**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Deposição e concentração de nutrientes da serapilheira de seis
espécies nativas do Pontal do Paranapanema: uso da
biodiversidade funcional em sistemas agroflorestais**

Henrique Ferraz de Campos

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Programa: Recursos
Florestais. Opção: Conservação de Ecossistemas
Florestais

**Piracicaba
2015**

Henrique Ferraz de Campos
Engenheiro Agrônomo

**Deposição e concentração de nutrientes da serapilheira de seis espécies
nativas do Pontal do Paranapanema: uso da biodiversidade funcional em
sistemas agroflorestais**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **PAULO YOSHIO KAGEYAMA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Programa: Recursos
Florestais. Opção: Conservação de Ecossistemas
Florestais

Piracicaba
2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP

Campos, Henrique Ferraz de

Deposição e concentração de nutrientes da serapilheira de seis espécies nativas do Pontal do Paranapanema: uso da biodiversidade funcional em sistemas agroflorestais / Henrique Ferraz de Campos. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2015.
63 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Ciclagem de nutrientes 2. Sistemas agroflorestais 3. Serapilheira 4. Árvores nativas
I. Título

CDD 634.99
C198d

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Dedico este trabalho a todos os meus familiares e amigos com quem aprendi a viver e amar; e à Amanda, minha esposa, com quem vivo esse amor todos os dias.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me conceder mais essa graça em minha vida.

A toda minha família, em especial aos meus pais, Valdir e Regina, que nunca mediram esforços para que seus filhos pudessem alcançar seus objetivos, sempre alicerçados na humildade e honestidade.

Aos meus irmãos Aline e Renato, pessoas fantásticas que serei eternamente grato por todos os momentos que passamos juntos. Deixo aqui também meus sinceros agradecimentos aos seus respectivos cônjuges, André e Adriana, que com o fruto do amor nos presentearam com duas joias preciosas: meu afilhado Miguel e minha linda Luana.

À minha esposa, Amanda, minha linda companheira de vida e amor que sempre compreende minhas dificuldades e anseios, me faz caminhar para superação de todos os obstáculos. Te amo Lindona!

Ao meu orientador Paulo Kageyama, pela brilhante orientação que desempenhou desde a primeira conversa sobre a intenção de ingressar no curso de mestrado até a revisão final da dissertação. Sempre disposto a discutir e auxiliar no que for preciso com muita competência e precisão.

Ao João Dagoberto dos Santos que sempre incentivou e cobrou o melhor de todos que o cercam com muita sabedoria, discernimento e, sobretudo sinceridade.

Ao casal Nobuyoshi Narita e Hiromi Hirai pesquisadores do Pontal que muito me auxiliaram no planejamento e nas atividades de campo desse trabalho, principalmente na confecção dos coletores que com muita paciência e dedicação me auxiliaram a confeccionar um a um.

Aos parceiros da APOENA e da CESP, Djalma, Genildo, e Celso que gentilmente nos receberam na área de pesquisa fornecendo todo o auxílio necessário para realização deste trabalho no campo.

Aos amigos João Portella e Marcos Le Moal que muito contribuíram com minha formação profissional desde os tempos de estagiário e que agora mesmo ambos distantes geograficamente deixaram seu legado de conhecimento e companheirismo.

A toda Equipe que atuou e atua bravamente nos projetos do Pontal do Grupo PPDARAF, meus grandes amigos: Germano, Otávio, Ana, Aline, Aderson (Gigante), Hélio e Rafael. Todos sempre presente nas longas viagens ao Pontal e fazendo nosso ambiente de trabalho muito mais agradável pela fraterna amizade, boas prosas, risadas, e muitos peixes com cerveja no Cumbuca. Ao Rafael um agradecimento especial, pois participou de todas as coletas de materiais para esta pesquisa.

A todos os agricultores assentados do pontal principalmente aos que tive a oportunidade de conhecer e participar de um pouco de suas histórias de luta e bravura.

Aos companheiros da República Maracangalha cuja irmandade levarei para sempre em meu coração.

Ao Grupo SAF da ESALQ pelo qual iniciei minha jornada no conhecimento de sistemas agroflorestais.

"Um pouco de ciência nos afasta de Deus.
Muito, nos aproxima."

Louis Pasteur

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	13
LISTA DE FIGURAS	15
LISTA DE TABELAS	17
1 INTRODUÇÃO	19
2 MATERIAL E MÉTODOS	23
2.1 Caracterização da Área de estudo	23
2.2 Caracterização climática no período de pesquisa	25
2.3 Espécies alvo	26
2.4 Deposição de serapilheira	30
2.5 Teor de macronutriente na serapilheira.....	31
2.6 Análises estatísticas	31
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
3.1 Deposição de serapilheira	33
3.2 Teor de macronutriente na serapilheira.....	37
3.2.1 Nitrogênio	39
3.2.2 Fósforo	40
3.2.3 Potássio.....	41
3.2.4 Cálcio	41
3.2.5 Magnésio.....	42
3.2.6 Enxofre	42
3.2.7 Variações entre coletas	44
3.3 Riqueza total dos macronutrientes na serapilheira.....	47
3.4 Aporte anual de nutrientes por indivíduo arbóreo.....	49
3.5 A importância da poda e suas interferências no processo de deposição natural da serapilheira.....	51
4 CONCLUSÕES	53
REFERÊNCIAS.....	55

RESUMO

Deposição e concentração de nutrientes da serapilheira de seis espécies nativas do Pontal do Paranapanema: uso da biodiversidade funcional em sistemas agroflorestais

Na elaboração de arranjos de sistemas agroflorestais devem ser buscadas interações benéficas entre as espécies utilizadas, com o intuito de atingir os objetivos desses sistemas em otimizar a eficiência do uso dos recursos naturais como: luz solar, a água e os nutrientes. Essas interações benéficas em SAFs são, muitas vezes, obtidas através da utilização de princípios e funcionamentos semelhantes ao ecossistema natural da região. Um dos funcionamentos chaves para garantir a sustentabilidade dos ecossistemas florestais é a dinâmica da serapilheira. A dinâmica quantitativa e qualitativa da produção de serapilheira é fortemente influenciada pela composição de espécies. Poucos estudos evidenciam o papel individual de cada espécie, sobretudo das árvores nativas, nessa dinâmica. Nesse sentido, este estudo teve o objetivo de aprofundar o conhecimento do papel individual na deposição e concentração de nutrientes da serapilheira de 6 espécies nativas da floresta estacional semidecidual, para uso racional desse conhecimento em sistemas agroflorestais, principalmente para a agricultura familiar e assentamentos rurais da região do Pontal do Paranapanema. O experimento foi desenvolvido em um plantio de restauração ecológica no município de Presidente Epitácio, São Paulo, Brasil. A pesquisa foi realizada durante o período de maio de 2013 a abril de 2014. As espécies estudadas foram: *Anadenanthera colubrina* (angico), *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril), *Inga laurina* (ingá), *Luehea divaricata* (açoita cavalo), *Croton urucurana* (sangra d'água), *Schinus terebentifolius* (Aroeira pimenteira). Foram selecionados aleatoriamente, no talhão experimental, em área de restauração, 10 indivíduos de cada espécie. Para todos os 60 indivíduos selecionados foram instalados coletores de serapilheira. Durante o período de estudo, a cada 2 meses, todo o material coletado foi retirado dos coletores e teve o seu peso seco determinado. Em dois dos períodos de coleta parte do material foi submetido ao processo de análise química dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S). As 6 espécies alvo deste estudo se comportaram de forma semelhante em termos de quantidade de deposição de serapilheira ao longo do ano. O fluxo anual de deposição de serapilheira não apresentou variações sazonais significativas, analisando-se cada espécie de forma separada. No entanto, na análise do conjunto das espécies verificou-se uma maior deposição de serapilheira durante o período mais seco do ano. A espécie Sangra d'Água considerada pioneira quanto à classe sucessional, teve o maior valor de deposição anual seguido da aroeira pimenteira espécie também considerada de fase mais inicial na sucessão em comparação com as demais. Para todos os macronutrientes com exceção do enxofre houve interação significativa entre espécie e época de coleta. As espécies de início de sucessão aportaram mais nutrientes durante o ano de estudo que as espécies mais tardias. Uma maior diversidade de espécie proporciona maiores possibilidades de complementaridade na disponibilidade de recursos, visto que, houveram diferenças na dinâmica da concentração de macronutrientes na serapilheira das espécies. Estudos adicionais são necessários para contribuir no entendimento da dinâmica quantitativa e qualitativa de deposição da serapilheira de diferentes espécies, bem como suas interações em sistemas agroflorestais.

Palavras-chave: Ciclagem de nutrientes; Sistemas agroflorestais; Serapilheira;
Árvores nativas

ABSTRACT

Deposition and concentration of nutrients from litter of six native species from Pontal do Paranapanema – SP, Brazil: functional biodiversity use in agroforestry systems

In the elaboration of Agroforestry Systems arrangements should be sought beneficial interactions among species used, in order to achieve the objectives of these systems by optimizing the efficiency of natural resources use, such as: sunlight, water and nutrients. These beneficial interactions in Agroforestry Systems are often obtained through the use of principles and functioning similar to the natural region ecosystem. One key functioning to ensure forest sustainability of ecosystems is the litterfall dynamics. The quantitative and qualitative dynamics of litter production is strongly influenced by species composition. Few researches have demonstrated the individual role of each species, mainly of native trees, on this dynamic. In this sense, the present study aimed to deepen the knowledge of the individual role in the deposition and concentration of nutrients from litter of 6 native tree species from the Semideciduous Mesophytic Atlantic Forest for rational use of this knowledge in agroforestry systems, mainly for family farms and rural settlements in the region of the Pontal do Paranapanema. The experiment was conducted in an ecological restoration planting in the city of Presidente Epitácio in São Paulo state, Brazil. The survey was also conducted during one year period, from May 2013 to April 2014. The species studied were: *Anadenanthera colubrina*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Inga laurina*, *Luehea divaricata*, *Croton urucurana*, *Schinus terebentifolius*. It was selected randomly in the experimental field, 10 individuals of each species. For all 60 individuals selected were installed litter collectors. During the study period, every 2 months all collected litter material was removed from collectors and its dry weight determined. In two period of time collection part of the material was subjected to the process of chemical analysis of macronutrients (N, P, K, Ca, Mg, S). The 6 species targeted for this study behaved similarly in terms of amount of litter deposition throughout the year. The annual flow litter deposition has not shown significant seasonal variations by analyzing each species separately. However, in the analysis of all joint species there were a greater deposition of litter during the driest period of the year. The species considered pioneer as the successional class, the *Croton urucurana* had the greatest annual deposition followed by *Schinus terebentifolius*, species also considered in the Initial stage in the succession, in comparison to the others. For all macronutrients except sulfur there was significant interaction between species and time of collection. The early successional species supplied more nutrients than later species during the year of this research. Greater species diversity provide better possibility of complementary effects in resource availability, as there were differences on macronutrients concentration dynamics in litter of these species studied. Additional studies are needed to contribute on quantitative and qualitative dynamics understanding of litter deposition of different species as well as their interactions in agroforestry systems.

Keywords: Nutrient cycling; Agroforestry systems; Litter; Native trees

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Diagrama climático para o município de Presidente Epitácio-SP. Fonte de dados: CEPAGRI - Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura.....24
- Figura 2 - Precipitação (mm) no município de Presidente Epitácio-SP durante o período de pesquisa, de maio de 2013 a abril de 2014, confrontados com precipitação padrão para o município (média histórica). Fonte de dados: CEPAGRI - Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura.....26
- Figura 3 - Temperaturas médias bimestrais (°C) no município de Presidente Epitácio-SP durante o período de pesquisa, de maio de 2013 a abril de 2014, confrontados com temperatura média padrão para o município (média histórica). Fonte de dados: CEPAGRI - Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura.26
- Figura 4 - Distribuição dos 60 indivíduos selecionados para o estudo em imagem de satélite do programa Googleearth® e em grade com escala. Os pontos foram alocados na imagem a partir da interface GPS TrackMaker®29
- Figura 5 - Somatória de produção de serapilheira das 6 espécies estudadas [Anadenanthera colubrina (angico), Enterolobium contortisiliquum (tamboril), Inga laurina (ingá), Luehea divaricata (açoita cavalo), Croton urucurana (sangra d'água), Schinus terebentifolius (Aroeira pimenteira)] em cada coleta e a precipitação encontrada no período de maio de 2013 a abril de 2014.....35
- Figura 6 - Amplitude de variação (em porcentagem) na concentração dos macronutrientes em relação às coletas nos diferentes períodos (maio/junho e novembro/dezembro de 2013) para média do conjunto de espécies estudadas [Anadenanthera colubrina (angico), Enterolobium contortisiliquum (tamboril), Inga laurina (ingá), Luehea divaricata (açoita cavalo), Croton urucurana (sangra d'água), Schinus terebentifolius (Aroeira pimenteira)].....46
- Figura 7 - Concentração média dos macronutrientes dos materiais formadores de serapilheira das diferentes espécies [Anadenanthera colubrina (angico), Enterolobium contortisiliquum (tamboril), Inga laurina (ingá), Luehea

divaricata (açoita cavalo), Croton urucurana (sangra d'água), Schinus terebentifolius (Aroeira pimenteira)] nos diferentes períodos de coleta maio/junho e novembro/dezembro..... 47

