

MEIRE OLIVEIRA VIEIRA

**DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA EM DOIS  
TRECHOS DE FLORESTA ATLÂNTICA NO PARQUE  
ESTADUAL DAS FONTES DO IPIRANGA, SÃO  
PAULO, UM DELES SOB INFLUÊNCIA DO BAMBU**

*Aulonemia aristulata* (Döll) MacClure

Dissertação apresentada ao Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de MESTRE em BIODIVERSIDADE VEGETAL E MEIO AMBIENTE, na Área de Concentração de Plantas Vasculares em Análises Ambientais.

SÃO PAULO

2015

MEIRE OLIVEIRA VIEIRA

**DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA EM DOIS  
TRECHOS DE FLORESTA ATLÂNTICA NO PARQUE  
ESTADUAL DAS FONTES DO IPIRANGA, SÃO  
PAULO, UM DELES SOB INFLUÊNCIA DO BAMBU**

*Aulonemia aristulata* (Döll) MacClure

Dissertação apresentada ao Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de MESTRE em BIODIVERSIDADE VEGETAL E MEIO AMBIENTE, na Área de Concentração de Plantas Vasculares em Análises Ambientais.

ORIENTADOR: DR. EDUARDO PEREIRA CABRAL GOMES

Ficha Catalográfica elaborada pelo **NÚCLEO DE BIBLIOTECA E MEMÓRIA**

Vieira, Meire Oliveira

V657d Decomposição da serapilheira em dois trechos de Floresta Atlântica no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, um deles sob influência do bambu *Aulonemia aristulata* (Döll) MacClure / Meire Oliveira Vieira -- São Paulo, 2015.  
103 p. il.

Dissertação (Mestrado) -- Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2015.  
Bibliografia.

1. Mata Atlântica. 2. Poaceae. 3. Ciclagem. I. Título

CDU: 581.526.422.2

Dedico:

*A natureza em toda a sua extensão de  
vida e a Deus, detentor de toda sabedoria.*

## AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Botânica de São Paulo pela infraestrutura ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e à coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

Ao Professor e orientador Dr. Eduardo Pereira Cabral Gomes pela orientação, amizade e compreensão, pelo apoio, respeito e pelos conselhos e críticas que levaram a construção do conhecimento.

À Dr. Márcia Inês Martin Silveira Lopes pela colaboração e dedicação ao trabalho.

Ao Dr. Welington Braz Carvalho Delitti e às Dras. Leda Lorenzo e Marisa Domingos pela participação e contribuição no exame de qualificação.

Aos amigos Cássia Bazi, Giuliano Lorenzini, Patrícia Giampaoli, Jonathan Henrique, aos amigos do núcleo de ecologia e também a todos aqueles, externos ao Instituto, pela amizade e apoio durante o período.

Aos coordenadores do programa de pós-graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente e a todos os funcionários da secretaria.

A todos os professores do programa de pós-graduação, pelo acréscimo de conhecimentos.

Aos seguranças do Parque de Ciência e Tecnologia da USP e do Instituto de Botânica que me acompanharam durante os trabalhos de campo, nas florestas do PEFL.

A todas as técnicas de laboratório da seção de ecologia por todo apoio técnico prestado em laboratório e nas coletas realizadas durante o trabalho. E principalmente pelas risadas na floresta diante de tantas situações.

A todos os professores da unidade escolar onde trabalho, pelo apoio prestado nos momentos difíceis que seguíram durante a conclusão deste trabalho.

Pelo respeito e amizade de todos os que de alguma maneira colaboraram com a realização deste trabalho, mesmo que muitas vezes fossem expectadores de tudo, mas que no fundo do coração torciam pelo meu sucesso.

À minha família por toda a dedicação e apoio nos momentos difíceis, por toda a paciência e amor, por todos os momentos de diálogo que muito ajudaram na conclusão do trabalho e na continuidade dos projetos de vida.

Ao Fernando, meu namorado, pelo apoio, paciência, amor e dedicação em todos os momentos.

Obrigada a todos!

## SUMÁRIO

Resumo .....	8
Abstract .....	9
Índice de figuras .....	10
Índice de tabelas .....	11
Anexos .....	12
1. Introdução .....	13
2. A serapilheira e o processo de decomposição .....	15
3. Objetivos .....	20
4. Material e métodos .....	21
4.1. Área de estudo .....	21
4.2. O solo .....	24
4.3. Trabalho de campo .....	25
4.4. Estimativa da taxa de decomposição .....	27
4.5. Análise dos dados .....	28
5. Resultados .....	29
5.1. Serapilheira acumulada e decomposição .....	29
5.2. Biomassa de raiz .....	35
5.3. Concentração de nutrientes na serapilheira acumulada e raízes .....	37
5.4. Quantidade de nutrientes na serapilheira acumulada e raízes .....	49
6. Discussão .....	60
6.1. Serapilheira acumulada e decomposição .....	60
6.2. Presença de raízes na serapilheira .....	68
6.3. Concentração de nutrientes na serapilheira acumulada .....	70
6.4. Concentração e quantidade de nutrientes nas raízes .....	75
6.5. Transferência de nutrientes pela serapilheira acumulada .....	76
6.6. Solo .....	80
7. Conclusões .....	81
8. Referências .....	82
9. Anexos .....	97

## RESUMO

O processo de decomposição da serapilheira é um dos mais importantes a contribuir com a integridade funcional dos ecossistemas, pois mineraliza os nutrientes incorporados à matéria orgânica, tornando-os novamente disponíveis aos produtores. O presente trabalho teve como objetivo comparar a decomposição da serapilheira e o retorno de nutrientes em dois trechos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), sendo um deles com o sub-bosque dominado pelo bambu *Aulonemia aristulata* (Döll) MacClure, no Parque de Ciência e Tecnologia (CienTec) e o outro, sem o domínio desta espécie, na floresta do Instituto de Botânica (IBot). Para avaliar a razão de decomposição da serapilheira, foi utilizado o método do recobrimento do material, que compara a quantidade de serapilheira existente no tempo 0 (zero) e após um intervalo de tempo ( $\Delta t$ ), evitando-se a adição do material produzido pela copa das árvores por meio de telas de nylon de 2 mm de diâmetro e 1,5 m x 1,0 m de lado. Também foram calculados os coeficientes de decomposição  $K = -\ln(1 - K')$  e  $K' = (PI - PF)/PI$  que indicam a taxa instantânea de decomposição e a decomposição ao longo do tempo respectivamente. As amostragens foram realizadas no tempo zero (junho de 2011) e aos 3, 6, 9 e 12 meses (junho de 2012) de recobrimento do material. O material coletado foi separado nas frações: O1 (“Outras folhas e ramos”), bambu (“Material foliar e ramos de bambu”), O2 (“material mais decomposto” não identificável) e “raízes”. Do estoque inicial total (IBot  $9.451 \pm 324 \text{ kg ha}^{-1}$  e CienTec  $5.964 \pm 117 \text{ kg ha}^{-1}$ ) 46,3% foi decomposto no IBot e 48,4% foi decomposto no CienTec em um ano. A fração “outras folhas e ramos” (O1) apresentou 84% de decomposição no IBot e 83% no CienTec, restando após um ano  $1.452 \pm 301 \text{ kg ha}^{-1}$  no IBot e  $944 \pm 201 \text{ kg ha}^{-1}$  no CienTec. A taxa de decomposição do “material foliar e ramos de bambu” foi significativamente mais elevada na área sem domínio de bambu ( $p < 0,05$ ). A fração de “material mais decomposto” (O2), aumentou 1180% no IBot e 1121% no CienTec e a biomassa de raízes na camada de serapilheira foi menor na área com dominância de bambu (IBot  $885 \pm 337 \text{ kg ha}^{-1}$  e CienTec  $702 \pm 158 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ( $p < 0,05$ ). O coeficiente de decomposição  $k$  da fração total aos doze meses foi de 0,66 e 0,62 no CienTec e IBot respectivamente. Assim, com exceção para o “material foliar e ramos de bambu”, ambas as áreas indicaram semelhantes taxas de decomposição para a serapilheira “total” acumulada e para “outras folhas e ramos” e a maior transferência média de nutrientes ao solo ocorreu na área mais preservada (IBot  $169,15 \text{ kg ha}^{-1}$  e CienTec  $85,86 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

**Palavras-chave:** Ciclagem, Mata Atlântica, Poaceae

## ABSTRACT

The litter decomposition process is one of the most important to the functional integrity of ecosystems. This process mineralizes nutrients incorporated into organic matter and making them available again to producers. This study aimed to compare the decomposition of litter and nutrient return in two areas of the State Park of Fontes do Ipiranga (PEFI), one of them with the understory dominated by bamboo *Aulonemia aristulata* (Döll) MacClure in the Park of Science and Technology (CienTec) and the other without the domain of this species in the forest of the Instituto de Botânica (IBot). The decomposition of litter was studied by the recover method using nylon screens of 2 mm diameter and 1.5 mx 1.0 m per side. In this method there is not addition of mater after time 0 (zero), and material is sampled each 3 months during one year. The decomposition coefficients  $k = -\ln(1-K')$  and  $K' = (PI-PF)/PI$  were calculated indicating the instantaneous rate of decomposition and the decomposition over time respectively. Samples were taken at time zero (June 2011) and at 3, 6, 9 and 12 months (June 2012). The collected material was separated into fractions: O1 ("Other leaves and branches"), bamboo ("leaf material and bamboo branches"), O2 ("more decomposed materials" unidentifiable) and "roots". Of the total initial stock (IBot  $9451 \pm 1772 \text{ kg ha}^{-1}$  and CienTec  $5964 \pm 640 \text{ kg ha}^{-1}$ ) 46.3% was decomposed in IBot and 48.4% was decomposed in CienTec in a year. The fraction "other leaves and branches" (O1) showed 84% of decomposition in IBot and 83% in CienTec, leaving after one year  $1,452 \pm 301 \text{ kg ha}^{-1}$  in the IBot and  $944 \pm 201 \text{ kg ha}^{-1}$  in CienTec. The decomposition rate of the "leaf material and bamboo branches" was significantly higher in the area without bamboo domain ( $p < 0.05$ ). The fraction of "more decomposed materials" (O2) increased 1180% in the IBot and 1121% in CienTec and root biomass in the litter layer were lower in the area with bamboo dominance (IBot  $885 \pm 337 \text{ kg ha}^{-1}$  and CienTec  $702 \pm 158 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ( $p < 0.05$ ). The coefficient  $k$  of decomposition of the total fraction at twelve months was 0.66 and 0.62 in CienTec and IBot respectively. Except for the "leaf material and bamboo branches", both areas showed similar decay rates for the litter "total" accumulated and "other leaves and branches" and the largest transfer of nutrients to the soil occurred in the most preserved area (IBot  $169.15 \text{ kg ha}^{-1}$  and CienTec  $85.86 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

**Keywords:** Atlantic Forest, Cycling, Poaceae

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localização do Parque Estadual das fontes do Ipiranga (PEFI), na região metropolitana de São Paulo, SP.	23
<b>Figura 2.</b> Unidades Administrativas do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga. IBt (Instituto de botânica, CAISM (Centro de atenção integrada em saúde mental), CECL (Centro de esportes lazer e cultura), CienTec (Parque de Ciência e Tecnologia da Universidade de São Paulo), SAA (Secretaria de Agricultura e Abastecimento), ZOO (Fundação Parque Zoológico). Fonte: Shirasuna (2012).	24
<b>Figura 3.</b> Distribuição das telas de recobrimento para a amostragem da serapilheira acumulada no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Área IBot: sem bambu dominante; área CienTec: com bambu dominante. A ocorrência de <i>Aulonemia aristulata</i> dentro das áreas está representada em cinza.	25
<b>Figura 4.</b> Serapilheira acumulada, já triada nas frações: A (“outras folhas e ramos”), B (“raízes”), C (“folhas e ramos de bambu”) e D (“material mais decomposto”).	26
<b>Figura 5.</b> Perda de peso da serapilheira “total” e suas frações ( $\pm$ erro padrão), no tempo 0, 3, 6, 9 e 12 meses (Junho de 2011 a Junho de 2012). Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP.	32
<b>Figura 6.</b> k'e e k da serapilheira “total” e suas frações, no tempo 0, 3, 6, 9 e 12 meses (Junho de 2011 a Junho de 2012). Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP.	34
<b>Figura 7.</b> Biomassa de raiz na serapilheira acumulada $\pm$ erro padrão aos 0, 3, 6, 9 e 12 meses, Junho de 2011 a Junho de 2012	36
<b>Figura 8.</b> Precipitação e temperatura referentes aos 12 meses de experimento nas áreas do CienTec e IBot. Dados fornecidos pelo posto meteorológico do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG), da Universidade de São Paulo (USP).	36
<b>Figura 9.</b> Concentração de macro e micronutrientes na fração “outras folhas e ramos” $\pm$ erro padrão, de Junho/2011 a Junho/2012 no CienTec e IBot.	45
<b>Figura 10.</b> Concentração de macro e micronutrientes na fração “folhas e ramos de bambu” $\pm$ erro padrão, de Junho/2011 a Junho/2012 no CienTec e IBot.	46
<b>Figura 11.</b> Concentração de macro e micronutrientes na fração “material mais decomposto” $\pm$ erro padrão, de Junho/2011 a Junho/2012 no CienTec e IBot.	47
<b>Figura 12.</b> Concentração de macro e micronutrientes nas “raízes” $\pm$ erro padrão, de Junho/2011 a Junho/2012 no CienTec e IBot.	48
<b>Figura 13.</b> Quantidade de macro e micronutrientes na fração “outras folhas e ramos” $\pm$ erro padrão, de Junho/2011 a Junho/2012 no CienTec e IBot.	57
<b>Figura 14.</b> Quantidade de macro e micronutrientes na fração “folhas e ramos de bambu” $\pm$ erro padrão, de Junho/2011 a Junho/2012 no CienTec e IBot.	57

<b>Figura 15.</b> Quantidade de macro e micronutrientes na fração “material mais decomposto” $\pm$ erro padrão, de Junho/2011 a Junho/2012 no CienTec e IBot.	58
<b>Figura 16.</b> Quantidade de macro e micronutrientes nas “raízes” $\pm$ erro padrão, de Junho/2011 a Junho/2012 no CienTec e IBot.	59

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Estoque médio inicial e final das frações “Outras folhas e ramos”, “Outras folhas e ramos + bambu”, “material foliar e ramos de bambu”, “material mais decomposto” e material “total” acumulado $\pm$ erro padrão nos dois trechos estudados: IBot e CienTec. Meses (data da coleta): 0 - 14/06/2011; 3 - 16/09/2011; 6 - 19/12/2011; 9 - 16/03/2012; 12 -18/06/2012. Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP.	31
<b>Tabela 2.</b> Coeficientes de decomposição das frações: “Outras folhas e ramos”, “Outras folhas e ramos + bambu”, “folhas e ramos de bambu”, “material mais decomposto” e material “total acumulado” nos dois trechos estudados: CienTec e IBot. Meses (data da coleta): 0 - 14/06/2011; 3 - 16/09/2011; 6 - 19/12/2011; 9 - 16/03/2012; 12 -18/06/2012. Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP.	33
<b>Tabela 3.</b> Biomassa de raiz $\pm$ erro padrão em um ano de coleta, aos 0, 3, 6, 9 e 12 meses, nos dois trechos estudados: IBot e CienTec. Meses (data da coleta): 0 - 14/06/2011; 3 - 16/09/2011; 6 - 19/12/2011; 9 - 16/03/2012; 12 -18/06/2012. Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP.	35
<b>Tabela 4.</b> Concentração média de macronutrientes nas frações de serapilheira e raiz $\pm$ erro padrão, de Junho/2011 a Junho/2012 no CienTec e IBot.	41
<b>Tabela 5.</b> Concentração média de micronutrientes nas frações de serapilheira e raiz $\pm$ erro padrão, de Junho/2011 a Junho/2012 no CienTec e IBot.	43
<b>Tabela 6.</b> Quantidade média de macronutrientes nas frações de serapilheira e raiz $\pm$ erro padrão, de Junho/2011 a Junho/2012 no CienTec e IBot.	53
<b>Tabela 7.</b> Quantidade média de micronutrientes nas frações de serapilheira e raiz $\pm$ erro padrão, de Junho/2011 a Junho/2012 no CienTec e IBot.	55
<b>Tabela 8.</b> Estoque de serapilheira, k e quantidade de nutrientes na serapilheira acumulada neste e em outros estudos.	66
<b>Tabela 9.</b> Constante de decomposição k de serapilheira acumulada de bambu deste e de outros estudos.	67

## ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Porcentagem da concentração dos macronutrientes nas frações de serapilheira, aos 3, 6, 9 e 12 meses no CienTec e IBot.	97
<b>Anexo 2.</b> Porcentagem da concentração dos micronutrientes nas frações de serapilheira aos 3, 6, 9 e 12 meses no CienTec e IBot.	98
<b>Anexo 3.</b> Porcentagem da quantidade dos macronutrientes nas frações de serapilheira e raiz aos 3, 6, 9 e 12 meses no CienTec e IBot.	99
<b>Anexo 4.</b> Porcentagem da quantidade dos micronutrientes nas frações de serapilheira e raiz aos 3, 6, 9 e 12 meses no CienTec e IBot.	100

## 1. Introdução

O Brasil é o país com a maior diversidade em espécies de bambus das Américas, e nele estão presentes 89% dos gêneros e 65% das espécies do Novo Mundo (Filgueiras & Gonçalves 2004). Após sofrerem algum tipo de perturbação as florestas estão suscetíveis a algumas espécies vegetais oportunistas como os bambus que podem interferir na dinâmica e estrutura da vegetação, reduzindo a produção e decomposição da biomassa (Tabarelli & Mantovani 1999, Liu *et al.* 2000, Guilherme *et al.* 2004, Araújo 2008, Budke *et al.* 2010).

Na maioria dos trabalhos realizados para observar a decomposição de espécies de bambus no Brasil e em outras regiões do mundo, evidenciou-se que a maioria das espécies é resistente à decomposição e indicam constante de decomposição  $k$  menor que 1 (Christanty *et al.* 1996, 1997, Liu *et al.* 2000, Montti *et al.* 2011, Galvão *et al.* 2012, Watanabe *et al.* 2013). Já Nath & Ashesh (2011) obtiveram para três diferentes espécies de bambus (*Bambusa cacharensis*, *Bambusa vulgaris*, e *Bambusa balcoa*), constante de decomposição  $k$  maior que 1 para folhas e bainha destas espécies.

Atualmente, observa-se que extensas áreas de sub-bosque da floresta do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), encontram-se dominadas por seis principais espécies de bambus: *Aulonemia aristulata* (Doell) McClure, *Parodiolyra micrantha* (Kunth) Davidse & Zuloaga, *Chusquea bambusoides* Rupr. Ex. Döll, *Chusquea capituliflora* Trin., *Chusquea meyeriana* Ekman e *Merostachys skvortzovii* T.Sendulsky (Davison 2009, Shirasuna 2012).

*Aulonemia aristulata* ocorre do sul ao nordeste do Brasil extra-amazônico, forma aglomerados em clareiras nos sub-bosques florestais, propaga-se por meio de rizomas anfigodiais e possui crescimento reptante ou decumbente (Soderstrom & Ellis 1987, 1988, Judziewicz *et al.* 1999). Esta espécie pertence ao grupo dos bambus lignificados e apresenta dimorfismo foliar. Sua epiderme é formada por células longas e curtas, as células curtas são classificadas como células silicosas (Viana 2010), pois é comum nas gramíneas a deposição de sílica em células da epiderme da lâmina foliar (Ellis 1979). Possui colmo cilíndrico,

espesso, lúmen reduzido, lâmina foliar cartácea a membranácea (Shirasuna 2012) e de acordo com a IUCN (2001) e Fundação Biodiversitas (2005) não está ameaçada de extinção.

