, G.M. 2010. *Ciclagem de nutrientes via serapilheira em um fragmento ciliar do rio Urupá*. 101f. Dissertação (Mestrado em Química na Agricultura e Meio Ambiente). Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil.
- Caldeira, M.V.W. et al. 2003. Biomassa e nutrientes em *Myrsine ferruginea* (Ruiz & Pav.) Mez E *Myrsine umbellata* Mart. *Revista Floresta*, 33: 265-273.
- Calvi, G.P.; Pereira, M.G.; Espíndula Júnior, A. 2009. Produção de serapilheira e aporte de nutrientes em áreas de Floresta Atlântica em Santa Maria de Jetibá, ES. *Ciência Florestal*, 19: 131-138.
- Dalmolin, Â.C. et al. 2009. Aporte de material vegetal sobre o solo em uma floresta semidecídua ao norte do estado de Mato Grosso. In: Anais do I Seminário Internacional de Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia. *Anais eletrônicos*, 6p. Disponível em: <<http://seminariodoambiente.ufam.edu.br/2010/anais/rn05.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2013.
- Dantas, M.; Phillipson, J. 1989. Litterfall and Litter Nutrient Content in Primary and Secondary Amazonian Terra Firme Rain-Forest. *Journal of Tropical Ecology*, 5: 27-36.
- Espig, S.A. et al. 2009. Sazonalidade, composição e aporte de nutrientes da serapilheira em fragmento de Mata Atlântica. *Revista Árvore*, 33: 949-956.
- Espírito-Santo, F.D.B. et al. 2005. Análise da composição florística e fitossociológica da floresta nacional do Tapajós com o apoio geográfico de imagens de satélites. *Acta Amazônica*, 35: 155-173.
- Espírito-Santo, F.D.B.; Shimabukuro, Y.E. 2005. Validação do mapeamento de uma área de floresta tropical com o uso imagens de videografia aérea e dados de levantamento de campo. *Revista Árvore*, 29: 227-239.
- Fernandes, E.C.M. et al. 1997. Ciência e Cultura. *Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science*, 49: 34-47.
- Figueiredo Filho, A. et al. 2003. Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma floresta ombrófila mista localizada no sul do estado do Paraná. *Ciência Florestal*, 13: 11-18.
- Godinho, T. de O. 2013. Biomassa, macronutrientes e carbono Orgânico na serapilheira depositada em trecho de floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. *Scientia Forestalis*, 97: 131-144.
- Golley, F.B. et al. 1978. *Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida*. São Paulo, 256 p.
- Hermansah, A.Z. et al. 2002. Litterfall and nutrient flux in tropical rain forest, West Sumatra, Indonesia. *Annals of Symposium n.14, Soil fertility as an ecosystem concept, the 17th World Congress of Soil Science, Bangkok*, 2: 502.
- Hernandez Filho, P. et al. 1993. *Relatório final do projeto de inventário florestal na Floresta Nacional do Tapajós*. São José dos Campos: INPE, 126p.
- INPE. 2013. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Enos*. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br>>. Acesso em: 15 dez 2013.

- Jordan, C.F. 1985. *Nutrient cycling in tropical forest ecosystems: principles and their application in management and conservation*. New York, 190 p.
- König, F.G. et al. 2002. Avaliação da sazonalidade da produção de serapilheira numa floresta estacional decidual no município de Santa Maria-RS. *Revista Árvore*, 26: 429-435.
- Larcher, W. 2000. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos, 531p.
- Littell, R.C. et al. 2006. *SAS System for Mixed Models*. SAS Publishing, 2nd Edition, 840p.
- Luizão, F.J. 2007. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. *Ciência e Cultura*. 59: 31-36.
- Luizão, F.J. 1989. Litter production and mineral element input to the forest floor in a central Amazonian forest. *Geo Journal*, 19: 407-417.
- Luizão, F.J.; Schunart, H.O.R. 1986. Produção e decomposição de liteira em florestas de terra firme da Amazônia Central. *Acta Limnology*. 1: 574-600.
- Luizão, R.C.C. et al. 2004. Variation of carbon and nitrogen cycling processes along a topographic gradient in a central Amazonian forest. *Global Change Biology*, 10: 592-600.
- Mariano, K.R.S. et al. 2007. Aporte de Nutrientes ao Solo Via Produção de Serapilheira pela espécie *Coccoloba rosea* Meisn. *Revista Brasileira de Biociências*, 5: 384-386.
- Marimon Júnior, B.H. 2007. Relação entre diversidade arbórea e aspectos do ciclo biogeoquímico de uma floresta monodominante de *Brosimum rubescens* Taub. e uma floresta mista no Leste Matogrossense. 274 f. Tese (Doutorado em Ecologia). Universidade de Brasília.
- Martins, S.V., Rodrigues, R. R. 1999. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. *Revista Brasileira de Botânica*, 22: 405-412.
- Matos, B.R.M.; Costa, A.C.L. 2012. Efeito da deficiência hídrica na produção dos componentes da liteira vegetal em floresta tropical nativa na flona Caxiuanã-Pará. *Revista Biologia Neotropica*, 9: 24-36.
- Medeiros, R.; Almeida, S.S. 2003. Queda de liteira e a exclusão de água numa floresta densa de terra firme da Estação Científica Ferreira Penna – ECPn, Caixiuanã, município de Melgaço-PA. Belém: Museu Paraense Emilio Goeldi. Disponível em: <http://www.museu-goeldi.br/semicax/CBO_006.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2013.
- Monteiro, M.T.F. 2005. Interações na dinâmica do carbono e nutrientes da liteira entre a floresta de terra-firme e o igarapé de drenagem na Amazônia Central. Dissertação (Mestrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais), Universidade Federal do Amazonas, 93p.
- Montezuma, R.C.M.; Fialho, E.S.; Imbroisi, E. 2005. O papel da serrapilheira como agente regulador de fatores físicos em ambientes florestais: implicações na reabilitação ecossistêmica. *Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*, Universidade de São Paulo.
- Moreira, P.; Silva, O. 2004. Produção de serapilheira em área reflorestada. *Revista Árvore*, 28: 49-59.
- Morelato, L.P.C. 1992. Nutrient cycling in two south-east Brazilian forest. I. Litterfall and litter standing-crop. *Journal of Tropical Ecology*, 8: 205-215.
- Pagano, S.N.; Durigan, G. 2000. Aspectos da ciclagem de nutrientes em matas ciliares do Oeste do Estado de São Paulo, Brasil. In: Rodrigues, R.R.; Leitão Filho, H.F. (Eds.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo, 109-123.
- Parente, A.T. 2008. Incidência de malária no Estado do Pará e suas relações com a variabilidade climática regional. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade Federal do Pará.

- Pezzatto, A.W., Wisniewski, C. 2006. Produção de serapilheira em diferentes seres sucessionais da floresta estacional semidecidual no oeste do Paraná. *Floresta*, 36: 11-120.
- Pinto, C.B.; Marques, R. 2003. Aporte de nutrientes por frações da serapilheira em sucessão ecológica de um ecossistema da Floresta Atlântica. *Revista Floresta*, 33: 257-264.
- Pinto, S.I.C. et al. 2008. Produção de serapilheira em dois estádios sucessionais de Floresta Estacional Semidecidual na Reserva Mata do Paraíso, em Viçosa, MG. *Revista Árvore*, 32: 545-556.
- Poggiani, F.; Monteiro Júnior, E.S. 1999. Deposição de folheto e retorno de nutrientes ao solo numa floresta estacional semidecidual, em Piracicaba (Estado de SP). In: *Anais do VI Congresso Florestal Brasileiro*. Campos do Jordão, p. 596-602.
- Proctor, J. 1983. Tropical forest litterfall. I: Problems of data comparison. In: S.L. Sutton, T.C. Whitmore, A.C. Chadwick. (Eds.). *Tropical rain forest: ecology and Management*. Oxford: Blackwell, pp. 267-273.
- Rocha, A.A. 2006. Deposição de fitomassa e nutrientes, acumulação e decomposição de serapilheira em três tipologias da Floresta Atlântica, Paranaguá, PR. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 125f.
- Rodrigues, R.R.; Leitão-Filho, H. F. 2004. *Matas Ciliares: Conservação e Recuperação*. 3 ed. São Paulo: EDUSP/FAPESP.
- Ruschel, A.R. 2008. *Dinâmica da composição florística e do crescimento de uma floresta explorada há 18 anos na Flona Tapajós*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 57p. (Documentos, 341).
- Sanches, L. et al. 2009. Dinâmica sazonal da produção e decomposição de serrapilheira em floresta tropical de transição. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 13: 183-189,.
- Santos, P.F. et al. 1984. A comparison of surface and buried *Larrea tridentata* leaf litter decomposition in North American hot deserts. *Ecology*, 65: 278-284.
- Sayer, E.J. 2006. Using experimental manipulations to assess the roles of leaf litter in the functioning of forest ecosystems, *Biological Reviews*, 81: 1-31.
- Schumacher, M.V. et al. 2003. Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Árvore*, 27: 791-798.
- Schumacher, M.V.; Witschoreck, M.V.R.. 2008. Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em área de segunda rotação com floresta de *pinus taeda* no município de Cambará do Sul, RS. *Ciência Florestal*, 18: 471-480.
- Scoriza, R.N. et al. 2009. Aporte de Biomassa como Indicador de Qualidade de Fragmentos Florestais Inseridos em Agroecossistemas. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 14: 673-676.
- Selva, E.C. et al. 2007. Litterfall production and fluvial export in headwater catchments of the southern Amazon. *Journal of Tropical Ecology*, 23: 329-335.
- Silva, C.J. et al. 2007. Produção de serrapilheira no Cerrado e Floresta de Transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. *Acta Amazônica*, 37: 543-548.
- Smith, K.; Gholz, H.L.; Oliveira, F.A. 1998. Litterfall and nitrogen-use efficiency of plantations and primary forest in the eastern Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 109: 209-220.
- Souto, P.C. 2006. Acumulação e decomposição da serapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de Caatinga na Paraíba, Brasil. 150f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba.
- Taiz, L.; Zeiger, E. 2002. *Fisiologia vegetal*. 3ª Ed. Artmed.

- Teixeira, L.B.; Oliveira, R. F. de; Martins, P. F. da S. 2001. Ciclagem de nutrientes através da liteira em floresta, capoeira e consórcios com plantas perenes. *Revista Ciências Agrárias*. 36: 19-27.
- Veloso, H.M.; Filho, A.L.R.R.; Lima, J.C.A. 1991. *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro, Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento, 124 p.
- Vilani, M.T. 2006. Aplicação de um planejamento fatorial para a temperatura do ar em uma floresta tropical amazônica. *Ciência e Natura*, 28: 7-21.
- Werneck, M.S.; Pedralli, G.; Gieseke, L.F. 2001. Produção de serrapilheira em três trechos de uma floresta semidecidual com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica de Tripuí, Ouro Preto, MG. *Revista Brasileira de Botânica*. 24: 195-198.
- White, B.L.A.; Dantas, T.V.P.; Ribeiro, A. de S. 2012. Dinâmica da produção de serrapilheira em ecossistemas de mata aberta no parque nacional serra de Itabaiana. In: *Anais I Seminário Nacional de Geoecologia e Planejamento Territorial e IV seminário do Geoplan*. Universidade Federal de Sergipe, 11 a 13 de abril de 2012.
- Wisniewski, C. et al. 1997. *Caracterização do ecossistema e estudo das relações solo-cobertura vegetal em planície pleistocênica do litoral paranaense (Projeto Integrado-CNPq, Relatório final)*. Curitiba, UFPR, Departamento de Solos, 55 p.
- Xiong, S.; Nilsson, C. 1997. Dynamics of leaf litter accumulation and its effects on riparian vegetation: a review. *The Botanical Review*, 63: 240-264.

CAPÍTULO II

CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES VIA DEPOSIÇÃO DE LITEIRA NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, BELTERRA – PA²

Alessandra Damasceno da Silva
Raimundo Cosme de Oliveira Junior
Plínio Barbosa de Camargo

² Capítulo escrito de acordo com as normas da Revista Acta Amazonica

Concentração de nutrientes via deposição de liteira na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra – PA*

Alessandra Damasceno da SILVA¹, Raimundo Cosme de OLIVEIRA JUNIOR², Plínio Barbosa de CAMARGO³

¹Engenheira Agrícola. Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Oeste do Pará. sda.alessandra@gmail.com

²Orientador. Engenheiro Agrônomo. Doutor em Geoquímica Ambiental. Embrapa Amazônia Oriental e CEULS-ULBRA, raimundo.oliveira-junior@embrapa.br e agronomia.stm@ulbra.br

³Pesquisador do CENA/USP

*Parte da dissertação da primeira autora

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo verificar a concentração, conteúdo e a eficiência de utilização dos nutrientes via deposição de liteira, na Floresta Nacional do Tapajós, localizada no município de Belterra-PA. A amostragem da liteira aportada foi realizada em 4 transectos, medindo 50 m de largura por 1000 m de comprimento cada, totalizando 20 ha. Foram distribuídos de forma sistemática 10 coletores circulares, de plástico, com fundo em tela de nylon com malha de 4 mm² e área total de 0,22 m² cada, perfazendo um total de 40 cestos em toda a área. As coletas foram realizadas quinzenalmente, onde a liteira depositada sobre os coletores era retirada, acondicionadas em sacos de papel e levadas para laboratório, onde eram secas em estufa a 65 °C até peso constante e posteriormente, separadas nas frações folhas, madeira, reprodutivo e miscelânea. Foram determinadas as concentrações, conteúdos e eficiência de utilização dos para N, P, K, Ca e Mg. O Nitrogênio foi o nutriente encontrado em maior teor e conteúdo em todas as frações do estudo. O fósforo foi o que apresentou maior eficiência no uso de nutrientes. Observou-se na relação entre a concentração de nutrientes da liteira e as variáveis meteorológicas que, as mesmas, oscilaram entre fraca e forte e que dos elementos analisados o Nitrogênio, Cálcio e Magnésio não apresentaram nenhuma correlação significativa, sugerindo, portanto, que estes nutrientes não estão relacionados com a precipitação ou com a temperatura, nos anos analisados.