Figura 8 - Somatória anual de deposição dos macronutrientes para as 6 espécies arbóreas nativas estudadas [Anadenanthera colubrina (angico), Enterolobium contortisiliquum (tamboril), Inga laurina (ingá), Luehea divaricata (açoita cavalo), Croton urucurana (sangra d'água), Schinus terebentifolius (Aroeira pimenteira)] em g/indivíduo..... 49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atributos químicos do solo no talhão experimental localizado no município de Presidente Epitácio em área de restauração ecológica com 5 anos de implantação.	25
Tabela 2 - Atributos físicos do solo no talhão experimental localizado no município de Presidente Epitácio em área de restauração ecológica com 5 anos de implantação.	25
Tabela 3 - Listas das espécies alvo deste estudo com nome popular, nome científico, família e grupo ecológico.....	27
Tabela 4 - Média (erro padrão) da área de copa (m ²) e média de altura dos indivíduos (m) das 6 espécies [<i>Anadenanthera colubrina</i> (angico), <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (tamboril), <i>Inga laurina</i> (ingá), <i>Luehea divaricata</i> (açoita cavalo), <i>Croton urucurana</i> (sangra d'água), <i>Schinus terebentifolius</i> (Aroeira pimenteira)] selecionados. Dados obtidos aos 6 anos após o plantio das mudas em área de restauração ecológica.	29
Tabela 5 - Média (desvio padrão) da produção bimestral de serapilheira de 6 espécies [<i>Anadenanthera colubrina</i> (angico), <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (tamboril), <i>Inga laurina</i> (ingá), <i>Luehea divaricata</i> (açoita cavalo), <i>Croton urucurana</i> (sangra d'água), <i>Schinus terebentifolius</i> (Aroeira pimenteira)] no período de maio de 2013 a abril de 2014. Resultados em kg/indivíduo.....	33
Tabela 6 - Produção média anual de serapilheira de espécies arbóreas em kg/indivíduo.	36
Tabela 7 -Teores médios (desvio padrão) dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) para as 6 espécies estudadas [<i>Anadenanthera colubrina</i> (angico), <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (tamboril), <i>Inga laurina</i> (ingá), <i>Luehea divaricata</i> (açoita cavalo), <i>Croton urucurana</i> (sangra d'água), <i>Schinus terebentifolius</i> (Aroeira pimenteira)] durante 2 coletas realizadas (maio/junho e novembro/dezembro de 2013). Valores obtidos em g/kg...38	38
Tabela 8 - Concentração de macronutrientes da serapilheira oriunda de diferentes espécies arbóreas.	43

1 INTRODUÇÃO

Os Sistemas agroflorestais (SAFs), por definição, são sistemas de uso da terra em que árvores e/ou arbustos são utilizados na mesma área em conjunto com espécies agrícolas e/ou animais podendo ser arranjados nestas unidades de forma espacial ou em sequencia temporal (NAIR, 1989). Este autor também prevê que os diferentes componentes do sistema interagem econômica e ecologicamente nos SAFs. Nesse sentido, na elaboração de arranjos agroflorestais devem ser buscadas interações benéficas para atingir os objetivos de maximizar o uso da energia solar, minimizar as perdas de nutrientes, otimizar a eficiência do uso da água e a perda de solo por erosão (ENGEL, 1999).

Muitas dessas interações benéficas que garantem estes objetivos promissores aos SAFs são obtidas através da utilização de princípios e funcionamentos semelhantes ao ecossistema natural da região (SILVEIRA, 2007). A modalidade de SAF em que mais se busca a utilização desses princípios e funcionamentos é a que chamamos de Sistemas Agroflorestais Sucessionais Biodiversos. Tais sistemas são caracterizados pela tendência a imitar a dinâmica da sucessão ecológica de uma floresta nativa, e ainda possuem composição e manejo apropriados para atender objetivos de segurança alimentar e aumento da renda para agricultores familiares. (MICHON e FLORESTA, 1998; SILVA; TASSARA, 2014).

Estes SAFs que buscam harmonizar-se com os processos dinâmicos dos ecossistemas naturais são considerados por Paludo e Costabeber (2012) como modelos de produção de extrema importância para a agricultura familiar no combate à pobreza rural, na garantia de segurança alimentar aliado à conservação dos recursos naturais. Estes autores também ressaltam que as árvores e/ou arbustos, devido à influência nos processos de ciclagem de nutrientes e ao aproveitamento da energia solar, são os elementos estruturais mais importantes para garantia de estabilidade e sustentabilidade destes sistemas.

Nos ecossistemas naturais, um dos funcionamentos chaves para garantir a sustentabilidade é a dinâmica da serapilheira (MARTIUS et al. 2004; VITAL et al. 2004; FERREIRA et al. 2007). A serapilheira é particularmente importante por atuar na superfície do solo recebendo entradas via vegetação e, por sua vez, decompõe-se suprimindo o solo com nutrientes e matéria orgânica, sendo essencial na

manutenção e restauração da fertilidade edáfica (EWEL, 1976; SPAIN, 1984; GONÇALVES; NOGUEIRA JR.; DUCATTI, 2003). Esta atua diretamente na ciclagem de nutrientes, na disponibilidade hídrica do solo, ameniza extremos de temperatura no solo, e impedem a erosão, lixiviação e a compactação edáfica (SAYER, 2006).

Stark e Jordan (1978) atribuem suma importância na dinâmica de serapilheira para a manutenção da alta produtividade das florestas tropicais, localizadas sobre solos com baixos teores de nutrientes. Diante disso, a serapilheira é considerada uma das principais rotas de transferência de nutrientes para o solo nos ecossistemas florestais (VITOUSEK; SANFORD JR. 1986; MARTINS; RODRIGUES, 1999; BRUN, 2004; GODINHO et al., 2014). É sabido que a sustentabilidade só é alcançada quando os nutrientes circulam em um sistema bem adaptado minimizando as perdas (OLIVEIRA, 1997). Dessa forma, o primeiro passo para garantir a sustentabilidade é restabelecer o processo de ciclagem de nutrientes encontrado nos ecossistemas florestais (CAMARGO et al., 2010).

Frente suma importância atribuída à serapilheira em ambientes naturais, faz-se necessário o entendimento da sua dinâmica para utilizarmos em sistemas produtivos orientados à sustentabilidade, tais como os Sistemas Agroflorestais. Em termos quantitativos, a produção de serapilheira, em qualquer sistema, tem como sua principal dependência a produtividade da comunidade de plantas no ambiente. Essa produtividade primária, por sua vez, é influenciada principalmente pelo clima, pela fertilidade e capacidade de retenção de água do solo, e pela composição de espécies (FACELLI; PICKETT, 1991). É importante ressaltar também que, uma maior diversidade na composição de espécies vegetais proporciona um fluxo contínuo de deposição de matéria orgânica no solo, dada as diferentes interferências que a sazonalidade infere na deposição de serapilheira de cada espécie (POGGIANI et al., 2000).

Em geral, esta característica de continuidade na produção de serapilheira ao longo do ano é encontrada em ecossistemas florestais tropicais, no entanto a diferença na quantidade produzida nas diferentes estações depende do tipo da vegetação. (LEITÃO-FILHO et al., 1993; RODRIGUES; LEITÃO FILHO, 2001). Comumente, as florestas situadas em regiões com períodos de estiagem e de chuvas bem definidos concentram maior deposição de

serapilheira no período de seca (SELLE, 2007). Essa característica pode ser considerada uma estratégia da natureza na manutenção dos nutrientes no sistema à medida que maior parte da matéria orgânica é depositada no solo em condições de menor umidade minimizando as perdas de nutrientes pelo processo de decomposição acelerada que ocorre no período chuvoso. No entanto, mesmo em menores quantidades há produção de serapilheira no período chuvoso dando o caráter de continuidade a este mecanismo fundamental das florestas (SILVA et al. 2009).

No entanto, não só a quantidade de deposição de serapilheira ao longo do tempo é influenciada pela composição de espécies no ecossistema, outros fatores qualitativos da dinâmica de ciclagem de matéria orgânica e nutrientes são atribuídos à comunidade vegetal do ambiente em questão, como por exemplo, a concentração de nutrientes da serapilheira (BORÉM; RAMOS, 2002). Isso acontece, pois as diversas espécies florestais possuem características anatômicas e fisiológicas distintas que são intrínsecas de cada planta, o que resulta em diferentes concentrações de elementos minerais encontrados nas folhas destas espécies (FRANÇA, 2006, BÜNDCHEN et al., 2013). Partes desses minerais encontrados nas folhas são devolvidas ao solo, via serapilheira, e podem ser reabsorvidos por outras plantas que não teriam a capacidade de extraí-los (POGGIANI et al., 2000).

A velocidade de decomposição desses materiais depositados no solo depende da composição do recurso, como por exemplo: teores de lignina, celulose, compostos fenólicos, elementos minerais, substâncias estimulantes ou alelopáticas, que são atributos que também diferem entre as espécies (SCHEER, 2008).

Outro fator que influencia na dinâmica de ciclagem de nutrientes é o estágio sucessional em que as espécies se encontram. Na sucessão ecológica as espécies pioneiras tendem a restaurar a fonte de nutrientes no sistema (BOEGER; WISNIEWSKI, 2003). Isso significa que essas espécies possuem um sistema radicular muito eficiente para absorção dos nutrientes que se encontram em pequena quantidade no solo. Assim, essas espécies pioneiras melhoram as condições edáficas, através da elevada produção de matéria orgânica, o que facilita

o estabelecimento das espécies dos próximos estágios sucessionais que são mais exigentes em fertilidade do solo (GÓMEZ-POMPA; VÁZQUEZ-YANES, 1981).

Em estudo sobre as relações nutricionais, sobretudo de Nitrogênio e Fósforo, em ambientes com diferentes composições de espécies, Siddique et al. (2008) propõem que as espécies com características complementares otimizam os efeitos biogeoquímicos de plantios mistos, ressaltando a importância de se planejar a composição de espécies com objetivo de equilibrar a ciclagem dos nutrientes do sistema. Andrade, Tavares e Coutinho (2003) sugerem que a seleção de plantas para compor sistemas agroflorestais devem considerar, entre outros aspectos, a quantidade e qualidade do material formador de serapilheira oriundos da composição vegetal.

Muitos estudos envolvendo a dinâmica quantitativa e qualitativa da serapilheira abordam o conjunto florestal, como por exemplo, fragmentos, bosques, florestas secundárias, áreas de preservação etc. (VITOUSEK; SANFORD, 1986; SCHLITTLER et al., 1993; MORAES; DELITTI; STRUFFALDI-DE VUONO 1999; WERNECK; PEDRALLI; GIESEKE, 2001; VITAL et al., 2004; MOREIRA; SILVA , 2004; VIDAL et al. 2007), porém, poucos evidenciam o papel individual de cada espécie nesse processo (JARAMILLO-BOTERO et al., 2008).

Nesse sentido o presente estudo teve o objetivo de aprofundar o conhecimento do papel individual na deposição e concentração de nutrientes da serapilheira de 6 espécies arbóreas nativas da floresta estacional semidecidual do oeste do estado de São Paulo. Esta pesquisa buscou conhecer alguns elementos básicos da dinâmica de serapilheira dessas espécies com o intuito de aplicar tal conhecimento para uso racional em sistemas agroflorestais, principalmente para a agricultura familiar e assentamentos rurais do Pontal do Paranapanema.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da Área de estudo

O experimento foi desenvolvido em um plantio de restauração ecológica implantado pela empresa CESP (Companhia Energética do Estado de São Paulo) às margens do lago da Usina Hidroelétrica Sérgio Motta, no município de Presidente Epitácio no estado de São Paulo. O estudo foi realizado durante o período de um ano, de maio de 2013 a abril de 2014. O plantio de 90 espécies florestais nativas foi realizado no ano de 2008 de forma que a idade das plantas no início do experimento era de 5 anos e ao final de 6 anos.

Para este plantio de restauração ecológica a CESP utilizou o espaçamento de plantio de 3m entre linhas e 2 metros entre plantas, sendo que, nas linhas de plantio intercalaram-se espécies pioneiras e não-pioneiras. Dessa forma, 50% dos indivíduos plantados foram de espécies pioneiras e 50% de não-pioneiras. As espécies mais abundantes no plantio foram: *Croton floribundus*, *Croton urucuarana*, *Guazuma ulmifolia*, *Cecropia pachystachy* e *Trema Micrantha*. Não foi realizada correção de acidez do solo para implantação. No ato do plantio foi realizada a adubação química (10:28:06) em coveta lateral às mudas. Após 90 dias do plantio foi efetuada adubação química de cobertura (20:0:20) e o replantio de mudas que morreram. Para o controle da competição inicial com as gramíneas exóticas presentes na área, predominantemente *Brachiaria* sp., foi realizada a coroação das mudas e posteriormente a capina química na linha e na entrelinha até o 24º mês pós plantio. A escolha de uma área de restauração ecológica para realização desse trabalho se deu pelas seguintes razões: i) presença de todas as espécies desejadas para realização do estudo em quantidades de indivíduos suficientes para suprir o delineamento estatístico metodológico; ii) controle real das idades de todos os indivíduos selecionados; e iii) condições edafoclimática e de manejo semelhantes para todos os indivíduos experimentais.