Não há informações claras sobre a floração, porém no município de São Paulo, Floyd A. McClure documentou *A. aristulata* em floração gregária no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga em 1943 (McClure 1973), após esse período Tatiana Sendulsky em diversas coletas realizadas entre 1974 e 1976 e Pedro Viana em 2006 também constataram o mesmo tipo de floração.

Em decorrência da degradação que vários biomas vêm sofrendo, inclusive pela supressão da floresta por espécies vegetais oportunistas como os bambus (Tabarelli & Mantovani 1999), gera-se a necessidade de se desenvolver programas de conservação e recuperação ambiental. Para tanto, devem ser bem conhecidas as interações solo-vegetação (Borém & Ramos 2002). Essas interações podem ser entendidas através do estudo da ciclagem de nutrientes via serapilheira que é o parâmetro mais estudado em ciclagem, pois permite a comparação quantitativa do funcionamento de ecossistemas (Delitti 1995), constituindo-se assim um importante instrumento para se diagnosticar impactos ambientais (Galvão *et al.* 2012).

Dessa forma no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, que constitui uma ilha florestal na zona Sul de São Paulo, evidenciou-se que o estoque de serapilheira no solo é maior nas áreas mais preservadas e menor nos trechos dominados por bambus (Santos 2014). Assim, no presente estudo procuramos responder a seguinte questão: a taxa de decomposição e retorno de nutrientes ao solo difere entre a área dominada por bambus no sub-bosque e a área mais preservada?

## 2. A serapilheira e o processo de decomposição

A serapilheira é todo material de origem vegetal como folhas, caules, ramos, frutos, flores e outras partes das plantas, e de origem animal como carcaças e fezes, em diferentes estados de decomposição, acumulado sobre o solo, servindo como fonte de energia e nutrientes para os organismos decompositores e para a vegetação (Brun *et al.* 2001).

No entanto, Lonsdale (1988) considera que a definição de serapilheira não está bem formulada, podendo incluir desde folhas até grandes pedaços de tronco.

A serapilheira atua na produtividade primária e pode controlar a temperatura do solo, prevenir a lixiviação do solo, evitar a erosão e garantir habitat para a mesofauna e microfauna (Spurr & Burnes 1980, Clevelário Júnior 1988, 1990, Morellato 1992).

O equilíbrio entre produção e decomposição da serapilheira no sistema pode ser observado na espessura da camada de serapilheira acumulada, pois o material produzido pela vegetação se deposita no solo e, através de fatores bióticos e abióticos, se decompõe liberando nutrientes para o mesmo (Olson 1963, Ewel 1976, Figueiredo Filho *et al.* 2003, Larcher 2006, Pandey *et al.* 2007).

Sendo assim, grande quantidade de nutrientes retorna ao solo por meio da deposição da serapilheira e sua posterior decomposição, em virtude disso para ecossistemas florestais tropicais este mecanismo é considerado um dos principais processos responsáveis pela ciclagem de nutrientes (Schumacher *et al.* 2003).

O processo de ciclagem de nutrientes é um processo de auto sustentação para as florestas, onde ocorre a absorção, assimilação e armazenamento dos nutrientes pela biomassa viva e posteriormente o retorno dos nutrientes ao solo como matéria orgânica pela queda da serapilheira e sua decomposição ou pela lixiviação dos nutrientes da biomassa vegetal pela água das chuvas para que sejam assimilados novamente pelas raízes das plantas (Mason 1980, Delitti 1995).

Dessa forma a mineralização dos nutrientes da matéria orgânica através da decomposição da serapilheira é essencial para a integridade funcional dos ecossistemas, tornando os nutrientes novamente disponíveis aos produtores (Caldeira 2003).

O processo de decomposição é realizado em três etapas que ocorrem simultaneamente: lixiviação ou a lavagem dos minerais solúveis e de pequenos compostos orgânicos pela água, intemperismo ou ruptura física da serapilheira e a ação biológica ou fragmentação gradual e oxidação dos compostos pela fauna do solo (Mason 1997).

Vários estudos ressaltam a importância da fauna do solo na decomposição da serapilheira em escala local e global e relatam a grande contribuição da microfauna e a contribuição menos acentuada da meso e macrofauna (Swift *et al.* 1979, Mason 1997, Lavelle *et al.* 1993).

Segundo Wieder (2009), o processo de decomposição da serapilheira é regulado pelas condições climáticas, microclimáticas, qualidade do substrato e pela atividade da fauna decompositora do solo que atua na mineralização dos nutrientes.

Entre os fatores que controlam a produção e a decomposição da serapilheira são ressaltados: tipo de vegetação, estágio sucessional da vegetação, características de decíduidade e herbivoria na floresta, relevo, temperatura, precipitação, disponibilidade de luz, fotoperíodo, evapotranspiração, disponibilidade hídrica e fertilidade do solo (Aerts 1997, Fernandes *et al.* 2006, Castanho 2008). No entanto as condições climáticas são os fatores que mais explicam as variações nas taxas de decomposição (Aerts 1997).

Por exemplo, as condições de baixa temperatura e estiagem diminuem a taxa metabólica dos organismos decompositores e conseqüentemente diminuem o decaimento de massa da serapilheira que demora a ser degradada pelos micro-organismos do solo (Lavelle *et al.* 1993).

A velocidade de decomposição da serapilheira também pode variar de acordo com as condições edafoclimáticas, as proporções dos teores de lignina, polifenóis, celulose, nutrientes

minerais, dentre outros componentes (Swift *et al.* 1979), pois altos teores de lignina, polifenóis e celulose estão associados à baixa taxa de decomposição, menor liberação de nutrientes e excesso de serapilheira acumulada na superfície do solo (Swift *et al.* 1979).

Desta maneira a quantidade e principalmente a qualidade da serapilheira depositada sobre o solo, influenciam diretamente o teor de nutrientes da matéria orgânica e a quantidade de nutrientes que podem retornar ao solo por meio da sua decomposição e mineralização (Ribeiro 2014).

A formação do húmus pela decomposição da serapilheira, por exemplo, pode contribuir para um estoque de carbono e nutrientes além de contribuir com a manutenção da estrutura do solo, aumentando a capacidade de retenção de água, capacidade de troca de cátions e íons, tornando-se então um processo chave na manutenção e fertilidade do solo (Lavelle *et al.* 1993).

Durante a decomposição a perda de C pela serapilheira é o resultado da quebra dos diferentes constituintes orgânicos da matéria, como por exemplo, as substâncias solúveis em água, os carboidratos, como a hemicelulose e a holocelulose e a lignina e os compostos hidrofóbicos, como os lipídeos e as ceras (Berg & McLaugherty 2008).

A concentração de nutrientes e a quantificação das frações de C, como por exemplo a lignina tem sido usados como importantes indicadores de qualidade da serapilheira devido sua influência na atividade microbiana e conseqüentemente da taxa de decomposição (Tanner 1981, Taylor *et al.* 1989, Vitousek *et al.* 1994, Aerts 1997), em contrapartida em alguns estudos não foi encontrada uma forte correlação entre a qualidade da serapilheira e taxa de decaimento da massa (Moore 1984, McLaugherty *et al.* 1985).

Contudo a razão C/N da serapilheira é um importante indicador da qualidade nutricional do substrato, pois materiais com relação muito alta (por volta de 100:1 por exemplo indicam matéria orgânica lignificada) são degradados lentamente pelos micro-

organismos. Assim a relação favorável para a decomposição está entre 10-30:1 (Larcher 2000).

Nos ecossistemas, o retorno da matéria orgânica ao solo e a ciclagem de nutrientes se dão principalmente pela deposição e decomposição da biomassa situada acima da linha do solo, no entanto as contribuições da biomassa radicular são de extrema importância na dinâmica da matéria orgânica e dos nutrientes nesses sistemas (Menezes *et al.* 2010).

A biomassa subterrânea de uma vegetação representa todos os órgãos vivos (raízes, rizomas, tubérculos e bulbos) localizados abaixo da linha do solo, que tem como funções fixar a vegetação, captar e transferir recursos como água e nutrientes para a biomassa acima do solo, além de estocar reservas (Aduan *et al.* 2003).

A distribuição e a densidade de raízes dependem do tipo de sistema radicular da espécie vegetal, que varia no decorrer do ano, com seu crescimento e propagação ocorrendo principalmente no período chuvoso, e sua morte e diminuição ao final do período de crescimento (Larcher 2000).

Os processos relacionados ao aporte e decomposição da serapilheira são valiosos instrumentos para os estudos de diagnóstico ambiental, permitindo a comparação entre diferentes ecossistemas por meio de estudos quantitativos que definam seu funcionamento (Cianciaruso *et al.* 2006).

Portanto, é de fundamental importância o conhecimento dos processos pelos quais passam os componentes da serapilheira até que voltem à superfície do solo como constituintes da biomassa (Chapin III *et al.* 1986, Grandi *et al.* 1992, Lopes *et al.* 2002).

Para o estudo da decomposição e para a determinação da constante de decomposição  $k$  (decomposição instantânea), algumas equações podem ser utilizadas, como por exemplo, a determinação de  $k$  pelo quociente entre produção e estoque de serapilheira (Olson 1963) ou a determinação de  $k$  e  $k'$  pela equação de perda de massa desenvolvida por Jenny *et al.* (1949) e Olson (1963).

Além das equações para determinar a perda de massa seca, metodologias de campo como, por exemplo, o confinamento da serapilheira em bolsas (Chapman 1976), interceptação do material na camada de serapilheira acumulada sobre o solo (Olson 1963), amarrão de folhas individuais (Witkamp & Olson 1963) e determinação da respiração do solo (Aerts e De Caluwe 1997) tem sido utilizadas.

### 3. Objetivos

Comparar a diferença na decomposição da serapilheira acumulada em dois trechos de Floresta Atlântica do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, um deles sob grande influência do bambu, *Aulonemia aristulata* (Döll) MacClure (Poaceae, Bambusoideae).

#### **Objetivo principal:**

A principal pergunta a ser respondida neste trabalho é:

A taxa de decomposição difere entre a área dominada por bambus no sub-bosque e a área mais preservada?

#### **Objetivo complementar:**

O estoque de serapilheira e o retorno de nutrientes ao solo são mais elevados nas áreas mais preservadas do que nos trechos perturbados com o sub-bosque sob domínio de bambus?

## 4. Material e Métodos

### 4.1. Área de Estudo

O Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), (Figuras 1 e 2), está situado entre as latitudes 23°38'08"S - 23°40'18"S e as longitudes 46°36'48"W - 46°38'00"W, na zona sudeste do município de São Paulo (Fernandes *et al.* 2002), no Planalto Paulistano sobre rochas do embasamento cristalino e rochas sedimentares (figura 1). O seu relevo é caracterizado por formas de topos convexos e altitudes que variam de 760 m a 837 m. Os tipos de solos predominantes são os Cambissolos Háplicos e os Latossolos Vermelho-Amarelos Câmbicos (São Paulo 2006).

A flora fanerogâmica do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga é composta por 129 famílias, 543 gêneros e 1.159 espécies (Barros *et al.* 2002).

Recentemente parte dos limites do PEFI foi revista com a desafetação de área ocupada pela Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo e a incorporação de pequena área de mata no limite norte. Em vista destas mudanças a área do Parque foi reduzida de 526 para cerca de 472 ha. A área exata está ainda a ser determinada por trabalhos de georeferenciamento. Ocupam o PEFI, além do Instituto de Botânica e da Fundação Jardim Zoológico de São Paulo, ambos da Secretaria Estadual do Meio Ambiente, o Parque Ciência e Tecnologia da Universidade de São Paulo e o Centro de Assistência Integral à Saúde Mental (CAISM) da Secretaria da Saúde, (figura 2).

O PEFI é considerado o terceiro maior Parque Estadual da Região Metropolitana de São Paulo e mesmo estando imerso em uma matriz antrópica, é o maior da metrópole com remanescente de Mata Atlântica isolado. A área de Mata Nativa do parque ocupa aproximadamente 330 ha (São Paulo 2006) e sua vegetação predominante é caracterizada como Floresta Ombrófila Densa em vários estádios de sucessão (Barros *et al.* 2002).

A área está sujeita as influências antrópicas do entorno, como efeito de borda, invasão biológica, poluição, incêndios e influência da ilha de calor urbana (Struffaldi-De-Vuono 1985,

Gomes 1998, São Paulo 2008). De acordo com medidas realizadas entre 1933 e 2012 pelo posto meteorológico localizado no próprio parque, o PEFI apresenta temperatura média anual do ar de 18,6°C. O mês mais frio é julho, com a média de 15,2°C, e o mais quente é fevereiro. A precipitação média foi de 1403,4 mm, concentrada entre dezembro e março. O mês mais seco é agosto com 37,4 mm de precipitação e o mês mais chuvoso é janeiro com 232,2 mm (Camargo 2012). Nos últimos 30 anos (1985-2014) a precipitação média foi de 1552,0 mm, (figura 8).

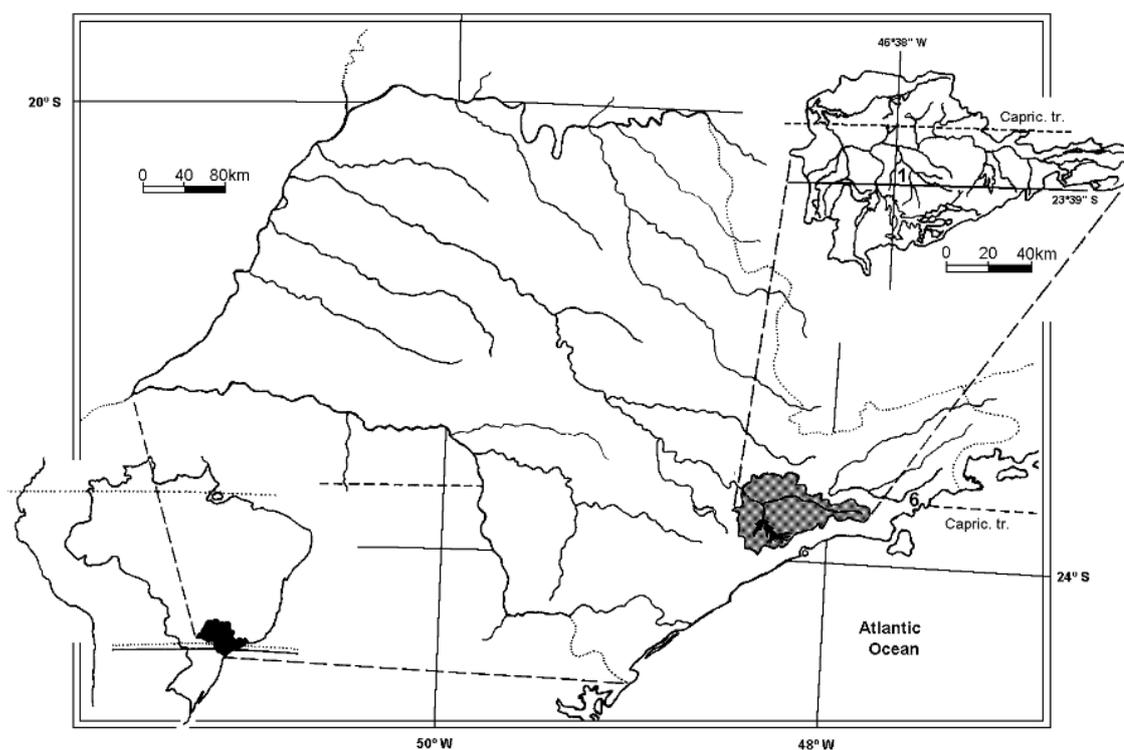
O clima é classificado como Cwa, denominado de clima subtropical úmido ou tropical de altitude (inverno seco e verão chuvoso), porém está localizado em uma região de transição onde está sujeito às mudanças ambientais temporais por isso o clima da área muitas vezes é classificado como Cfa, Cfb, Cwa ou Cwb, dependendo do período analisado (Santos & Funari 2002, São Paulo 2006).

Dois trechos no PEFI foram escolhidos para a realização deste estudo. Um na Zona Potencial Primitiva (São Paulo 2006), nos limites do Instituto de Botânica (IBot), mais preservado e sem dominância de bambu no sub-bosque, foi selecionado como área controle, sendo uma floresta heterogênea de porte alto em estágio sucessional secundário tardio com ausência de perturbações desde 1977 (Pivello & Peccinini 2002). O outro trecho estudado está localizado no CienTec (Parque de ciência e tecnologia da USP), possui dossel homogêneo e denso (Pivello & Peccinini 2002) e encontra-se em estágio secundário médio de sucessão (Shirasuna & Filgueiras 2013), (figura 3).

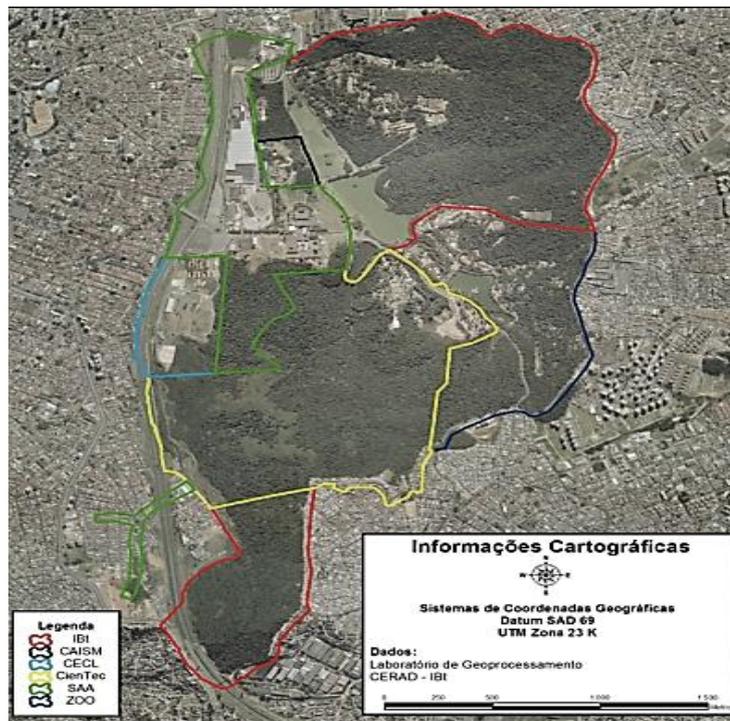
Na área de sub-bosque da floresta mais preservada,  $43,0 \pm 3,6\%$  do solo está coberto por serapilheira e em diversos locais da floresta, as marantáceas (*Calathea* sp.) formam um tapete sobre o solo, representando  $31,8 \pm 16,9\%$  da cobertura, enquanto que os bambus representam somente  $3,5 \pm 4\%$ , já na área do CienTec os bambus representam 60% da vegetação (Davison 2006, 2009).

A área em que se realizou este estudo foi escolhida com base nos trabalhos de Peccinini & Pivello (2002) e Pivello & Peccinini (2002), no qual as fisionomias florestais do PEFI foram identificadas a partir de análises de fotografias aéreas e imagens de satélite tomadas em quatro datas (1953/1955, 1962/1965, 1977 e 1994), e de verificações *in loco*.