PALAVRAS-CHAVE: Serapilheira, Aporte, Floresta tropical, Flona Tapajós.

Nutrient concentration via deposition of litter on the Tapajós National Forest, Belterra – PA

ABSTRACT

The present study aimed to verify the concentration, content and efficiency of utilization of nutrients through deposition of litter in the Tapajós national forest, located in the city of Belterra-PA. Litter sampling in 4 transects, measuring 50 m wide by 1000 m length each, totaling 20 ha. Were systematically distributed 10 circular collectors, plastic, with background in nylon mesh with 4 mm² and total area of 0.22 m² each, for a total of 40 baskets in the entire area. The collections were accomplished biweekly, where the litter deposited on the collectors was removed, packed in paper bags and taken to a laboratory, where they were dried in an oven at 65 °C until constant weight and subsequently separated in fractions leaves, wood, reproductive and miscellaneous. Concentrations were determined, content and efficiency of use of for N, P, K, Ca and Mg. nitrogen was found in greater nutrient content and content in all fractions of the study. The Phosphorus was what introduced greater efficiency in the use of nutrients. It was observed in the relationship between the concentration of nutrients in the litter and meteorological variables, these ones, I swayed between weak and strong, and that

analyzed elements nitrogen, calcium and magnesium did not show any significant correlation, suggesting that these nutrients are not related to precipitation or temperature, in the years analyzed.

KEYWORDS: Litter, Contribution, Rainforest, Tapajós National Forest.

INTRODUÇÃO

Independente da tipologia florestal, a produção de liteira ou serapilheira é o primeiro estágio de transferência de nutrientes e energia da vegetação para o solo, pois, segundo Carpanezzi (1997) e Caldeira et al. (2007) a maior parte dos nutrientes absorvidos pelas plantas retorna ao piso florestal por meio do aporte desse material ou da lavagem foliar. Nesse sentido Brun et al. (2001) e Caldeira et al. (2013) consideram a liteira como todo material de origem vegetal (folhas, galhos, frutos, flores e outras partes das plantas) e de origem animal (carcaças e fezes, por exemplo) que se acumula sobre o solo e serve como fonte de energia e nutrientes para seres decompositores e para a vegetação.

A partir do momento que os elementos constituintes da liteira começam a sofrer o processo de mineralização, os nutrientes vão paulatinamente sendo incorporados ao solo ficando, assim, disponíveis para a vegetação. Jordan (1985) e Caldeira et al. (2013) afirmam que as perdas reais de nutrientes em florestas tropicais não perturbadas geralmente são baixas, pois a vegetação nativa foi adaptada para o elevado potencial de lixiviação através de uma variedade de mecanismos de conservação de nutrientes como, por exemplo, ciclagem interna ou bioquímica e a formação de manta de raízes absorventes no solo. No entanto, ressalta-se que estes mecanismos só são realmente eficazes enquanto a floresta nativa está intacta.

Como parte da ciclagem de nutrientes, a deposição de serapilheira e a transferência de nutrientes são importantes, principalmente em solos intemperizados onde a reserva de nutrientes é a própria floresta (Schumacher et al., 2004; Caldeira et al, 2013). No entanto, a quantidade de nutrientes que chega ao solo da floresta, por meio da serapilheira, depende de muitos fatores, dentre eles é possível verificar que a produção de folhas e os teores de nutrientes ali presentes são primordiais, pois esta fração predomina na composição da liteira.

A exuberância das florestas tropicais são mantidas em função do equilíbrio existente entre a diversidade biológica e a deposição desse material, pois a disponibilidade e a demanda de nutrientes das espécies viabiliza a sustentabilidade dos ecossistemas florestais, considerando que a serapilheira é um dos compartimentos que mais contribui para a transferência de nutrientes nesses ecossistemas. Por isso, Murbach et al. (2003) e Garay et al. (2003) ressaltam que muitos estudos são realizados visando maior conhecimento sobre a

dinâmica dos ecossistemas florestais, a fim de determinar, segundo Calvi et al. (2009), os padrões de cada tipologia vegetal e as diferenças existentes entre elas, possibilitando melhor entendimento do mecanismo e as respostas do ambiente para modificações antrópicas realizadas no meio.

Sanquetta et al. (2001) e Longhi et al. (2011) entendem que para manejar racionalmente qualquer formação florestal é fundamental dispor de conhecimento básico sobre a estrutura e a dinâmica das populações, suas relações e funções ecológicas, produtividade primária, dentre outros. Dessa maneira, Longhi et al. (2011) notaram, a partir da observação de inúmeras pesquisas já realizadas, que na última década houve crescente interesse da ciência pelo funcionamento dos ecossistemas florestais naturais brasileiros com finalidade de subsidiar e orientar ações futuras de restauração, conservação e manejo sustentável destes locais. Uma das causas do manejo inadequado das florestas é o desconhecimento dos fatores que sustentam a alta produção de biomassa e que conservam a fertilidade do solo (Caldeira et al., 2008; Longhi et al., 2011). Assim, diante do exposto, este estudo teve como objetivo verificar a concentração, conteúdo e eficiência de utilização dos nutrientes via deposição de liteira em área de floresta primária, localizada na Flona do Tapajós, município de Belterra, PA.

MATERIAL E MÉTODOS³

Processamento e análises químicas do material

Após a secagem e pesagem, para a quantificação da biomassa seca, as amostras seguiram para moagem em moinho tipo *Wiley* com malha de 1 mm. O material resultante foi utilizado para as análises dos nutrientes nela contidos. As análises foram realizadas no laboratório da Embrapa Amazônia Oriental, onde foram analisados: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). As amostras foram submetidas à digestão sulfúrica em bloco digestor a 300°C. Após obtenção do digerido límpido, essas amostras foram diluídas com água destilada, constituindo o extrato para quantificação nutricional.

O Nitrogênio foi determinado no extrato de digestão sulfúrica pelo método de destilação-titulação (Método de Kjeldahl). Os demais elementos foram determinados no extrato de digestão nítrico-perclórico, sendo o P determinado por espectrofotometria (UV-VIS), o K por fotometria de chama e o Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica. Assim, obteve-se a concentração dos nutrientes e juntamente com os dados de produção da

³ Os tópicos: *Localização e descrição da área de estudo* e *Variáveis meteorológicas* encontram-se descritos no Capítulo I, pois a área de estudo e as variáveis foram as mesmas

liteira foi possível calcular o conteúdo e a Eficiência de Utilização dos Nutrientes (EUN) da serapilheira aportada. A eficiência do uso de nutrientes (EUN) foi calculada de acordo com Vitousek (1984) por meio da razão entre a produção e a concentração de nutrientes da liteira.

Análises estatísticas

Para análise das relações entre as condições climáticas e o conteúdo de nutrientes foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson (r), considerando-se que quando o valor de p for menor que 0,05 as correlações são significativas. Foram consideradas correlações: fraca, moderada e forte aquelas com valores de: $r < 0,5$; $\leq 0,7$ e $\geq 0,7$, respectivamente.

Utilizou-se a ANOVA (Análise de Variância) do tipo Fatorial de Medidas Repetidas para a comparação da concentração dos nutrientes de cada fração nas estações (chuvosa e seca) e nos anos (2002 a 2004), considerando-se os valores mensais. Para determinar as possíveis diferenças entre as concentrações de nutrientes desse material ao longo dos anos e nos períodos chuvoso e seco, considerou-se a existência de dois fatores que poderiam gerar influência: os três anos e as duas estações (períodos). Primeiramente, a ANOVA Fatorial de Medidas Repetidas foi utilizada para analisar as interações entre estes fatores, verificando se os mesmos agem conjuntamente. Quando não encontrada interação estatística significativa, ou seja, $p \geq 0,05$ fez-se a análise de cada fator isoladamente. Sendo assim, quando encontrado $p < 0,05$ em algum fator, considera-se então que este influenciou no teor do nutriente. As análises estatísticas e a elaboração dos gráficos foram executadas com o auxílio dos softwares Microsoft Office Excel 2013; SPSS; Statistica e Graphpad.

RESULTADOS

As concentrações dos macronutrientes nas frações e no total de liteira depositado no período experimental encontram-se na Tabela 1. Entretanto, ressalta-se que devido problemas técnicos, foram perdidos os dados referentes à concentração de Potássio da liteira no período seco do ano de 2004.

O retorno de nutrientes ao solo é determinado pelo padrão de deposição de liteira, por isso realizou-se análises estatísticas somente nas concentrações dos elementos aportados no período experimental. Na sequência, são apresentadas as correlações efetuadas entre as concentrações e as variáveis climáticas (Tabela 2).

Tabela 1. Médias ($\text{g kg}^{-1} \pm$ desvio) da concentração de nutrientes das frações e do total de liteira depositados nos anos de pesquisa, na Flona do Tapajós, município de Belterra, Pará.

Frações	N		P		K		Ca		Mg	
	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco
2002										
Folhas	21,04 $\pm 6,51$	24,12 $\pm 3,48$	0,74 $\pm 0,07$	0,68 $\pm 0,11$	4,09 $\pm 1,14$	3,95 $\pm 1,89$	11,70 $\pm 2,62$	11,65 $\pm 0,95$	4,56 $\pm 0,49$	4,89 $\pm 0,80$
Miscelânea	21,30 $\pm 9,04$	29,67 $\pm 4,78$	0,76 $\pm 0,12$	1,40 $\pm 0,51$	2,75 $\pm 1,08$	3,94 $\pm 2,78$	12,29 $\pm 3,74$	11,61 $\pm 1,68$	3,51 $\pm 0,75$	4,23 $\pm 0,91$
Madeira	13,72 $\pm 7,46$	17,71 $\pm 5,14$	0,45 $\pm 0,10$	0,55 $\pm 0,11$	2,26 $\pm 0,72$	3,96 $\pm 1,13$	15,11 $\pm 4,79$	12,31 $\pm 2,50$	3,87 $\pm 0,87$	4,35 $\pm 0,94$
Reprodutivo	20,86 $\pm 7,02$	23,25 $\pm 4,84$	1,40 $\pm 0,36$	1,39 $\pm 0,42$	10,96 $\pm 3,54$	3,82 $\pm 2,92$	7,61 $\pm 4,40$	6,93 $\pm 2,68$	3,42 $\pm 1,01$	4,20 $\pm 1,22$
Total	76,93 $\pm 8,12$	94,74 $\pm 6,22$	3,36 $\pm 0,40$	4,02 $\pm 0,52$	20,06 $\pm 4,01$	15,68 $\pm 4,82$	46,71 $\pm 4,73$	42,51 $\pm 2,93$	15,36 $\pm 0,90$	17,67 $\pm 1,00$
2003										
Folhas	22,17 $\pm 6,22$	27,95 $\pm 7,78$	0,77 $\pm 0,18$	0,67 $\pm 0,06$	3,40 $\pm 0,71$	4,28 $\pm 1,05$	13,54 $\pm 2,43$	12,00 $\pm 2,17$	5,21 $\pm 0,67$	5,05 $\pm 0,96$
Miscelânea	19,14 $\pm 6,83$	24,98 $\pm 11,50$	0,98 $\pm 0,16$	1,14 $\pm 0,21$	2,72 $\pm 0,99$	5,17 $\pm 1,60$	17,18 $\pm 4,69$	11,72 $\pm 1,99$	4,26 $\pm 0,60$	4,33 $\pm 0,98$
Madeira	11,60 $\pm 4,82$	21,27 $\pm 12,05$	0,45 $\pm 0,27$	0,93 $\pm 0,44$	2,18 $\pm 0,72$	7,48 $\pm 4,81$	15,05 $\pm 4,03$	10,35 $\pm 4,36$	4,22 $\pm 1,02$	4,02 $\pm 0,95$
Reprodutivo	15,01 $\pm 5,74$	22,05 $\pm 7,31$	1,00 $\pm 0,12$	0,82 $\pm 0,52$	6,90 $\pm 3,11$	6,78 $\pm 5,67$	9,61 $\pm 5,78$	11,42 $\pm 3,57$	4,05 $\pm 2,13$	4,20 $\pm 1,08$
Total	67,92 $\pm 6,94$	96,26 $\pm 10,07$	3,19 $\pm 0,28$	3,56 $\pm 0,39$	15,20 $\pm 2,49$	23,70 $\pm 5,98$	55,38 $\pm 5,14$	45,49 $\pm 3,17$	17,74 $\pm 1,32$	17,60 $\pm 1,05$
2004										
Folhas	17,40 $\pm 7,56$	14,46 $\pm 3,05$	0,59 $\pm 0,11$	0,47 $\pm 0,10$	3,48 $\pm 4,22$		11,39 $\pm 5,79$	6,37 $\pm 1,16$	6,58 $\pm 7,24$	3,67 $\pm 0,68$
Miscelânea	17,20 $\pm 6,45$	12,34 $\pm 3,28$	0,91 $\pm 0,17$	1,08 $\pm 0,28$	2,72 $\pm 0,48$		12,30 $\pm 4,65$	7,83 $\pm 3,47$	5,17 $\pm 6,98$	3,22 $\pm 0,92$
Madeira	11,24 $\pm 5,20$	5,53 $\pm 2,01$	0,79 $\pm 1,03$	0,31 $\pm 0,10$	3,31 $\pm 3,65$		11,13 $\pm 7,02$	8,18 $\pm 2,34$	4,85 $\pm 7,22$	2,81 $\pm 0,83$
Reprodutivo	11,56 $\pm 2,17$	7,37 $\pm 2,50$	0,83 $\pm 0,23$	1,16 $\pm 0,39$	7,97 $\pm 0,82$		7,28 $\pm 5,95$	3,85 $\pm 1,74$	4,15 $\pm 6,66$	2,42 $\pm 0,33$
Total	57,40 $\pm 6,36$	39,69 $\pm 4,53$	3,12 $\pm 0,54$	3,02 $\pm 0,45$	17,48 $\pm 8,77$		42,09 $\pm 6,14$	26,23 $\pm 2,87$	20,75 $\pm 6,98$	12,12 $\pm 0,86$

Observou-se na relação entre a concentração de nutrientes da liteira e as variáveis meteorológicas (precipitação e temperatura do ar), através da análise de correlação, que as mesmas oscilaram entre fraca e forte e que dos elementos analisados o Nitrogênio, Cálcio e Magnésio não apresentaram nenhuma correlação significativa, sugerindo, portanto, que estes nutrientes não estão relacionados com a precipitação ou com a temperatura, nos anos analisados.