Presidente Epitácio situa-se no extremo oeste do estado de São Paulo em uma região denominada Pontal do Paranapanema a 23°27' de latitude sul e 52°03' de longitude oeste. Possui altitude média de 300m e o clima é classificado segundo Köppen como sendo do tipo Aw - tropical chuvoso com inverno seco e mês mais frio com temperatura média superior a 18°C. O mês mais seco tem precipitação

inferior a 60mm e com período chuvoso que se atrasa para o outono (CEPAGRI). A figura 1 mostra os dados climáticos de precipitação e temperatura média, mínima e máxima ao longo dos meses no município de presidente Epitácio. Os meses mais chuvosos são de outubro a março e os meses mais secos de abril a setembro.

Figura 1 - Diagrama climático para o município de Presidente Epitácio-SP. Fonte de dados: CEPAGRI - Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. Disponível em http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_466.html.

A vegetação natural da região é a floresta estacional semidecidual inserida no domínio da mata atlântica (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991). Estes autores descreve tal vegetação como sendo condicionada à dupla sazonalidade climática que no caso se refere ao período de chuvas intensas seguido de um período de estiagem. Em tal vegetação, de 20 a 50 % das árvores do conjunto florestal são caducifólias.

No geral os solos da região de estudo são pobres em argila, muito arenosos, pouco ácidos, profundos e com boa drenagem (DITT, 2002). Para melhor caracterizar os aspectos edáficos específicos da área de estudo segue, nas tabelas 1 e 2, as análises de alguns atributos químicos e físicos do perfil do solo extraído da área.

Tabela 1 - Atributos químicos do solo no talhão experimental localizado no município de Presidente Epitácio em área de restauração ecológica com 5 anos de implantação.

Perfil	M.O.	pH	P	S	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
(cm)	g/dm ³	Ca	mg/dm ³					mmol _c /dm ³				%
0-5	15	5,5	3	6	1,8	13	7	17	0,4	22,2	39,5	55
5-20	11	4,8	2	7	1,2	7	5	20	0,8	13,4	33,0	40
20-40	7	4,9	1	7	0,7	8	3	18	0,5	11,5	29,5	39
40-60	8	5,2	2	6	1,0	10	5	16	0,4	15,1	31,1	47

M.O.= Matéria orgânica (g/dm³), pH= Potencial Hidrogeniônico em Ca Cl₂, P= Fósforo (mg/dm³), S= Enxofre (mg/dm³), K= Potássio (mmol_c/dm³), Ca= Cálcio (mmol_c/dm³), Mg = Magnésio (mmol_c/dm³), H+Al= Acidez potencial (mmol_c/dm³), Al= Alumínio (mmol_c/dm³), SB= Soma de bases (mmol_c/dm³), CTC= Capacidade de troca catiônica (mmol_c/dm³), V= Saturação de bases (%). Dados do local, gentilmente fornecidos por Roncon¹, Dinâmica da restauração [...] (em fase de elaboração).

Tabela 2 - Atributos físicos do solo no talhão experimental localizado no município de Presidente Epitácio em área de restauração ecológica com 5 anos de implantação.

Argila (%)	Areia (%)			Silte (%)
	Grossa	Fina	Total	
8	67	22	89	3

Dados do local, gentilmente fornecidos por Roncon¹, Dinâmica da restauração [...] (em fase de elaboração).

2.2 Caracterização climática no período de pesquisa

Segundo Andrade, Tavares e Coutinho (2003), dentre as variáveis climáticas a precipitação e temperatura são as que mais influenciam na dinâmica de serapilheira. Dessa forma, foram determinadas as precipitações e temperaturas médias da região nos meses em que as coletas do experimento foram realizadas. Esses dados foram confrontados com dados padrão para o município, gerando os gráficos contidos na figura 2 (precipitação) e 3 (temperatura).

¹ RONCON, T.J. (Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo) **Dinâmica da restauração dos bens e serviços ecossistêmicos no Pontal do Paranapanema – SP.**

Figura 2 – Precipitação (mm) no município de Presidente Epitácio-SP durante o período de pesquisa, de maio de 2013 a abril de 2014, confrontados com precipitação padrão para o município (média histórica). Fonte de dados: CEPAGRI - Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura.

Disponível em http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_466.html e pelo sistema de monitoramento agrometeorológico AGRITEMPO disponível em <http://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp>.

Figura 3 - Temperaturas médias bimestrais (°C) no município de Presidente Epitácio-SP durante o período de pesquisa, de maio de 2013 a abril de 2014, confrontados com temperatura média padrão para o município (média histórica). Fonte de dados: CEPAGRI - Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura.

Disponível em http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_466.html e pelo sistema de monitoramento agrometeorológico AGRITEMPO disponível em <http://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp>.

2.3 Espécies alvo

As espécies arbóreas nativas estudadas foram: *Anadenanthera colubrina* (angico), *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril), *Inga laurina* (ingá), *Luehea divaricata* (açoita cavalo), *Croton urucurana* (sangra d'água), *Schinus terebentifolius* (Aroeira pimenteira). Das 6 espécies apresentadas 3 pertencem à família Fabaceae, leguminosas fixadoras de nitrogênio do ar (angico, tamboril e ingá). As outras 3

espécies pertencem a famílias distintas: Malvaceae (açoita cavalo), Euphorbiaceae (sangra d'água) e Anacardiaceae (aroeira pimenteira). A tabela 3 apresenta as espécies estudadas contendo nome popular, nome científico, família e grupo ecológico sucessional.

Tabela 3 - Listas das espécies alvo deste estudo com nome popular, nome científico, família e grupo ecológico.

NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	FAMÍLIA	GRUPO ECOLÓGICO*
Sangra d'água	<i>Croton urucurana</i>	Euphorbiaceae	P
Aroeira pimenteira	<i>Schinus terebentifolius</i>	Anacardiaceae	I
Açoita cavalo	<i>Luehea divaricata</i>	Malvaceae	I/T
Angico Branco	<i>Anadenanthera colubrina</i>	Fabaceae	T/I
Tamboril	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Fabaceae	T
Ingá	<i>Inga laurina</i>	Fabaceae	T**

P – Pioneira; I – Secundária Inicial; T – Secundária Tardia. * Classificação baseada em Ferretti et al. 1995. * *A espécie *Inga laurina* não foi classificada por Ferretti et al. 1995, no entanto seguiu -se os critérios propostos por estes autores para classifica-la neste trabalho.

No geral foram priorizadas espécies de rápido crescimento, haja vista que essas possuem importante função de restauração de nutrientes no sistema (BOEGER; WISNIEWSKI, 2003). Além disso, essas espécies despertaram interesse na pesquisa devido ao bom desenvolvimento e baixa mortalidade em observações de campo nos plantios da região, tanto em sistemas agroflorestais quanto em plantios de restauração.

A classificação das espécies em grupos ecológicos varia conforme os critérios que cada autor utiliza (RODRIGUES; MONTEIRO; CULLEN JR., 2010). Para este trabalho a definição dos grupos ecológicos foi baseado nos critérios de Ferretti et al. 1995. Este autor propôs uma padronização dos critérios utilizados para determinação dos grupos sucessionais das espécies florestais do estado de São Paulo. Os critérios foram determinados com base em três importantes trabalhos de referência na área: Budowski (1965); Martinez-Ramos (1985); e Whitmore (1991).

No entanto, mesmo com a tentativa de simplificar e padronizar a classificação dos grupos sucessionais, algumas espécies não permitiram enquadrá-las em uma única classe sucessional como vimos, na tabela 3, para o angico e açoita cavalo. O que reforça ainda mais a limitação que se tem em realizar agrupamentos ecológicos diante da alta diversidade de características intrínsecas atribuídas às espécies. Pois,

além dos diferentes critérios que podem ser utilizados para classificação, a resposta das espécies em relação a esses critérios podem variar conforme as condições do ambiente em que estão inseridas (SILVA et al. 2003). Nesse contexto de limitações e dificuldades para determinação da classe sucessional das espécies florestais o trabalho de Ferretti et al. 1995 demonstrou-se adequado para classificar as espécies alvo do presente estudo, pois considerou critérios para áreas de restauração ecológica no estado de São Paulo, exatamente o ambiente estudado neste trabalho. Dessa forma, na tabela 3 a ordem das espécies foi disposta de forma sucessional, das iniciais para as tardias.

A escolha de 50% das espécies sendo leguminosas fixadoras de nitrogênio se deu pelo fato da importância deste elemento na nutrição vegetal. Segundo Faquin (2005), o nitrogênio é o elemento mineral mais exigido pelas plantas. No entanto, apesar da importância já consagrada das leguminosas como um grupo funcional, buscaram-se encontrar outras funcionalidades também importantes para o desenvolvimento dos ecossistemas que podem ser características de outras famílias e/ou espécies. Tal busca determinou a escolha das outras espécies de famílias botânicas distintas entre si.

Foram selecionados aleatoriamente, no talhão experimental, 10 indivíduos de cada espécie para o estudo. Tais indivíduos foram identificados com chapa metálica e suas coordenadas geográficas foram registradas com auxílio de um GPS Map 76CSX – Garmin®. As coordenadas referentes ao posicionamento de cada indivíduo selecionado foram importadas para a ferramenta de visualização de imagem de satélite googleearth®, gerando a figura 4 que mostra a distribuição dos 60 indivíduos na área de plantio de restauração ecológica. A figura referida também contém a grade com escala diferenciando a posição dos indivíduos de cada espécie. A maior distância entre os indivíduos é de aproximadamente 600m.

Figura 4 - Distribuição dos 60 indivíduos selecionados para o estudo em imagem de satélite do programa Googleearth® e em grade com escala. Os pontos foram alocados na imagem a partir da interface GPS TrackMaker®

Os dados de altura e área da copa foram obtidos para os 60 indivíduos no final da última coleta. As alturas das árvores foram obtidas de forma aproximada, com auxílio de uma haste de bambu com escala métrica pré-determinada. A área da copa foi determinada considerando a forma elíptica da mesma (SILVA & SAMPAIO, 2008). Assim foi medido o eixo de maior diâmetro da copa e seu eixo perpendicular obtendo D1 e D2 respectivamente para cada indivíduo. A fórmula de área da elipse utilizada para o cálculo foi:

$$A = \pi \cdot (D1/2) \cdot (D2/2)$$

A tabela 4 apresenta os valores médios de altura e área da copa das espécies alvos para melhor caracterizar a população amostrada.

Tabela 4 - Média (erro padrão) da área de copa (m²) e média de altura dos indivíduos (m) das 6 espécies [*Anadenanthera colubrina* (angico), *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril), *Inga laurina* (ingá), *Luehea divaricata* (açoita cavalo), *Croton urucurana* (sangra d'água), *Schinus terebentifolius* (Aroeira pimenteira)] selecionados. Dados obtidos aos 6 anos após o plantio das mudas em área de restauração ecológica.

	Açoita Cavalo	Angico	Aroeira Pimenteira	Ingá	Sangra D'água	Tamboril
Área da copa	14,2 (1,8)	38,3 (4,0)	22,6 (4,4)	12,0 (2,2)	18,9 (4,3)	27,2 (5,8)
Altura	4,5 (0,3)	7,5 (0,3)	4,1 (0,2)	4,1(0,4)	5,8 (0,2)	5,6 (0,3)

2.4 Deposição de serapilheira

Em todos os 60 indivíduos selecionados, das 6 espécies, foram instaladas redes coletoras de serapilheira de nylon com malha de 10mm² na projeção da copa de cada árvore. As redes continham uma armação metálica quadrada com 0,5 m² de área. Tais coletores permaneceram no campo por um ano (12 meses) de maio de 2013 a abril de 2014. Durante este período a cada 2 meses todo o material coletado era retirado dos coletores, selecionado para garantir de não haver materiais de outras espécies que eventualmente caíam nos coletores e devidamente identificados. Após cada uma das 6 coletas todo o material foi seco em estufa a uma temperatura de 60°C e teve o seu peso determinado.

Sabe-se que o tempo ideal entre coletas do material formador de serapilheira em ambientes tropicais é menor que dois meses. A grande maioria dos autores realiza coletas mensais. No entanto, as coletas bimestrais se deu tanto para viabilizar a pesquisa devido a elevada distancia (superior a 600km) da unidade pesquisadora em relação à área experimental, quanto por considerar viável este período sem que houvesse perdas metodológicas significativas no experimento. Em estudo em floresta estacional semidecidual Pedralli, Werneck e Gieseke (2001) utilizaram-se de um período de 2,5 meses entre coleta. Gomes et al. (2013) estudando a produção de serapilheira em eucalipto e fragmentos da mata atlântica utilizaram-se de um período entre coleta também de 2 meses. É importante ressaltar que os coletores foram exclusivamente confeccionados para realização desta pesquisa, sendo esses projetados para não haver possibilidade do material se perder com o vento uma vez dentro dos coletores.