Em diferentes áreas do PEFI, vários estudos descreveram a composição e a estrutura da vegetação (Struffaldi-De-Vuono 1985, Gomes 1992, Peccinini 2000, Gomes & Mantovani 2001, Moraes 2002, Pivello & Peccinini 2002, Villagra 2008, Tanus 2011, Tanus *et al.* 2012), outros as clareiras (Costa & Mantovani 1992, Nastri *et al.* 1992, Knobel 1995, Davinson 2009), as trilhas (Hirata 2006, Santos 2008, Eisenlohr *et al.* 2009, Hirata *et al.* 2010), a regeneração e dinâmica da floresta (Penhalber 1995, Penhalber & Mantovani 1997, Gomes 1998, Gomes *et al.* 2002, 2003) a composição de lianas (Villagra 2008) e as espécies de bambus (Shirasuna 2012).



**Figura 1.** Localização do Parque Estadual das fontes do Ipiranga (PEFI), na região metropolitana de São Paulo, SP.



**Figura 2.** Unidades Administrativas do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga. IBt (Instituto de botânica, CAISM (Centro de atenção integrada em saúde mental), CECL (Centro de esportes lazer e cultura), CienTec (Parque de Ciência e Tecnologia da Universidade de São Paulo), SAA (Secretaria de Agricultura e Abastecimento), ZOO (Fundação Parque Zoológico). Fonte: Shirasuna (2012).

#### 4. 2. Solo

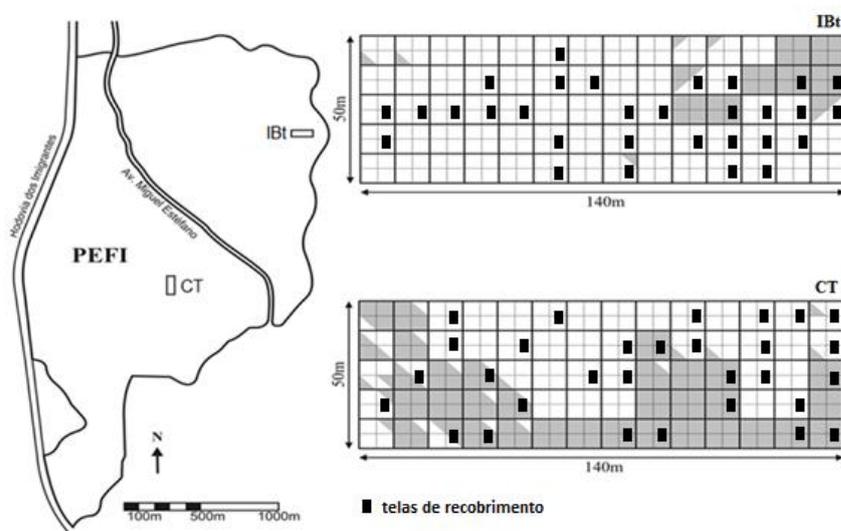
As duas áreas possuem solos ácidos ( $\text{pH} < 4,3$ ) e álicos demonstrando saturação em alumínio maior que 50% e distróficos, com soma de bases menor que 50%. Porém indicam diferença quanto aos teores de matéria orgânica ( $17\text{-}63 \text{ g dm}^{-3}$ ), nitrogênio ( $1,5\text{-}3,5 \text{ g dm}^{-3}$ ), enxofre ( $8\text{-}35 \text{ mg dm}^{-3}$ ), acidez potencial ( $15\text{-}33 \text{ cmol dm}^{-3}$ ) e zinco ( $1,5\text{-}3,6 \text{ mg dm}^{-3}$ ) para o CienTec e IBot respectivamente, indicando valores mais elevados para a área do IBot (Santos 2014).

Ambas as áreas apresentam solo com textura argilosa, no entanto os teores de silte são significativamente maiores no IBot, já os teores de areia são significativamente maiores no CienTec, também apresentam baixa relação C/N encontrada para as áreas ( $< 11$ ) demonstram alta e semelhante decomposição da matéria orgânica para as duas áreas (Santos 2014).

### 4.3. Trabalho de Campo

Para avaliar a razão de decomposição da serapilheira acumulada sobre o solo foi utilizado o método do recobrimento do material, que envolve a comparação entre as quantidades de serapilheira existentes no tempo 0 (zero) e após um intervalo de tempo ( $\Delta t$ ), evitando-se a adição do material produzido pela copa das árvores por meio de telas de náilon de 1 x 1,5 m e malha de 2 mm de diâmetro afixadas sobre a camada de serapilheira pelos quatro lados (Olson 1963, Chapman 1976).

Em junho de 2011, foram instaladas 60 telas de recobrimento na camada de serapilheira, 30 em cada área, nas proximidades dos coletores utilizados para o estudo da produção de serapilheira de Santos (2014). As amostragens foram repetidas aos 3, 6, 9 e 12 meses de recobrimento da camada de serapilheira, ou seja, de Junho de 2011 até Junho de 2012 (Figura 3).



**Figura 3.** Distribuição das telas de recobrimento para a amostragem da serapilheira acumulada no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Área IBot: sem bambu dominante; área CienTec: com bambu dominante. A ocorrência de *Aulonemia aristulata* dentro das áreas está representada em cinza.

No dia da instalação foi realizada a primeira coleta de material ( $t=0$ ), retirando-se duas amostras nas adjacências de cada tela. Para tanto, utilizou-se um molde vazado de madeira com 25 cm de lado na parte interna (Schumacher 1992, Cunha 1997, Gama-Rodrigues 1997) e todo material contido no seu interior foi separado em horizonte  $O_1$  (material orgânico identificável - pouco decomposto) e horizonte  $O_2$  (material mais decomposto).

No laboratório as amostras do horizonte  $O_1$  (identificável) foram separadas nas frações: "folhas e ramos de bambu", "outras folhas e ramos" (folhas e ramos das demais espécies), "raízes" e "material mais decomposto" (as do horizonte  $O_2$  retiradas as raízes) (Figura 4).



**Figura 4.** Serapilheira acumulada, já triada nas frações: A ("outras folhas e ramos"), B ("raízes"), C ("folhas e ramos de bambu") e D ("material mais decomposto").

Logo após a triagem, cada fração foi acondicionada separadamente em sacos de papel etiquetados e levadas à estufa com circulação de ar à  $60^{\circ}\text{C}$ , até atingir peso constante. Posteriormente cada amostra foi pesada separadamente em balança analítica para a obtenção da massa seca da quantidade de material acumulado.

Após terem atingido peso constante as amostras foram misturadas entre as frações e períodos de tempo correspondentes e parcelas específicas obtendo-se amostras compostas.

Depois de misturadas foram trituradas em moinho de facas e colocadas em tubos de plástico para posterior análise química dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e dos micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) no laboratório de nutrição de plantas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

#### **4.4. Estimativa da taxa de decomposição**

Os coeficientes de decomposição  $K$  e  $K'$  utilizados neste trabalho foram desenvolvidos por Jenny *et al.* (1949) e Olson (1963), onde  $K'$  refere-se à quantidade de material decomposto em um dado período de tempo, enquanto  $K$  refere-se a taxa instantânea de decomposição do material em ecossistemas em equilíbrio dinâmico, onde se supõe que toda a serapilheira que cai no solo da floresta se decomponha em um ano, estando ligado ao modelo exponencial:

$$K = -\ln(1 - K')$$

$$K' = (PI - PF) / PI$$

Onde:

PI = quantidade de material inicial

PF = quantidade de material final

Regressões de perdas de peso de serapilheira foram calculadas com dados originais usando a função de decaimento  $\log W = \log a - bt$ , onde  $w$  é o peso da serapilheira restante no tempo  $t$ ,  $a$  é a intercepção e  $b$  a inclinação da linha de regressão.

A partir dos valores de  $k$  encontrados para cada área também foi calculada a taxa de renovação da serapilheira nas duas áreas, de acordo com a equação de Shanks e Olson, (1961):  $1/k$ .

#### 4.5. Análise dos dados

A normalidade da distribuição dos dados de massa remanescente das frações e da concentração de nutriente foi verificada pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Para comparar a curva de decomposição foi testado se a inclinação e a interceptação das retas de regressão (tempo vs. log da massa) diferiram entre as áreas para cada fração e para o total usando a função de decaimento  $W = \ln a - bt$  onde  $W$  é a massa.

Os valores de massa de cada amostra foram transformados por logaritmo para permitir a distribuição normal dos dados e o ajuste de um modelo de regressão linear. Esta forma de comparação permite que todo o processo seja comparado simultaneamente e não apenas o resultado final ( $t = 12$  meses) para o qual processos muito diferentes podem convergir e diferenças significativas nas taxas de decomposição e estoque inicial deixarem de ser detectadas.

Para determinar se as concentrações de nutrientes diferiram entre as áreas em cada coleta foi realizado o teste T para os dados normalmente distribuídos e o equivalente não paramétrico de Mann-Whitney para aqueles que mesmo transformados não apresentaram os dados normalmente distribuídos.

As variações ao longo do ano na concentração de nutrientes em cada local foram avaliadas por Análise de Variância de medidas repetidas uma vez que os dados eram temporalmente dependentes. Diferenças significantes foram identificadas usando-se o teste a posteriori de Tukey-Kramer.

As análises de perda de massa da serapilheira acumulada foram realizadas nos softwares SigmaPlot 11.0 e Past 2.17, as análises para liberação de nutrientes e as correlações climáticas foram realizadas no Sigma plot 11.0 e todos os gráficos foram confeccionados na planilha eletrônica MS Excel.

## 5. Resultados

### 5. 1. Serapilheira acumulada e decomposição

A fração "outras folhas e ramos" indicou maior estoque de serapilheira na área do IBot ( $p < 0,001$ ), e evidenciou decomposição semelhante entre as duas áreas, pois feito o teste estatístico as inclinações das retas de regressão não indicaram diferenças significativas ( $p = 0,95$ ), (tabelas 1 e 2, figura 5).

A fração "folhas e ramos de bambu" exibiu maior estoque de serapilheira da espécie *A. aristulata* na área do CienTec ( $p < 0,05$ ), e indicou para a área do IBot, uma maior taxa de decomposição das variadas espécies de bambu presentes na área. Essas diferenças foram constatadas pelas inclinações da reta de regressão que foram significativamente diferentes entre as áreas ( $p = 0,0002$ ) (tabelas 1 e 2, figura 5).

O "material mais decomposto" exibiu estoque crescente durante o ano na área do IBot ( $p < 0,05$ ) e indicou as inclinações da reta de regressão positivas para as duas áreas, sendo que a do IBot foi significativamente maior que a do Cientec, evidenciando maior quantidade de serapilheira acumulada na área do IBot (tabela 1, figura 5).

O "Total" de serapilheira acumulada indicou maior estoque de serapilheira na área do IBot ( $p < 0,001$ ) e revelou inclinações que não diferiram entre si ( $p = 0,18$ ), ou seja, a decomposição ocorre a mesma taxa nas duas áreas.

No CienTec a fração "folhas e ramos de bambu" de *A. aristulata* representou uma média anual de  $131 \text{ kg ha}^{-1}$  de serapilheira acumulada sendo que do primeiro ao sexto mês de experimento, apresentou estoques (primeiro mês =  $151 \pm 74 \text{ kg ha}^{-1}$ , terceiro mês =  $239 \pm 39 \text{ kg ha}^{-1}$ , sexto mês =  $167 \pm 47 \text{ kg ha}^{-1}$ ) que indicaram incremento de material à fração no terceiro e sexto mês com relação ao menor estoque inicial neste período.

A fração "material mais decomposto", ao contrário das outras, apresentou estoques crescentes durante o ano, com exceção para a terceira coleta no CienTec (Março/2011) e para a segunda e terceira coleta no IBot (Setembro/2011 e Março/2012) (tabela 1).

Os estoques crescentes da fração “material mais decomposto” (material que passou a não ser identificável após a fragmentação) “representaram decomposição contínua das outras frações”, pois fazem parte dela todas as frações de serapilheira que se decomuseram e passaram a não ser identificáveis ao longo do ano, aumentando então o material em decomposição e diminuindo a quantidade de material identificável das outras frações.

No CienTec o “material mais decomposto” apresentou estoque médio inicial de  $186 \pm 177 \text{ kg ha}^{-1}$  e estoque final de  $2080 \pm 384 \text{ kg ha}^{-1}$ ; as porcentagens de incremento evidenciaram a decomposição da serapilheira ao longo dos meses, com um aumento de material de 42,8% aos 3 meses, 901,2% aos 6 meses, 549,3% aos 9 meses e 1021% aos 12 meses.

O mesmo ocorreu no IBot com a fração “material mais decomposto” que indicou estoque inicial de  $280 \pm 70 \text{ kg ha}^{-1}$  e revelou estoque final de  $3586 \pm 295 \text{ kg ha}^{-1}$ .

A fração "Outras folhas e ramos + bambu" revelou inclinações não significativamente diferentes, indicando decomposição semelhante entre as áreas.

Ambas as áreas indicaram para o material “total” acumulado, maiores taxas de decomposição a partir do sexto mês de experimento (3ª coleta/dezembro) e a porcentagem de incremento de material e k negativo após 3 meses (Setembro/2011) para o material “total” acumulado na área do CienTec evidenciaram aumento de material à fração neste período (tabelas 1 e 2) (figura 6).

Assim as maiores porcentagens de decomposição e também as maiores constantes de decomposição k para o material “total” acumulado e suas frações, ocorreram a partir do sexto mês de experimento, evidenciando as maiores taxas de decomposição a partir deste período para ambas as áreas, exceto para a fração “folhas e ramos de bambu” na área do CienTec, única fração para a qual foi evidenciada diferença significativa tanto para a decomposição quanto para o estoque entre as duas áreas (tabela 2) (figura 6).

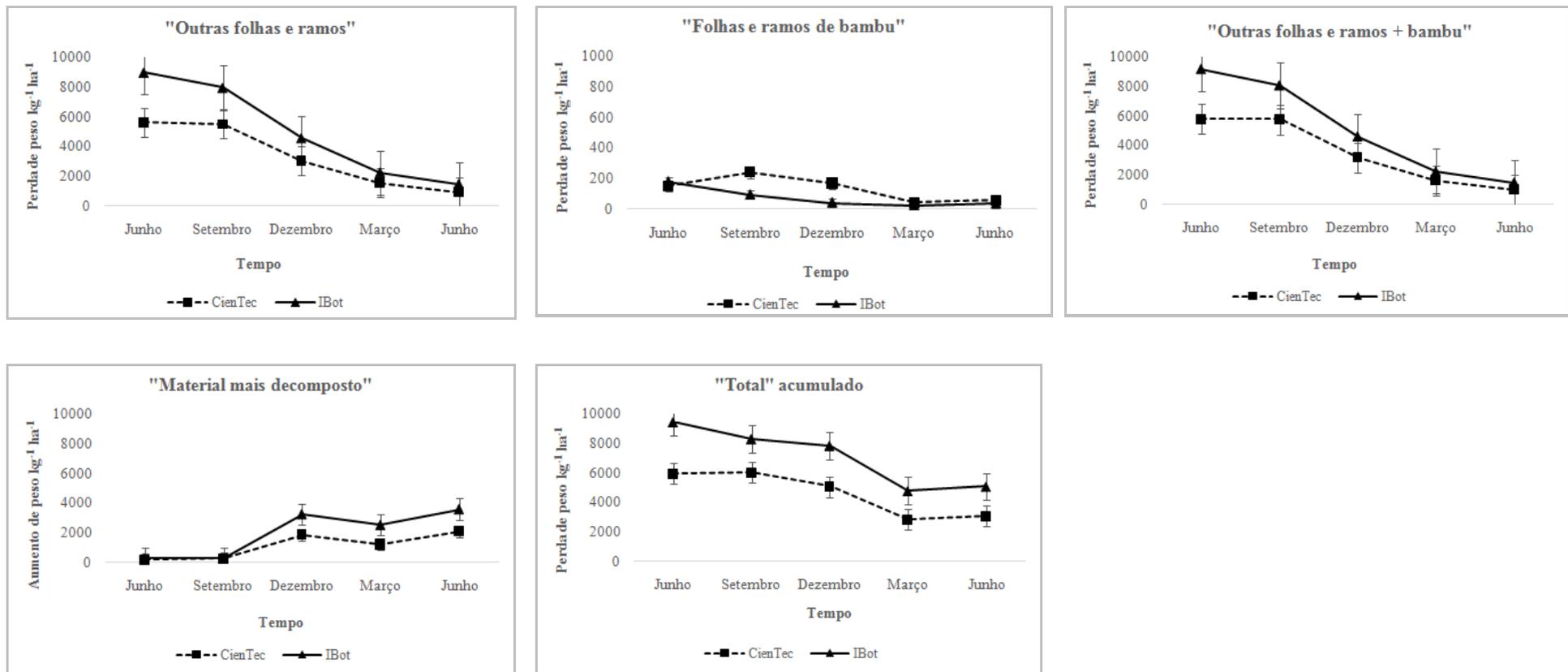
O tempo de renovação da serapilheira “total” acumulada foi de 1,51 anos no CienTec

e 1,61 no IBot. Ambas não indicaram diferença significativa quanto ao tempo de renovação da serapilheira ( $p > 0,05$ ).

**Tabela 1.** Estoque médio inicial e final das frações “Outras folhas e ramos”, “Outras folhas e ramos + bambu”, “material foliar e ramos de bambu”, “material mais decomposto” e material “total” acumulado  $\pm$  erro padrão nos dois trechos estudados: IBot e CienTec. Meses (data da coleta): 0 - 14/06/2011; 3 - 16/09/2011; 6 - 19/12/2011; 9 - 16/03/2012; 12 - 18/06/2012. Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP.

<b>Tempo de Decomposição (meses)</b>	<b>Peso seco (<math>\text{kg ha}^{-1} \pm \text{Erro padrão}</math>)</b>	
	“Outras folhas e ramos”	
	<b>CienTec</b>	<b>IBot</b>
<b>0</b>	5628 $\pm$ 148 ***	8992 $\pm$ 292
<b>3</b>	5509 $\pm$ 116	7962 $\pm$ 243
<b>6</b>	3026 $\pm$ 80	4555 $\pm$ 94
<b>9</b>	1585 $\pm$ 49	2224 $\pm$ 98
<b>12</b>	944 $\pm$ 37 *	1452 $\pm$ 55
	“Outras folhas e ramos + bambu”	
<b>0</b>	5779 $\pm$ 148 **	9171 $\pm$ 311
<b>3</b>	5748 $\pm$ 109	8055 $\pm$ 239
<b>6</b>	3193 $\pm$ 71	4596 $\pm$ 101
<b>9</b>	1627 $\pm$ 48	2246 $\pm$ 98
<b>12</b>	999 $\pm$ 37 *	1487 $\pm$ 52
	“Folhas e ramos de bambu”	
<b>0</b>	151 $\pm$ 14	178 $\pm$ 20
<b>3</b>	239 $\pm$ 7	93 $\pm$ 5
<b>6</b>	167 $\pm$ 9	41 $\pm$ 11
<b>9</b>	42 $\pm$ 1	22 $\pm$ 7
<b>12</b>	55 $\pm$ 1*	34 $\pm$ 11
	“Material mais decomposto”	
<b>0</b>	186 $\pm$ 32 *	280 $\pm$ 13
<b>3</b>	265 $\pm$ 41	252 $\pm$ 26
<b>6</b>	1857 $\pm$ 64	3247 $\pm$ 90
<b>9</b>	1205 $\pm$ 63	2528 $\pm$ 83
<b>12</b>	2080 $\pm$ 70 **	3586 $\pm$ 54
	Material “total” acumulado	
<b>0</b>	5964 $\pm$ 117 **	9451 $\pm$ 324
<b>3</b>	6013 $\pm$ 126	8307 $\pm$ 259
<b>6</b>	5051 $\pm$ 35	7844 $\pm$ 185
<b>9</b>	2832 $\pm$ 110	4773 $\pm$ 175
<b>12</b>	3079 $\pm$ 105 **	5073 $\pm$ 102

\*, \*\* e \*\*\* na linha indicam nível de significância a  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  e  $p < 0,001$ , respectivamente, para a comparação entre locais dentro do mesmo período.