A concentração de Fósforo foi significativa quando relacionada à temperatura, apresentando correlação fraca, negativa e significativa ($r=-0,334$ e $p=0,04$) e moderada,

positiva e significativa ($r= 0,494$ e $p=0,002$) para a Fração Folhas e Miscelânea, respectivamente.

Tabela 2. Coeficiente de correlação de Pearson (1) entre as variáveis meteorológicas e a concentração de nutrientes da liteira coletada na Flona do Tapajós, município de Belterra, Pará.

NITROGÊNIO		Precipitação	Temperatura
Folhas	R	-0,017	-0,005
	p-valor	0,92	0,979
Miscelânea	R	-0,036	0,105
	p-valor	0,836	0,541
Madeira	R	-0,076	0,147
	p-valor	0,659	0,392
Reprodutivo	R	-0,061	0,057
	p-valor	0,726	0,743
FÓSFORO		Precipitação	Temperatura
Folhas	R	0,328	-0,334*
	p-valor	0,051	0,046
Miscelânea	R	-0,327	0,494**
	p-valor	0,051	0,002
Madeira	R	0,077	-0,075
	p-valor	0,657	0,662
Reprodutivo	R	-0,021	0,242
	p-valor	0,905	0,154
POTÁSSIO (2)		Precipitação	Temperatura
Folhas	R	-0,131	-0,010
	p-valor	0,553	0,962
Miscelânea	R	-0,500*	0,732**
	p-valor	0,015	0,000
Madeira	R	-0,206	0,290
	p-valor	0,347	0,180
Reprodutivo	R	-0,195	0,432*
	p-valor	0,372	0,040
CÁLCIO		Precipitação	Temperatura
Folhas	R	0,300	-0,215
	p-valor	0,075	0,209
Miscelânea	R	0,234	-0,27
	p-valor	0,169	0,111
Madeira	R	0,198	-0,148
	p-valor	0,247	0,389
Reprodutivo	R	0,213	-0,300
	p-valor	0,212	0,075
MAGNÉSIO		Precipitação	Temperatura
Folhas	R	0,305	-0,061
	p-valor	0,07	0,722
Miscelânea	R	0,306	0,024
	p-valor	0,069	0,887
Madeira	R	0,305	-0,034
	p-valor	0,071	0,842
Reprodutivo	R	0,269	-0,009
	p-valor	0,113	0,959

(1) $|r| < 0,5$ – correlação fraca, $0,5 \leq |r| < 0,7$ – correlação moderada, $|r| \geq 0,7$ – correlação forte, (2) Correlações entre os anos de 2002 e 2003; *Significativo, $p < 0,05$; **Significativo, $p < 0,001$.

Em virtude de problemas técnicos, a concentração de Potássio no ano de 2004 foi desconsiderada, devido as informações não estarem completas. Sendo assim, as correlações efetuadas para este elemento e as variáveis correspondem aos anos de 2002 e 2003. A

correlação encontrada para a concentração de Potássio entre a fração Miscelânea e a precipitação e temperatura foi moderada, negativa e significativa ($r = -0,500$ e $p = 0,01$) e forte, positiva e significativa ($r = 0,732$ e $p = 0,000$), respectivamente. Já entre a concentração de Potássio encontrada na fração Reprodutiva e a temperatura, a correlação foi moderada, positiva e significativa ($r = 0,432$ e $p = 0,04$).

Após a Análise de Variância (ANOVA) verificou-se que não houve interação entre a concentração de Nitrogênio na fração Folhas e o conjunto de variáveis estudadas ($F_{[2, 10]} = 0,83305$, $p = 0,46278$, $p > 0,05$). Efetuando a análise de cada fator isoladamente viu-se que o fator Ano ($F_{[2, 10]} = 2,3000$, $p = 0,15074$) e o fator Estações ($F_{[1, 5]} = 1,0344$, $p = 0,35579$), também não exerceram nenhuma influência na concentração de Nitrogênio nessa fração.

Na fração Miscelânea, o Nitrogênio ($F_{[2, 10]} = 3,7902$, $p = 0,05955$) apresentou valor de $p > 0,05$, não havendo interação entre os fatores (Figura 1), mas em análise isolada dos fatores, observou-se que o Ano ($F_{[2, 10]} = 5,7565$, $p = 0,02170$), exerceu influência nessa concentração do elemento (Figura 2). Enquanto que o fator Estações ($F_{[1, 5]} = 7,7801$, $p = 0,41813$), não influenciou. Dessa maneira vê-se que a produção de nitrogênio na fração miscelânea foi diferente nos anos, sendo maior em 2002 (25 g kg^{-1}) e diminuindo até aproximadamente 15 g kg^{-1} em 2004.

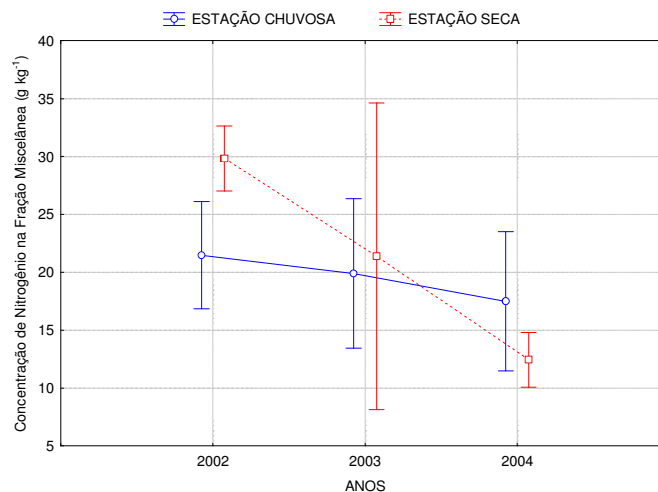


Figura 1 - Comparação da concentração de Nitrogênio na fração Miscelânea nas estações seca e chuvosa do período experimental, na Flona do Tapajós, Belterra, Pará

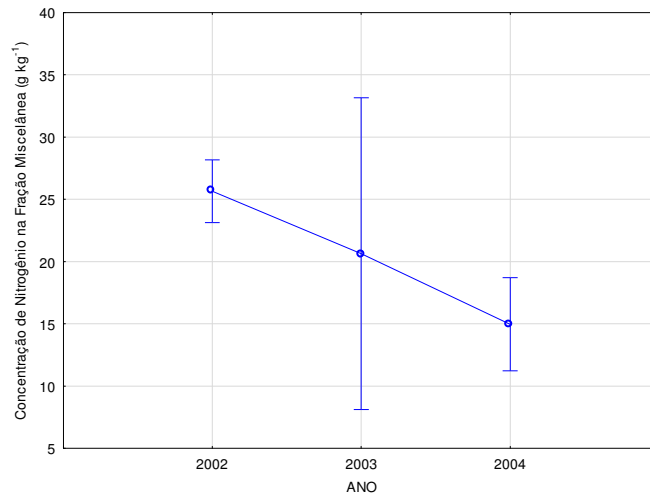


Figura 2 - Comparação da concentração de Nitrogênio na fração Miscelânea no período de estudo na Flona do Tapajós, Belterra, Pará

Na Figura 3 é possível verificar a interação entre os fatores ($F_{[2, 10]}=6,2114$, $p=,01764$) gerando diferença ($p<0,05$) na concentração do Nitrogênio na fração Madeira. Assim, notou-se que as Estações do ano e o Ano agiram conjuntamente para determinar o teor deste elemento na fração madeira, existindo maior concentração nas estações secas, onde em 2003 foi o pico de produção.

O elemento Nitrogênio na Fração Reprodutiva ($F_{[2, 10]}=2,6182$, $p=0,12179$, $p>0,05$) não apresentou interação entre os fatores (Figura 4). Entretanto, em análise isolada dos fatores, verificou-se que as Estações ($F_{[1, 5]}=0,17765$, $p=0,69091$) não influenciaram na concentração do nutriente e que apenas o Ano ($F_{[2, 10]}=9,6513$, $p=0,00463$) influenciou no teor desse elemento (Figura 5). Dessa maneira, percebeu-se que a produção de nitrogênio na fração Reprodutiva foi diferente entre os anos, sendo maior em 2002 (aproximadamente 22 g kg⁻¹) diminuindo até aproximadamente 10 g kg⁻¹ em 2004.

A concentração de Fósforo na fração Folhas ($F_{[2, 10]}=1,0535$, $p=0,38442$, $p>0,05$), não demonstrou interação entre os fatores (Figura 6), mas em análise isolada dos fatores, viu-se que o fator Ano ($F_{[2, 10]}=4,1213$, $p=0,04950$) exerceu influência na concentração (Figura 7). Já as Estações ($F_{[1, 5]}=6,4656$, $p=0,05172$) não influenciaram. Confirmando que o teor de fósforo nas Folhas foi diferente entre os anos, sendo maior em 2002 (aproximadamente 0,72 g kg⁻¹), e diminuindo até aproximadamente 0,52 g kg⁻¹ em 2004.

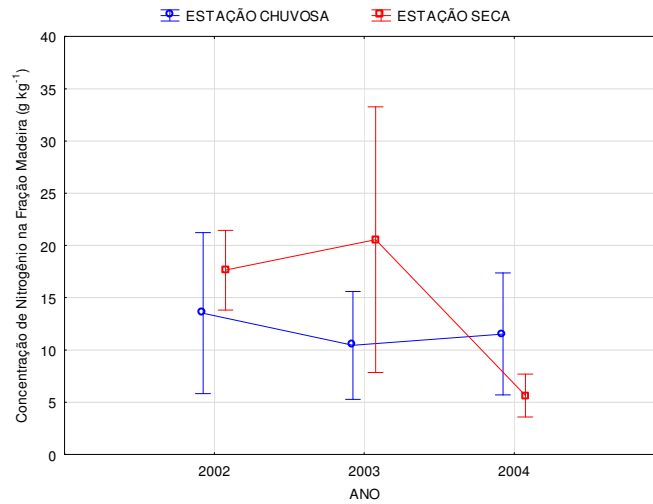


Figura 3 - Comparação da concentração de Nitrogênio na fração Madeira nas estações seca e chuvosa do período experimental, na Flona do Tapajós, Belterra, Pará

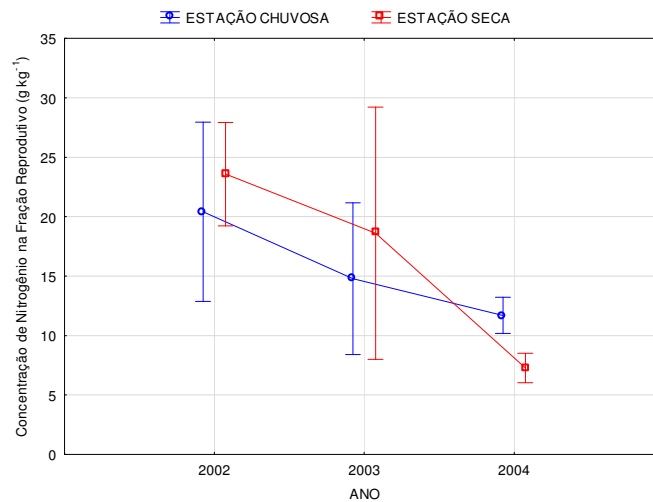


Figura 4 - Comparação da concentração de Nitrogênio na fração Reprodutivo nas estações seca e chuvosa dos anos estudados, na Flona do Tapajós, Belterra, Pará

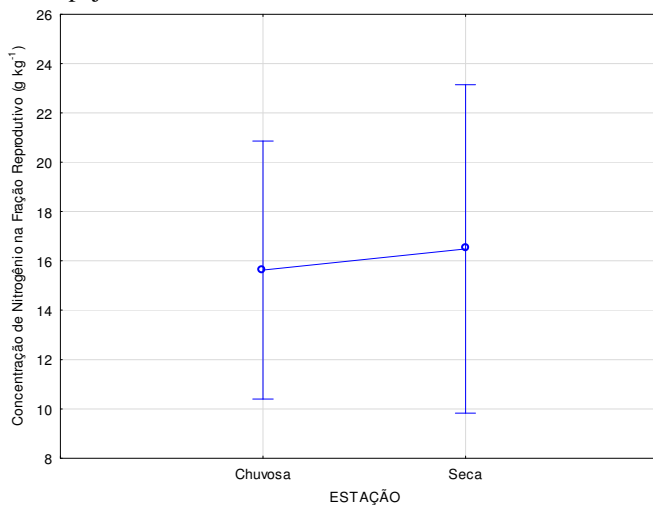


Figura 5 - Comparação de Nitrogênio na fração Reprodutivo nos períodos secos e chuvosos, na Flona do Tapajós, Belterra, Pará