Após a determinação do peso seco de serapilheira coletado em 0,5m² de coletor, os dados foram multiplicados por 2 para se obter os valores para 1 m² e posteriormente multiplicados pela área da copa do próprio indivíduo coletado. Dessa maneira chegou-se ao valor da contribuição de deposição de serapilheira por indivíduo (kg/indivíduo) para as espécies estudadas (AIDAR; JOLY, 2003; MARIANO et al., 2007; JARAMILLO-BOTERO et al., 2008;). A somatória dos pesos das 6 coletas bimestrais resultou na contribuição individual anual de cada espécie para quantificação da deposição de serapilheira. Os coletores foram alocados em posições distintas em relação à área de projeção da copa para cada indivíduo amostrado, com o intuito de não superestimar ou subestimar o cálculo médio da

produção de serapilheira por indivíduo, uma vez que para algumas espécies o centro da copa possui mais camadas de folhas em relação às bordas da copa.

2.5 Teor de macronutriente na serapilheira

Após a determinação do peso presente em cada amostra coletada, parte deste material foi submetida ao processo de análise química dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S). Foram realizadas as análises das serapilheiras coletadas para todos os indivíduos selecionados para o estudo. No entanto somente na primeira e na quarta coleta (maio/junho e novembro/dezembro) os materiais foram submetidos às análises químicas. Tal método não foi aplicado para todas as coletas para redução dos custos com as análises químicas, e considerando que duas coletas completas seriam representativas.

Todas as análises químicas foram realizadas no Laboratório do Departamento de Ciências do Solo da ESALQ (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz) que utiliza metodologia de análise desses elementos determinadas e descritas por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

2.6 Análises estatísticas

Para análise estatística, tanto em relação à massa depositada quanto em relação aos teores de macronutrientes, foi ajustado um modelo linear generalizado misto de análise de variância, para teste do efeito de espécie, de coleta e da interação entre os dois fatores. O efeito de coleta foi tratado como medida repetida já que os mesmos indivíduos foram avaliados ao longo do tempo. O efeito aleatório da coleta teve a covariância modelada com tipo autorregressivo de primeira ordem e o método de cálculo dos graus de liberdade foi o entre-dentro. Efeitos significativos tiveram as médias comparadas por meio do teste t ajustado pelo método de Tukey-Kramer. As normalidades dos resíduos foram avaliadas por meio de diagramas QQ-Plot e de aderência à distribuição gaussiana, pelos coeficientes de assimetria e curtose e pelo teste de Shapiro-Wilk. Em todos os testes estatísticos foi assumido o nível de significância de 5% e todos os cálculos foram efetuados com apoio do sistema SAS (SAS Institute Inc. The SAS System, release 9.3. SAS Institute Inc., Cary:NC, 2010).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Deposição de serapilheira

A tabela 5 mostra a média de deposição anual de serapilheira em kg/indivíduo para as espécies durante as coletas realizadas, bem como os totais tanto para cada coleta quanto para cada espécie.

Tabela 5 - Média (desvio padrão) da produção bimestral de serapilheira de 6 espécies [*Anadenanthera colubrina* (angico), *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril), *Inga laurina* (ingá), *Luehea divaricata* (açoita cavalo), *Croton urucurana* (sangra d'água), *Schinus terebentifolius* (Aroeira pimenteira)] no período de maio de 2013 a abril de 2014. Resultados em kg/indivíduo.

Coletas	Açoita Cavalo	Angico	Aroeira Pimenteira	Ingá	Sangra D'água	Tamboril	Total
Mai-Jun	1,1 (0,58)	0,85 (1,15)	1,31 (1,05)	0,58 (0,78)	1,3 (1,22)	2,18 (1,88)	7,32
Jul-Ago	2,93 (3,73)	1,85 (1,14)	3,2 (2,58)	1,76 (2,2)	3,99 (7,05)	1,18 (2,88)	14,91
Set-Out	1,65 (1,32)	2,49 (2,08)	1,19 (1,62)	1,91 (2,16)	0,51 (0,56)	0,76 (1,03)	8,51
Nov-Dez	1,08 (0,86)	1,94 (1,4)	1,02 (1,77)	2,25 (2,69)	1,45 (1,94)	1,38 (1,66)	9,12
Jan-Fev	0,54 (0,38)	0,88 (1,24)	1,64 (1,83)	1,54 (1,74)	1,37 (2,71)	0,28 (0,3)	6,25
Mar-Abr	1,19 (0,96)	1,17 (0,99)	0,89 (1,49)	0,61 (0,76)	0,72 (0,56)	1,06 (1,3)	5,64
Total	8,49	9,18	9,25	8,65	9,34	6,84	51,75

Nota: Tanto nas linhas quanto nas colunas as médias não diferiram significativamente entre si a para teste de Tukey-kramer ($p \leq 0,05$)

As espécies se comportaram de forma semelhante em termos de quantidade de deposição de serapilheira para todas as coletas. Ou seja, para todos os bimestres coletados não houveram diferenças significativas entre a produção de serapilheira das distintas espécies. Este resultado não corrobora com o encontrado por Vogel, Schumacher e Trüby (2012) que verificaram diferenças no comportamento de deposição de serapilheira comparando 7 espécies da floresta estacional decidual.

Analisando cada espécie de forma separada percebe-se que o fluxo anual de deposição de serapilheira também não apresentou variações sazonais significativas. Ou seja, nesse estudo para as 6 espécies houve produção de serapilheira em todas as épocas do ano e os picos médios de deposição não diferiram estatisticamente das médias inferiores para cada espécie analisada separadamente.

Certamente necessita-se de mais estudos, sobretudo com uma sequencia temporal de mais de um ano para verificar se esse comportamento é realmente o

padrão para espécies aqui abordadas na região do Pontal, mesmo porque, o ano de pesquisa foi um ano atípico no que se refere ao regime de chuvas havendo um volume de precipitação muito inferior ao esperado para o período de novembro a fevereiro como mostrado na figura 2 na descrição dos métodos.

Para Lorenzi (1992) quatro das seis espécies estudadas possuem características de deciduidade (angico, sangra d'água, açoita cavalo e tamboril). Ou seja, as árvores dessas espécies perdem totalmente suas folhas em algum período do ano. Esse fato poderia determinar a presença de sazonalidade da dinâmica de serapilheira, pois a fração folha é o principal material formador da mesma (ANDRADE; TAVARES; COUTINHO, 2003). No entanto, mesmo sem ser o objetivo desse trabalho as observações de campo constataram a deciduidade dessas 4 espécies, porém não houve sincronia entre os 10 indivíduos selecionados em cada espécie para esse caráter fenológico, o que explica os altos valores dos desvios padrões e a não diferenciação estatística entre os máximos e mínimos encontrados dentro de cada espécie.

A sazonalidade presente na dinâmica de serapilheira é influenciada pelas características fenológicas de cada espécie que, por sua vez, são influenciadas por fatores climáticos. (FERRAZ et al., 1999). Para as florestas naturais tropicais, sobretudo nas estacionais semidecíduais, tem se encontrado um padrão de deposição de serapilheira com maiores deposições nos meses de estiagem (SCHLITTLER et al 1993; MORELLATO, 1992; SELLE, 2007).

Apesar das espécies, individualmente, não apresentarem evidentes diferenças sazonais no comportamento de deposição de serapilheira, quando se faz a análise da somatória total de produção de serapilheira para o conjunto das espécies em cada coleta, torna-se visível a tendência semelhante à apresentada pelos autores supracitados que mostraram uma maior deposição de serapilheira no período mais seco.

A somatória de deposição de serapilheira em cada coleta para o conjunto das espécies estudadas está demonstrada na figura 5 cujo gráfico ressalta o maior valor no período de julho/aosto, justamente os meses de menor precipitação no ano de estudo. Este valor total acentuado nesse período de coleta possui alta contribuição do comportamento das espécies aroeira pimenteira, sangra d'água e açoita cavalo. Essas três espécies apresentaram os maiores dados médios de deposição de

serapilheira nesse período de maior estiagem. A maior queda de folhas associada ao déficit hídrico é uma adaptação das plantas para perderem menos água com a transpiração foliar (MOREIRA; SILVA 2004; SOUZA et al. 2013). Também se pode observar que no período de maior precipitação ocorreu a menor produção de serapilheira considerando a soma de deposição de serapilheira das 6 espécies.

Figura 5 - Somatória de produção de serapilheira das 6 espécies estudadas [*Anadenanthera colubrina* (angico), *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril), *Inga laurina* (ingá), *Luehea divaricata* (açoita cavalo), *Croton urucurana* (sangra d'água), *Schinus terebentifolius* (Aroeira pimenteira)] em cada coleta e a precipitação encontrada no período de maio de 2013 a abril de 2014.

Considerando a somatória anual, a produção de serapilheira teve os seguintes valores em ordem decrescente: sangra d'água (9,34 kg/indivíduo); aroeira pimenteira (9,25 kg/indivíduo); angico (9,18 kg/indivíduo); ingá (8,65 kg/indivíduo); açoita cavalo (8,49 kg/indivíduo); e tamboril (6,84 kg/indivíduo). A espécie considerada pioneira quanto à classe sucessional teve o maior valor de deposição anual seguido da aroeira pimenteira espécie também considerada mais inicial na sucessão em comparação com as demais. Essa tendência corrobora com os estudos de Gomez-Pompa & Vazquez-Yanes, (1981); Guariguata; Ostertag, 2001; Pezzatto e Wisniewski (2006); Menezes et al. (2010) que atribuem às espécies iniciais da sucessão as taxas mais elevadas de produção de serapilheira em relação às demais fases sucessionais.

A tabela 6 compara os resultados obtidos neste estudo com resultados de outros trabalhos para espécies distintas.

Tabela 6 - Produção média anual de serapilheira de espécies arbóreas em kg/indivíduo.

Espécies	Idade do plantio	Produção de serapilheira anual (kg/indivíduo)	Estudo
Sangra d'água (<i>Croton urucurana</i>)	5º ano	9,34	Este estudo
Aroeira pimenteira (<i>Schinus terebentifolius</i>)	5º ano	9,25	Este estudo
Angico (<i>Anadenanthera colubrina</i>)	5º ano	9,18	Este estudo
Ingá (<i>Inga laurina</i>)	5º ano	8,65	Este estudo
Açoita cavalo (<i>Luehea divaricata</i>)	5º ano	8,49	Este estudo
Tamboril (<i>Enterolobium Contortisiliquum</i>)	5º ano	6,84	Este estudo
Eucalipto (<i>Eucalyptus grandis</i>)	8º ano	2,82*	Cunha, Gama-Rodrigues e Costa, 2005
Eucalipto (<i>Eucalyptus urograndis</i>)	7º ano	3,46*	Vieira et al., 2009
Pinus (<i>Pinus taeda</i>)	8º ano	4,3*	Piovesan et al., 2012
Leucena (<i>leucaena leucocephala</i>)	2º ano	0,87*	Bertalot et al., 2004
<i>Leucaena diversifolia</i>	2º ano	1,74*	Bertalot et al., 2004
Acácia (<i>Acacia melanoxylon</i>)	2º ano	0,98*	Bertalot et al, 2004
Bracatinga (<i>Mimosa scabrella</i>)	2º ano	4,40*	Bertalot et al, 2004
Araribá (<i>Centrolobium tomentosum</i>)	-	4,20	Aidar; Joly, 2003
Cutieira (<i>Joannesia princeps</i>)	14º ano	76,41	Jaramillo-Botero et al., 2008
Capixingui (<i>Croton floribundus</i>)	14º ano	57,88	Jaramillo-Botero et al., 2008
Guapuruvu (<i>Schizolobium parahyba</i>)	14º ano	19,09	Jaramillo-Botero et al., 2008
Fedegoso (<i>Senna macranthera</i>)	14º ano	16,17	Jaramillo-Botero et al., 2008

*Tais resultados foram adaptados para fins de comparação, dividindo-se o valor de serapilheira produzido (kg/ha) pela densidade de indivíduos (ind/ha) descritos nos respectivos trabalhos.

Os resultados obtidos para as 6 espécies alvo deste trabalho somente foram inferiores aos obtidos pelas espécies estudadas em sistemas agroflorestais por Jaramillo-Botero et al., 2008, que apresentou valores muito discrepantes em relação a todos os outros estudos. Certamente essa discrepância está associada ao porte (área e altura das copas) dos indivíduos estudados que possuíam tanto maior idade quanto espaçamentos maiores em comparação com os outros estudos. Para Duarte (2007) as espécies com maior volume de copa possuíam maior contribuição individual de serapilheira.

A deposição anual de serapilheira do ecossistema florestal da região foi estudada por Schlittler et al 1993. O resultado obtido por tal autor foi de aproximadamente 7,5 toneladas/hectare. A densidade média de indivíduos do extrato arbóreo presente na floresta em questão é de 1.100 indivíduos por hectare, considerando os indivíduos com DAP superiores a 5 cm na metodologia de amostragem (SUGANUMA et al. 2013). Dessa forma pode se estimar que em média de produção por indivíduo arbóreo no ecossistema florestal da região é de 6,8kg/indivíduo. Nesse estudo todas as espécies tiveram uma contribuição média anual de deposição de serapilheira acima da média individual das espécies do ecossistema natural da região, com exceção do tamboril que produziu os iguais 6,8 kg/indivíduo.

3.2 Teor de macronutriente na serapilheira

Os teores médios dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) presente no material coletado de serapilheira das diferentes espécies em cada época estão apresentados na tabela 07.