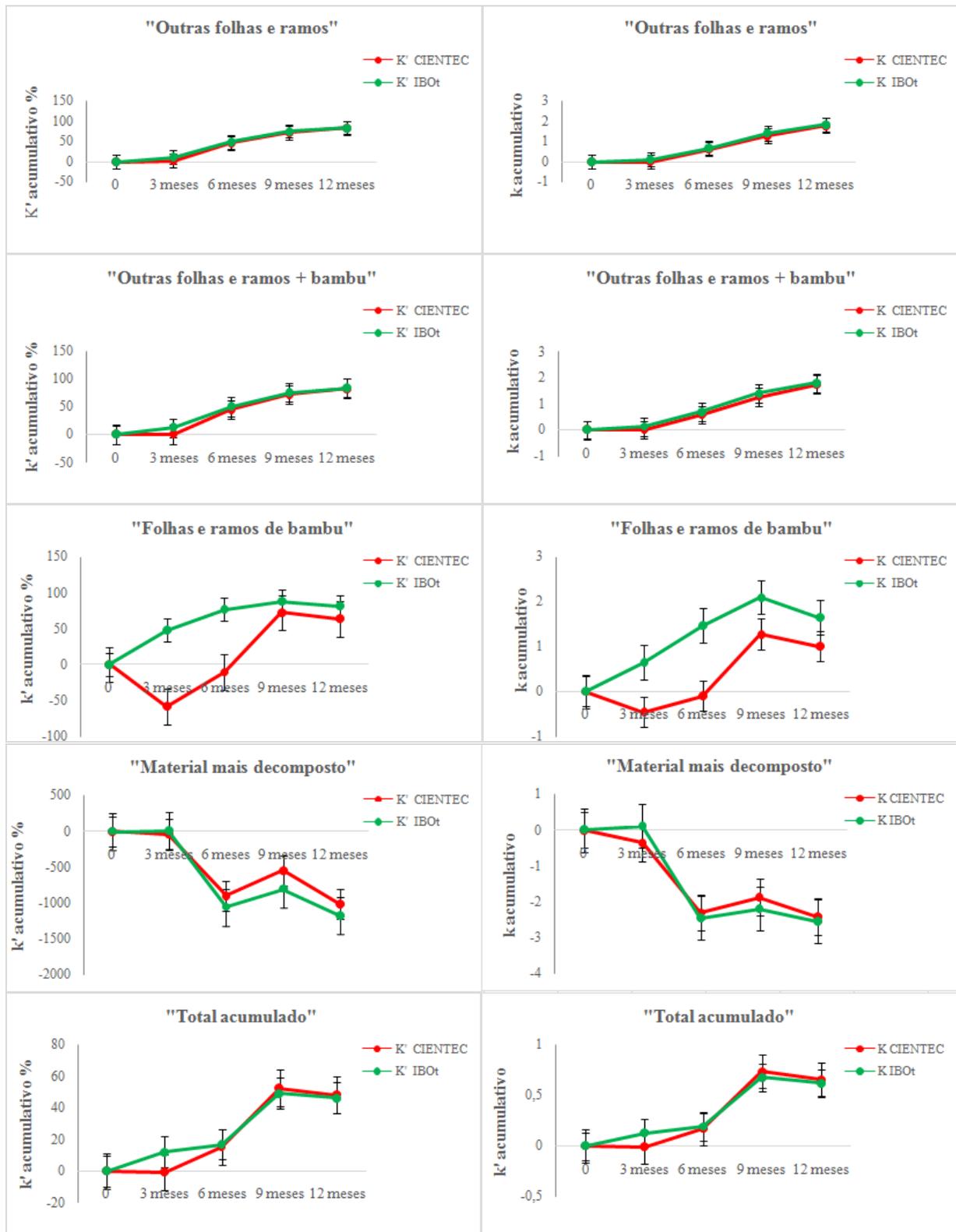


**Figura 5.** Perda de peso da serapilheira “total” e suas frações ( $\pm$  erro padrão), no tempo 0, 3, 6, 9 e 12 meses (Junho de 2011 a Junho de 2012). Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP.

**Tabela 2.** Coeficientes de decomposição das frações: “Outras folhas e ramos”, “Outras folhas e ramos + bambu”, “folhas e ramos de bambu”, “material mais decomposto” e material “total acumulado” nos dois trechos estudados: CienTec e IBot. Meses (data da coleta): 0 - 14/06/2011; 3 - 16/09/2011; 6 - 19/12/2011; 9 - 16/03/2012; 12 -18/06/2012. Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP.

<b>Tempo (Meses)</b>	<b>K' acumulativo</b>		<b>K acumulativo</b>	
	<b>CienTec</b>	<b>IBot</b>	<b>CienTec</b>	<b>IBot</b>
“Outras folhas e ramos”				
<b>3</b>	2,1	11,5	0,02	0,12
<b>6</b>	46,2	49,3	0,62	0,68
<b>9</b>	71,8	75,3	1,27	1,40
<b>12</b>	83	84	1,79	1,82
“Outras folhas e ramos+bambu”				
<b>3</b>	0,5	12,2	0,01	0,13
<b>6</b>	44,7	49,9	0,59	0,69
<b>9</b>	71,8	75,5	1,27	1,41
<b>12</b>	82,7	83,8	1,75	1,82
“Folhas e ramos de bambu”				
<b>3</b>	-58,4**	47,7	-0,46	0,65
<b>6</b>	-10,7	77,0	-0,10	1,47
<b>9</b>	72,3*	87,8	1,28	2,10
<b>12</b>	63,5*	80,8	1,01	1,65
“Material mais decomposto”				
<b>3</b>	-42,8	10,2	-0,36	0,11
<b>6</b>	-901,2	-1059,2	-2,30	-2,45
<b>9</b>	-549,3*	-802,3	-1,87	-2,20
<b>12</b>	-1021,1	-1180,1	-2,42	-2,55
“total acumulado”				
<b>3</b>	-0,8	12,1	-0,01	0,13
<b>6</b>	15,3	17,0	0,17	0,19
<b>9</b>	52,5	49,5	0,74	0,68
<b>12</b>	48,4	46,3	0,66	0,62

\* e \*\* na linha indicam nível de significância a  $p < 0,05$  e  $p < 0,01$ , respectivamente, para a comparação entre locais dentro do mesmo período.



**Figura 6.**  $k'$  e  $k \pm$  erro padrão da serapilheira “total” e suas frações, no tempo 0, 3, 6, 9 e 12 meses (Junho de 2011 a Junho de 2012). Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP.

## 5. 2. Biomassa de raiz

A média de peso anual de raízes presentes na serapilheira acumulada para a área com dominância de bambu no sub-bosque foi de  $702 \pm 75 \text{ kg ha}^{-1}$  e de  $885 \pm 73 \text{ kg ha}^{-1}$  para a área mais preservada e sem domínio de bambu. Variando 20,68% do menor para o maior valor ao longo do ano respectivamente para o Cientec e para o IBot.

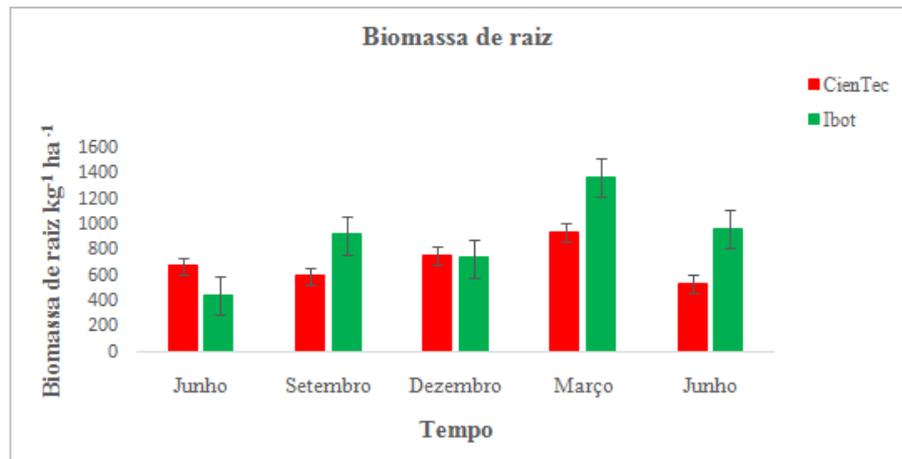
A presença de raízes na serapilheira acumulada apresentou diferença significativa entre as áreas somente no último mês de exposição (junho/2012), quando a área do IBot indicou maior presença de raízes que a área do CienTec (CienTec  $539 \pm 62$ , IBot  $964 \pm 74$ ), (teste de Mann-Whitney  $p=0,047$ ).

No entanto ocorreram diferenças significativas entre todos os meses de amostragem entre as coletas dentro da área do IBot, enquanto na área do Cientec entre os meses de amostragens não ocorreram diferenças significativas entre as coletas em nenhum dos meses (Figura 7, tabela 3).

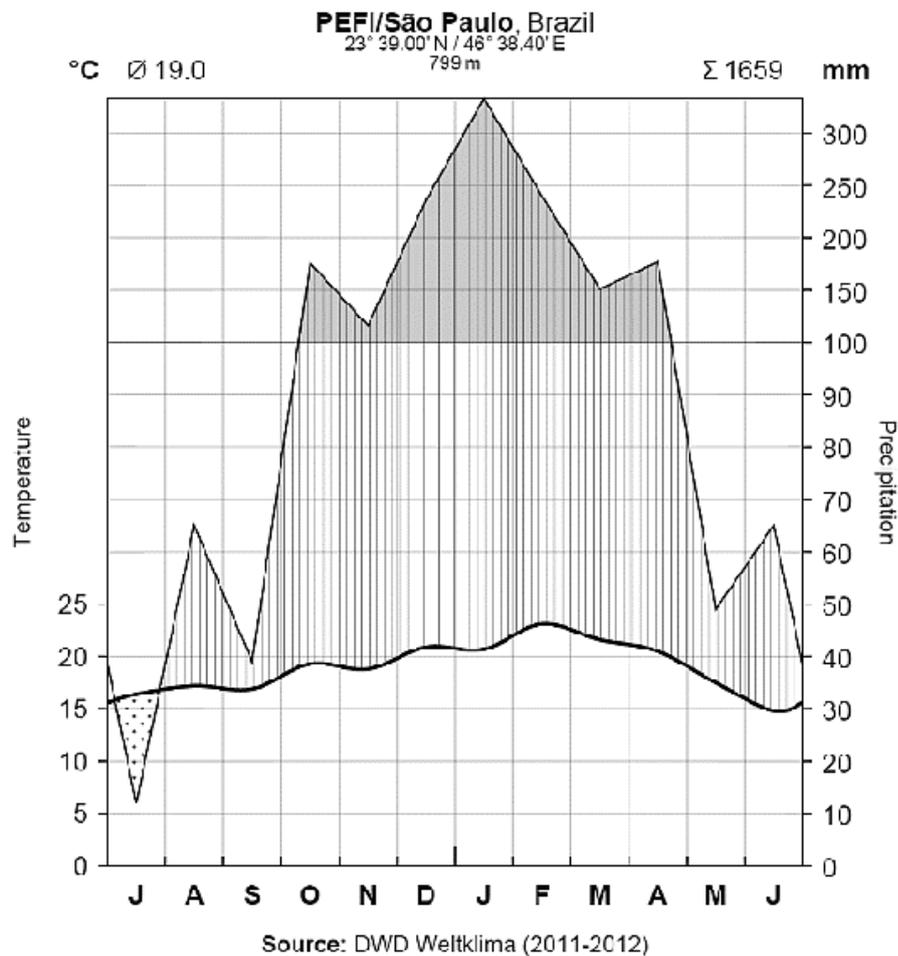
**Tabela 3.** Biomassa de raiz $\pm$ erro padrão em um ano de coleta, aos 0, 3, 6, 9 e 12 meses, nos dois trechos estudados: IBot e CienTec. Meses (data da coleta): 0 - 14/06/2011; 3 - 16/09/2011; 6 - 19/12/2011; 9 - 16/03/2012; 12 -18/06/2012. Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP.

<b>Biomassa de raízes na serapilheira acumulada sobre o solo</b>		
<b>Tempo (meses)</b>	<b>Peso Seco (<math>\text{kg ha}^{-1}\pm\text{DP}</math>)</b>	
	<b>CienTec</b>	<b>IBot</b>
<b>0</b>	674 $\pm$ 95	444 $\pm$ 39 a
<b>3</b>	596 $\pm$ 30	918 $\pm$ 74 b
<b>6</b>	760 $\pm$ 95	735 $\pm$ 51 c
<b>9</b>	943 $\pm$ 93	1366 $\pm$ 127 d
<b>12</b>	539 $\pm$ 62*	964 $\pm$ 74 e
<b>Média</b>	702 $\pm$ 75	885 $\pm$ 73

\* na linha indica nível de significância a  $p<0,05$  para a comparação entre locais dentro do mesmo período. Letras diferentes na linha indicam diferença significativa entre locais dentro do mesmo período.



**Figura 7.** Biomassa de raiz na serapilheira acumulada  $\pm$  erro padrão aos 0, 3, 6, 9 e 12 meses, Junho de 2011 a Junho de 2012



**Figura 8.** Precipitação e temperatura referentes aos 12 meses de experimento nas áreas do CienTec e IBot. Dados fornecidos pelo posto meteorológico do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG), da Universidade de São Paulo (USP).

### 5.3. Concentração de nutrientes na serapilheira acumulada e raízes

A fração “Outras folhas e ramos” nas duas áreas revelou para a maioria dos nutrientes (IBot = S, Mg, N, K, B, Cu, Fe e Mn; CienTec = N, P, K, Mg, B, Cu, Fe, Mn e Zn) altas concentrações durante os primeiros 6 meses (jun/2011 a dez/2011), período seco e com temperatura mais baixa e início do período de maior precipitação e com maiores temperaturas e decresceram após este período principalmente entre os meses de dez/2011 a mar/2012 e menos acentuadamente de março a junho/2012 (tabelas 4 e 5) (figura 9).

Para a fração “Outras folhas e ramos” foram indicados os maiores decréscimos de nutrientes no período chuvoso e um decréscimo menor no período seco de mar/2012 a jun/2012 quando se completou 12 meses de estudo, enquanto os outros nutrientes (IBot = P, Ca e Zn; CienTec = Ca e S), mantiveram suas concentrações oscilando entre altas e baixas durante todo o período (tabelas 4 e 5). As diferenças significativas entre as duas áreas para o material “Outras folhas e ramos” indicaram as maiores concentrações na área do IBot para o Ca, S, Cu, tais nutrientes indicaram diferença significativa no período inicial e no período final e para o Zn somente no período final. Para os outros nutrientes foi evidenciada concentração semelhante entre ambas as áreas (tabelas 4 e 5).

Na fração “folhas e ramos de bambu”, assim como ocorreu com as outras frações, não houve maior concentração de nutrientes na área do CienTec com relação a área do IBot para nenhum nutriente, mas somente algumas concentrações com aumentos para alguns nutrientes em poucos meses. No entanto a maioria dos nutrientes (N, P, K, Mg, B, Fe e Mn) apresentou concentrações que não diferiram entre as duas áreas e poucos nutrientes (Ca, S e Cu) variaram entre as duas áreas somente no período inicial do estudo (tabelas 4 e 5) (figura 10).

Para a fração “folhas e ramos de bambu” evidenciou-se que alguns dos micronutrientes mantiveram altas concentrações até o final do período de estudo, enquanto a maioria dos macronutrientes decresceram principalmente dos 6 aos 12 meses nas duas áreas (IBot = Ca, P, K, Mg e B; CienTec = N, Ca, P, Mg e B) (tabelas 4 e 5).

Na fração de “material mais decomposto” variaram significativamente entre as áreas o N, P, Ca, S, Cu, Fe e Zn com variações que ocorreram somente no período inicial e no período final do estudo e indicaram as maiores concentrações na área do IBot (tabelas 4 e 5) (figura 11).

As concentrações nutricionais para o “material mais decomposto” representaram após um ano uma redução de 12,58% de N, 11,93% de P, 30,62% de K, 26,20% de Ca, 52% de Mg e 1,77% de S no CienTec, já no IBot houve redução de 4,11% de N, 18,73% de K, 5,81% de Ca, 2,82% de S, e um incremento de 8,13% de P e 8,33% de Mg (anexo 1).

Após um ano os micronutrientes indicaram uma redução de (CienTec 42,85% de B, 20,43% de Cu, 0,51% de Zn e um incremento de 12,52% de Fe e 89,94% de Mn), e (IBot 39,67% de B, 23,10% de Cu e um incremento de 3,07% de Fe, 148,26% de Mn e 4,64% de Zn) (anexo 2).

Na fração “Raízes” nenhum nutriente indicou diferença estatística entre as duas áreas (figura 12) (tabelas 4 e 5).

As concentrações totais a cada 3 meses dos nutrientes minerais, N, Ca, S, Cu e Zn foram maiores na área do IBot (Test t,  $p < 0,05$ ), já o P, K, Mg, B, K e Fe apresentaram concentrações semelhantes nas duas áreas (tabelas 4 e 5).

Durante o período de estudo, para a concentração total de nutrientes a cada 3 meses, o N foi um nutriente que apresentou diferença significativa entre as duas áreas, no período inicial e final do estudo, o Ca e o Cu indicaram diferença entre as áreas somente no período inicial, enquanto o Zn apresentou diferença entre as áreas em todos os meses e o S exibiu diferenças significativas do primeiro ao penúltimo de mês de estudo (tabelas 4 e 5).

Os picos de concentrações de nutrientes foram variáveis entre os períodos para cada fração dentro de cada área. Para a concentração total dos nutrientes ao longo do ano se pode verificar que a minoria dos nutrientes (N, P, Mg, S e B), apresentou valores mais altos de concentração durante primeiros meses (junho/2011 a dezembro/2011) e decresceram após este

período e a minoria (K, Ca, Fe, Mn, Cu e Zn) tiveram concentrações variáveis, e às vezes indicaram concentrações finais maiores que as concentrações iniciais (tabelas 4 e 5).

O N variou significativamente entre as áreas somente para a fração “material mais decomposto” e “total” e apresentou picos de concentrações até o nono mês decrescendo a partir deste período.

Ao todo o Ca, S e Cu variaram significativamente para a fração “Outras folhas e ramos”, para a fração de “folhas e ramos de bambu” e para o “material mais decomposto” e “total”, enquanto o Fe e o P diferiram significativamente entre as áreas somente para a fração de “material mais decomposto”.

Contudo alguns nutrientes como o K, Mg, Mn e o B, não variaram significativamente entre as áreas para nenhuma fração de serapilheira.

Durante o estudo a fração de “folhas e ramos de bambu” foi a que menos apresentou diferenças nutricionais, indicando diferenças somente para o Ca, S e o Cu entre as áreas com domínio e sem domínio de bambu e a fração “raiz” foi a única sem nenhuma diferença para as concentrações dos nutrientes entre as duas áreas.

As frações de “folhas e ramos de bambu” e “material mais decomposto” foram as que mais apresentaram imobilização dos micronutrientes indicados por incrementos no período final do estudo (“folhas e ramos de bambu” CienTec = Fe, Mg e Zn e IBot = Cu, Fe, Mn e Zn), já para os macronutrientes houve pouca imobilização (“folhas e ramos de bambu” CienTec = P, K e Mg e IBot = P), (“material mais decomposto” CienTec = Fe e Mn e IBot = P, Mg, Fe, Mn e Zn).