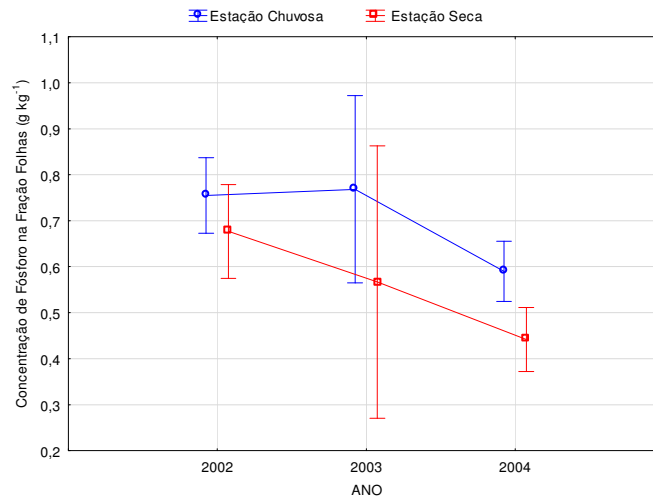


Figura 6 - Comparação da concentração de Fósforo na fração Folhas nas estações seca e chuvosa do período experimental, na Flona do Tapajós, Belterra, Pará

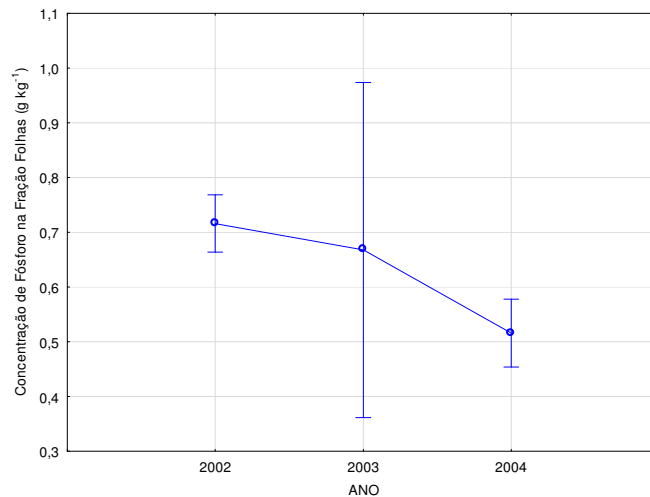


Figura 7 - Comparação da concentração de Fósforo na fração Folhas no período estudado, na Flona do Tapajós, Belterra, Pará

Não houve interação entre a concentração de Fósforo na fração Miscelânea com os fatores estudados ($F_{[2, 10]}=3,9470$, $p=,05451$, $p>0,05$), bem como, numa análise de cada fator, viu-se que o Ano ($F_{[2, 10]}=1,1026$, $p=0,36923$) e as Estações ($F_{[1, 5]}=3,0555$, $p=0,14089$), também, não influenciaram nesse conteúdo.

Com base no valor de $p<0,05$ ($F_{[2, 10]}=4,6960$, $p=0,03647$) é possível afirmar que houve interação entre os fatores, ocasionando diferença na concentração de Fósforo da fração Madeira (Figura 8). Dessa maneira, observa-se que as estações e o ano agiram conjuntamente para determinar a diferença. Em 2002, não houve diferença entre as estações. Em 2003 a estação seca produziu mais e em 2004 houve uma inversão. Na estação seca, houve um aumento significativo de 2002 para 2003 e depois uma queda abrupta em 2004, a menos de

50% da produção do ano anterior. Na estação chuvosa, houve um crescimento significativo entre 2003 e 2004.

O conteúdo de Fósforo na fração Reprodutivo ($F_{[2, 10]}=1,7285$, $p=0,22661$, $p>0,05$) não apresentou interação com as variáveis quando analisadas conjuntamente (Figura 9). Por isso, fez-se a análise de cada fator isoladamente, onde o fator Ano ($F_{[2, 10]}=5,5398$, $p=0,02403$) exerceu influência na concentração desse elemento (Figura 10). Já as Estações ($F_{[1, 5]}=,03910$, $p=0,85105$) não influenciaram na concentração de Fósforo na liteira. Sendo assim, a concentração desse nutriente na fração Reprodutiva foi diferente nos anos, sendo maior em 2002 ($1,36 \text{ g kg}^{-1}$) e diminuindo até aproximadamente $0,87 \text{ g kg}^{-1}$ em 2003, alcançando $0,97 \text{ g kg}^{-1}$ em 2004.

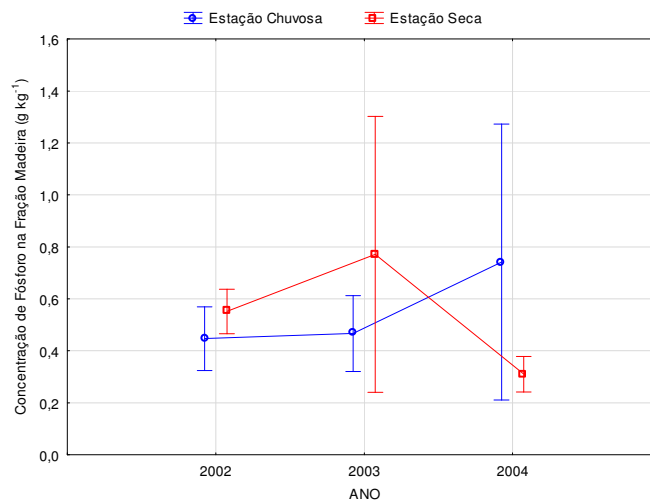


Figura 8 - Comparação da concentração de Fósforo na fração Madeira nos períodos secos e chuvosos dos anos estudados, na Flona do Tapajós, Belterra, Pará

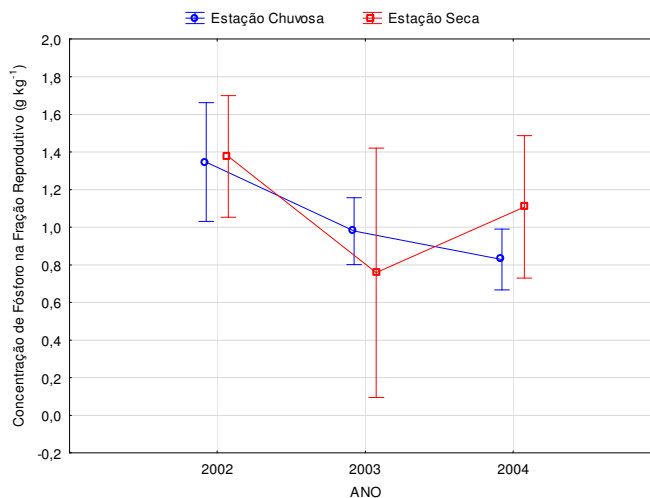


Figura 9 - Comparação da concentração de Fósforo na fração Reprodutivo nos períodos secos e chuvosos dos anos estudados, na Flona do Tapajós, Belterra, Pará

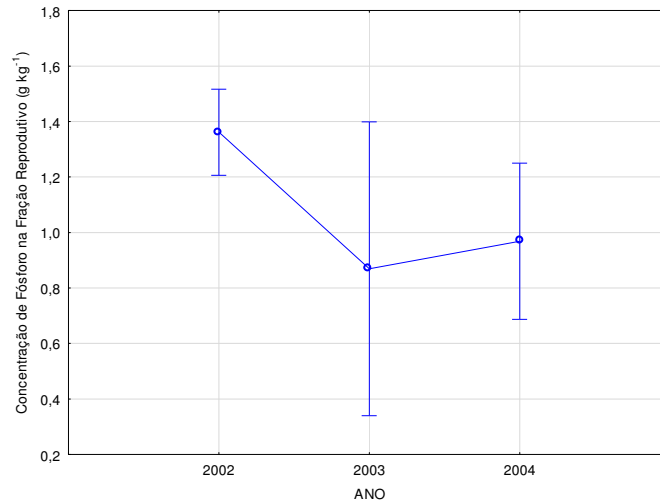


Figura 10 - Comparação da concentração de Fósforo na fração Reprodutivo nos anos de estudo, na Flona do Tapajós, Belterra, Pará

A concentração de Potássio na fração Folhas não apresentou interação com os fatores ($F_{[1, 5]}=1,1268$, $p=0,33703$, $p>0,05$) e nem isoladamente: Ano ($F_{[1, 5]}=2,8488$, $p=0,15224$); Estações ($F_{[1, 5]}=0,19802$, $p=0,67493$). Sendo assim, a produção de potássio na fração Folhas não foi diferente ao longo dos anos e das estações.

A concentração de Potássio na fração Miscelânea ($F_{[1, 5]}=1,6892$, $p=0,25040$, $p>0,05$) não foi influenciada pelos fatores, onde nem o fator Ano ($F_{[1, 5]}=5,5000$, $p=0,06595$) e nem o fator Estações ($F_{[1, 5]}=17,419$, $p=0,00871$) exerceram influência nessa concentração de nitrogênio na fração Miscelânea. No entanto, observa-se que a concentração de potássio nessa fração foi mais que o dobro na estação seca quando comparada à chuvosa, nos anos de 2002 e 2003 ($2,5 \text{ g kg}^{-1}$ e $5,5 \text{ g kg}^{-1}$).

Na fração Madeira a concentração de Potássio ($F_{[1, 5]}=1,5554$, $p=0,26757$, $p>0,05$) não interagiu entre os fatores, passando-se, assim, para a análise isolada de cada fator (Figura 11). O Ano ($F_{[1, 5]}=0,65124$, $p=0,45633$) não exerceu influência na concentração. Já o fator Estações ($F_{[1, 5]}=13,058$, $p=0,01532$) influenciou na concentração desse nutriente na fração madeira (Figura 12). Portanto, observa-se que a concentração de Potássio na fração Madeira foi aproximadamente duas vezes e meia maior na estação seca quando comparada à chuvosa, nos anos de 2002 e 2003 ($1,9 \text{ g kg}^{-1}$ e $4,7 \text{ g kg}^{-1}$).

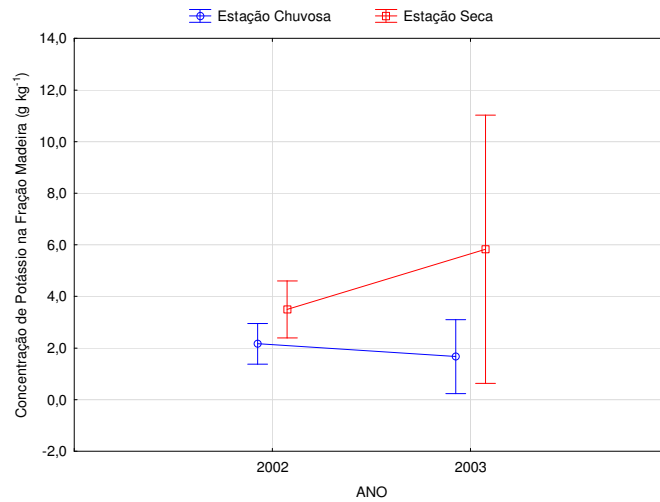


Figura 11 - Comparação da concentração de Potássio na fração Madeira no período experimental, na Flona do Tapajós, Belterra, Pará

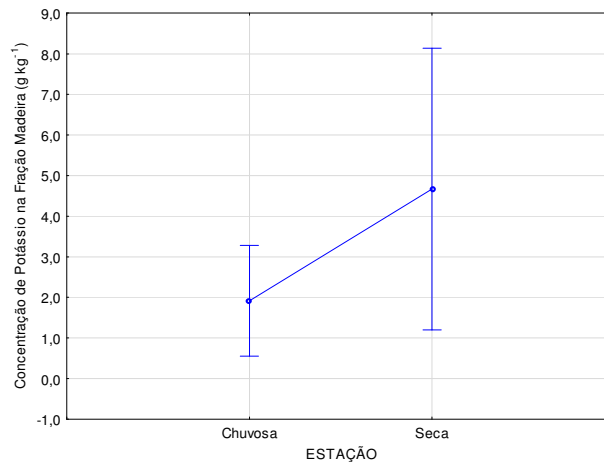


Figura 12 - Comparação da concentração de Potássio na fração Madeira nos períodos secos e chuvosos, na Flona do Tapajós, Belterra, Pará

A concentração de Potássio na fração Reprodutiva ($F_{[1, 5]}=0,10596$, $p=0,75797$, $p>0,05$), não mostrou interação entre os fatores, então, fez-se a análise de cada fator isoladamente. O fator Ano ($F_{[1, 5]}=21,151$, $p=0,00585$) exerceu influência na concentração do nutriente (Figura 13). As Estações ($F_{[1, 5]}=1,3861$, $p=0,29204$) não influenciaram na concentração. Concluindo-se que a concentração de Potássio na fração Reprodutiva foi menor que a metade no ano de 2003 quando comparada a 2002 (12 g kg⁻¹ e 5,5 g kg⁻¹).

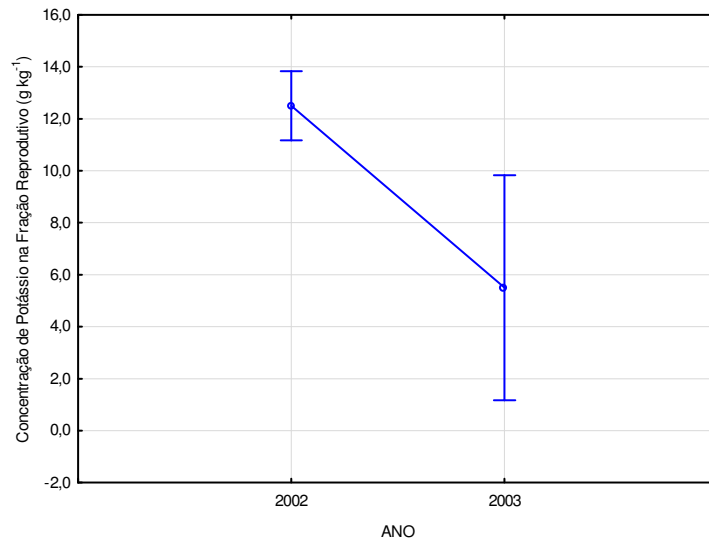


Figura 13 - Comparação da concentração de Potássio na fração Reprodutivo no período experimental, na Flona do Tapajós, Belterra, Pará

A concentração de Cálcio na Fração Folhas ($F_{[2, 10]}=1,62$, $p=0,245$, $p>0,05$) não demonstrou interação entre os fatores. Permitindo, assim, a análise de cada um dos fatores. O fator Ano ($F_{[2, 10]}=1,57$, $p=0,255$) não exerceu influência na concentração desse elemento. Já as Estações ($F_{[1, 5]}=13,37$, $p=0,015$) exerceram influência na concentração (Figura 14). Concluindo-se que a concentração de Cálcio na fração Folhas foi maior nos períodos de chuva que nos períodos secos.