Tabela 7 - Teores médios (desvio padrão) dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) para as 6 espécies estudadas [*Anadenanthera colubrina* (angico), *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril), *Inga laurina* (ingá), *Luehea divaricata* (açoita cavalo), *Croton urucurana* (sangra d'água), *Schinus terebentifolius* (Aroeira pimenteira)] durante 2 coletas realizadas (maio/junho e novembro/dezembro de 2013). Valores obtidos em g/kg.

	Período de coleta	Angico		Aroeira Pimenteira		Açoita Cavalo		Ingá		Sangra D'água		Tamboril		média
N	Mai/Jun	14,59 Aa	(3,49)	13,57 Aa	(3,50)	13,71 Aa	(2,27)	15,83 Aa	(3,57)	13,79 Aa	(3,42)	15,92 Ba	(5,17)	14,57
	Nov/Dez	18,57 Ab	(5,34)	14,98 Ab	(1,87)	14,84 Ab	(3,74)	13,73 Ab	(1,94)	19,13 Ab	(5,84)	25,69 Aa	(5,20)	17,82
	Média	16,58	-	14,27	-	14,27	-	14,78	-	16,46	-	20,81	-	16,20
P	Mai/Jun	0,82 Aab	(0,16)	1,19 Aa	(0,35)	1,04 Aa	(0,28)	0,45 Ab	(0,16)	1,16 Aab	(0,49)	0,58 Bab	(0,17)	0,87
	Nov/Dez	1,00 Aab	(0,27)	1,18 Aab	(0,29)	0,86 Abc	(0,28)	0,43 Ac	(0,14)	1,35 Aa	(0,54)	1,23 Aab	(0,35)	1,01
	Média	0,91	-	1,18	-	0,95	-	0,44	-	1,25	-	0,90	-	0,94
K	Mai/Jun	3,09 Bbc	(0,93)	6,83 Aa	(1,69)	4,36 Ab	(2,39)	1,78Ac	(0,51)	3,65 Bb	(1,43)	2,55 Bbc	(0,88)	3,71
	Nov/Dez	5,87 Aa	(1,69)	7,4 Aa	(1,7)	5,71Aab	(3,41)	2,78 Ab	(0,76)	6,81 Aa	(2,24)	8,42 Aa	(2,4)	6,17
	Média	4,48	-	7,12	-	5,04	-	2,28	-	5,23	-	5,49	-	4,94
Ca	Mai/Jun	13,81 Aabc	(2,72)	15,62 Aabc	(6,25)	16,92 Aab	(3,02)	13,81 Abc	(3,83)	21,46 Aa	(2,87)	10,89 Ac	(5,36)	15,42
	Nov/Dez	12,83 Aab	(6,23)	11,08 Bab	(2,73)	9,35 Bb	(3,43)	11,91 Aab	(3,98)	14,36 Aa	(2,19)	3,99 Bc	(1,09)	10,59
	Média	13,32	-	13,35	-	13,14	-	12,86	-	17,91	-	7,44	-	13,00
Mg	Mai/Jun	1,4 Ad	(0,39)	2,87Ac	(0,71)	3,23 Abc	(0,56)	1,29 Ad	(0,34)	4,29 Ab	(0,61)	5,57 Aa	(1,23)	3,11
	Nov/Dez	1,58 Acd	(0,52)	2,37 Abc	(0,72)	2,99 Ab	(0,99)	1,00 Ad	(0,27)	4,88 Aa	(1,29)	4,3 Ba	(0,73)	2,85
	Média	1,49	-	2,62	-	3,11	-	1,15	-	4,59	-	4,94	-	2,98
S*	Mai/Jun	0,71	(0,15)	0,96	(0,21)	0,89	(0,30)	0,66	(0,16)	0,94	(0,24)	0,87	(0,26)	0,84
	Nov/Dez	0,74	(0,27)	0,90	(0,19)	0,69	(0,24)	0,59	(0,04)	0,95	(0,27)	1,01	(0,20)	0,81
	Média	0,72 ab	-	0,93 a	-	0,79 ab	-	0,62 b	-	0,94 a	-	0,93 a	-	0,83

Nota: Para cada macronutriente, as médias seguidas de letras maiúsculas iguais nas colunas e minúsculas iguais nas linhas não diferiram significativamente entre si para teste de Tukey-kramer ($p \leq 0,05$). * A comparação estatística para o S foi realizada com a média geral das coletas por não haver diferenças significativas entre espécie e coleta e nem de coleta, ou seja, somente foi constatada diferenças significativas entre espécies para o S, diferentemente dos outros elementos

De forma geral, foi constatado que o material formador de serapilheira das diferentes espécies estudadas possuem uma dinâmica nas concentrações de nutrientes, diferentes uma das outras. Ou seja, para todos os macronutrientes com exceção do enxofre houve interação significativa entre espécie e época de coleta ($p \leq 0,05$). Este resultado era esperado devido ao fato de que a composição nutricional das estruturas da parte aérea das plantas, responsável pela produção de serapilheira, difere entre espécies. França, (2006) constatou essa diferença estudando 24 espécies da mata atlântica. Bündchen et al., (2013) também encontraram tais diferenças estudando 5 espécies em floresta subtropical no sul do Brasil.

Este resultado geral com diferenças na dinâmica de concentrações de nutrientes da serapilheira entre espécies reforça a hipótese de que uma maior diversidade de espécies gera uma ciclagem de nutrientes mais equilibrada ao longo do ano (CUNHA et al. 1993; DUARTE, 2007). Contudo para sistemas agroflorestais devem ser aproveitadas essas diferenças para se buscar interações positivas entre as espécies do arranjo. Cabe ressaltar aqui que essas interações devem ser aprofundadas em estudos posteriores utilizando-se sistemas agroflorestais implantados com essa finalidade para obtenção e comprovação dos dados.

3.2.1 Nitrogênio

Com relação ao nitrogênio esperava-se que as espécies leguminosas possuísem uma maior concentração deste elemento na serapilheira, haja vista que, esse grupo de espécies, em geral, possui a capacidade de associação simbiótica com bactérias fixadoras de N atmosférico através de nódulos radiculares. Neste estudo todas as espécies leguminosas (*A. colubrina*, *E. contortisiliquum*, *I. laurina*) possuem capacidade de nodulação (PATREZE; CORDEIRO, 2005; MENEZES et al., 2013). Essa capacidade garante maior eficiência na absorção de nitrogênio e, consequentemente, maior concentração deste elemento em sua biomassa. Por essa razão alguns estudos de dinâmica nutricional da serapilheira atribuíram a este fenômeno encontrado nas leguminosas a alta concentração de N da serapilheira oriunda dessas espécies (SCHUMACHER et al. 2003; FERNANDES et al., 2006; FERREIRA et al., 2007). No entanto, neste estudo, a superioridade na concentração de N na serapilheira somente se evidenciou significativamente para o tamboril em

apenas uma das coletas (25,69 g/kg em nov-dez) em comparação com as demais. Na primeira coleta em maio/junho não houve diferença significativa na concentração de N entre as espécies.

Mesmo com esta semelhança na concentração de nitrogênio na serapilheira das espécies leguminosas e não leguminosas aqui estudadas, cabe aqui uma reflexão sobre a origem do nitrogênio encontrado para ambos os grupos. Ou seja, se a totalidade ou parte do N encontrado na serapilheira das espécies leguminosas provierem da fixação biológica (FBN) essas espécies, mesmo com concentrações deste elemento iguais ou inferiores às outras espécies, terão uma contribuição fundamental com relação à adição de N no sistema. Fato muito importante, sobretudo em sistemas produtivos cuja colheita retira, sistematicamente, parte deste macronutriente. Dôbereiner (1984) afirma que a presença de leguminosas arbóreas perenes em sistemas florestais garante o equilíbrio deste elemento no sistema uma vez que, quando esse se encontra em deficiência, uma maior quantidade de nódulos é formada nessas espécies equilibrando os teores de N no sistema solo-planta.

3.2.2 Fósforo

Em solos tropicais o fósforo disponível às plantas costuma ser escasso (PRIMAVESI, 2002). A análise de solo realizada na área de estudo corrobora com este fato. Dessa forma, nos sistemas agroflorestais inseridos nesses ambientes com baixa disponibilidade de fósforo, a utilização de espécies que possuem concentrações elevadas deste elemento em seu material senescente pode ser uma boa estratégia para diminuir a necessidade de adubação fosfatada oriunda de insumos externos. Para essa finalidade destacaram-se as espécies sangra d'água e aroeira pimenteira dentre as espécies estudadas, pois mantiveram valores elevados em ambas as coletas e assim obtiveram as duas maiores concentrações médias, sendo 1,25 g/kg para sangra d'água e 1,18 g/kg para aroeira pimenteira. A espécie ingá foi o destaque negativo na concentração de P, tendo as médias mais baixas em ambas as coletas, o que resultou em um média geral de 0,44 g/kg, ou aproximadamente 1/3 da concentração média da espécie sangra d'água.

3.2.3 Potássio

O potássio, apesar de apresentar alta variação entre as coletas, a espécie aroeira pimenteira teve a maior concentração média deste elemento no material senescido, considerando-se a média das duas coletas (7,12g/kg). Esta superioridade se deu muito em função da primeira coleta em que a aroeira pimenteira obteve a maior concentração de potássio dentre todas as espécies estudadas (6,83 g/kg). Esta alta concentração em maio/junho torna-se ainda mais relevante, pois, nesse período as espécies apresentaram menores concentrações de K em relação à novembro/dezembro. O que leva a crer que tal espécie apresenta um padrão de deposição de potássio constantemente elevado, mesmo em épocas desfavoráveis à concentração deste elemento na serapilheira. Novamente o Ingá apresentou a menor concentração de K na serapilheira em ambas as coletas, obtendo um média geral de apenas 2,28 g/kg de potássio.

Contudo observando-se a média dos teores nutricionais das duas coletas constatou-se que a concentração de N, P e K teve espécies distintas com as maiores médias, sendo essas: tamboril, sangra d'água e aroeira pimenteira, respectivamente. Evidenciando novamente uma possível complementaridade entre as espécies em relação à ciclagem de nutrientes. A eficiência na ciclagem de NPK é fundamental para sistemas produtivos que visam à redução de custos com insumos externos, uma vez que a prática de adubação com fontes ricas desses macronutrientes são as mais onerosas para os sistemas produtivos. Além disso, a resposta das plantas à disponibilidade destes três elementos é maior em relação aos outros nutrientes (KHATOUNIAN, 2001).

3.2.4 Cálcio

O cálcio é um elemento considerado imóvel na planta (MALAVOLTA 1980, FAQUIN, 2005); com isso a capacidade de translocação do nutriente das folhas em fase de senescência é praticamente nula. Por essa ocasião muitos autores encontraram cálcio na serapilheira em altas quantidades superando até mesmo a concentração de nitrogênio. (SCHUMACHER et al. 2004; PIMENTA et al. 2011; MARAFIGA et al. 2012; SANTOS et al., 2014) Essa alta contribuição da serapilheira na ciclagem de Ca possui fundamental importância para o aporte deste elemento ao sistema. Este estudo apresentou diferenças na dinâmica de concentração deste

elemento na serapilheira oriunda das diferentes espécies. Para ambos os períodos analisados, a espécie sangra d'água obteve os maiores valores médios (21,46 g/kg em maio/junho e 14,36 g/kg em novembro/dezembro), assemelhando-se estatisticamente ao açoita cavalo (16,92 g/kg), angico (13,81 g/kg) e aroeira pimenteira (15,92 g/kg) em maio/junho e ao ingá (11,91 g/kg), aroeira pimenteira (11,08 g/kg) e angico (12,83 g/kg) em novembro/dezembro. A espécie tamboril demonstrou-se menos eficiente na ciclagem de Ca obtendo as menores médias para ambas as coletas (10,89 e 3,89 g/kg em maio/junho e novembro/dezembro respectivamente).

3.2.5 Magnésio

A concentração de magnésio na serapilheira oriunda das diferentes espécies aqui estudadas teve o tamboril e a sangra d'água como as duas espécies com maiores médias, 4,94 g/kg e 4,59 g/kg respectivamente. Na primeira coleta o tamboril superou todas as espécies em relação ao teor de Mg (5,57 g/kg). Na coleta de novembro/dezembro a sangra d'água superou o tamboril em valor médio, porém sem significância estatística, de forma que as duas espécies apresentaram valores semelhantes entre si no segundo período analisado, porém superiores à concentração das demais espécies para este elemento. As espécies angico e ingá tiveram as menores médias deste macronutriente sendo 1,49 e 1,15 g/kg respectivamente.

3.2.6 Enxofre

O enxofre foi o único macronutriente que não apresentou interação significativa entre espécie e coleta. Para este macronutriente foi constatada diferença significativa somente entre espécies. Dessa forma, o teste de tukey-kramer foi realizado com a média geral das duas coletas para cada espécie diferentemente dos outros elementos. Para a concentração de S na serapilheira a sangra d'água (0,94 g/kg), a aroeira pimenteira (0,93 g/kg) e o tamboril (0,93 g/kg) foram superiores às concentrações do ingá (0,62 g/kg). Açoita cavalo e angico obtiveram valores intermediários (0,79 e 0,72 g/kg respectivamente).

A tabela 8 aponta a concentração de macronutrientes da serapilheira de algumas espécies arbóreas que foram estudadas anteriormente, para fins de

comparação com os valores encontrados para as 6 espécies deste estudo. Ressalva-se que esta comparação é limitada devido ao fato dos estudos serem realizadas em condições edafoclimáticas distintas.