Na área do CienTec encontrou-se concentração superior à área do IBot somente para o P na fração de material mais decomposto (tabela 4), indicando maior eficiência e rapidez na utilização dos nutrientes no CienTec.

Analisando-se as concentrações de nutrientes, obteve-se a seguinte sequência decrescente de macro e micronutrientes para cada fração nas duas áreas:

## CienTec

“Outras folhas e ramos”: N>Ca>K>S>Mg>P

Fe>Mn>Zn>Cu>B

“Material mais decomposto”: N>Ca>S>K>P>Mg

Fe>Mn>Zn>Cu>B

“Folhas e ramos de bambu”: N>Ca>K>S>Mg>P

Mn>Fe>Zn>B>Cu

“Raiz”: N>Ca>K>Mg>S>P

Fe>Mn>Zn>Cu>B

“Total”: N<Ca<K<S<Mg<P

Fe<Mn<Zn<Cu<B

## IBot

“Outras folhas e ramos: N>Ca>S>K>Mg>P

Fe>Mn>Zn>Cu>B

“Material mais decomposto”: N>Ca>S>K>P>Mg

Fe>Mn>Zn>Cu>B

“Folhas e ramos de bambu”: N>Ca>S>K>Mg>P

Fe>Mn>Zn>Cu>B

“Raiz”: N>Ca>K>S>Mg>P

Fe>Mn>Zn>Cu>B

“Total”: N<Ca<S<K<Mg<P

Fe<Mn<Zn<Cu<B

Entre os macronutrientes tanto na área com dominância de bambu e àquela sem bambu dominante os nutrientes com as maiores concentrações foram N, Ca, K e S, já o P apareceu em menor concentração.

Para os micronutrientes o Fe apareceu em maiores concentrações na maioria das frações, exceto para a fração de “material foliar e ramos de bambu” no CienTec, já o B com exceção para a fração de “material foliar e ramos de bambu” no CienTec que indicou o Cu como o micronutriente com a menor concentração, indicou as menores concentrações em todas as outras frações.

**Tabela 4.** Concentração média de macronutrientes nas frações de serapilheira e raiz  $\pm$  erro padrão, de Junho/2011 a Junho/2012 no CienTec e IBot.

Mês/ano	“Outras folhas e ramos”											
	N		P		K		Ca		Mg		S	
	g kg <sup>-1</sup>											
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
jun/2011	17,8 $\pm$ 0,3	19,0 $\pm$ 0,4	0,4 $\pm$ 0,1	0,5 $\pm$ 0,1	1,4 $\pm$ 0,1	1,3 $\pm$ 0,1	7,8 $\pm$ 0,3 ***	9,1 $\pm$ 1,3	1,1 $\pm$ 0,1	0,9 $\pm$ 0,1	1,0 $\pm$ 0,1 **	1,3 $\pm$ 0,1
set/2011	17,1	19,3	0,5	0,5	1,3	1,0	6,8	9,8	1,0	0,9	1,4	1,3
dez/2011	16,3	20,2	0,5	0,5	1,3	1,3	8,3	10,2	0,9	1,0	0,5	1,3
mar/2012	13,0	13,2	0,4	0,5	1,0	1,0	6,0	10,6	0,6	0,7	0,5	1,2
jun/2012	14,8 $\pm$ 0,9	16,7 $\pm$ 0,4	0,4 $\pm$ 0,1	0,4 $\pm$ 0,1	1,1 $\pm$ 0,3	0,8 $\pm$ 0,1	8,3 $\pm$ 0,8 *	11,7 $\pm$ 0,1	0,7 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,1	0,9 $\pm$ 0,1 *	1,1 $\pm$ 0,1

Mês/ano	“Folhas e ramos de bambu”											
	N		P		K		Ca		Mg		S	
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
jun/2011	17,9 $\pm$ 0,1	17,9 $\pm$ 0,1	0,5 $\pm$ 0,1	0,35	1,3 $\pm$ 0,5	0,8 $\pm$ 0,1	4,0 $\pm$ 0,9 *	5,0 $\pm$ 0,1	0,4 $\pm$ 0,1	0,5 $\pm$ 0,1	1,0 $\pm$ 0,1 *	1,29 $\pm$ 0,1
set/2011	16,4 $\pm$ 0,5	15,5	0,5	0,5 $\pm$ 0,1	1,4 $\pm$ 0,4	1,5 $\pm$ 0,1	3,7 $\pm$ 0,1	5,0	0,9	1,0 $\pm$ 0,1	1,0 $\pm$ 0,4	1,5 $\pm$ 0,1
dez/2011	14,0 $\pm$ 1,3	15,8	0,5 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,1	1,2 $\pm$ 0,1	1,0 $\pm$ 0,1	2,8 $\pm$ 0,1	4,1	0,6	0,7 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,2	1,4 $\pm$ 0,1
mar/2012	12,7	-----	0,4	-----	1,8	-----	2,2	-----	0,5	-----	0,4	-----
jun/2012	13,5 $\pm$ 0,1	16,2	0,5 $\pm$ 0,1	0,5	1,3 $\pm$ 0,3	0,8	2,3 $\pm$ 0,2	3,3	0,4 $\pm$ 0,2	0,4	1,0 $\pm$ 0,1	1,3 $\pm$ 0,1

Mês/ano	“Material mais decomposto”											
	N		P		K		Ca		Mg		S	
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
jun/2011	18,8 $\pm$ 0,7	20,1 $\pm$ 0,7	0,6 $\pm$ 0,1 *	0,5 $\pm$ 0,1	1,4 $\pm$ 0,1	1,1 $\pm$ 0,1	4,1 $\pm$ 0,8	5,4 $\pm$ 1,6	0,8 $\pm$ 0,2	0,4 $\pm$ 0,1	1,5 $\pm$ 0,1*	1,9 $\pm$ 0,1
set/2011	17,1	17,2	0,5	0,6	1,3	1,0	6,8	4,9	1,0	0,9	1,4	1,9
dez/2011	16,3	21,1	0,5	0,6	1,3	1,0	8,3	6,6	0,9	0,8	0,5	1,8
mar/2012	13,0	22,6	0,4	0,6	1,0	1,0	6,0	7,8	0,6	0,6	0,6	1,2
jun/2012	16,4 $\pm$ 0,5 *	19,3 $\pm$ 0,7	0,5 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,1	0,9 $\pm$ 0,1	0,8 $\pm$ 0,1	3,0 $\pm$ 0,5 *	5,1 $\pm$ 0,5	0,4 $\pm$ 0,1	0,4 $\pm$ 0,1	1,5 $\pm$ 0,10	1,8 $\pm$ 0,1

Mês/ano	“Raiz”											
	N		P		K		Ca		Mg		S	
	CienTec	IBot										
jun/2011	18,8	23,1	0,7	0,7	2,8	2,8	4,0	3,7	0,9	0,9	1,2	2,3
set/2011	14,2	18,6	0,7	0,7	3,3	4,1	3,4	4,3	1,4	1,5	0,7	2,7
dez/2011	17,1	13,6	0,9	0,6	3,3	2,8	4,2	4,6	1,1	1,1	0,6	1,9
mar/2012	15,2	18,7	0,6	0,6	2,3	2,6	3,1	4,2	1,0	1,1	0,4	2,4
jun/2012	14,0	16,1	0,6	0,7	3,1	2,8	2,3	4,2	1,1	1,1	1,5	3,6

**Tabela 4.** Concentração média ( $\pm$ erro padrão) de macronutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ) nas frações de serapilheira e raiz, de Junho/2011 a Junho/2012 no CienTec e IBot.

Mês/ano	N		P		"Total" K		Ca		Mg		S	
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
jun/2011	18,3 $\pm$ 0,1*	19,8 $\pm$ 0,6	0,5 $\pm$ 0,1	0,5 $\pm$ 0,1	1,5 $\pm$ 0,1	1,3 $\pm$ 0,2	5,3 $\pm$ 0,2*	6,5 $\pm$ 1,0	0,8 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,1	1,2 $\pm$ 0,1*	1,6 $\pm$ 0,2
set/2011	15,7 $\pm$ 0,6	17,7 $\pm$ 0,8	0,6 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,1	1,8 $\pm$ 0,4	1,9 $\pm$ 0,7	4,0 $\pm$ 0,7	6,0 $\pm$ 1,3	0,9 $\pm$ 0,1	1,1 $\pm$ 0,1	1,1 $\pm$ 0,2	1,8 $\pm$ 0,3
dez/2011	15,8 $\pm$ 0,8	17,6 $\pm$ 1,8	0,6 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,1	1,6 $\pm$ 0,4	1,5 $\pm$ 0,4	4,5 $\pm$ 1,0	6,4 $\pm$ 1,4	0,7 $\pm$ 0,1	0,9 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,1*	1,6 $\pm$ 0,1
mar/2012	13,7 $\pm$ 0,5	18,2 $\pm$ 2,4	0,5 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,1	1,6 $\pm$ 0,3	1,5 $\pm$ 0,4	3,9 $\pm$ 0,8	7,5 $\pm$ 1,6	0,7 $\pm$ 0,1	0,8 $\pm$ 0,1	0,4 $\pm$ 0,1*	1,6 $\pm$ 0,3
jun/2012	15,0 $\pm$ 0,5**	17,5 $\pm$ 0,1	0,5 $\pm$ 0,1	0,5 $\pm$ 0,01	1,3 $\pm$ 0,2	1,1 $\pm$ 0,1	4,5 $\pm$ 1,0	7,2 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,01	1,2 $\pm$ 0,1	1,7 $\pm$ 0,01

\*, \*\* e \*\*\* na linha indicam nível de significância a  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  e  $p < 0,001$ , respectivamente, para a comparação entre locais dentro do mesmo período.

----- A análise química do material foliar e ramos de bambu da área do IBot não foi realizada aos 9 meses.

\*Os números sem o erro padrão correspondem a amostras simples realizadas em períodos trimestrais de 3 a 9 meses.

**Tabela 5.** Concentração média de micronutrientes nas frações de serapilheira e raiz  $\pm$  erro padrão, de Junho/2011 a Junho/2012 no CienTec e IBot.

Mês/ano	“Outras folhas e ramos”									
	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
	mg kg <sup>-1</sup>									
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
jun/2011	28,8 $\pm$ 1,6	34,8 $\pm$ 2,6	30,3 $\pm$ 3,8**	37,2 $\pm$ 2,9	1609,3 $\pm$ 158,9	1861,7 $\pm$ 331,3	870,3 $\pm$ 164,1	603,5 $\pm$ 52,2	95,0 $\pm$ 3,6**	131,3 $\pm$ 11,7
set/2011	20,1	26,0	26,5	30,0	2404,0	2101,5	2018,5	1599,5	121,5	136,5
dez/2011	18,7	23,4	23,0	30,0	1873,5	2256,0	1832,5	1531,0	117,5	139,0
mar/2012	15,6	18,0	19,0	27,0	1358,0	1583,5	1356,5	949,0	94,5	140,5
jun/2012	17,9 $\pm$ 2,2	16,5 $\pm$ 1,9	21,7 $\pm$ 1,1**	28,2 $\pm$ 0,7	1290,8 $\pm$ 146,3	1505,3 $\pm$ 35,1	1499,2 $\pm$ 154,5	1097,8 $\pm$ 156,6	103,0 $\pm$ 11,4	133,3 $\pm$ 8,8
	“Folhas e ramos de bambu”									
	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
jun/2011	34,3 $\pm$ 6,1	29,9	25,2 $\pm$ 1,2***	32,0 $\pm$ 0,1	980,5 $\pm$ 43,0	1388,0 $\pm$ 0,1	893,8 $\pm$ 21,25	86 $\pm$ 0,1	86,5 $\pm$ 15,0	133,5 $\pm$ 0,1
set/2011	30,5 $\pm$ 2,1	29,9 $\pm$ 0,1	21,8 $\pm$ 1,8	28,5 $\pm$ 0,1	1737,2 $\pm$ 222,2	2062,5 $\pm$ 0,1	2372,5 $\pm$ 22,5	2246,0 $\pm$ 0,1	61,2 $\pm$ 41,2	164,0 $\pm$ 0,1
dez/2011	21,3 $\pm$ 2,7	24,3 $\pm$ 0,1	20,8 $\pm$ 0,2	29,0 $\pm$ 0,1	1866,2 $\pm$ 90,2	2547,5 $\pm$ 0,1	1754,5 $\pm$ 13,0	2144,5 $\pm$ 0,1	106,0 $\pm$ 3,5	120,5 $\pm$ 0,1
mar/2012	18,4	-----	18,0	-----	1545,5	-----	1388,5	-----	87,5	-----
jun/2012	18,1	20,1	22,0 $\pm$ 1,5	37,5	1773,2 $\pm$ 324,2	2397,5	1658,8 $\pm$ 285,2	2035,0	89,8 $\pm$ 13,2	140,5
	“Material mais decomposto”									
	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
jun/2011	21,6 $\pm$ 1,8	25,8 $\pm$ 2,8	39,2 $\pm$ 5,1*	63,5 $\pm$ 4,1	2652,2 $\pm$ 580,6	3395,2 $\pm$ 81,1	823,0 $\pm$ 75,1	565,0 $\pm$ 62,5	97,7 $\pm$ 8,7	147,3 $\pm$ 19,2
set/2011	20,1	40,1	26,5	48,5	2404,0	3292,5	2018,5	1551,0	121,5	151,5
dez/2011	18,7	21,1	23,0	46,5	1873,5	3264,0	1832,5	1459,5	117,5	157,0
mar/2012	15,6	20,6	19,0	46,5	1358,0	3238,5	1356,5	1649,0	94,5	174,0
jun/2012	12,4 $\pm$ 1,1	15,6 $\pm$ 2,5	31,2 $\pm$ 1,9**	48,8 $\pm$ 1,7	2984,2 $\pm$ 49,6**	3499,3 $\pm$ 72,9	1563,2 $\pm$ 104,6	1402,7 $\pm$ 111,8	97,2 $\pm$ 14,7*	154,2 $\pm$ 10,48

*continua*

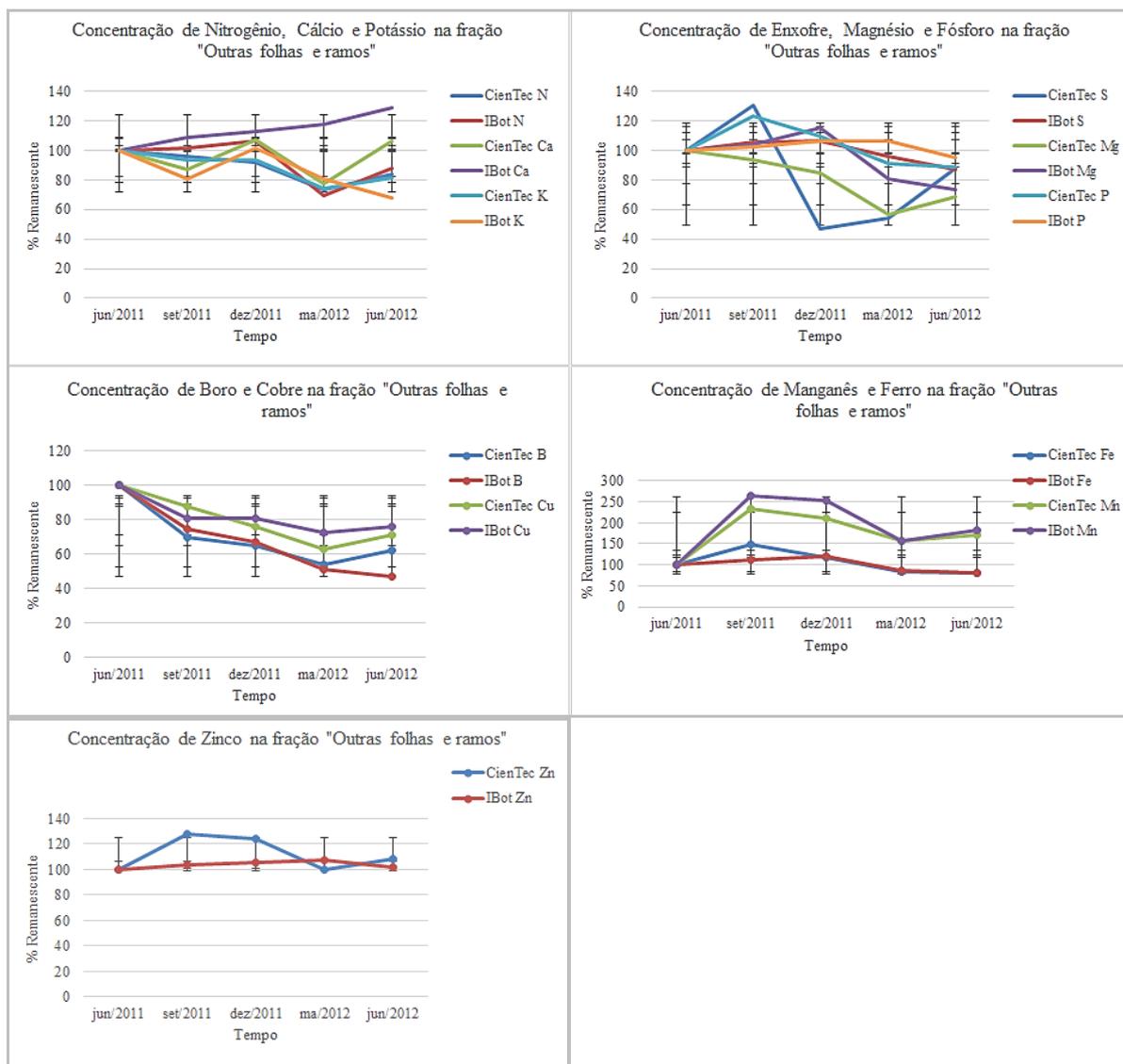
Tabela 5.