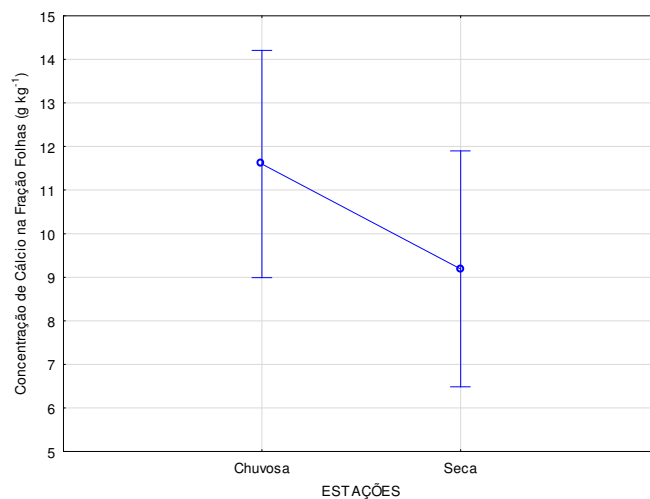


Figura 14 - Comparação da concentração de Cálcio na fração Folhas nos períodos secos e chuvosos, na Flona do Tapajós, Belterra, Pará

Não houve interação entre a concentração de Cálcio na fração Miscelânea e os fatores analisados ($F_{[2, 10]}=3,25$, $p=0,082$, $p>0,05$), por isso foi realizada análise de cada um dos fatores. O Ano ($F_{[2, 10]}=1,14$, $p=0,358$) não exerceu influência na concentração de nutrientes.

O fator Estações ($F_{[1, 5]}=51,82$ e $p=0,001$) exerceu influência na concentração de nutrientes, concluindo-se que a concentração de cálcio nas Folhas foi maior nos períodos de chuva que nos períodos secos (Figura 15).

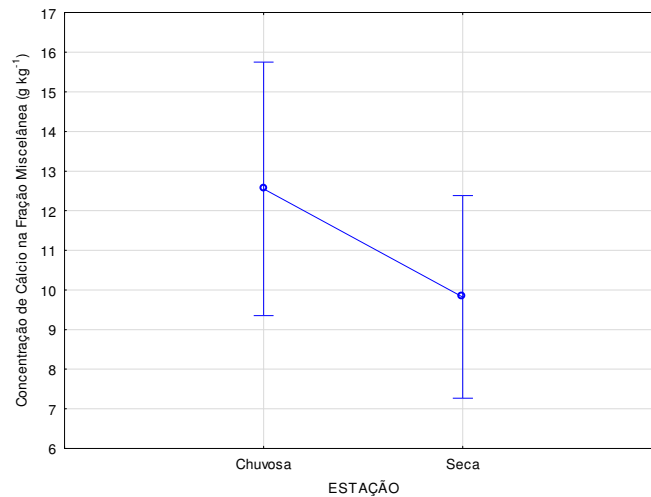


Figura 15 - Comparação da concentração de Cálcio na fração Miscelânea nos períodos secos e chuvosos, na Flona do Tapajós, Belterra, Pará

A concentração de Cálcio na fração Madeira ($F_{[2, 10]}=1,610$ $p=0,248$) não apresentou interação entre os fatores, sendo assim, fez-se a análise individual de cada fator. O fator Ano ($F_{[2, 10]}=0,879$, $p=0,445$) e o fator Estações ($F_{[1, 5]}=6,205$, $p=0,055$) também não exerceram influência na concentração desse nutriente. Dessa maneira, a concentração de Cálcio na fração Madeira não diferiu ao longo dos anos e das estações.

Na fração Reprodutivo a concentração de cálcio ($F_{[2, 10]}=1,327$ $p=0,308$) não mostrou interação entre os fatores analisados, portanto, fez-se análise individualizada de cada fator. Assim, o Ano ($F_{[2, 10]}=1,905$, $p=0,199$) e as Estações ($F_{[1, 5]}=1,135$, $p=0,335$) não exerceram influência na concentração do nutriente. Pori isso, percebeu-se que a concentração de Cálcio na fração Reprodutiva não foi diferente ao longo dos anos e das estações.

Com relação a concentração de Magnésio nas frações de liteira estudadas, observou-se que nenhum dos fatores, conjunta ou isoladamente, exerceu influência sobre sobre os teores de nutrientes. Na sequência são apresentados somente os valores de F e p. A interação conjunta entre os fatores e a concentração de Magnésio na fração Folhas ($F_{[2, 10]}=1,78$, $p=0,217$, $p>0,05$) não mostrou interação com os fatores. O fator Ano ($F_{[2, 10]}=0,297$, $p=0,74877$) e o fator Estações ($F_{[1, 5]}=1,893$, $p=0,227$) não exerceram influência na produção.

Na fração Miscelânea a interação conjunta dos fatores ($F_{[2, 10]}=1,680$ e $p=0,235$) e a análise isolada do fator Ano ($F_{[2, 10]}=0,144$, $p=0,867$) e do fator Estações ($F_{[1, 5]}=0,293$,

$p=0,611$) não mostrou nenhuma influência. O mesmo se deu para a análise conjunta na fração Madeira ($F_{[2, 10]}=0,979$ e $p=0,417$), bem como para o fator Ano ($F_{[2, 10]}=0,084$, $p=0,920$) e as Estações ($F_{[1, 5]}=0,830$, $p=0,414$) que não demonstraram nenhuma interação. Na fração Reprodutiva tanto a análise conjunta ($F(2, 10)=1,326$ e $p=0,309$), como o fator Ano ($F_{[2, 10]}=0,094$, $p=0,911$) e o fator Estações ($F_{[1, 5]}=0,275$, $p=0,622$) não apresentaram nenhuma influência.

A concentração dos nutrientes transferidos ao solo por meio da deposição de liteira são muito variáveis entre as florestas tropicais e dependem de inúmeros fatores, tais como, condições climáticas e nutricionais do solo e das espécies vegetais, dentre outros. Assim, na Tabela 3 encontram-se as médias do conteúdo de nutrientes ($\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) das frações e do total de liteira no período experimental.

Tabela 3. Médias ($\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1} \pm$ desvio) do conteúdo de nutrientes das frações e do total de liteira nos anos de pesquisa, na Flona do Tapajós, município de Belterra, Pará.

Frações	N		P		K		Ca		Mg	
	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco
2002										
Folhas	97,10 $\pm 30,07$	111,30 $\pm 15,97$	3,43 $\pm 0,32$	3,13 $\pm 0,50$	18,88 $\pm 5,27$	18,25 $\pm 9,89$	53,99 $\pm 12,10$	53,78 $\pm 4,37$	21,04 $\pm 2,26$	22,58 $\pm 3,67$
Miscelânea	9,44 $\pm 4,01$	13,15 $\pm 2,12$	0,34 $\pm 0,05$	0,62 $\pm 0,22$	1,22 $\pm 0,48$	2,93 $\pm 1,09$	5,45 $\pm 1,66$	5,15 $\pm 0,74$	1,55 $\pm 0,33$	1,87 $\pm 0,40$
Madeira	11,30 $\pm 6,14$	14,58 $\pm 4,23$	0,37 $\pm 0,09$	0,46 $\pm 0,09$	1,86 $\pm 0,59$	2,69 $\pm 3,79$	12,44 $\pm 3,95$	9,36 $\pm 3,39$	3,19 $\pm 0,71$	3,31 $\pm 1,22$
Reprodutivo	14,27 $\pm 4,80$	15,90 $\pm 3,31$	0,95 $\pm 0,24$	0,95 $\pm 0,29$	7,49 $\pm 2,42$	9,54 $\pm 2,00$	5,20 $\pm 3,01$	4,37 $\pm 2,18$	2,34 $\pm 0,69$	2,65 $\pm 1,12$
Total	132,11 $\pm 40,28$	154,93 $\pm 42,93$	5,10 $\pm 1,29$	5,16 $\pm 1,13$	29,45 $\pm 7,68$	33,41 $\pm 7,78$	77,09 $\pm 21,41$	72,67 $\pm 20,96$	28,12 $\pm 8,26$	30,41 $\pm 8,93$
2003										
Folhas	104,49 $\pm 30,02$	131,75 $\pm 36,67$	3,62 $\pm 0,83$	3,14 $\pm 0,28$	16,03 $\pm 3,33$	20,15 $\pm 4,97$	63,82 $\pm 11,46$	53,57 $\pm 16,35$	24,54 $\pm 3,14$	22,54 $\pm 7,01$
Miscelânea	12,76 $\pm 4,32$	16,65 $\pm 7,67$	0,65 $\pm 0,18$	0,76 $\pm 0,14$	1,81 $\pm 0,66$	3,45 $\pm 1,06$	11,45 $\pm 3,13$	7,40 $\pm 2,21$	2,84 $\pm 0,40$	2,74 $\pm 0,92$
Madeira	8,71 $\pm 3,43$	15,97 $\pm 9,04$	0,34 $\pm 0,09$	0,70 $\pm 0,33$	1,63 $\pm 0,54$	5,61 $\pm 3,61$	11,29 $\pm 3,02$	7,36 $\pm 3,65$	3,17 $\pm 0,77$	2,85 $\pm 0,98$
Reprodutivo	4,55 $\pm 1,64$	6,69 $\pm 2,22$	0,30 $\pm 0,07$	0,25 $\pm 0,16$	2,09 $\pm 0,94$	2,06 $\pm 1,72$	2,91 $\pm 1,75$	3,28 $\pm 1,32$	1,23 $\pm 0,64$	1,21 $\pm 0,43$
Total	130,51 $\pm 44,46$	171,05 $\pm 55,19$	4,91 $\pm 1,46$	4,85 $\pm 1,16$	21,57 $\pm 6,43$	31,26 $\pm 7,94$	89,48 $\pm 25,08$	71,61 $\pm 22,40$	31,78 $\pm 9,81$	29,33 $\pm 9,53$
2004										
Folhas	106,68 $\pm 46,37$	88,63 $\pm 18,67$	3,59 $\pm 0,65$	2,65 $\pm 0,10$	21,34 $\pm 4,22$		69,82 $\pm 35,47$	39,05 $\pm 7,13$	40,37 $\pm 10,72$	22,50 $\pm 4,20$
Miscelânea	11,93 $\pm 4,48$	8,56 $\pm 2,27$	0,63 $\pm 0,12$	0,75 $\pm 0,28$	1,88 $\pm 0,48$		8,53 $\pm 3,22$	5,43 $\pm 2,41$	3,58 $\pm 0,91$	2,24 $\pm 0,64$
Madeira	16,89 $\pm 7,81$	8,31 $\pm 3,02$	1,19 $\pm 1,55$	0,46 $\pm 0,10$	4,97 $\pm 3,65$		16,72 $\pm 10,54$	12,28 $\pm 3,52$	7,28 $\pm 1,72$	4,22 $\pm 1,25$
Reprodutivo	1,61 $\pm 0,30$	1,03 $\pm 0,35$	0,12 $\pm 0,03$	0,16 $\pm 0,39$	1,11 $\pm 0,82$		1,02 $\pm 0,83$	0,54 $\pm 0,24$	0,58 $\pm 0,12$	0,34 $\pm 0,05$
Total	137,12 $\pm 48,34$	106,52 $\pm 37,30$	5,53 $\pm 1,57$	4,02 $\pm 1,09$	29,31 $\pm 9,77$		96,08 $\pm 32,75$	57,30 $\pm 15,49$	51,81 $\pm 10,52$	29,30 $\pm 9,18$

A eficiência no uso de nutriente (EUN) foi analisada entre as frações estudadas e a serapilheira total. Na Tabela 4 são apresentados os valores da eficiência anual de utilização dos macronutrientes pelas frações e para a liteira total depositada.

Tabela 4. Eficiência de Utilização dos Nutrientes (g kg^{-1}) na Flona do Tapajós, município de Belterra, Pará.

Frações	N	P	K	Ca	Mg
2002					
Folhas	22	703	124	43	106
Miscelânea	20	461	107	42	129
Madeira	32	992	181	38	127
Reprodutivo	23	359	40	71	137
Total	23	640	104	44	112
2003					
Folhas	20	697	130	40	100
Miscelânea	23	472	127	35	120
Madeira	30	723	104	40	125
Reprodutivo	27	551	73	49	124
Total	21	659	122	40	105
2004					
Folhas	31	982	287	56	98
Miscelânea	34	502	368	50	119
Madeira	60	908	302	52	131
Reprodutivo	53	503	125	90	152
Total	35	886	289	55	104

DISCUSSÕES

A quantificação dos nutrientes nos componentes vegetais, dentre eles, a liteira, permite que toda e qualquer exploração florestal seja realizada de maneira mais racional, onde os restos culturais possam ser reaproveitados com sua devida incorporação ao solo. Essa proposta é enfatizada por Canavesi e Kirchner (2005) ao afirmarem que grande parte dos nutrientes presentes nas plantas se concentram nas folhas, galhos e cascas e que muitas vezes esse material era descartado, deixando o solo exposto, contribuindo para a degradação do mesmo. Esses autores informam, também, da importância de se conhecer as quantidades dos nutrientes e qual o ganho que o ambiente recebe com a preservação destes ecossistemas.