Tabela 8 - Concentração de macronutrientes da serapilheira oriunda de diferentes espécies arbóreas.

	N	P	K	Ca	Mg	S	autor
Angico (<i>Anadenanthera colubrina</i>)	16,6	0,9	4,5	13,3	1,5	0,7	Este estudo
Aroeira Pimenteira (<i>Schinus terebentifolius</i>)	14,3	1,2	7,1	13,4	2,6	0,9	Este estudo
Açoita Cavalo (<i>Luehea divaricata</i>)	14,3	1,0	5,0	13,1	3,1	0,8	Este estudo
Ingá (<i>Inga laurina</i>)	14,8	0,4	2,3	12,9	1,1	0,6	Este estudo
Sangra D'água (<i>Croton urucurana</i>)	16,5	1,3	5,2	17,9	4,6	0,9	Este estudo
Tamboril (<i>Enterolobium Contortisiliquum</i>)	20,8	0,9	5,5	7,4	4,9	0,9	Este estudo
Sabiá (<i>Mimosa caesalpinifolia</i>)	14,9	0,56	2,9	17,2	3,2	-	Costa et al., 2004
Acácia (<i>Acacia auriculiformis</i>)	17,1	0,69	2,4	16,9	4,4	-	Costa et al., 2004
Gliricídia (<i>Gliricidia sepium</i>)	20,6	0,96	3,6	19,1	7,6	-	Costa et al., 2004
Seringueira (<i>Hevea brasiliensis</i>)	13,1	0,9	1,1	24	4,8	2,4	Murbach et al., 2003
Eucalipto (<i>Eucalyptus grandis</i>)	12,5	0,35	1,06	10,23	2,42	-	Costa, Gama-Rodrigues e Cunha, 2005
Ceiba (<i>Ceiba pentandra</i>)	14,2	0,9	3,27	13,02	0,96	1,52	Neves et al., 2001
Virola (<i>Virola surinamensis</i>)	12,05	0,31	1,49	10,05	1,91	1,38	Neves, Martins e Reissmann, 2001

Esses resultados apresentados reforçam a distinção que há nas concentrações de cada nutriente na serapilheira provinda das diferentes espécies. É exatamente por serem diferentes que as espécies podem se complementar e interagir positivamente em combinações de arranjos de sistemas agroflorestais. Porém é fato que mais estudos precisam ser realizados com o intuito de promover através das interações entre diferentes espécies de diferentes grupos ecológicos uma ciclagem

de nutrientes mais eficientes em benefício dos SAFs.

3.2.7 Variações entre coletas

A espécie tamboril se destacou por apresentar variação significativa entre as coletas para todos os macronutrientes com exceção do enxofre. Aumentando os valores de N, P e K e diminuindo os de Ca e Mg entre a primeira coleta em maio/junho e a coleta de novembro/dezembro. Dessa forma constata-se que a concentração de macronutrientes na serapilheira da espécie tamboril é altamente variável em função da época de senescência desse material. Certamente estudos mais duradouros deverão ser realizados para afirmar se este fenômeno é padrão para a espécie na região.

Essa variação na concentração de nutrientes na serapilheira em função das coletas foi verificada também para outras espécies, mas somente para os macronutrientes potássio e cálcio. Além do tamboril, a sangra d'água e o angico apresentaram aumento significativo no teor de K entre as coletas sendo que as outras três espécies, mesmo sem significância, também aumentaram seu valor médio em nov/dez em relação à mai-jun. De forma inversa, o Ca teve diminuição na média para todas as espécies entre as coletas embora três delas somente apresentaram diferenças significativas nessa diminuição (aroeira pimenteira, açoita cavalo e tamboril).

Os teores de potássio na serapilheira estão intimamente ligados à precipitação (NEVES; MARTINS; REISSMANN, 2001; PAGANO E DURIGAN, 2000). Isso se deve ao fato deste elemento não estar inserido na composição de compostos orgânicos e sim de forma iônica, solúvel ou adsorvido no suco celular das plantas (MARSCHNER, 1997). Dessa forma o íon potássio (K^+) fica altamente suscetível à lixiviação foliar por meio da água da chuva fazendo com que a precipitação influencie diretamente na concentração deste elemento na serapilheira.

No ano de estudo, a precipitação dos meses em que foram analisadas as amostras foram semelhantes. No entanto, a ocorrência das chuvas dos meses que antecederam as coletas pode ter determinado a diferença no teor de potássio da serapilheira. Na coleta de maio/jun as chuvas dos meses anteriores (período chuvoso na região) foram mais abundantes do que as chuvas dos meses anteriores a nov/dez (período de estiagem na região). Dessa forma o material formador de

serapilheira da primeira coleta sofreu mais com a lixiviação de K o que pode ter determinado a menor concentração deste elemento na coleta de maio/junho em comparação com a coleta de nov/dez.

O cálcio, ao contrário do potássio, é o nutriente estudado menos móvel da planta (FAQUIN, 2005). Dessa forma a concentração presente na serapilheira é reflexo da concentração da biomassa formadora desse material senescido. Ou seja, a diminuição do teor de Ca ao longo do período analisado se deve ao fato de uma diminuição na concentração foliar deste elemento. Essa diminuição na concentração do Ca nas folhas pode ser reflexo da dificuldade de absorção deste nutriente pelas plantas nos meses com maior deficiência hídrica (BERTALOT et al., 2004) que antecede a coleta de nov/dez.

Esse padrão de variação na concentração de potássio e cálcio também foi observado por Pimenta et al.(2011) em área de reflorestamento. Tal autor constatou aumento significativo de potássio no período de julho a dezembro comparado com o de janeiro a junho bem como uma diminuição significativa dos teores de cálcio no segundo semestre em relação ao primeiro. Resultados esses que corroboram com os apresentados no presente estudo.

A figura 6 evidencia as variações dos macronutrientes entre as duas coletas considerando as médias na concentração desses elementos para conjunto de espécies estudadas. Tal gráfico mostra as fortes variações entre as coletas com relação ao cálcio e potássio discutidos acima. Isso evidencia a interação muito forte de concentração desses elementos com a sazonalidade das épocas secas e úmidas do ano.

Figura 6 - Amplitude de variação (em porcentagem) na concentração dos macronutrientes em relação às coletas nos diferentes períodos (maio/junho e novembro/dezembro de 2013) para média do conjunto de espécies estudadas [*Anadenanthera colubrina* (angico), *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril), *Inga laurina* (ingá), *Luehea divaricata* (açoita cavalo), *Croton urucurana* (sangra d'água), *Schinus terebentifolius* (Aroeira pimenteira)].

Contudo, essas variações sazonais encontradas nas concentrações dos macronutrientes da serapilheira das espécies aqui estudadas podem ser utilizadas de forma racional em sistemas agroflorestais. Para tal devem ser planejados os arranjos agroflorestais que busquem interações positivas entre as espécies econômicas e as espécies responsáveis pela ciclagem de nutrientes do sistema. Uma estratégia para se alcançar tais interações positivas é consorciar as espécies econômicas dos SAFs (carros chefes, e normalmente mais exigentes em nutrientes) com espécies (de serviço) que disponham uma queda de serapilheira com concentrações elevadas dos nutrientes que são limitantes para a cultura justamente na época de sua maior necessidade.

Com o exemplo deste estudo, pode se dizer que o uso das espécies, sobretudo o tamboril que obteve as maiores variações dos macronutrientes entre as coletas, consorciadas com demais espécies em arranjos agroflorestais, podem trazer interações positivas em relação à nutrição caso a(s) espécie(s) a ser(em) beneficiada(s) tiver(em) maior(es) necessidade(s) dos macronutrientes primários (NPK) no início da estação chuvosa e não no início da seca. Obviamente mais estudos que demonstrem essa variação nutricional do material senescente dessas espécies devem ser realizados, para que de fato se constate esse fluxo apresentado como sendo um padrão anual para as espécies na região. O mais importante é que certamente na floresta tropical natural essa diversidade de comportamento das espécies deve fornecer diferenças entre espécies e interações diversas que

provoquem equilíbrio nos ecossistemas naturais e, certamente, também em agroecossistemas biodiversos.

3.3 Riqueza total dos macronutrientes na serapilheira

A concentração dos macronutrientes das espécies estudadas foi totalizada para cada coleta e demonstrada na figura 7.

Figura 7 - Concentração média dos macronutrientes dos materiais formadores de serapilheira das diferentes espécies [*Anadenanthera colubrina* (angico), *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril), *Inga laurina* (ingá), *Luehea divaricata* (açoita cavalo), *Croton urucurana* (sangra d'água), *Schinus terebentifolius* (Aroeira pimenteira)] nos diferentes períodos de coleta maio/junho e novembro/dezembro.

Com relação à riqueza de concentração total de macronutrientes na serapilheira dentre as espécies estudadas destaca-se a sangra d'água que apresentou maior concentração em ambas as coletas (45,3g/kg em mai/jun e 47,5 em nov/dez). A menor concentração de macronutrientes para ambas as coletas foi encontrada na espécie ingá (33,8 em mai/jun e 30,4 em nov/dez); esta espécie obteve as menores médias de P, K, Mg e S. As outras 4 espécies estudadas apresentaram valores intermediários e se alternaram em relação à riqueza total dos macronutrientes nos dois períodos analisadas. Ou seja, na coleta de maio/junho a concentração do açoita cavalo (40,1 g/kg) e da aroeira pimenteira (41 g/kg) foi maior que a do tamboril

(36,4 g/kg) e angico (34,4 g/kg). A situação se inverteu na coleta de novembro/dezembro em que o material senescido do angico (40,6 g/kg) e tamboril (44,6 g/kg) foi mais rico que o da aroeira pimenteira (37,9 g/kg) e açoita cavalo (34,4 g/kg).

A ordem de concentração de cada macronutriente encontrada para o conjunto de espécies considerando a média das duas coletas segue: $N > Ca > K > Mg > P > S$. Tal sequência também foi encontrada em: Bertalot et al. (2004), Vital et al. (2004), Barbosa e Faria (2006), Selle (2007), entre outros. No entanto, a sequência apresentada teve alteração na ordem de P e S para as espécies Ingá e Tamboril. Essas espécies obtiveram maior concentração de enxofre do que de fósforo na serapilheira assim como encontrado nos estudos de Caldeira et al. (2008). A espécie sangra d'água também apresentou ordem diferenciada na concentração dos elementos estudados sendo que a concentração de Ca foi maior do que a N. Essa inversão também é comum uma vez que o Ca é um nutriente imóvel na planta não havendo a translocação do elemento para folhas mais novas antes do material formador de serapilheira senescer, conforme já explicado anteriormente e também constatado por Schumacher et al. (2004), Pimenta et al. (2011), Marafiga et al. (2012); Santos et al. (2014).

Este item discorreu sobre a riqueza na concentração dos macronutrientes da serapilheira formada para cada espécie durante duas coletas (maio/junho e novembro/dezembro). No entanto, para analisarmos a capacidade que cada espécie possui em retornar esses nutrientes ao solo devem-se confrontar esses dados com a quantidade de material que essas espécies depositam, o que será abordado no próximo item. Não obstante, conhecer a concentração de nutrientes da serapilheira das espécies bem como a variação anual dessa concentração é fundamental para auxiliar na escolha de espécies para utilização em SAFs com a finalidade de ciclagem nutricional. Pois, caso a espécie apresente uma dinâmica de concentração nutricional da serapilheira que favoreça a cultura econômica do sistema em questão, a quantidade de material depositado pode ser manipulada com a densidade de indivíduos desta espécie no arranjo agroflorestal como sugerido por Duarte, (2007).

3.4 Aporte anual de nutrientes por indivíduo arbóreo

O comportamento individual das espécies em relação à deposição anual dos macronutrientes está apresentado na figura 8. Os resultados foram obtidos através da multiplicação da média geral da concentração dos nutrientes pela somatória anual de deposição de serapilheira para cada espécie.

Figura 8 - Somatória anual de deposição dos macronutrientes para as 6 espécies arbóreas nativas estudadas [*Anadenanthera colubrina* (angico), *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril), *Inga laurina* (ingá), *Luehea divaricata* (açõita cavalo), *Croton urucurana* (sangra d'água), *Schinus terebentifolius* (Aroeira pimenteira)] em g/indivíduo.

A ordem das espécies quanto sua contribuição anual no aporte de macronutrientes do sistema encontrado neste trabalho foi semelhante à ordem sucessional determinada para essas espécies (tabela 3). Ou seja, as espécies de início de sucessão aportaram mais nutrientes durante o ano de estudo que as espécies mais tardias. O que corrobora com a tendência das espécies pioneiras em restaurar a fonte de nutrientes do sistema (BOEGER; WISNIEWSKI, 2003). Estes autores atribuem esta característica às espécies pioneiras, pois geralmente são mais eficientes na absorção de nutrientes e menos exigentes no uso e acumulação

desses recursos em sua biomassa. Este fato faz com que essas espécies dos estágios iniciais da sucessão devolvam maiores quantidades de nutrientes para o solo, podendo ser captados pelas espécies de plantas mais exigentes no sistema.