Mês/ano	"Raiz"									
	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
jun/2011	28,8	41,4	39,5	55,5	2180,0	2830,5	345,5	557,5	100,0	212,0
set/2011	29,2	34,5	37,5	51,0	2623,0	2919,0	1293,0	1474,5	169,0	221,5
dez/2011	23,7	22,6	27,0	29,0	2772,0	2799,5	1278,0	785,5	110,5	174,5
mar/2012	18,4	19,0	31,5	44,0	2746,5	2867,5	929,5	1313,5	98,5	226,0
jun/2012	17,7	22,9	3	51,5	2734,0	3143,5	850,5	1064,5	122,0	234,0
Total										
	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
jun/2011	27,6±0,7	31,7±2,4	33,2±0,9*	48,7±5,2	1880,6±95,4	2498,6±318,2	801,4±26,0	615,4±44,5	94,6±1,3***	147,7±12,1
set/2011	26,1±2,5	32,6±3,1	28,7±3,5	39,5±6,0	2371,5±311,2	2593,9±305,3	1841,8±261,9	1717,8±178,0	103,5±24,1	168,4±18,6
dez/2011	21,2±1,2	22,8±0,7	24,7±2,2	33,6±4,3	2278,5±255,5	2716,8±213,6	1700,8±108,6	1480,1±277,9	110,1±2,4	147,8±11,6
mar/2012	17,2±0,7	19,2±0,7	25,0±3,8	39,2±5,3	2173,8±423,0	2563,2±434,2	1373,9±182,1	1303,8±175,1	100,6±7,5	180,2±21,5
jun/2012	16,1±1,2	17,4±0,2	25,8±1,7	40,0±0,1	2122,8±270,6	2569,4±5,3	1483,9±108,9	1325,1± 8,1	100,2±6,6**	154,6±0,8

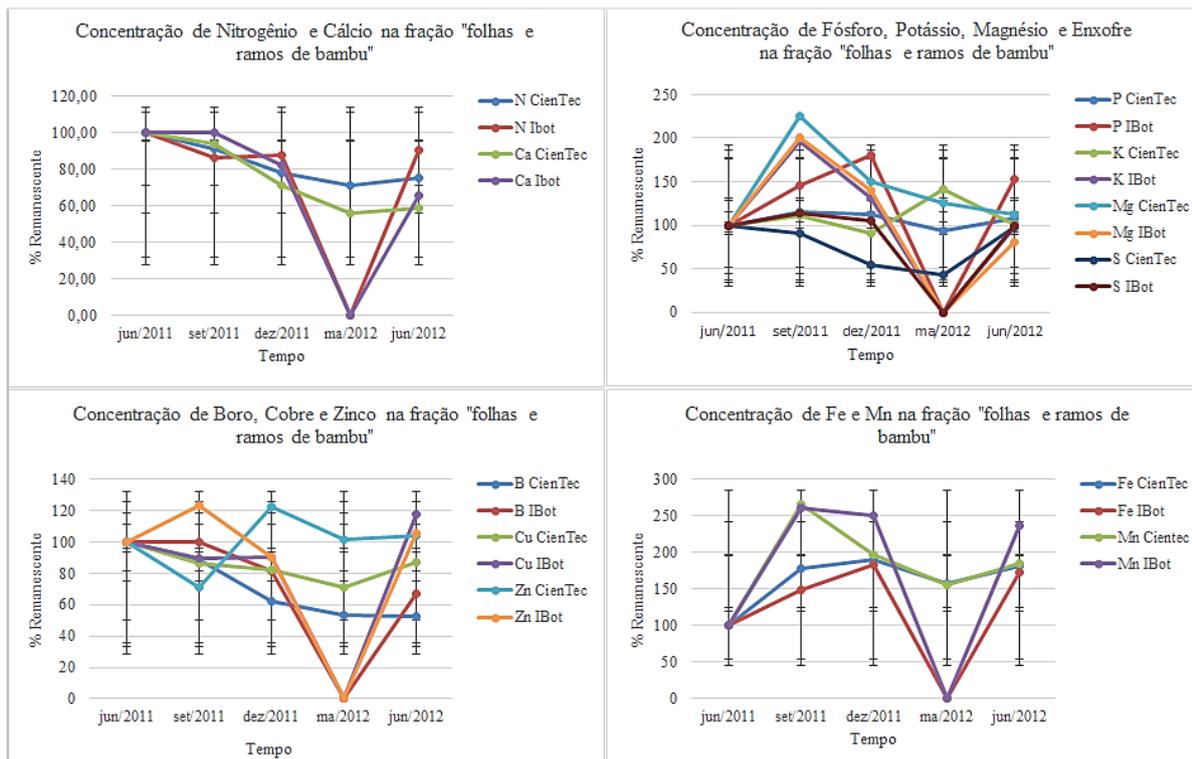
\*, \*\* e \*\*\* na linha indicam nível de significância a  $p<0,05$ ,  $p<0,01$  e  $p<0,001$ , respectivamente, para a comparação entre locais dentro do mesmo período.

----- A análise química do material foliar e ramos de bambu da área do IBot não foi realizada aos 9 meses.

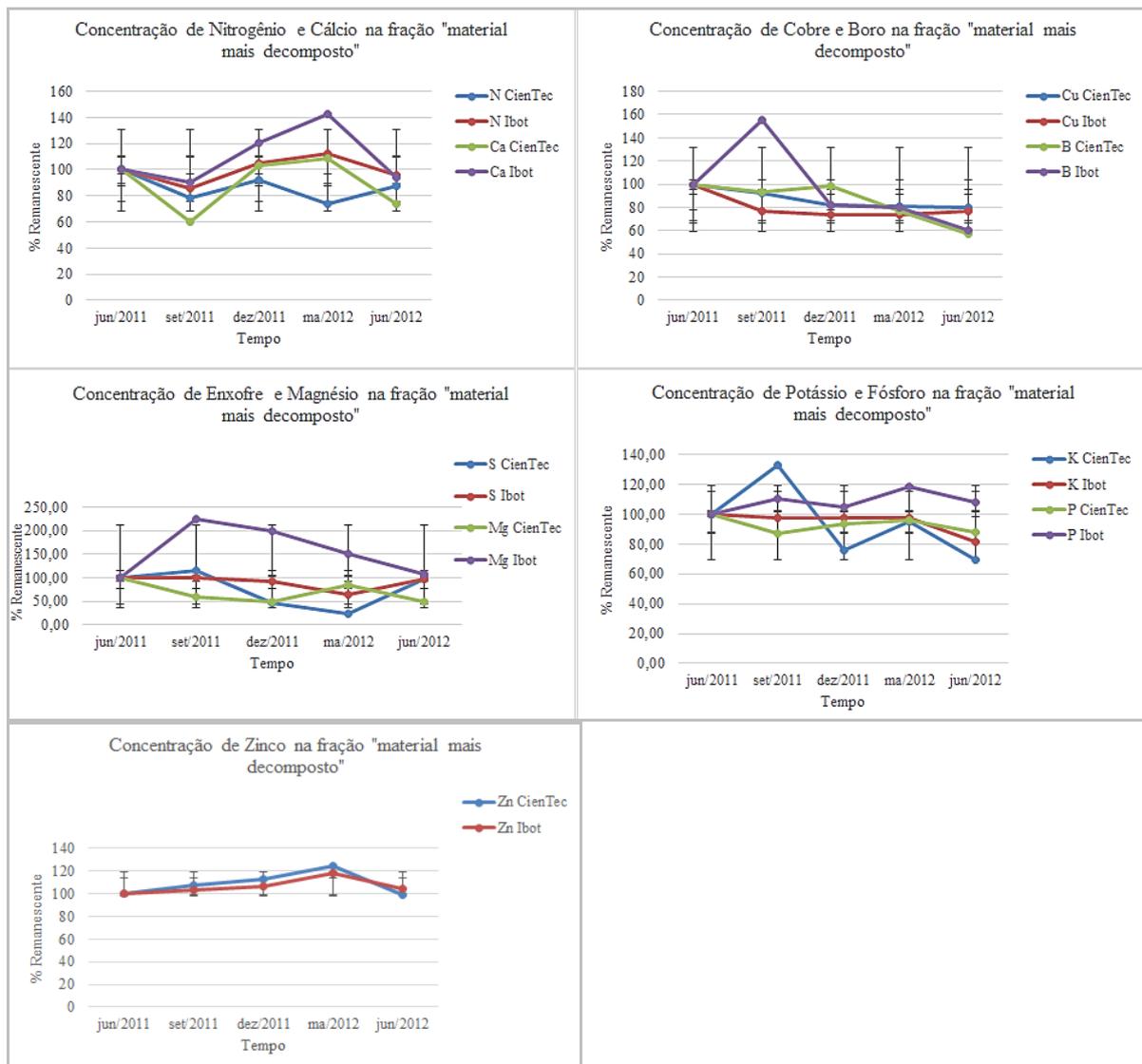
\*Os números sem o erro padrão correspondem a amostras simples realizadas em períodos trimestrais de 3 a 9 meses.



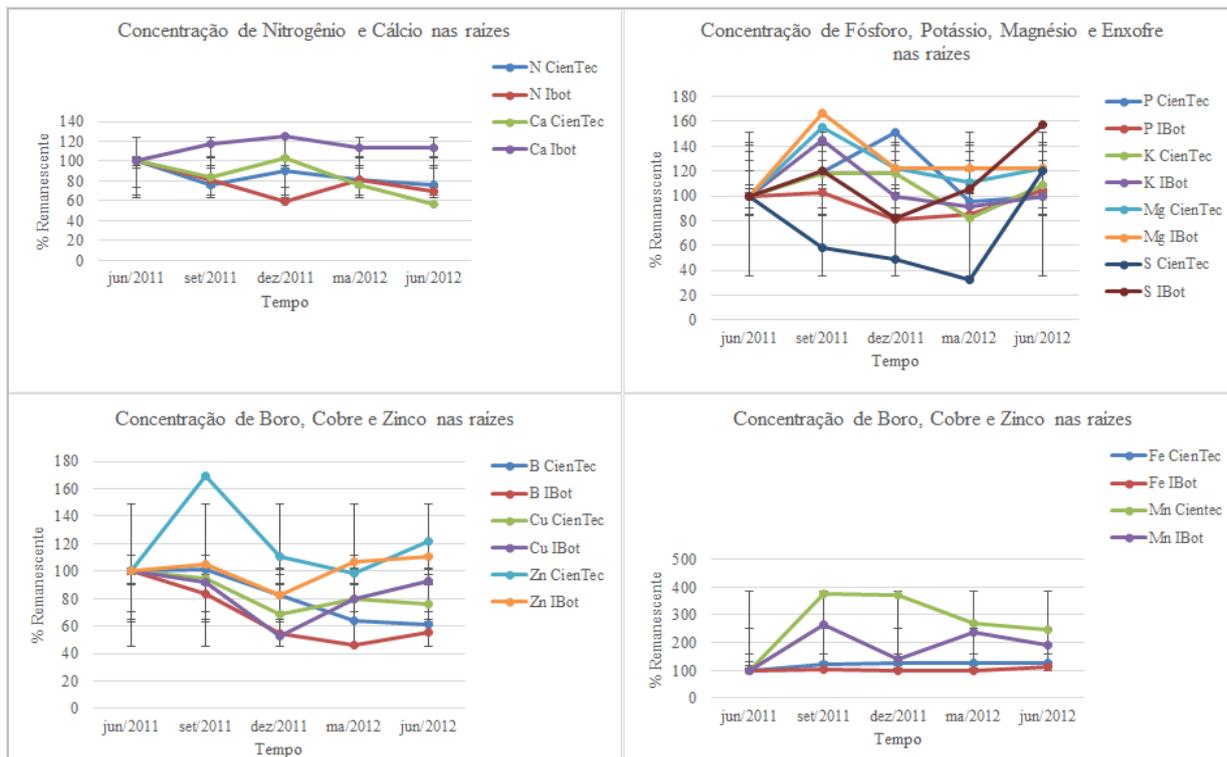
**Figura 9.** Concentração de macro e micronutrientes na fração “outras folhas e ramos” ± erro padrão, de Junho/2011 a Junho/2012 no CienTec e IBot.



**Figura 10.** Concentração de macro e micronutrientes na fração “folhas e ramos de bambu” ± erro padrão, de Junho/2011 a Junho/2012 no CienTec e IBot.



**Figura 11.** Concentração de macro e micronutrientes na fração “material mais decomposto” ± erro padrão, de Junho/2011 a Junho/2012 no CienTec e IBot.



**Figura 12.** Concentração de macro e micronutrientes nas “raízes”  $\pm$  erro padrão, de Junho/2011 a Junho/2012 no CienTec e IBot.

#### **5.4. Quantidade de nutrientes na serapilheira acumulada e raízes**

Ao longo do estudo, considerando o total da quantidade de nutrientes nas frações a cada 3 meses, para a maioria dos nutrientes foi evidenciada uma maior quantidade na área do IBot (Ca, Mg, S, B, Cu e Zn), exceto o P, K, Mg, Fe e o Mn que foram semelhantes entre as áreas ( $p < 0,05$ ), indicando maior transferência de nutrientes ao solo durante o período de estudo na área do IBot (tabelas 6 e 7) (figuras 13 a 16).

Exceto para as frações de “folhas e ramos de bambu” e “raízes”, que não indicaram diferenças significativas para nenhum nutriente entre as duas áreas, as frações de “material mais decomposto” e de “outras folhas e ramos”, as quais detêm a maior parte das frações de serapilheira que regem a ciclagem de nutrientes em ambiente florestal, demonstraram maior transferência de nutrientes na área do IBot.

Ao longo do período de estudo para as quantidades totais de nutrientes a cada três meses, metade dos nutrientes apresentaram diferenças significativas entre as duas áreas, por exemplo o Ca e Mg indicaram diferença significativa no último mês, S e Cu no penúltimo mês e o B e Zn nos penúltimo e último meses de experimento (tabelas 6 e 7).

As quantidades de N, P, S, B e Zn na fração “outras folhas e ramos” apresentaram diferenças significativas entre as duas áreas no período inicial e final e o Ca, Cu e Fe indicaram diferença no período final ao completar um ano de estudo. Todos os macro e micronutrientes decresceram nas duas áreas principalmente dos 6 aos 9 meses (dezembro a março) e a maior transferência de nutrientes ocorreu na área do IBot (tabelas 6 e 7).

No período final do estudo a fração “material mais decomposto” apresentou diferença significativa entre as áreas para o N, P, Ca, B, Mg Cu, Fe, Mn e Zn e as quantidades de macro e micronutrientes aumentaram dos 3 aos 12 meses nas duas áreas (tabelas 6 e 7).

A fração de “folhas e ramos de bambu” não obteve diferença significativa entre as áreas para nenhum nutriente conferindo transferências de nutrientes semelhantes entre áreas

para esta fração. Sabendo-se que esta fração é composta por espécies diferentes de bambu em ambas as áreas, as quantidades de macro e micronutrientes decresceram nas duas áreas principalmente dos 6 meses em diante, porém todos os micronutrientes ainda apresentavam mais de 12% das suas quantidades aos 12 meses de estudo nas duas áreas e na área do CienTec essa quantidade chegou a ser para o Mn de 61,41% e de 45,47% na área do IBoT e para o Fe foi de 60,33% no CienTec e de 33,19% no IBoT e 35,82% de Zn no CienTec (anexo 3).

Assim como a fração “folhas e ramos de bambu” a fração “raízes” não apresentou diferenças significativas na transferência de nutrientes, para nenhum nutriente, indicando quantidades que não variaram significativamente entre as áreas com domínio e sem domínio de bambu no sub-bosque. O maior decréscimo de macronutrientes ocorreu aos 12 meses somente na área do CienTec, porém na área do IBoT ocorreu incremento ou imobilização de todos os macronutrientes aos 12 meses, já os micronutrientes B, Cu e Zn decresceram aos 12 meses somente na área do CienTec e na área do IBoT ocorreu incremento de todos os micronutrientes aos 12 meses (tabelas 6 e 7).

Para a área do CienTec foi transferido ao solo por meio da fração “outras folhas e ramos” 939,58 kg ha<sup>-1</sup> de nutrientes, sendo que 844,96 kg ha<sup>-1</sup> são representados por macronutrientes e 94,63 kg ha<sup>-1</sup> representa os micronutrientes.

A fração “material mais decomposto” transferiu ao solo do CienTec um total de 281,73 kg ha<sup>-1</sup>, sendo 234,11 kg ha<sup>-1</sup> de macronutrientes e 47,62 kg ha<sup>-1</sup> de micronutrientes, já a fração “folhas e ramos de bambu” transferiu ao solo 34,19 kg ha<sup>-1</sup> com 29,62 kg ha<sup>-1</sup> de macronutrientes e 4,57 kg ha<sup>-1</sup> de micronutrientes e as “raízes” transferiram um total de 100,34 kg ha<sup>-1</sup>, sendo 87,22 kg ha<sup>-1</sup> de macro e 13,12 kg ha<sup>-1</sup> de micronutrientes.

No IBoT a fração “outras folhas e ramos” transferiu ao solo 1791,63 kg ha<sup>-1</sup> de nutrientes, com 1551,80 kg ha<sup>-1</sup> de macronutrientes e 169,06 kg ha<sup>-1</sup> de micronutrientes, já a

fração “material mais decomposto” transferiu ao solo do IBoT um total de 611,54 kg ha<sup>-1</sup>, sendo 522,70 kg ha<sup>-1</sup> de macronutrientes e 88,83 kg ha<sup>-1</sup> de micronutrientes, enquanto a fração de “folhas e ramos de bambu” transferiu ao solo 9,90 kg ha<sup>-1</sup> com 8,22 kg ha<sup>-1</sup> de macronutrientes e 1,22 kg ha<sup>-1</sup> de micronutrientes e as “raízes” transferiram ao solo do IBoT 148,94 kg ha<sup>-1</sup>, sendo 129,73 kg ha<sup>-1</sup> de macro e 19,22 kg ha<sup>-1</sup> de micronutrientes.

As maiores transferências de nutrientes para a fração “outras folhas e ramos” em ambas as áreas ocorreu dos 3 aos 9 meses de experimento de setembro/2011 a março/2012 (todo o período chuvoso e início do período com menor pluviosidade e temperatura).

As transferências de nutrientes através da fração “material mais decomposto” foram crescentes até o final do período de estudo, enquanto as transferências de nutrientes pelas “raízes” foram altas até o final do período de estudo com poucas reduções nas transferências de nutrientes por raízes ao final do estudo na área do CienTec somente.

Ambas as áreas indicaram as maiores transferências de nutrientes dos 6 aos 9 meses de estudo de dezembro/2011 a março/2012 (período chuvoso).

A maior transferência de macro e micronutrientes ao solo ocorreu na área sem dominância de bambu no sub-bosque e a fração “outras folhas e ramos” foi a que mais contribuiu com o processo de transferência.

No entanto as frações “folhas e ramos de bambu” e “raízes” de ambas as áreas transferiram ao solo quantidades de nutrientes que não diferiram significativamente entre as áreas.

Analisando-se as quantidades de nutrientes, obteve-se a seguinte sequência decrescente de macro e micronutrientes para cada fração e total em cada uma das áreas:

## CienTec

“Outras folhas e ramos”: N>Ca>K>S>Mg>P

Fe>Mn>Zn>Cu>B

“Material mais decomposto”: N>Ca>S>K>P>Mg

Fe>Mn>Zn>Cu>B

“Folhas e ramos de bambu”: N>Ca>K>S>Mg>P

Mn>Fe>Zn>Cu>B

“Raiz”: N>Ca>K>Mg>S>P

Fe>Mn>Zn>Cu>B

“Total”: N<Ca<K<S<Mg<P

Fe<Mn<Zn<Cu<B

## IBot

“Outras folhas e ramos”: N>Ca>S>K>Mg>P

Fe>Mn>Zn>Cu>B

“Material mais decomposto”: N>Ca>S>K>P>Mg

Fe>Mn>Zn>Cu>B

“Folhas e ramos de bambu”: N>Ca>S>K>Mg>P

Fe>Mn>Zn>Cu>B

“Raiz”: N>Ca>K>S>Mg>P

Fe>Mn>Zn>Cu>B

“Total”: N<Ca<S<K<Mg<P

Fe<Mn<Zn<Cu<B

**Tabela 6.** Quantidade média de macronutrientes nas frações de serapilheira e raiz  $\pm$  erro padrão, de Junho/2011 a Junho/2012 no CienTec e IBot.