Para Montagnini e Sancho (1994) e Caldeira et al. (2007b) conhecer o teor e o conteúdo de nutrientes da liteira permite sua utilização como indicador de potenciais impactos ambientais sofridos em decorrência da colheita florestal ou de um manejo inadequado do ambiente, possibilitando, de acordo com Drumond et al. (1997), a adoção de estratégias de manejo que possam levar a redução da perda desses nutrientes.

O conteúdo de nutrientes nada mais é, segundo Bündchen et al. (2013), do que o resultado das concentrações e da quantidade de liteira produzida. Por isso, as florestas apresentam diferenças nos conteúdos de macronutrientes, devido a variabilidade da produção

dos diversos ecossistemas existentes, entretanto, esse material é a fonte principal de transferência de N, Ca e Mg para o solo (Caldeira et al., 2007; Caldeira et al., 2013). Caldeira et al. (2003), verificaram em área de floresta, que dentre os macronutrientes do material aportado o P e o K apresentaram as menores concentrações e conteúdos. Para esse autor, tal diferença pode estar relacionada à mobilidade dos elementos dentro da planta, como o K, por exemplo.

Para Pagano e Durigan (2000) e Neves (2001) a variação dos teores de K na serapilheira está relacionado com o regime pluviométrico, pois este elemento é susceptível à lixiviação por meio da lavagem da fração folhas e da liteira de maneira geral. Esse processo é favorecido pelo fato do K ocorrer na forma solúvel ou adsorvido no suco celular (Marschner, 1997; Caldeira et al, 2007). Já macronutrientes como Ca e Mg, embora considerados como moderadamente laváveis, têm menor variação dos teores (Pagano e Durigan, 2000; Caldeira et al, 2007).

Em amplo estudo Haag (1985) observou que a concentração de nutrientes na liteira em florestas implantadas segue padrão semelhante aos de florestas naturais, onde o nutriente em maior concentração é o nitrogênio, seguido pelo cálcio, potássio, magnésio e fósforo. Os maiores teores de N e Ca nas frações Folhas e Miscelânea ocorrem, segundo Vitousek e Sanford (1986) e Gonçalves e Mello (2000), porque as quantidades de nutrientes são maiores nas partes mais metabolicamente ativas das plantas, como folhas e brotações, decorrente do envolvimento em reações enzimáticas e compostos bioquímicos de transferência de energia, bem como nos diversos processos de fixação de energia em formas orgânicas. Já os teores de Ca mais elevados na fração madeira se deve ao fato de que esse está associado à parede celular, não sendo redistribuído, ocorrendo a diminuição do teor com o desenvolvimento da planta (Lambers et al., 2000).

O fato do Ca ter apresentado o segundo maior teor e conteúdo na serapilheira aportada, pode ser relacionado com sua pouca mobilidade nos tecidos vegetais e com a longevidade das folhas. Em um estudo realizado por Caldeira et al. (2008) foi observado, também, que a produção de liteira numa Floresta Ombrófila Densa foi a principal via de transferência de Ca e Mg para o solo. Nesse sentido, Ferreira (2010) indica que quanto mais velha for a folha, maior será o seu teor de Ca e aliado a sua baixa mobilidade no interior dos tecidos vegetais, esse elemento é tido como um fator determinante para que a sua maior quantidade de ciclagem no ambiente aconteça pela queda e decomposição dos tecidos vegetais senescentes (Nilsson et al., 1995; Caldeira et al, 2007). No entanto, Jandl e Herzberger (2001) e Bündchen et al. (2013) sugerem que esse alto conteúdo de Ca na

biomassa foliar seja resultante da elevada concentração desse elemento na solução do solo e não de mecanismos mais eficientes de absorção das plantas. Espig et al. (2009) e Araújo, (2011) justificam os maiores valores para Mg e Ca afirmando que ambos fazem parte de compostos orgânicos e que não são influenciados pela precipitação, pois não são lixiviados diretamente da superfície dos componentes vegetais.

Os baixos teores e conteúdos de Fósforo nas folhas, segundo Turner et al (1995) são comuns em florestas tropicais. Já os baixos teores de potássio podem estar relacionados com sua grande mobilidade, sendo que este não possui função estrutural nas plantas e tende a se acumular no suco vacuolar, tornando-se facilmente lixiviável (Malavolta, 1980; Boeger; 2000). Assim como Hayashi (2006), observou-se também que na Flona Tapajós, o P, ao contrário do N, apresentou as menores concentrações, dentre todos os outros. No entanto, maiores concentrações de Fósforo foram encontradas no presente estudo quando comparados com aqueles encontrados por Hayashi (2006), que obteve valores oscilando entre 0,12 à 0,38 g kg⁻¹.

As baixas concentrações de P demonstram seu papel chave como limitante do crescimento das florestas, cujos componentes deverão adquirir esse nutriente por meio de outros mecanismos, tais como: associação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e fosfatase ácida (Siqueira e Moreira, 2001; Hayashi, 2006). Para Vitousek (1984) e Hayashi (2006) a pouca disponibilidade do P é a responsável pela menor produção de liteira fina das florestas tropicais de terra firme.

De maneira geral, Fontes (2006) não observou para o Fósforo nenhuma relação com a variação da temperatura, enquanto o Ca sofreu decréscimo nos seus teores com o aumento da temperatura. Este comportamento diferiu dos observados nesse estudo, pois a concentração de Cálcio não se correlacionou significativamente com a temperatura do período e com relação ao fósforo, apenas as frações Miscelânea e Reprodutivo foram significativos. Se atribuí isso ao fato de que o aumento da temperatura desencadeia uma série de eventos fisiológicos na vegetação, crescendo a demanda por nutrientes para suprir suas necessidades vitais, em virtude do crescimento acelerado que se estabelece no vegetal devido à elevação da temperatura (Malavolta et al., 1997; Epstein e Bloom, 2006; Fontes, 2006).

Os teores de K encontrados neste trabalho foram estatisticamente menores na estação chuvosa, sendo corroborados com os encontrados por Espig et al. (2009) que observaram correlação negativa entre a precipitação e K numa Floresta Ombrófila Densa de Encosta. A diminuição dos teores de K nos componentes folha e miscelânea nos meses mais chuvosos e a correlação negativa e significativa do teor de K na fração miscelânea com a precipitação

relaciona-se, provavelmente, segundo Espig et al. (2009), com a lixiviação desse nutriente diretamente da superfície foliar. Esses autores, também, indicam que a qualidade do material que compõe a serapilheira e a incidência de chuvas podem influenciar os teores de K nos componentes estudados.

Caldeira et al. (2013) analisando os teores de nutrientes nas estações (seca e chuvosa) não observou significância ($p < 0,05$) para a concentração de nitrogênio, fósforo e cálcio. Já na Flona do Tapajós foi observado significância apenas para a concentração de Cálcio nas estações. Hayashi (2006) também não encontrou, após a análise estatística das médias, diferença significativa na concentração de fósforo nas estações (Hayashi, 2006). Mas entre as estações observou-se que os teores dos nutrientes foram significativos para magnésio e potássio. Já no presente estudo, somente a concentração de potássio na Fração Madeira foi significativa entre as estações, sendo que no caso do magnésio nenhuma das frações apresentaram valores significativos. Marschner (1997) afirma que a variabilidade dos teores de K encontrados em serapilheira se dá em função da época de avaliação, uma vez que o potássio possui relação com a precipitação pluviométrica. Segundo Pagano e Durigan (2000) o potássio ocorre sob a forma solúvel, o que o torna altamente susceptível a lixiviação, corroborando com esta afirmação. Entretanto, na Flona do Tapajós, observou-se que os maiores teores de K se concentraram na estação chuvosa, diferindo do proposto pelos autores citados anteriormente. Isto pode ser relacionado a outros mecanismos de conservação dos nutrientes (Güsewell, 2005).

Calvi et al. (2009) verificaram numa área de Floresta que os conteúdos de potássio na liteira variaram entre $5,45 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e $8,82 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo estes valores inferiores aos encontrados para a Flona do Tapajós. De acordo com Cunha et al. (1993), o potássio apresenta comportamento distinto dos demais nutrientes em relação à variação mensal da sua concentração, que oscila bastante durante o ano, geralmente ocorrendo menores concentrações nos períodos de maior precipitação pluviométrica. Onde os baixos teores e conteúdos de K na serapilheira estão relacionados com suas pequenas taxas requeridas na ciclagem biogeoquímica (Caldeira et al, 2007). Nilsson et al. (1995) mostraram que principalmente o potássio e o magnésio, dependendo da capacidade de suporte do substrato, são preferencialmente redistribuídos no interior da planta, ratificando seus baixos teores (Caldeira et al, 2007).

A relação entre a quantidade de liteira produzida e a quantidade de nutrientes contidos nela indicam a eficiência de cada comunidade na utilização desses nutrientes, onde Graham (1984), ressalta que a eficiência é a habilidade de um genótipo em fornecer altas produções

num ambiente deficiente em certo nutriente. E observando na ótica da agricultura e da sustentabilidade ambiental, Araújo et al. (2012) aponta a importância de que as culturas tenham alta eficiência de uso de nutrientes (EUN), pois, assim, elas podem produzir grande quantidade de biomassa. Essa situação, no meio agrícola, traz menos custos para o agricultor e também beneficia o ambiente, pois, na medida em que menos nutrientes são adicionados ao solo, conseqüentemente, haverá menos interferência negativa na qualidade das águas, por exemplo (Vitousek, 1984; Araújo et al., 2012).

O fato da eficiência no uso de Fósforo ser a mais alta entre os nutrientes estudados, geralmente é interpretado como um indicativo do papel chave deste elemento no ecossistema (Aerts e Chapin, 2000; Bündchen et al., 2013). Tendo em vista que a eficiência de utilização dos nutrientes (EUN), de um modo geral, já é um indicativo do estado da produção primária no ambiente, onde uma baixa eficiência pode significar que há necessidade de suprimento de nutrientes (Vitousek, 1984). Araújo (2011) analisou que a EUN pelas florestas primárias evidenciou uma maior eficiência, principalmente, dos nutrientes cálcio e magnésio. Alguns autores ressaltam que valores elevados desse índice indicam uma ciclagem de nutriente mais eficiente (Gama-Rodrigues e Barros, 2002; Araújo, 2011). Quando o índice apresenta-se menor, indica uma menor eficiência econômica na utilização desses nutrientes pela comunidade vegetal (Barbosa e Faria, 2006).

Bridgham et al. (1995) aprimoram os preceitos de Vitousek (1984) e apresentam um novo modelo para avaliação da eficiência de uso dos nutrientes, onde é previsto que a produção de serapilheira aumenta assintoticamente com o aumento do retorno de N e P através desta e que o índice de eficiência, calculado de acordo com Vitousek (1984), diminui em função do aumento do retorno desses nutrientes via serapilheira. A EUN pode variar entre ambiente e também dentro de um mesmo ecossistema, devido interações vegetação e ambiente, por exemplo. E, desta maneira, os vegetais que crescem em solos oligotróficos seriam mais eficientes no uso dos nutrientes do que aquelas que crescem em solos férteis (Aerts e Chapin, 2000).

CONCLUSÕES

A concentração de nutrientes na liteira do ecossistema estudado seguiu a ordem: N > Ca > Mg > K > P. Os nutrientes concentrados na liteira desempenham importante papel nos ecossistemas da Amazônia, tendo em vista que os mesmos são considerados pobres em nutrientes. Dessa maneira, quantificar esses teores e conteúdos nas estações (seca e chuvosa)

ao longo de certo período, como alguns anos, por exemplo, permite observar o seu comportamento e como isto influencia ao seu redor. A partir de então, cresce a possibilidade de que tais informações possam ser tomadas como ponto de partida para o sucesso da implantação de sistemas florestais mistos, bem como para a agricultura.

É possível notar que durante a estação seca ocorreu maior acúmulo de biomassa de serrapilheira, e com isto são disponibilizados maiores teores e conteúdos de nitrogênio, cálcio, potássio e magnésio. O fósforo foi o nutriente que apresentou uma das maiores eficiências no uso de nutrientes, comprovando sua menor disponibilidade no ambiente estudado e marcando sua importância para a melhoria da fertilidade do solo.

De maneira geral, as concentrações de nutrientes foram mais significativas nas estações, do que no decorrer dos três anos de pesquisa, demonstrando a influência das oscilações climáticas sobre a disponibilidade dos nutrientes. E pelo fato da fração foliar ser aquela que mais contribui com material, é essa também que disponibiliza as maiores concentrações e conteúdos.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro Universitário Luterano de Santarém (CEULS/ULBRA), pela flexibilidade e à Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), pela oportunidade da pós-graduação.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Aerts, R.; Chapin, F.S. 2000. The mineral nutrition of wild plants revisited: a re-evaluation of processes and patterns. *Advances in Ecological Research*, 30: 1-67.
- Araújo, G.C. 2011. Radiação e liteira em ecossistemas de florestas com ocorrência de *Attalea maripa* (Aubl.) Mart.: estudo de caso na Amazônia Oriental. Belém, 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal Rural da Amazônia.
- Araújo, G.C., Oliveira Junior, R.C., Oliveira, F.A., Gama, J.R.V., Gonçalves, D.C.M., Almeida, L.S. 2012. Comparação entre Floresta Primária e Secundária com Ocorrência de *Attalea maripa* (Aubl.) Mart.: Estudo de Caso na Amazônia Oriental. *Floresta e Ambiente*; 19:325-335
- Barbosa, J.H.C.; Faria, S.M.D. 2006. Aporte de serrapilheira ao solo em estágios sucessionais florestais na reserva biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Rodriguésia*, 57: 461-476.
- Boeger, M.R.T. 2000. Morfologia foliar e aspectos nutricionais de espécies arbóreas em três estágios sucessionais, de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, Paranaguá, PR. 150f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná.