É importante ressaltar aqui o destaque na ciclagem de nutrientes provida pela serapilheira da espécie Sangra D'água que, não só superou as outras em quantidade como também na qualidade, sendo a espécie com maior concentração de macronutrientes no material formador de serapilheira. Dessa forma, a espécie sangra d'água contribuiu com um aporte de macronutrientes no ano de estudo em g/indivíduo que superou as outras espécies avaliadas em 18% para aroeira pimenteira, 25% para o angico, 37% para o açoita cavalo e 56% para ingá e tamboril.

Todavia esse destaque observado em relação à potencialidade de ciclagem de nutrientes da espécie *C. urucuarana* de forma alguma deve ser encarado como uma exclusão das outras espécies aqui estudadas para a finalidade de auxiliar na manutenção da fertilidade nutricional em sistemas agroflorestais. O importante é o equilíbrio da diversidade de espécies nos SAFs, não só quantitativa como qualitativamente em relação ao aporte de nutrientes.

Para cada SAF, antes de serem escolhidas as espécies que cumprirão esse papel deve-se levar em consideração as suas particularidades como: quais nutrientes possuem maiores deficiências no solo? Quais nutrientes as culturas econômicas inseridas no sistema são mais exigentes e em que época do ano estas culturas necessitam mais estes nutrientes? Estas perguntas devem ser respondidas para que possam determinar a escolha do conjunto de espécies que fará o importante papel da ciclagem natural de nutrientes.

Recomenda-se sempre o uso de mais de uma espécie para o cumprimento de funções importantes dentro dos sistemas produtivos, pois isso dá maior segurança para o cumprimento da função para o sistema ao longo dos anos. Além disso, uma maior diversidade de espécie proporciona maiores possibilidade de complementaridade na disponibilidade de recursos como dito por Cunha et al. (1993), Duarte, (2007), Menezes et al. (2009) e também corroborado por este estudo.

Para sistemas agroflorestais com objetivos produtivos de longo prazo é fundamental se pensar também na inserção de espécies de grupos ecológicos distintos favorecendo a sucessão. Isso em função de se ter um cumprimento

constante e duradouro das variadas funções que o componente arbóreo proporciona, dentre elas a ciclagem de nutrientes. Dessa forma, mesmo com a compreensão de que as espécies pioneiras sejam mais eficientes no processo de ciclagem de nutrientes, muitas delas possuem um ciclo de vida curto, o que poderia interromper bruscamente o processo de ciclagem, quando essas plantas senescerem por completo em SAFs que por ventura somente disponham de pioneiras para esta função.

3.5 A importância da poda e suas interferências no processo de deposição natural da serapilheira

Embora o foco deste estudo seja aprofundar no conhecimento da dinâmica de deposição natural de serapilheira dessas 6 espécies arbóreas nativas do Pontal, cabe ressaltar que, em sistemas agroflorestais, a prática de poda das espécies perenes é um manejo frequentemente utilizado e recomendado por diversos autores que demonstraram o benefício de tal prática para os SAFs (PENEIREIRO, 1999; JACKSON; WALLACE; ONG, 2000; SILVEIRA et. al., 2007; BERTOMEU; ROSHETKO E RAHAYU, 2011). Tal prática é de suma importância para a aceleração dos processos sucessionais (PENEIREIRO, 1999). Contudo para a realização da poda das árvores no sistema devem ser considerados outros estudos com relação a capacidade de rebrota, produção de biomassa, entre outros. Certamente, quando se realiza este manejo nas árvores dos SAFs altera-se a dinâmica natural de deposição de serapilheira (SILVEIRA et. al., 2007).

Esta prática pode facilitar o planejamento do arranjo produtivo, pois com ela pode se manejar a deposição do material orgânico concomitantemente com a época de maior necessidade de adubação das culturas econômicas a serem beneficiadas. Além disso, o material verde podado das árvores ainda não sofreu o processo de translocação dos nutrientes, fenômeno que antecede a queda natural das folhas e ramos (PENEIREIRO, 1999). Dessa forma, o material verde tende a ser mais rico nutricionalmente do que o comparado com a deposição natural.

No entanto a prática de poda de árvores requer muita destreza do agricultor que, em geral, não está habituado a este tipo de prática. Com isso é comum observar sistemas agroflorestais com arranjos adensados, planejados para serem podados com certa frequência, apresentarem problemas de excesso de

sombreamento por conta da dificuldade que os agricultores possuem na realização da poda. Lopes (2014), estudando agroecossistemas cafeeiros sombreados no Pontal do Paranapanema, atribuiu à falta de poda em SAFs adensados como sendo o principal motivo para a queda de produtividade do cafeeiro associado com maior diversidade. Esse fato reforça a dificuldade dos agricultores na região foco deste estudo na prática da poda. Com isso, em muitos casos, para adequar o desenho agroflorestal com o perfil dos agricultores, deve-se diminuir a densidade de árvores no sistema, o que torna a escolha das espécies ainda mais criteriosa.

Contudo, o fato é que, seja por meio de podas ou por meio da deposição natural de serapilheira, as espécies que compõem os arranjos de sistemas agroflorestais devem ser pensadas de forma a cumprirem a importante função de tornar a ciclagem de nutrientes e matéria orgânica mais eficiente para que, de fato, se almeje sistemas produtivos orientados à sustentabilidade.

4 CONCLUSÕES

As 6 espécies arbóreas nativas alvo deste estudo (*Anadenanthera colubrina*; *Enterolobium contortisiliquum*; *Inga laurina*; *Luehea divaricata*; *Croton urucurana*; *Schinus terebentifolius*) se comportaram de forma semelhante em termos de quantidade de deposição de serapilheira ao longo do ano.

Para as espécies estudadas o fluxo anual de deposição de serapilheira não apresentou variações sazonais significativas. Ou seja, nesse estudo para as 6 espécies, houve produção de serapilheira em todas as épocas do ano e os picos médios de deposição não diferiram estatisticamente das médias inferiores para cada espécie analisada separadamente. Já na análise do conjunto das espécies constatou-se uma maior deposição de serapilheira no período mais seco do ano.

A espécie considerada pioneira quanto à classe sucessional (sangra d'água) teve o maior valor de deposição anual seguido da aroeira pimenteira espécie também considerada mais inicial na sucessão em comparação com as demais, justificando a separação das espécies segundo a sucessão.

De forma geral, foi constatado que o material formador de serapilheira das diferentes espécies estudadas possui uma dinâmica nas concentrações de nutrientes, diferentes uma das outras. Ou seja, para todos os macronutrientes com exceção do enxofre houve interação significativa entre espécie e época de coleta. Contudo para sistemas agroflorestais devem ser aproveitadas essas diferenças para se buscar interações positivas entre as espécies do arranjo.

Não houve superioridade na concentração de N na serapilheira para o grupo das leguminosas conforme esperado. Mesmo assim, devido ao processo de fixação biológica de N (características das espécies leguminosas deste estudo) ser considerado uma adição deste elemento para o sistema solo-planta este grupo de espécie é fundamental para o equilíbrio do elemento nitrogênio, sobretudo para sistemas de produção agroflorestais.

A espécie tamboril se destacou por apresentar variação significativa entre as coletas para todos os macronutrientes com exceção do enxofre. Essa variação na concentração de nutrientes na serapilheira em função das coletas foi verificada também para outras espécies, mas somente para os macronutrientes potássio e cálcio. Para se fazer uso, de forma eficiente, dessas variações sazonais encontradas na diversidade de espécies estudadas em sistemas agroflorestais, devem ser planejados arranjos que busquem interações positivas entre as espécies

econômicas e as espécies de serviço responsáveis pela ciclagem de nutrientes do sistema.

As espécies de início de sucessão aportaram mais nutrientes durante o ano de estudo que as espécies mais tardias. Com destaque para a espécie Sangra d'água pioneira que obteve maiores quantidade de serapilheira aportada e também uma maior riqueza em relação aos macronutrientes presentes nesse material senescido. Mesmo com esse destaque recomenda-se, sempre, o uso de mais de uma espécie para o cumprimento de funções importantes dentro dos sistemas produtivos e de preferência de grupos ecológicos distintos, pois isso dá maior segurança para o cumprimento da função ao longo dos anos. Além disso, uma maior diversidade de espécie proporciona maiores possibilidade de complementaridade na disponibilidade de recursos, visto que há diferenças na dinâmica da concentração de nutrientes na serapilheira das diversas espécies.

Assim, as espécies que compõem os arranjos de sistemas agroflorestais devem ser pensadas de forma a cumprirem as importantes funções, no sentido de tornar a ciclagem de nutrientes e de matéria orgânica mais eficientes para que, de fato, se almeje sistemas produtivos orientados à sustentabilidade. Para avançarmos neste objetivo estudos adicionais são necessários para contribuir no entendimento da dinâmica quantitativa e qualitativa de deposição da serapilheira das espécies potenciais para tal, bem como suas interações em sistemas agroflorestais.

REFERÊNCIAS

AGRITEMPO. Sistema de monitoramento agrometeorológico. **Pesquisa de dados meteorológicos para o estado de SP**. Disponível em:

<<http://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/PesquisaClima/index.jsp?siglaUF=S>>.

Acesso em: 17 set. 2014.

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

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

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

BERTALOT, M.J.A.; GUERRINI, I.A.; MENDOZA, E.; DUBOC, E.; BARREIROS, R. M.; CORRÊA, F.M. Retorno de nutrientes ao solo via deposição de serapilheira de quatro espécies leguminosas arbóreas na região de Botucatu-SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 65, p. 219-227, 2004.

BERTOMEU, M.; ROSHETKO, J.M.; RAHAYU, S. Optimum pruning intensity for reducing crop suppression in a Gmelina–maize smallholder agroforestry system in Claveria, Philippines. **Agroforestry Systems**, v. 83, n. 2, p. 167-180, 2011.

BOEGER, M.R.T.; WISNIEWSKI, C. Comparação da morfologia foliar de espécies arbóreas de três estádios sucessionais distintos de floresta ombrófila densa (Floresta Atlântica) no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 61-72, 2003.

BORÉM, R.A.T.; RAMOS, D.P. Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de mata atlântica. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 42-59, 2002.

BRUN, E. **Biomassa e nutrientes na floresta Estacional Decidual**. 2004. 136p. Dissertação (Mestrado em Silvicultura) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

BUDOWSKI, G. Distribution of tropical American rain forest species in the light of successional processes. **Turrialba**, San José, v. 15, n. 1, p. 40-42, 1965.

BÜNDCHEN, M.; BOEGER, M.R.T.; REISSMANN, C.B.; SILVA, S.L.C. Status nutricional e eficiência no uso de nutrientes em espécies arbóreas da floresta subtropical no sul do Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 98, p. 227-236, 2013.

CALDEIRA, M.V.W.; VITORINO, M.D.; SCHAADET, S.S.; MORAES, E.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 53-68, 2008.

CAMARGO, J.A.S.C.; ENGEL, V.L.; MATTOS E.C. Deposição de serapilheira em diferentes sistemas de restauração florestal: resultados preliminares. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 12., 2010. Botucatu. **Anais...** Botucatu: FAPESP, 2010. p. 584-586

CEPAGRI. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. **Clima dos Municípios Paulistas**. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_466.html>. Acesso em: 20 set. 2014.

COSTA, G.S.; FRANCO, A.A.; DAMASCENO, R.N.; FARIA, S.D. Aporte de nutrientes pela serapilheira em uma área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 28, n. 5, p. 919-927, 2004.

COSTA, G.S.; GAMA-RODRIGUES, A.C.D.; CUNHA, G.D.M. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte fluminense. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 563-570, 2005.

CUNHA, G.C.; GRENDENE, L.A.; DURLO, M.A.; BRESSAN, D.A. Dinâmica nutricional em floresta estacional decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serapilheira. **Ciência florestal**, Santa Maria, v. 3, n. 1, p. 35-64, 1993.

CUNHA, G.M.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; COSTA, G.S. Ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden no Norte Fluminense. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 353-363, 2005.

DITT, E.H. **Fragmentos florestais no Pontal do Paranapanema**. São Paulo: Annablume, 2002. 148p.

DOBEREINER, J. Nodulação e fixação de nitrogênio em leguminosas florestais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 19, n. 13, p. 83-90, 1984.

DUARTE, E.M.G. **Ciclagem de nutrientes por árvores em sistemas agroflorestais na Mata Atlântica**. 2007. 115p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

DUARTE, E.M.G.; **Ciclagem de nutrientes por árvores em sistemas agroflorestais na Mata Atlântica**. 2007. 115p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

ENGEL, V.L. **Introdução aos Sistemas Agroflorestais**. Botucatu: FEPAF, 1999. 70p.

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

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

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005. 186p.

FERNANDES, M.M.; PEREIRA, M.G.; MAGALHÃES, L.M.S.; CRUZ, A.R.; GIÁCOMO, R.G. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de floresta secundária, plantio de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) e andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) na Flona Mário Xavier, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 163-175, 2006.

FERRAZ, D.K.; ARTES, R.; MANTOVANI, W.; MAGALHAES, L.M. Fenologia de árvores em fragmento de mata em São Paulo, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 59, p. 305-317, 1999.

FERREIRA, R.L.C.; JUNIOR, L.; DE ANDRADE, M.; ROCHA, M.S.D.; SANTOS, M.V.F.D.; LIRA, M.D.A.; BARRETO, L.P. Deposição e acúmulo de matéria seca e nutrientes em serapilheira em um bosque de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 7-12, 2007.