"Outras folhas e ramos"												
Mês/ano	N		P		K		Ca		Mg		S	
	kg ha <sup>-1</sup>											
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
jun/2011	100,2 $\pm$ 9,8*	170,6 $\pm$ 8,1	2,5 $\pm$ 0,3	4,2 $\pm$ 0,1	7,7 $\pm$ 0,9	11,3 $\pm$ 0,6	43,5 $\pm$ 2,2	84,0 $\pm$ 12,0	5,9 $\pm$ 0,7	7,8 $\pm$ 0,5	5,9 $\pm$ 0,7*	11,3 $\pm$ 0,6
set/2011	94,1	153,7	2,9	3,8	7,0	8,1	37,1	78,4	5,5	7,1	7,5	10,5
dez/2011	49,4	92,0	1,4	2,27	3,8	5,8	25,1	46,7	2,7	4,5	1,4	6,1
mar/2012	20,6	29,4	0,6	1,1	1,61	2,2	9,5	23,6	0,9	1,5	0,9	2,6
jun/2012	13,8 $\pm$ 1,0*	24,1 $\pm$ 1,2	0,3 $\pm$ 0,0*	0,6 $\pm$ 0,0	1,0 $\pm$ 0,3	1,2 $\pm$ 0,0	8,0 $\pm$ 1,7*	17,0 $\pm$ 1,1	0,7 $\pm$ 0,1	0,9 $\pm$ 0,0	0,8 $\pm$ 0,0*	1,6 $\pm$ 0,1
trans. méd.	56,2 $\pm$ 14,2	95,5 $\pm$ 23,9	1,5 $\pm$ 0,3	2,4 $\pm$ 0,5	4,3 $\pm$ 1,1	5,9 $\pm$ 1,5	25,16 $\pm$ 5,6	50,2 $\pm$ 12,2	3,2 $\pm$ 0,8	4,4 $\pm$ 1,1	3,3 $\pm$ 0,9	6,4 $\pm$ 1,5
"Folhas e ramos de bambu"												
Mês/ano	N		P		K		Ca		Mg		S	
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
jun/2011	3,0 $\pm$ 0,8	3,2 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,6 $\pm$ 0,0	0,9 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0
set/2011	3,9	1,4	0,1	0,0	0,3	0,1	0,9	0,4	0,2	0,1	0,2	0,1
dez/2011	2,3	0,6	0,1	0,0	0,2	0,0	0,4	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
mar/2012	0,5	-----	0,0	-----	0,0	-----	0,1	-----	0,0	-----	0,0	-----
jun/2012	0,7 $\pm$ 0,0	0,5 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0
trans. méd.	2,3 $\pm$ 0,4	1,4 $\pm$ 0,6	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,4 $\pm$ 0,1	0,4 $\pm$ 0,1	0,1 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0
"Material mais decomposto"												
Mês/ano	N		P		K		Ca		Mg		S	
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
jun/2011	3,5 $\pm$ 1,1	5,5 $\pm$ 0,3	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0	0,3 $\pm$ 0,0	0,7 $\pm$ 0,2	1,4 $\pm$ 0,1	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0	0,5 $\pm$ 0,0
set/2011	3,8	4,3	0,1	0,1	0,4	0,2	0,6	1,2	0,1	0,2	0,4	0,4
dez/2011	32,1	68,3	1,0	1,8	1,9	3,3	7,9	21,2	0,7	2,6	1,3	5,7
mar/2012	16,6	57,1	0,6	1,6	1,5	2,5	5,3	19,5	0,8	1,5	0,4	3,0
jun/2012	34,2 $\pm$ 2,5**	69,4 $\pm$ 3,3	1,0 $\pm$ 0,0 ***	2,0 $\pm$ 0,0	1,9 $\pm$ 0,0	3,1 $\pm$ 0,2	6,5 $\pm$ 0,9**	18,3 $\pm$ 0,9	0,8 $\pm$ 0,0*	1,5 $\pm$ 0,0	3,0 $\pm$ 0,0	6,6 $\pm$ 0,3
trans. méd.	18,4 $\pm$ 5,2	39,4 $\pm$ 11,0	0,6 $\pm$ 0,1	1,1 $\pm$ 0,3	1,1 $\pm$ 0,2	1,8 $\pm$ 0,5	3,9 $\pm$ 1,1	11,2 $\pm$ 3,1	0,5 $\pm$ 0,13	1,0 $\pm$ 0,3	1,3 $\pm$ 0,4	3,4 $\pm$ 1,0

**Tabela 6.***Continua*

Mês/ano	"Raiz"											
	N		P		K		Ca		Mg		S	
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
jun/2011	12,6	10,2	0,4	0,3	1,9	1,2	2,7	1,6	0,6	0,4	0,8	1,0
set/2011	8,4	17,1	0,4	0,6	1,9	3,7	2,0	3,9	0,8	1,3	0,4	2,5
dez/2011	12,9	9,9	0,6	0,4	2,5	2,0	3,1	3,3	0,8	0,8	0,4	1,3
mar/2012	14,2	25,5	0,5	0,7	2,1	3,4	2,8	5,6	0,9	1,5	0,3	3,2
jun/2012	7,6	15,4	0,3	0,7	1,6	2,7	1,2	4,0	0,5	1,0	0,8	3,4
trans. méd.	11,2±1,3	15,6±2,8	0,4±0,0	0,5±0,0	2,0±0,1	2,6±0,4	2,4±0,3	3,7±0,6	0,7±0,0	1,0±0,2	0,5±0,1	2,3±0,4
Mês/ano	"Total"											
	N		P		K		Ca		Mg		S	
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
jun/2011	36,7±16,1	67,7±31,7	0,9±0,4	1,6±0,7	2,9±1,2	4,5±2,1	15,1±7,1	32,3±17,2	2,1±0,9	3,0±1,5	2,2±0,9	4,5±2,0
set/2011	22,8±17,8	44,1±36,6	0,7±0,5	1,1±0,9	2,0±1,2	3,0±1,8	8,3±7,2	21,0±19,1	1,3±1,0	2,2±1,6	1,7±1,4	3,4±2,4
dez/2011	19,8±9,18	42,7±22,2	0,6±0,2	1,1±0,5	1,7±0,7	2,8±1,2	7,4±4,6	17,8±10,6	0,9±0,4	2,0±1,0	0,7±0,3	3,3±1,5
mar/2012	13,0±4,35	37,3±9,9	0,4±0,1	1,1±0,2	1,3±0,4	2,7±0,3	4,4±2,0	16,3±5,4	0,7±0,2	1,5±0,0	0,4±0,1***	2,9±0,1
jun/2012	17,0±4,8	37,0±10,0	0,5±0,1	1,1±0,2	1,1±0,2	1,9±0,4	5,0±1,3**	13,8±2,7	0,5±0,1*	1,0±0,1	1,4±0,4	3,5±0,9

\*, \*\* e \*\*\* na linha indicam nível de significância a  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  e  $p < 0,001$ , respectivamente, para a comparação entre locais dentro do mesmo período.

----- A análise química do material foliar e ramos de bambu da área do IBot não foi realizada aos 9 meses.

\*Os números sem o erro padrão correspondem a amostras simples realizadas em períodos trimestrais de 3 a 9 meses.

**Tabela 7.** Quantidade média de micronutrientes nas frações de serapilheira e raiz  $\pm$  erro padrão, de Junho/2011 a Junho/2012 no CienTec e IBot.

<b>“Outras folhas e ramos”</b>										
kg ha <sup>-1</sup>										
Mês/ano	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
jun/2011	0,1 $\pm$ 0,0**	0,3 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,3 $\pm$ 0,0	9,2 $\pm$ 1,6	16,3 $\pm$ 1,1	4,9 $\pm$ 1,0	5,5 $\pm$ 0,5	0,5 $\pm$ 0,0**	1,1 $\pm$ 0,0
set/2011	0,1	0,2	0,1	0,2	13,2	16,7	11,1	12,7	0,6	1,0
dez/2011	0,0	0,1	0,0	0,1	5,6	10,2	5,5	6,9	0,3	0,6
mar/2012	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	3,5	2,1	2,1	0,1	0,3
jun/2012	0,0 $\pm$ 0,0*	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0**	0,0 $\pm$ 0,0	1,2 $\pm$ 0,1*	2,1 $\pm$ 0,1	1,3 $\pm$ 0,1	1,5 $\pm$ 0,1	0,1 $\pm$ 0,0**	0,1 $\pm$ 0,0
Trans. méd.	0,0 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	5,8 $\pm$ 1,5	9,5 $\pm$ 2,4	4,2 $\pm$ 1,0	4,7 $\pm$ 1,2	0,3 $\pm$ 0,0	0,6 $\pm$ 0,1
<b>“Folhas e ramos de bambu”</b>										
Mês/ano	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
jun/2011	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0
set/2011	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,1	0,5	0,2	0,0	0,0
dez/2011	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0
mar/2012	0,0	-----	0,0	-----	0,0	-----	0,0	-----	0,0	-----
jun/2012	0,0 $\pm$ 0,0	0,00 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0
Trans. méd.	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,2 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0
<b>“Material mais decomposto”</b>										
Mês/ano	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
jun/2011	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,4 $\pm$ 0,1	0,9 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0
set/2011	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,8	0,3	0,4	0,0	0,0
dez/2011	0,0	0,0	0,0	0,1	5,5	10,6	3,5	4,7	0,2	0,5
mar/2012	0,0	0,0	0,0	0,1	3,6	8,1	2,1	4,1	0,1	0,4
jun/2012	0,03 $\pm$ 0,0*	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0**	0,1 $\pm$ 0,0	6,1 $\pm$ 0,3**	12,5 $\pm$ 0,4	3,2 $\pm$ 0,2*	5,0 $\pm$ 0,1	0,2 $\pm$ 0,0**	0,5 $\pm$ 0,0
Trans. méd.	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,1 $\pm$ 0,0	3,3 $\pm$ 0,9	6,6 $\pm$ 1,9	1,8 $\pm$ 0,5	2,7 $\pm$ 0,8	0,1 $\pm$ 0,0	0,3 $\pm$ 0,1

*Continua*

Continua

Tabela 7.

Mês/ano	"Raiz"									
	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
jun/2011	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	1,2	0,23	0,25	0,07	0,09
set/2011	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	2,8	0,77	1,24	0,10	0,21
dez/2011	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,9	0,97	0,62	0,08	0,09
mar/2012	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	0,5	0,88	0,36	0,09	0,05
jun/2012	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	3,0	0,46	1,03	0,07	0,23
Trans. méd.	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	1,8±0,2	2,6±0,4	0,66±0,1	1,00±0,2	0,08±0,0	0,19±0,0

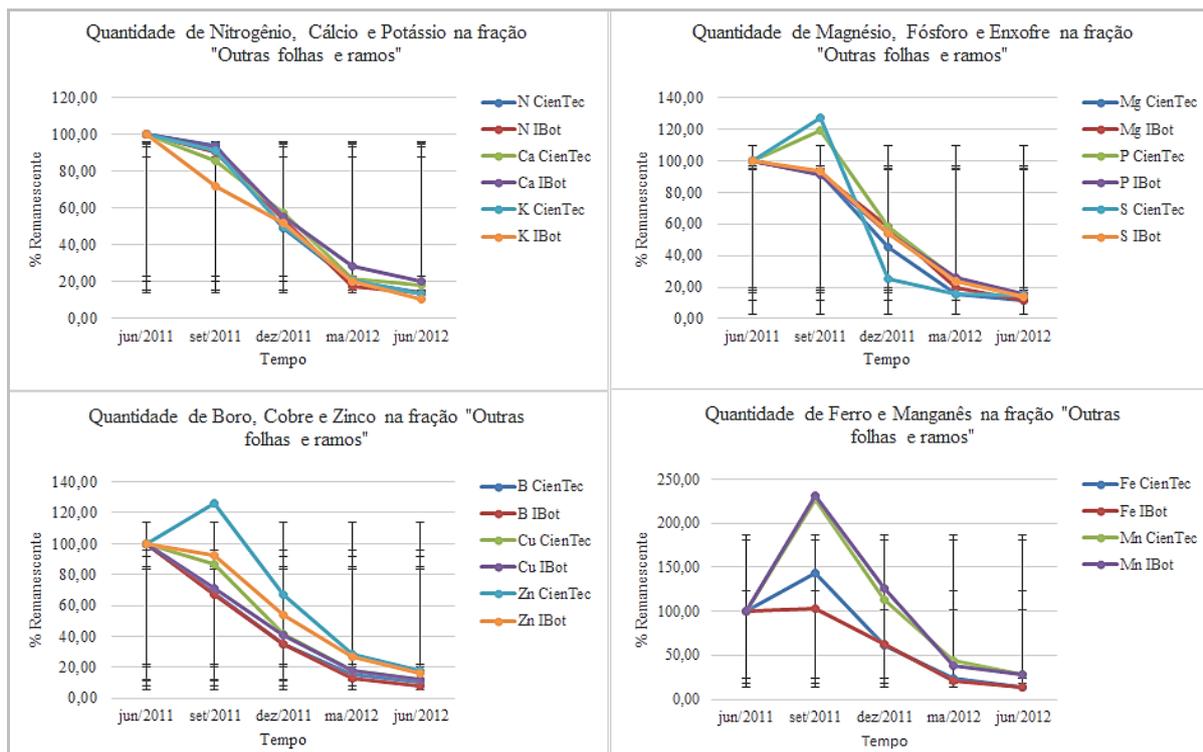
  

Mês/ano	"Total"									
	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
jun/2011	0,0±0,0	0,1±0,0	0,0±0,0	0,1±0,0	3,4±1,5	6,6±3,0	1,7±0,8	2,1±1,0	0,2±0,1	0,4±0,2
set/2011	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	3,3±2,5	5,1±3,9	2,6±2,1	3,6±3,0	0,1±0,1	0,3±0,2
dez/2011	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	2,8±1,2	5,7±2,7	2,1±1,0	3,1±1,6	0,1±0,0	0,3±0,1
mar/2012	0,0±0,0*	0,0±0,0	0,0±0,0*	0,0±0,0	2,1±0,7	5,2±1,5	1,3±0,5	2,7±0,7	0,1±0,0**	0,3±0,0
jun/2012	0,0±0,0*	0,0±0,0	0,0±0,0	0,1±0,0	2,6±0,9	5,9±1,9	1,6±0,4	2,6±0,7	0,1±0,0*	0,3±0,0

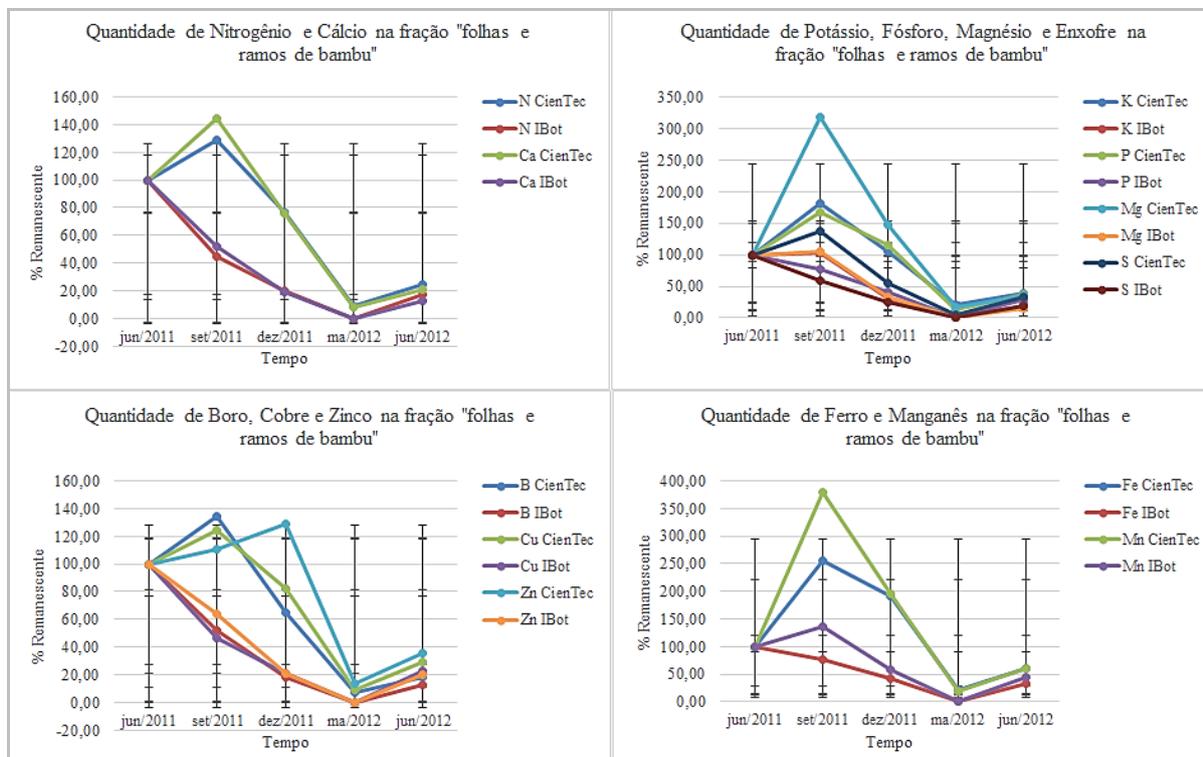
\*, \*\* e \*\*\* na linha indicam nível de significância a  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  e  $p < 0,001$ , respectivamente, para a comparação entre locais dentro do mesmo período.

----- A análise química do material foliar e ramos de bambu da área do IBot não foi realizada aos 9 meses.

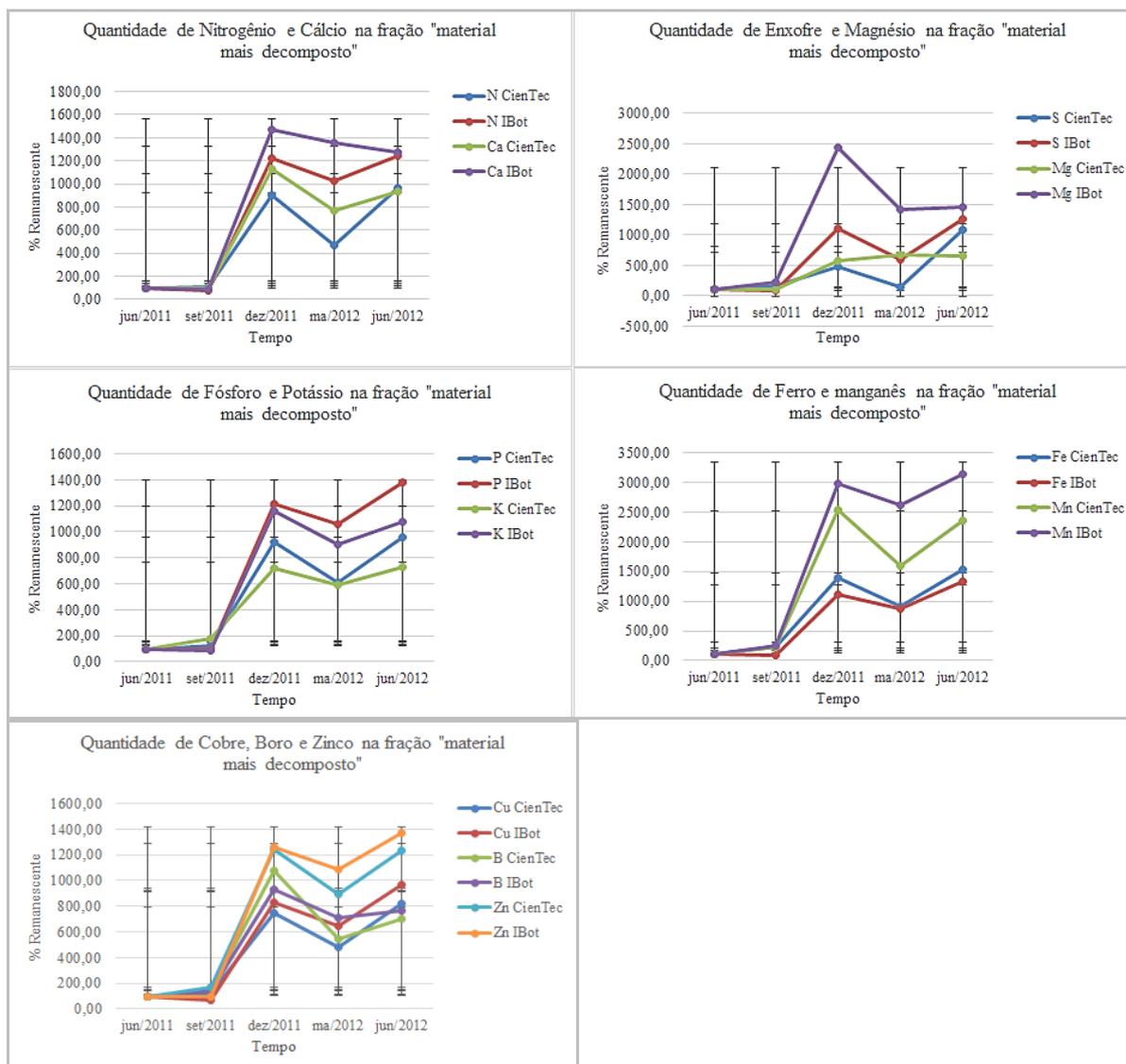
\*Os números sem o erro padrão correspondem a amostras simples realizadas em períodos trimestrais de 3 a 9 meses.