- Bridgham, S.D., Pastor, J., Mcclaugherty; Richardson, C.J. 1995. Nutrient-use efficiency: a litterfall index, a model, and a test along a nutrient-availability gradient in North Carolina peatlands. *American Naturalist*, 145:1-21.
- Brun, E.J., Schumacher, M.V., Vaccaro, S., Spathelf, P. 2001. Relação entre a produção de serapilheira e variáveis meteorológicas em três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia* 9: 277-285.
- Bündchen, M.; Boeger, M.R.T.; Reissmann, C.B.; Silva, S.L.C. 2013. Status nutricional e eficiência no uso de nutrientes em espécies arbóreas da floresta subtropical no sul do Brasil. *Scientia Forestalis*, 41: 227-236.
- Caldeira, M.V.W, Marques, R., Soares, R.V., Balbinot, R. 2007. Quantificação de serapilheira e de nutrientes - Floresta Ombrófila Mista Montana - Paraná. *Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais* 5: 101-116.
- Caldeira, M.V.W. et al. 2003. Biomassa e nutrientes em *Myrsine ferruginea* (Ruiz & Pav.) Mez E *Myrsine umbellata* Mart. *Revista Floresta*, 33: 265-273.
- Caldeira, M.V.W. et al. 2007. Quantificação de serapilheira e de nutrientes - Floresta Ombrófila Mista Montana - Paraná. *Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais*, 5: 101-116.
- Caldeira, M.V.W. et al. 2007b. Determinação e identificação dos teores de macronutrientes nas espécies arbóreas de uma Floresta Ombrófila Mista Montana/ General Carneiro, Paraná. *Ambiência*, 2: 211-239.
- Caldeira, M.V.W., Silva, R.D., Kunz, S.H., Zorzaneli, J.P.F., Castro, K.C., Godinho, T.O. 2013. Biomassa e nutrientes da serapilheira em diferentes coberturas florestais. *Comunicata Scientiae*, 4: 111-119.
- Caldeira, M.V.W., Vitorino, M.D., Schaadt, S.S., Moraes, E., Balbinot, R. 2008. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. *Semina: Ciências Agrárias* 29: 53-68.
- Caldeira, M.V.W., Vitorino, M.D., Schaadt, S.S., Moraes, E., Balbinot, R. 2008. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. *Semina: Ciências Agrárias* 29: 53-68.
- Caldeira, M.V.W. et al. 2013. Biomassa e nutrientes da serapilheira em diferentes coberturas florestais. *Comunicata Scientiae*. 4: 111-119.
- Calvi, G.P.; Pereira, M.G.; Espíndula Júnior, A. 2009. Produção de serapilheira e aporte de nutrientes em áreas de Floresta Atlântica em Santa Maria de Jetibá, ES. *Ciência Florestal*, 19: 131-138.
- Calvi, G.P.; Pereira, M.G.; Espíndula Júnior, A. 2009. Produção de serapilheira e aporte de nutrientes em áreas de Floresta Atlântica em Santa Maria de Jetibá, ES. *Ciência Florestal*, 19: 131-138.
- Canavesi, V.; Kirchner, F.F. 2005. Estimativa de macronutrientes em floresta Ombrófila Mista Montana utilizando dados de campo e dados obtidos a partir de imagens do satélite IKONOS II. In: *Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 1443-1449.
- Carpanezzi, A.A. 1997. Banco de sementes e deposição de folheto e seus nutrientes em povoamentos de bracinga (*Mimosa scabrella* Benth) na região metropolitana de Curitiba-PR.. 177f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas), Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Cunha, G. C. et al. 1993. Dinâmica nutricional em floresta estacional decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serapilheira. *Ciência Florestal*, 3: 35-64.

- Drumond, M.A.; Barros, N.F.; Souza, A.L.; Silva, A.F. 1997b. Distribuição de biomassa e nutrientes em diferentes coberturas florestais e pastagem na região do Médio Rio Doce-MG. *Revista Arvore*, 2: 187-199.
- Epstein, E.; Bloom, A. J. 2006. *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. Tradução: Maria Edna Tenório Nunes. Londrina: Planta, 403p.
- ESPIG, S. A. et al. 2009. Sazonalidade, composição e aporte de nutrientes da serapilheira em fragmento de Mata Atlântica. *Revista Arvore*, 33: 949-956.
- Ferreira, A.M.S.D. 2010. Fluxos de cátions em ecossistema sucessional de floresta na Região do Médio Apeú, Nordeste do Pará, Amazônia Oriental. Belém, 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal Rural da Amazônia.
- FONTES, P.C.R. 2006. *Diagnóstico do estado nutricional das plantas*. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 122p.
- Gama-Rodrigues, A.C.; Barros, N.F. 2002. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil. *Revista Arvore*, 26:193-207.
- Garay, I. et al. 2003 Comparação da matéria orgânica e de outros atributos do solo em plantações de *Acacia mangium* E *Eucalyptus grandis*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 27:705-712.
- Gonçalves, J. L. M.; Mello, S. L. M. O sistema radicular das árvores. In: Gonçalves, I. L.; Benedeti, V. (Ed.). *Nutrição e fertilidade florestal*. Piracicaba: IPET, 2000. p. 219-261.
- Graham, R.D. 1984. *Breeding for nutrition characteristics in cereals*. In: TINKER, P.B.; LAUCHLI, A.(Eds.). *Advances in plant nutrition*. New York: praeger,p. 57-102.
- Güsewell, S. 2005. Nutrient resorption of wetland graminoids is related to the type of nutrient limitation. *Functional Ecology*, 19: 344–354.
- Haag, H.P. *Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais*. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 144p.
- Hayashi, S.N. 2006. Dinâmica da serrapilheira em uma cronossequência de florestas do município de Capitão Poço. 61f. Dissertação (Mestrado em Botânica), Universidade Federal Rural da Amazônia e Museu Paraense Emílio Goeldi.
- JANDL, R.; HERZBERGER, E. Is soil chemistry an indicator of tree nutrition and stand productivity? *Die Bodenkultur*, Viena, v. 52, n. 2, p. 155-163, 2001.
- Jordan, C.F. 1985. *Nutrient cycling in tropical Forest ecosystems*. John Wiley& Sons, New York, USA. 190p.
- Lambers, H.; Chapin III, F.S.; Pons, T.L. *Plant physiological ecology*. New York: Springer-Verlag, 2000. 540p.
- Longhi, R. V. et al. 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. ISSN 0103-9954
- Malavolta, E. 1980. *Elementos da nutrição mineral de plantas*. Sao Paulo: Ceres, 251p.
- Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. 1997. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 2. ed. 319p.
- Marschner, H. 1997. *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, London, England. 889p.
- Montagnini, F.; Sancho, F. 1994. Aboveground biomass and nutrient in young plantations of indigenous trees: implications for site nutrient conservation. *Journal of Sustainable Forestry*, 4: 115-139.
- Murbach M. R. et al. 2003. Nutrient cycling in a RRIM 600 clone rubber plantation. Piracicaba, SP. *Scientia Agricola*, Piracicaba, 60: 353-357.

- Neves, E.J.M., Martins, E.G., Reissmann, C.B. 2001. Deposição de serapilheira e de nutrientes de duas espécies da Amazônia. *Boletim de Pesquisa Florestal* 43: 47-60.
- Nilsson, L. O. et al. 1995. Nutrient uptake and cycling in forest ecosystems – present status and future research directions. *Plant and Soil*, The Hague, 169: 5-13.
- Pagano, S.N., Durigan, G. 2000. Aspectos da ciclagem de nutrientes em matas ciliares do Oeste do Estado de São Paulo, Brasil. In: Rodrigues, R.R., Leitão Filho, H.F. (ed.) *Matas ciliares: conservação e recuperação*. EDUSP/FAPESP, São Paulo, Brasil. p.109-123.
- Sanquetta, C. R. et al. 2001. Estrutura vertical de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Centro-Sul do Paraná. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, 3: 59-73.
- SCHUMACHER, M. V. 2004. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no município de Pinhal Grande-RS. *Revista Árvore*, 28: 29-37.
- Siqueira, J.O.; Moreira, F. M. S. 2001. *Biologia e bioquímica do solo*. Lavras: UFLA/FAEPE, 291p.
- Turner, I.M.; Ong, B.L.; Tan, H.T.W. 1995. Vegetation analysis, leaf structure and nutrient status of a Malasyan heath community. *Biotropica*, 27: 2-12.
- Vitousek, P.M. 1984. Litterfal, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests. *Ecology*, v. 65, n. 1, p. 285-298.
- Vitousek, P.M. 1984. Litterfal, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests. *Ecology*, v. 65, n. 1, p. 285-298.
- Vitousek, P.M., Sanford, R.L. 1986. Nutrient cycling in Moist Tropical Forest. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17: 137-167.
- WISNIEWSKI, C. et al. Caracterização do ecossistema e estudo das relações solo-cobertura vegetal em planície pleistocênica do litoral paranaense. Curitiba: UFPR/Departamento de Solos, 1997. 55 p. (Projeto Integrado-CNPq, Relatório final).

SÍNTESE INTEGRADORA

A estimativa da produção e da concentração de nutrientes da liteira em floresta primária propicia subsídios para conhecer o comportamento da vegetação diante das variações climáticas. Esses são aspectos importantes para que se possa estabelecer planos e programas de recuperação para áreas degradadas, por exemplo, pois o retorno da matéria orgânica e de nutrientes para o piso florestal é um recurso que contribui para a melhoria da qualidade de diversas propriedades do solo. Logicamente, muitos outros artifícios são utilizados pelos ambientes naturais, no entanto, a liteira destaca-se aqui como o principal e mais importante.

Desse modo, observou-se que a deposição de liteira para a área de estudo em questão foi ininterrupta durante todo período experimental, caracterizando sua importância para a produção primária. A média de produção foi de 7154,98 kg ha⁻¹, sendo a fração Folhas a que mais contribuiu para a constituição da liteira na área e o aporte das frações demonstrou a seguinte ordem: Folhas > Madeira > Miscelânea > Reprodutivo. A produção de liteira mostrou um padrão de deposição tipicamente sazonal, onde o aporte foi maior nos períodos secos e de maiores temperaturas.

Em ecossistemas Amazônicos os nutrientes concentrados na liteira desempenham papel fundamental para a sua manutenção e produtividade, por isso, quantificar esses teores e conteúdos nas estações, secas e chuvosas, ao longo do tempo permite verificar seu comportamento e influencia no espaço. A partir dessas informações cresce a possibilidade de que possam ser tomadas decisões mais acertadas para implantação de sistemas florestais mistos, por exemplo, ou até mesmo para diversificação na agricultura.

Observou-se, na Flona Tapajós, que durante a estação seca ocorreu maior acúmulo de liteira, e com isto foram disponibilizados maiores teores e conteúdos de nitrogênio, cálcio, potássio e magnésio. O fósforo foi o nutriente que apresentou uma das maiores eficiências no uso de nutrientes, comprovando sua menor disponibilidade no ambiente estudado, marcando também sua importância como elemento limitante no sistema. As concentrações de nutrientes mais significativas nas estações, demonstraram a influência das oscilações climáticas sobre a disponibilidade dos nutrientes. E pelo fato da fração foliar ser a de maior aporte, foi também a que disponibilizou maiores quantidades de nutrientes. Viu-se, portanto, que a concentração de nutrientes seguiu determinada ordem: N > Ca > Mg > K > P. Dessa maneira, as informações compiladas nessa dissertação tornam-se importantes como suporte para o desenvolvimento de programas sustentáveis que visem a qualidade do desenvolvimento ambiental.

ANEXOS:

ANEXO A – Normas de publicação para autores da revista Acta Amazônica.

ANEXO A – Normas de publicação para autores da revista Acta Amazônica

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

Como parte do processo de submissão, os autores devem verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. Submissões que não estejam de acordo com as normas são devolvidas aos autores.

1. O tamanho máximo de um arquivo individual deve ser 2 MB.
2. O manuscrito deve ser acompanhado de uma carta de submissão indicando que: a) os dados contidos no trabalho são originais e precisos; b) que todos os autores participaram do trabalho de forma substancial e estão preparados para assumir responsabilidade pública pelo seu conteúdo; c) a contribuição apresentada à Revista não foi previamente publicada e nem está em processo de publicação, no todo ou em parte em outro veículo de divulgação. A carta de submissão deve ser carregada no sistema da Acta Amazonica como "documento suplementar".
3. Os manuscritos são aceitos em português, espanhol e inglês, mas encorajam-se contribuições em inglês. A veracidade das informações contidas numa submissão é de responsabilidade exclusiva dos autores.
4. A extensão máxima para artigos e revisões é de 30 páginas (ou 7500 palavras, excluindo a folha de rosto), dez páginas (2500 palavras) para Notas Científicas e cinco páginas para outros tipos de contribuições.
5. Os manuscritos formatados conforme as Instruções aos Autores são enviados aos editores associados para pré-avaliação. Neste primeiro julgamento são levados em consideração a relevância científica, a inteligibilidade do manuscrito e o escopo no contexto amazônico. Nesta fase, contribuições fora do escopo da Revista ou de pouca relevância científica são rejeitadas. Manuscritos aprovados na pré-avaliação são enviados para revisores (pelo menos dois), especialistas de instituições diferentes daquelas dos autores, para uma análise mais detalhada.
6. Uma contribuição pode ser considerada para publicação, se tiver recebido pelo menos dois pareceres favoráveis no processo de avaliação. A aprovação dos manuscritos está fundamentada no conteúdo científico e na sua apresentação conforme as Normas da Revista.
7. Os manuscritos que necessitam correções são encaminhados aos autores para revisão. A versão corrigida deve ser encaminhada ao Editor, via sistema da Revista, no prazo de DUAS semanas. Uma carta de encaminhamento deve ser também carregada no sistema da Revista, detalhando as correções efetuadas. Nessa carta, recomendações não incorporadas ao manuscrito devem ser explicadas. Todo o processo de avaliação pode ser acompanhado no endereço, <http://mc04.manuscriptcentral.com/aa-scielo>.
8. Seguir estas instruções para preparar e carregar o manuscrito:
 - a. Folha de rosto (Title page): Esta página deve conter o título, nomes (com último sobrenome em maiúscula), endereços institucionais completos e endereços eletrônicos dos autores. Os nomes das instituições não devem ser abreviados. Usar um asterisco (*) para indicar o autor correspondente.