FERRETTI, A.R.; KAGEYAMA, P.Y.; ÁRBOCZ, G.D.F.; SANTOS, J.D.; BARROS, M.D.; LORZA, R.F.; OLIVEIRA, C.D. Classificação das espécies arbóreas em grupos ecológicos para revegetação com nativas no Estado de São Paulo. **Florestar Estatístico**, São Paulo, v. 3, n. 7, p. 73-77, 1995.

FRANÇA, E.J. **A biomonitoração da Mata Atlântica na conservação da biodiversidade: espécies arbóreas nativas acumuladoras de elementos químicos**. 2006. 380p. Tese (Doutorado em Ecologia de Agroecossistemas) - . Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

GODINHO, T.O.; CALDEIRA, M.V.W.; ROCHA, J.H.T.; CALIMAN, J.P.; TRAZZI, P.A. Quantificação de biomassa e nutrientes na serapilheira acumulada em trecho de floresta estacional semidecidual submontana, ES. **CERNE**, Lavras, v. 20, n. 1, p. 11-20, 2014.

GOMES, K.; MARTINS, R.; SANTANA, A.; VIEIRA, C.; SILVA A. Produção e decomposição de serapilheira em plantações de eucalipto e fragmentos de mata atlântica. In: CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA Y CIENCIAS HOTÍCOLAS, 7., 2013. Madrid. **Libro Acta...** Madrid: Fundacion General de La Universidad Politécnica de Madrid, 2013. p. 1-6.

GÓMEZ-POMPA, A.; VÁZQUEZ-YANES, C. Successional studies of a rain forest in Mexico. In: WEST, D.C.; SHUGART, H.H.; BOTKIN, D.F. **Forest Succession: concepts and application**. New York: Springer, 1981. chap. 16, p. 246-266.

GONÇALVES, J.D.M.; NOGUEIRA JR, L.; DUCATTI, F. Recuperação de solos degradados. In: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F.B. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. p. 111-163.

GUARIGUATA, M.R.; OSTERTAG, R. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 148, n. 1/3, p. 185-206, Jul . 2001.

JACKSON, N.A.; WALLACE, J.S.; ONG, C.K. Tree pruning as a means of controlling water use in an agroforestry system in Kenya. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 126, n. 2, p. 133-148, Feb . 2000.

JARAMILLO-BOTERO, C.; SANTOS, R.H.S.; FARDIM, M.P.; PONTES, T.M.; SARMIENTO, F. Produção de serapilheira e aporte de nutrientes de espécies arbóreas nativas em um sistema agroflorestal na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 869-877, 2008.

KHATOUNIAN, C.A. **A reconstrução ecológica da agricultura**. Botucatu: Agroecológica, 2001. 348p.

LEITÃO FILHO, H.F.; PAGANO, S.N.; CESAR, O.; TIMONI, J.L.; RUEDA, J.J. **Ecologia da mata atlântica em Cubatão, SP**. São Paulo: EDUNESP/EDUNICAMP, 1993, 86 p.

LOPES, P.R. **A biodiversidade como fator preponderante para a produção agrícola em agroecossistemas cafeeiros sombreados no Pontal do Paranapanema**. 2014. 172p. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4.ed. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1992. 352p.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.; OLIVEIRA, S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MARAFIGA, J.S.; VIERA, M.; SZYMCZAK, D.A.; SCHUMACHER, M.V.; TRÜBY, P. Deposição de nutrientes pela serapilheira em um fragmento de Floresta Estacional Decidua no Rio Grande do Sul. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 6, p. 765-771, 2012.

MARIANO, K. R. S.; JUNIOR, C. A. S. M.; AMORIM, S. M. C.; SILVA, K. K. A.; SOUZA, R. J. M Aporte de Nutrientes ao Solo Via Produção de Serapilheira pela Espécie *Coccoloba rosea* Meisn. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n.1, p. 384-386, 2007.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd.ed. London: Academic Press, 1997. 889p.

MARTÍNEZ-RAMOS, M. Claros, ciclos vitales de árboles tropicales y regeneración natural de las selvasaltas perennifolias, In: GOMEZ-POMPA A.; AMO S. (Ed.) **Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México.** Veracruz: INIREB, 1985. p. 191-239.

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

MENEZES, C.E.G.; CORREIA, M.E.F.; PEREIRA, M.G.; BATISTA, I.; RODRIGUES, K.M.; COUTO, W.H.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, I. P. Macrofauna edáfica em estádios sucessionais de floresta estacional semidecidual e pastagem mista em Pinheiral (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 33, n. 6, p. 1647-1656, 2009.

MENEZES, C.E.G.; PEREIRA, M.G.; CORREIA, M.E.F.; DOS ANJOS, L.H. C.; PAULA, R.R.; SOUZA, M. E. Aporte e decomposição da serapilheira e produção de biomassa radicular em florestas com diferentes estágios sucessionais em Pinheiral, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 439-452, 2010.

MENEZES, K.A.S.; DE OLIVEIRA NUNES, G.F.; SAMPAIO, A.A.; DA SILVA, A. F.; MARTINS, L.M.V.; JUNIOR, P.I.F. Caracterização fenotípica de bactérias isoladas de nódulos de angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan) em solos do Semiárido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 34., 2013. Florianópolis **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. p. 1-4.

MICHON, G.; FORESTA, H. Agro-Forests: Incorporating a Forest Vision in Agroforestry. In: BUCK L. E.; LASSOIE, J. P.; FERNANDES E. C. M. **Agroforestry in sustainable agricultural systems**. Boca Raton: CRC Press, 1998. chap. 17, p. 381-406.

MORAES, R.; DELITTI, W.B C.; STRUFFALDI-DE VUONO, Y. Litterfall and litter nutrient content in two Brazilian Tropical Forests. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 9-16, 1999.

MOREIRA, P.R.; SILVA, O.D. Produção de serapilheira em área reflorestada. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 49-59, 2004.

MORELLATO, L.P.C. Sazonalidade e dinâmica de ecossistemas florestais na Serra do Japi. In: _____. **História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil**. Campinas: Editora da UNICAMP/FAPESP, 1992. p. 97-110.

MURBACH, M.R.; BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; SOUZA, E.C.A.D. Nutrient cycling in a RRIM 600 clone rubber plantation. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 353-357, 2003.

NAIR, P.R. **Agroforestry systems in the tropics**. Norwell: Kluwer Academic Publishers, 1989. 664p.

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

OLIVEIRA, R.E. **Aspectos da dinâmica de um fragmento florestal em Piracicaba- SP: silvigênese e ciclagem de nutrientes**. 1997. 80p. Dissertação (Mestrado em Ciências/Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

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. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Editora da USP/Fapesp, 2000. p.109-123.

PALUDO, R.; COSTABEBER, J.A. Sistemas agroflorestais como estratégia de desenvolvimento rural em diferentes biomas brasileiros. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 7, n. 2, p. 63-76, 2012.

PATREZE, C.M.; CORDEIRO, L. Nodulation, arbuscular mycorrhizal colonization and growth of some legumes native from Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 527-537, Sept. 2005.

PENEIREIRO, F.M. **Sistemas agroflorestais dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso**. 1999. 138 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

PEZZATTO, A.W.; WISNIEWSKI, C. Produção de serapilheira em diferentes seres sucessionais da Floresta Estacional Semidecidual no oeste do Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 1, p.111-120, 2006.

PIMENTA, J.A.; ROSSI, L.B.; TOREZAN, J.M.D.; CAVALHEIRO, A.L.; BIANCHINI, E. Litter production and nutrient cycling in a reforested area and a seasonal semideciduous forest in southern Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 53-57, Jan./Mar. 2011.

PIOVESAN, G.; SCHUMACHER, M.V.; VIERA, M.; LOPES, V.G.; WELTER, C. Deposição de serapilheira em povoamento de Pinus. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 206-211, Jun. 2012.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M.V.; GONÇALVES, J. ; BENEDETTI, V. Ciclagem de nutrientes em florestas nativas. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. 427p.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. Barueri: NBL Editora, 2002. 541p.

RODRIGUES, E.R.; MONTEIRO, R.; CULLEN JUNIOR, L. Dinâmica inicial da composição florística de uma área restaurada na região do Pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 853-861, 2010.

RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. **Matas ciliares**: conservação e recuperação. 2. Ed. São Paulo: FAPESP, 1993, 320 p.

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

SAS Institute Inc. **The SAS System, release 9.3**. Cary, 2010.

SAYER, E.J. Using experimental manipulation to assess the roles of leaf litter in the functioning of forest ecosystems. **Biological reviews**, Cambridge, v. 81, n. 1, p. 1-31, 2006.

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

SCHLITTLER, F.H.M.; MARTINS, G. ; CESAR, O. Produção de serapilheira na floresta do Morro do Diabo, Pontal do Paranapanema, São Paulo. **Naturalia**, São Paulo, v. 18, p.135-147, 1993.

SCHUMACHER, M.V.; BRUN, E. ; RODRIGUES, L.M.; SANTOS, E.D. 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**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 791-798, 2003.

SCHUMACHER, M.V.; BRUN, E.J.; HERNANDES, J.I.; KÖNIG, F.G. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no município de Pinhal Grande-RS. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, p. 29-37, 2004.

SELLE, G.L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Bioscience Journal**, Uberlândia v. 23, n. 4, p.29-39, 2008.

SIDDIQUE, I.; ENGEL, V.L.; PARROTTA, J.A.; LAMB, D.; NARDOTO, G.B.; OMETTO, J.P.H.B.; MARTINELLI, L.A.; SCHMIDT, S. Dominance of legume trees alters nutrient relations in mixed species forest restoration plantings within seven years. **Biogeochemistry**, Oxford, v. 88, n. 1, p. 89-101, Mar. 2008.

SILVA, A.F.; OLIVEIRA, R.V.; SANTOS, N.R.L.; PAULA, A. Composição florística e grupos ecológicos das espécies de um trecho de floresta semidecídua submontana da Fazenda São Geraldo, Viçosa-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 311-319, 2003.

SILVA, A.P.S.; TASSARA, E.T. O. Sistemas Agroflorestais: Ressignificação de Vivências em Assentamento Rural Periurbano. **Psico**, Porto Alegre, v. 45, n. 3, p. 328-339, 2014.

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

SILVEIRA, N.D.; PEREIRA, M.G.; POLIDORO, J.C.; LUCENA TAVARES, S.R.; MELLO, R. B. . Aporte de nutrientes e biomassa via serrapilheira em sistemas agroflorestais em Paraty (RJ). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 2, p. 129-136, 2007.

SOUZA, G.N.B.; VASCONCELOS, S.; PAULINO, G.S.; SOUSA, M. Estoque e produção de serrapilheira sobre o solo em sistema agroflorestal sob influência de árvores de ingá (*Inga edulis*) e cacau (*Theobroma cacao*) no município de Tomé-Açu (PA). In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 17., 2013, Belém. **Anais...** Belém: PIBIC 2013. 1 CD-ROM.

SPAIN, A. Litterfall and the standing crop of litter in three tropical Australian rainforests. **The Journal of Ecology**, London, v. 72, n. 3, p. 947-961, 1984.

STARK, N.M.; JORDAN, C.F. Nutrient retention by the root mat of an Amazonian rain forest. **Ecology**, Washington, v. 59, n. 3, p. 434-437, 1978.

SUGANUMA, M.S.; ASSIS, G.B.; MEL, A.C.G.; DURIGAN, G. Ecossistemas de referência para restauração de matas ciliares: existem padrões de biodiversidade, estrutura florestal e atributos funcionais? **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 835-847, 2013.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Brasília: Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Geociências, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 123p.

VIDAL, M.M.; PIVELLO, V.R.; MEIRELLES, S.T.; METZGER, J.P. Produção de serrapilheira em floresta Atlântica secundária numa paisagem fragmentada (Ibiúna, SP): importância da borda e tamanho dos fragmentos. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 521-532, 2007.

VIEIRA, J.A.G.; TEIXEIRA, M.B.; LOSS, A.; LIMA, E.; ZONTA, E. Produção de Serrapilheira e Retorno de Nutrientes ao Solo pela Espécie *Eucalyptus urograndis*. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 4, n. 2, p. 521-531, 2009.

VITAL, A.R.T.; GUERRINI, I.A.; FRANKEN, W.K.; FONSECA, R.C. 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.; SANFORD, R. Nutrient cycling in moist tropical forest. **Annual review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 17, p. 137-167, 1986.

VOGEL, H.L.M.; SCHUMACHER, M.V.; TRÜBY, P. Deposição de Serrapilheira e Nutrientes por Espécies Nativas em uma Floresta Estacional Decidual em Itaara, RS, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 1, p. 129-136, 2012.

WERNECK, M. de S.; PEDRALLI, G.; GIESEKE, L. F. Produção de serapilheira em três trechos de uma floresta semidecídua com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 195-198, 2001.

WERNECK, M.D.S.; PEDRALLI, G.; GIESEKE, L. Produção de serapilheira em três trechos de uma floresta semidecídua com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 195-198, 2001.

WHITMORE, T.C. Tropical rain forest dynamics and its implications for management. In: GÓMEZ-POMPA, A. ;WHITMORE, T.C. (Ed.). **Rain forest regeneration and management**. Oxford: Taylor & Francis, 1991. p. 67-89.