Carregar este arquivo selecionando a opção: "Title page"

- b. Corpo do manuscrito (main document). O corpo do manuscrito deve ser organizado da seguinte forma: Título, Resumo, Palavras-Chave, Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão, Agradecimentos, Bibliografia Citada, Legendas de figuras e Tabelas. Para submissões em português ou espanhol incluir: título, resumo e palavras-chave em inglês.
Carregar este arquivo como "Main document".

c. Figuras. São limitadas a sete em artigos. Cada figura deve ser carregada em arquivo separado e estar em formato gráfico (JPG ou TIFF). Deve ser em alta qualidade e com resolução de 300 dpi. Para ilustrações em bitmap, utilizar 600 dpi.

Carregar cada um destes arquivos como "Figure".

d. Tabelas. São permitidas até cinco tabelas por artigo. Utilizar espaço simples e a função "tabela" para digitar a tabela. As tabelas podem ser carregadas como arquivos separados OU inseridas no corpo do manuscrito (main document) após as legendas das figuras.

9. As Notas Científicas são redigidas separando os tópicos (i.e. Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão) em parágrafos, mas sem incluir os títulos das seções. Notas Científicas, como no caso do artigo, também devem conter: Título, Nomes e endereços institucionais e eletrônicos dos autores, Resumo, Palavras-Chave e os tópicos do artigo completo incluindo título em inglês, abstract e keywords. São permitidas até três figuras e duas tabelas. Carregar as diferentes partes do manuscrito como descrito no Item 8.

10. Nomes dos autores e endereço institucional completo, incluindo endereço eletrônico DEVEM ser cadastrados no sistema da Revista no ato da submissão.

11. **IMPORTANTE:** Os manuscritos não formatados conforme as Normas da Revista NÃO são aceitos para publicação.

FORMATO E ESTILO

12. Os manuscritos devem ser preparados usando editor de texto (e.g. doc ou docx), utilizando fonte "Times New Roman", tamanho 12 pt, espaçamento duplo, com margens de 3 cm. As páginas e as linhas devem ser numeradas de forma contínua. Para tabelas ver Item 8d.

13. Título. Justificado à esquerda, com a primeira letra maiúscula. O título deve ser conciso evitando-se o uso de nomes científicos.

14. Resumo. Deve conter até 250 palavras (150 palavras no caso de Notas Científicas), deve conter de forma sucinta, o objetivo, a metodologia, os resultados e as conclusões enfatizando aspectos importantes do estudo. O resumo deve ser autossuficiente para a sua compreensão. Os nomes científicos das espécies e demais termos em latim devem ser escritos em itálico. Siglas devem ser evitadas nesta seção; porém, se necessárias, o significado deve ser incluído. Não utilizar referências bibliográficas no resumo.

15. Palavras-chave. Devem ser em número de três a cinco. Cada palavra-chave pode conter dois ou mais termos. Porém, não devem ser repetidas palavras utilizadas no título.

16. Introdução. Enfatizar o propósito do trabalho e fornecer, de forma sucinta, o estado do conhecimento sobre o tema em estudo. Especificar claramente os objetivos ou hipóteses a serem testados. Esta seção não deve exceder de 35 linhas. Não incluir resultados ou conclusões e não utilizar subtítulos na Introdução.

17. Material e Métodos. Esta seção deve ser organizada cronologicamente e explicar os procedimentos realizados, de tal modo que outros pesquisadores possam repetir o estudo. O procedimento estatístico utilizado deve ser descrito nesta seção. O tipo de análise estatística aplicada aos dados deve ser descrita. Procedimentos-padrão devem ser apenas referenciados. As unidades de medidas e as suas abreviações devem seguir o Sistema Internacional e, quando necessário, deve constar uma lista com as abreviaturas utilizadas. Equipamento específico utilizado no estudo deve ser descrito (modelo, fabricante, cidade e país de fabricação, entre parênteses). Por exemplo: "A fotossíntese foi determinada usando um sistema portátil de trocas gasosas (Li-6400, Li-Cor, Lincoln, NE, USA)". Material testemunho (amostra para referência futura) deve ser depositado em uma ou mais coleções científicas e informado no manuscrito. NÃO utilizar sub-subtítulos nesta seção. Utilizar negrito, porém não itálico ou letras maiúsculas para os subtítulos.

18. Aspectos éticos e legais. Para estudos que exigem autorizações especiais (e.g. Comitê de Ética/Comissão Nacional de Ética em Pesquisa - CONEP, IBAMA, CNTBio, INCRA/FUNAI, EIA/RIMA, outros) informar o número do protocolo e a data de aprovação. É responsabilidade dos autores o cumprimento da legislação específica relacionada a estes aspectos.

19. Resultados. Os resultados devem apresentar os dados obtidos com o mínimo julgamento pessoal. Não repetir no texto toda a informação contida em tabelas e figuras. Algarismos devem estar separados de unidades. Por exemplo, 60 °C e NÃO 60° C, exceto para percentagem (e.g., 5% e NÃO 5 %). Utilizar unidades e símbolos do Sistema Internacional e simbologia exponencial. Por exemplo, cmol kg-1 em vez de meq/100g. Não apresentar a mesma informação (dados) em tabelas e figuras simultaneamente. Não utilizar sub-títulos nesta seção.

20. Discussão. A discussão deve ter como alvo os resultados obtidos. Evitar mera especulação. Entretanto, hipóteses bem fundamentadas podem ser incorporadas. Apenas referências relevantes devem ser incluídas. As conclusões devem conter uma interpretação sucinta dos resultados e uma mensagem final que destaque as implicações científicas do trabalho. As conclusões podem ser apresentadas como um tópico separado ou incluídas no final da seção Discussão.

21. Agradecimentos devem ser breves e concisos. **Incluir agência(s)** de fomento. NÃO abreviar nomes de instituições.

22. Bibliografia Citada. Pelo menos 70% das referências devem ser artigos de periódicos científicos. As referências devem ser preferencialmente dos últimos 10 anos, evitando-se exceder 40 citações. Esta seção deve ser organizada em ordem alfabética e deve incluir apenas citações mencionadas no manuscrito. Para referências com mais de dez autores, relacionar os seis primeiros seguido de *et al.* Nesta seção, o título do periódico NÃO deve ser abreviado. Observar os exemplos abaixo:

a) Artigos de periódicos:

c) Livros:

Walker, I. 2009. Omnivory and resource - sharing in nutrient - deficient Rio Negro waters: Stabilization of biodiversity? *Acta Amazonica*, 39: 617-626.

Alvarenga, L.D.P.; Lisboa, R.C.L. 2009. Contribuição para o conhecimento da taxonomia, ecologia e fitogeografia de briófitas da Amazônia Oriental. *Acta Amazonica*, 39: 495-504.

b) Dissertações e teses:

Ribeiro, M.C.L.B. 1983. *As migrações dos jaraquis (Pisces: Prochilodontidae) no rio Negro, Amazonas, Brasil.* Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 192p.

Steel, R.G.D.; Torrie, J.H. 1980. *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach.* 2da

FIGURAS

a) Um autor:

b) Dois autores:

ed. McGraw-Hill, New York, 1980, 633p.

d) Capítulos de livros:

Absy, M.L. 1993. Mudanças da vegetação e clima da Amazônia durante o Quaternário. In: Ferreira, E.J.G.; Santos, G.M.; Leão, E.L.M.; Oliveira, L.A. (Ed.). *Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia.* v.2. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, p.3-10.

e) Citação de fonte eletrônica:

CPTEC, 1999. Climanalise, 14: 1-2 (www.cptec.inpe.br/products/climanalise). Acesso em 19/05/1999.

f) Citações com mais de dez autores:

Tseng, Y.-H.; Kokkotou, E.; Schulz, T.J.; Huang, T.L.; Winnay, J.N.; Taniguchi, C.M.; *et al.* 2008. New role of bone morphogenetic protein 7 in brown adipogenesis and energy expenditure. *Nature*, 454:1000-1004.

23. Citações de referências no texto. As referências devem seguir ordem cronológica. Para duas ou mais referências do mesmo ano citar conforme a ordem alfabética. Exemplos:

Pereira (1995) ou (Pereira 1995).

Oliveira e Souza (2003) ou (Oliveira e Souza 2003).

c) Três ou mais autores:

Rezende *et al.* (2002) ou (Rezende *et al.* 2002).

d) Citações de anos diferentes (ordem cronológica):

Silva (1991), Castro (1998) e Alves (2010) ou (Silva 1991; Castro 1998; Alves 2010).

e) Citações no mesmo ano (ordem alfabética):

Ferreira *et al.* (2001) e Fonseca *et al.* (2001); ou (Ferreira *et al.* 2001; Fonseca *et al.* 2001).

24. Fotografias, desenhos e gráficos devem ser de alta resolução, em preto e branco com alto contraste, numerados sequencialmente em algarismos arábicos. NÃO usar tonalidades de cinza em gráficos de dispersão (linhas ou símbolos) ou gráficos de barra. Em gráfico de dispersão usar símbolos abertos ou sólidos (círculos, quadrados, triângulos, ou losangos) e linhas em preto (contínuas, pontilhadas ou tracejadas). Para gráfico de barra, usar barras pretas, bordas pretas, barras listradas ou pontilhadas. Na borda da área de plotagem utilizar uma linha contínua e fina, porém NÃO usar uma linha de borda na área do gráfico. Em figuras compostas cada uma das imagens individuais deve ser identificada com uma letra maiúscula posicionada no canto superior direito, dentro da área de plotagem.

25. Evitar legendas desnecessárias na área de plotagem. Nos títulos dos eixos ou na área de plotagem NÃO usar letras muito pequenas (< tamanho 10 pt). Nos eixos usar marcas de escala internas. NÃO usar linhas de grade horizontais ou verticais, exceto em mapas ou ilustrações similares. O significado das siglas utilizadas deve ser descrito na legenda da figura. Cada eixo do gráfico deve ter o seu título e a unidade. Evitar muitas subdivisões nos eixos (cinco a seis seriam suficientes). Em mapas incluir escala e pelo menos um ponto cardinal.

26. As figuras devem ser elaboradas de forma compatível com as dimensões da Revista, ou seja, largura de uma coluna (8 cm) ou de uma página 17 cm e permitir espaço para a legenda. As ilustrações podem ser redimensionadas durante o processo de produção para adequação ao espaço da Revista. Na figura, quando for o caso, a escala deve ser indicada por uma barra (horizontal) e, se necessário, referenciadas na legenda da figura. Por exemplo, barra = 1 mm.

27. Citação de figuras no texto. As figuras devem ser citadas com letra inicial maiúscula, na forma direta ou indireta (entre parêntesis). Por exemplo: Figura 1 ou (Figura 1). Na legenda, a figura deve ser numerada seguida de ponto antes do título. Por exemplo: "Figura 1. Análise...". Definir na legenda o significado de símbolos e siglas usados. Figuras devem ser autoexplicativas.

28. Figuras de outras autorias. Para figuras de outras autorias ou publicadas anteriormente, os autores devem informar explicitamente no manuscrito que a permissão para reprodução foi concedida. Carregar no sistema da Revista (não para revisão), como documento suplementar, o comprovante outorgado pelo detentor dos direitos autorais.

29. Adicionalmente às figuras inseridas no sistema em formato TIFF ou JPG, os gráficos preparados usando Excel ou SigmaPlot podem ser carregados como arquivos suplementares (selecionando a opção Not for review).

30. Ilustrações coloridas. Fotografias e outras ilustrações devem ser preferencialmente em preto e branco. Ilustrações coloridas são aceitas, mas o custo de impressão é por conta dos autores. Sem custo para os autores, podem ser usadas ilustrações em preto e branco na versão impressa e coloridas na versão eletrônica. Nesse caso, isso deve ser informado na legenda da figura. Por exemplo, adicionando a sentença: "Esta figura é colorida na versão eletrônica". Esta última informação é para os leitores da versão impressa.
31. Os autores podem ser convidados a enviar uma fotografia colorida, para ilustrar a capa da Revista. Nesse caso, não há custos para os autores.

TABELAS

32. As tabelas devem ser organizadas e numeradas sequencialmente com algarismos arábicos. A numeração e o título (legenda) devem estar em posição superior à tabela. A tabela pode ter notas de rodapé. O significado das siglas e dos símbolos utilizados na tabela (cabeçalhos, etc.) devem ser descritos no título. Usar linhas horizontais acima e abaixo da tabela e para separar o cabeçalho do corpo da tabela. Não usar linhas verticais.
33. As tabelas devem ser elaboradas em editor de texto (e.g. doc ou docx) e não devem ser inseridas no texto como imagem (e.g. no formato JPG).
34. A citação das tabelas no texto pode ser na forma direta ou indireta (entre parêntesis), por extenso, com a letra inicial maiúscula. Por exemplo: Tabela 1 ou (Tabela 1). Na legenda, a tabela deve ser numerada seguida de ponto antes do título: Por exemplo: "Tabela 1. Análise...". Tabelas devem ser autoexplicativas.