**Figura 13.** Quantidade de macro e micronutrientes na fração “outras folhas e ramos” ± erro padrão, de Junho/2011 a Junho/2012 no CienTec e IBot.



**Figura 14.** Quantidade de macro e micronutrientes na fração “folhas e ramos de bambu” ± erro padrão, de Junho/2011 a Junho/2012 no CienTec e IBot.



**Figura 15.** Quantidade de macro e micronutrientes na fração “material mais decomposto” ± erro padrão, de Junho/2011 a Junho/2012 no CienTec e IBot.



**Figura 16.** Quantidade de macro e micronutrientes nas “raízes”  $\pm$  erro padrão, de Junho/2011 a Junho/2012 no CienTec e IBot.

## 6. Discussão

### 6.1 Serapilheira acumulada e decomposição

Os maiores estoques de serapilheira acumulada foram encontrados na área sem o domínio do bambu *A. aristulata* e, como esperado, a fração de “folhas e ramos de bambu” apresentou dos 3 aos 12 meses os maiores estoques no trecho com domínio de bambu no sub-bosque.

No entanto, mesmo apresentando os maiores estoques de serapilheira, as taxas de decomposição foram semelhantes entre os trechos para a maioria das frações nos períodos trimestrais, exceto para a fração “folhas e ramos de bambu” que apresentou diferenças significativas entre as áreas indicando maior decomposição no trecho sem domínio de bambu no sub-bosque. Lembrando que nesta área a espécie de bambu dominante é *Merostachys pluriflora* Munro ex E.G. Camus e não *Aulonemia aristulata*.

A menor decomposição da fração de “folhas e ramos de bambu” no local com maior domínio de *A. aristulata*, (63%) e a elevada decomposição na área sem domínio de bambu no sub-bosque (81%), evidenciou resistência à decomposição da serapilheira desta espécie de bambu no trecho de floresta do CienTec.

*A. aristulata* possui altos teores de lignina e sílica (Viana 2011), sendo esta uma característica comum entre algumas espécies de bambu. Tal fato pode estar ligado a baixa susceptibilidade a decomposição de variadas espécies de bambu, ricas em sílica (Christanty *et al.* 1997) e concorda com os dados obtidos no presente estudo onde ocorreu uma baixa decomposição de *A. aristulata* se comparada a decomposição mais elevada das variadas espécies de bambu presentes no trecho mais preservado onde o sub-bosque não é dominado por tais espécies de bambu que ocorrem naturalmente na área.

Porém, mesmo com alguns trabalhos apontando a lenta decomposição de bambus (Christanty *et al.* 1996, Christanty *et al.* 1997, Liu *et al.* 2000, Campanello *et al.* 2007, Watanabe *et al.* 2013), e outros apontando maior decomposição de variadas espécies de

bambu (Tripathi & Singh 1992, Nath & Ashesh 2011, Montti *et al.* 2011 e Galvão *et al.* 2012, tabela 7). Em trabalho realizado entre 2009 e 2010 sobre a produção e acúmulo de serapilheira nos mesmos locais em que se conduziu este estudo (Santos 2014), foram observadas logo após o término de um dos ciclos de vida do bambu *A. aristulata*, poucas folhas e colmos da espécie na serapilheira acumulada. Este fato indica que entre 2008, (ano em que ocorreu a morte do bambu) e 2009 a sua serapilheira se decompôs rapidamente.

Os resultados deste estudo que indicaram para CienTec e IBot respectivamente médias anuais de 131 kg ha<sup>-1</sup> e de 74 kg ha<sup>-1</sup> de “folhas e ramos de bambu”, foram inferiores as quantidades de serapilheira acumulada de bambu obtidas em Java (Christanty *et al.* 1996), onde foi obtido 4700 kg ha<sup>-1</sup>, e aos valores encontrados por Tripathi e Singh (1994) que variam de 4.100 a 7.200 kg ha<sup>-1</sup> para as savanas de bambu na mesma região.

Contudo as porcentagens de decomposição para “folhas e ramos de bambu” encontradas para CienTec (61%) e IBot (83%), foram superiores as encontradas por Watanabe *et al.* (2013), no qual após um ano registrou 35% de decomposição de Folhas e 31% de decomposição de colmos e maiores que as encontradas em Christanty *et al.* (1996) onde após 6 anos obteve 21% de decomposição.

Porém os resultados para a decomposição de “folhas e ramos de bambu” obtidos neste trabalho foram semelhantes aos de Nath & Ashesh (2011) e Tripathi & Singh (1992), que obtiveram constante de decomposição  $k$  maior que 1.

Para a fração “folhas e ramos de bambu” ao se completar um ano de exposição no campo (CienTec 1 e IBot 1,65) os valores de  $k$  estiveram no centro de variação para trabalhos realizados em outros locais do Brasil e do mundo que variaram de 0,36 a 2,76 tabela 8.

Com exceção a fração “folhas e ramos de bambu” para a qual foi obtido maior estoque no local com domínio de bambu, os maiores estoques para as outras frações no trecho mais preservado podem estar relacionados com a maior produção de serapilheira neste local, conforme mostrado em Santos (2014).

Os maiores estoques no local mais preservado também podem estar relacionados com o maior fechamento do dossel (92%) com relação ao trecho com domínio de bambu (88%), conforme dados publicados por (Vinha *et al.* 2011), fato que indica maior incidência solar e um decréscimo de umidade sobre a serapilheira acumulada no solo da floresta mais degradada, fato também observado em Campanello *et al.* (2007), no Nordeste da Argentina, em local com domínio de lianas e bambu, foi registrado o dobro de incidência solar do que em trecho próximo de floresta (Montti *et al.* 2011).

Além dos fatores citados, outros como tipo de floresta (Floss *et al.* 1999), condições climáticas (Bray & Gohram 1964); proporção de copa (Schumacher 1995), bem como taxa de decomposição e distúrbios naturais como fogo ou artificiais como remoção da serapilheira ocorridos em florestas ou em povoamentos (Reis & Barros 1990), também podem afetar o acúmulo de serapilheira.

No entanto, um dos fatos de maior relevância para um maior estoque de serapilheira no trecho mais preservado sob influência dos mesmos fatores climáticos que o trecho mais perturbado, é a maior riqueza de espécies, maior densidade de indivíduos (Davison 2006) e um estágio sucessional secundário tardio sem histórico de perturbações há mais tempo (Pivello & Peccinini 2002, Shirasuna & Filgueiras 2013).

Os menores estoques de serapilheira no local com domínio de bambu no sub-bosque podem ser explicados pelo fato de haver menor produção de serapilheira, o que pode ocorrer devido à influência do ciclo de vida de *A. aristulata* e suas consequências na estrutura da floresta (Santos 2014), pois os eventos de floração, o processo de estabelecimento e a manutenção do ambiente para a dominância do bambu causam alterações na estrutura da vegetação e mudam os padrões da paisagem (Taylor *et al.* 1991, Campanello *et al.* 2007).

No Brasil, o mesmo modelo de dominância por bambus foi observado em diversas formações florestais, como na floresta semidecídua (Guilherme *et al.* 2004), na floresta ombrófila mista (Sanqueta *et al.* 2007), na floresta ombrófila densa (Araújo 2008) e na

floresta ombrófila aberta da Amazônia dominada por bambus do gênero *Guadua* (Silveira 1999). Sendo que na floresta aberta da Amazônia, a dominância por *Guadua weberbaueri* afetou a estrutura da vegetação, reduziu a densidade de árvores e a área basal da floresta (Silveira 2001).

No presente trabalho as taxas de decomposição entre os locais foram semelhantes, e as maiores perdas de massa para ambos ocorreram de dezembro de 2011 a março de 2012 (dos 6 aos 9 meses de exposição do material no campo), entre o período chuvoso e início do período seco.

Assim como no presente trabalho, onde as maiores perdas de massa ocorreram durante o período mais úmido, ao investigar os efeitos da disponibilidade de água na decomposição da serapilheira em florestas do Havaí, Austin (2002) constatou que a decomposição aumentou linearmente em um intervalo de tempo onde a precipitação aumentou de 500 para 5,500 milímetros. Em contrapartida Wieder & Wright (1995) observaram um aumento nas taxas de decomposição durante a estação seca em lotes irrigados de florestas tropicais no Panamá.

A elevada perda de massa dos 6 aos 9 meses, com mais de 70% de decomposição para as frações, exceto para o material “total” acumulado, podem ser explicados pela perda das moléculas de baixo peso molecular, tais como os aminoácidos que são facilmente degradados ou lixiviados nas primeiras fases de decomposição e que estando prontamente disponíveis aos decompositores são rapidamente mineralizados e convertidos em CO<sub>2</sub> (Stout *et al.* 1988).

No entanto, as menores taxas de decomposição a partir de 9 meses são explicadas pelo fato de que a partir deste período estruturas celulares mais recalcitrantes compostas por lignina, como por exemplo as paredes celulares começam lentamente a se decompor e também pelas cutículas e ceras que irão se decompor em estágios posteriores (Berg & McClaugherty 2008, Gioacchini *et al.* 2015).

Contudo, a taxa de decomposição é determinada pela natureza física e química do tecido vegetal, das condições de aeração temperatura e umidade do solo, bem como pela microflora e fauna presentes (Pritchett 1990).

Os resultados obtidos para os estoques de “outras folhas e ramos” (CienTec  $3.339 \pm 470$  kg ha<sup>-1</sup>, IBot  $5.037 \pm 857$  kg ha<sup>-1</sup>) e “total” (CienTec =  $4.588 \pm 540$  kg ha<sup>-1</sup>, IBot =  $7.089 \pm 1.144$  kg ha<sup>-1</sup>) são semelhantes aos obtidos em Mata Atlântica (Leitão Filho 1993, Borém & Ramos 2002, Vital *et al.* 2004, Pires *et al.* 2006, Lopes *et al.* 2009, Curvelo *et al.* 2009, Dickow 2010, Hayashi *et al.* 2012, Godinho *et al.* 2014, Castro 2014), porém menores que os encontrados em Floresta Ombrófila Mista, PR, que encontrou  $7.999 \pm 530$  kg ha<sup>-1</sup> em floresta de estágio inicial, 8.600 em floresta de estágio secundário e 7.600 em floresta de estágio mais avançado (Caldeira 2003).

Os resultados para os estoques nos dois trechos também foram menores que os encontrados por Morelato (1992), Domingos e colaboradores (2000), Côrrea (2005), Valcarcel *et al.* (2007) e menores a os registrados em formação de Caatinga (Souto 2006, Ferreira *et al.* 2007). Também foram menores que os encontrados nos mesmos trechos estudados por Santos (2014), que obteve  $10.338$  kg ha<sup>-1</sup> no local mais preservado e  $7.090$  kg ha<sup>-1</sup> no trecho com domínio de bambu no sub-bosque. Foram maiores apenas aos encontrados por Alves *et al.* (2006).

Os resultados de serapilheira para a serapilheira “total” (CienTec  $4.588 \pm 540$  kg ha<sup>-1</sup> e IBot  $7.089 \pm 1144$  kg ha<sup>-1</sup>) foram semelhantes aos obtidos por Dickow (2010), que obteve  $3.786$ ,  $7.216$  e  $3922$  kg.ha<sup>-1</sup> nas fases, inicial, média e avançada em três áreas de floresta Atlântica, respectivamente.

Os valores de k deste trabalho estão dentro da faixa de variação para os encontrados em outros trabalhos realizados em Mata Atlântica (Tabela 7) e outras formações florestais (Pires *et al.* 2006, Valcarcel *et al.* 2007, Neto 2008, Martins 2010, Costa 2012, Castro 2014) onde os valores variam de 0,71 a 2,47.

Os valores de  $k'$  ou porcentagem de decomposição variaram de 0,5% no período inicial a 83% no período final no trecho do CienTec e de 10,2% no período inicial a 84% no período final no IBot e podem ser comparados aos valores de porcentagem de decomposição que variaram de 27 a 73% em trabalhos realizados por (Rebello 1994, Toledo & Pereira 2004, Terror *et al.* 2011, Pereira *et al.* 2013, Costa *et al.* 2015), indicando menores porcentagens de decomposição no período inicial de exposição do material no campo e decomposição semelhante no período final.

Os valores de  $k$  e  $k'$  estiveram na faixa dos valores encontrados para a Mata Atlântica e entre os citados por Haag (1985), em que ressalta que o coeficiente " $k$ " para decomposição de serapilheira varia, em florestas tropicais, de 1,1 a 3,8, enquanto que nas florestas temperadas esse coeficiente fica entre 0,4 e 1,4, indicando, no primeiro caso um curto período de decomposição e, no segundo, longo período de permanência da matéria orgânica no solo. Indicando neste trabalho um período médio para a decomposição da serapilheira em ambas as áreas.

Assim como as taxas de decomposição o tempo de renovação da fração de serapilheira “total” também foi semelhante entre os locais com domínio e sem domínio de bambu (CienTec 1,51 anos e IBot 1,61 anos).

Contudo, as semelhanças entre os dois trechos, podem estar associadas ao fato de que se encontram sob o mesmo regime climático, o principal fator determinante na decomposição (Aerts 1997). Outro fato associado à semelhança na taxa de decomposição entre os trechos é que possa ter ocorrido uma mudança da taxa de decomposição no ambiente florestal através da combinação entre os fatores microclimáticos e a atividades dos decompositores no local degradado ao longo dos anos de regeneração convergindo para a taxa de decomposição que ocorre no trecho mais preservado (Vendrami *et al.* 2012).

**Tabela 8.** Estoque de serapilheira, k e quantidade de nutrientes na serapilheira acumulada neste e em outros estudos

Local	Estágio/característica	Serapilheira Acumulada Kg ha <sup>-1</sup>	k	Nutrientes na serapilheira Acumulada (kg ha <sup>-1</sup> )						F: fonte
				N	P	K	Ca	Mg	S	
Jundiaí, SP	Avançado	7000	1,60	---	---	---	---	---	---	Morelato (1992)
Jundiaí, SP	Avançado	8600	1,30	---	---	---	---	---	---	Morelato (1992)
Cubatão, SP	Inicial	3943	1,46	97	2	7	32	7	7	Leitão Filho <i>et al.</i> (1993)
Cubatão, SP	Avançado	4088	1,09	100	2	6	34	7	7	Leitão Filho <i>et al.</i> (1993)
Santo André, SP	Muito poluída	8174	-----	138	7	7	55	6	27	Domingos <i>et al.</i> (2000)
Santo André, SP	Muito poluída	8989	-----	155	7	8	54	7	29	Domingos <i>et al.</i> (2000)
Santo André, SP	Menos poluída	6615	-----	106	5	7	74	7	10	Domingos <i>et al.</i> (2000)
Floresta Azul, BA	Preservada	6100	-----	116	3	19	195	19	-	Curvelo <i>et al.</i> (2009)
Antonina, PR	Inicial	3786	1,37	39	3	4	27	7	-	Dichow (2010)
Antonina, PR	Médio	7216	0,75	96	4	9	16	14	-	Dichow (2010)
Antonina, PR	Avançado	3922	1,36	38	3	4	21	8	-	Dichow (2010)
Botucatu, SP	Preservada	6227	1,71	18	1	4	16	3	-	Vital <i>et al.</i> (2004)
Ouro Preto do Oeste, RO	Inicial	12740	----	296	13	61	237	25	17	Côrrea (2005)
Cubatão, SP	Inicial	3943	----	97	2	7	32	7	7	Lopes <i>et al.</i> (2009)
Cubatão, SP	Avançado	4088	----	100	2	6	34	7	7	Lopes <i>et al.</i> (2009)
Cubatão, SP	Degradado	5804	----	233	6	11	72	9	11	Lopes <i>et al.</i> (2009)
Iguatu, Ceará	Preservada	-----	0,71	-----	-----	-----	-----	-----	-----	Lopes <i>et al.</i> (2009)
Capitão do Poço, PA	Primário	3570	0,81	77	1	10	31	11	----	Hayashi <i>et al.</i> (2012)
Capitão do Poço, PA	Inicial	6700	0,94	93	1	12	42	15	----	Hayashi <i>et al.</i> (2012)
Capitão do Poço, PA	Médio	5630	1,08	89	1	12	46	11	----	Hayashi <i>et al.</i> (2012)
Capitão do Poço, PA	Médio	5650	1,21	126	1	10	33	13	----	Hayashi <i>et al.</i> (2012)
Capitão do Poço, PA	Avançado	3730	1,35	143	2	11	23	17	----	Hayashi <i>et al.</i> (2012)
Cachoeira de Itapemirim, ES	Avançado	5500	-----	94	4	14	161	12	7	Godinho <i>et al.</i> (2014)
São Paulo, SP	Perturbada-bambu	7090	0,96	136	3	8	56	6	9	Santos (2014)
São Paulo, SP	Preservada	10338	0,80	191	5	11	95	8	13	Santos (2014)
São Paulo, SP	Perturbada-bambu	4588	0,66	----	----	----	----	----	----	este estudo (“outras folhas e ramos + bambu)
São Paulo, SP	Preservada	7089	0,62	----	----	----	----	----	----	este estudo (“outras folhas e ramos + bambu)
São Paulo, SP	Perturbada-bambu	5.628	1,79	56,2	1,5	4,3	25	3,2	3,3	este estudo (“outras folhas e ramos”)
São Paulo, SP	Preservada	8.992	1,82	95,5	2,4	6	50	4,3	6,4	este estudo (“outras folhas e ramos”)

**Tabela 9.** Constante de decomposição k de serapilheira acumulada de bambu deste e de outros estudos

Local	Estágio/condição	Espécie dominante	Fração	k	Fonte
Varanasi, Índia	Perturbada	<i>Dendrocalamus strictus</i>	Folhas	1,51	Tripathi & Singh (1992)
Varanasi, Índia	Perturbada	<i>Dendrocalamus strictus</i>	Bainha	2,76	Tripathi & Singh (1992)
Varanasi, Índia	Perturbada	<i>Dendrocalamus strictus</i>	Madeira	0,43	Tripathi & Singh (1992)
Varanasi, Índia	Perturbada	<i>Dendrocalamus strictus</i>	Galhos	1,08	Tripathi & Singh (1992)
Varanasi, Índia	Perturbada	<i>Dendrocalamus strictus</i>	Raízes	1,71	Tripathi & Singh (1992)
Sudoeste da China	Perturbada	<i>Sinarundinaria nítida</i>	Folha	0,45	Liu <i>et al.</i> (2000)
Pedras de fogo, Brasil	Cultivo I	<i>Bambusa vulgaris</i>	Folhas e colmos	----	Mendes <i>et al.</i> (2010)
Pedras de fogo, Brasil	Cultivo II	<i>Bambusa vulgaris</i>	Folhas e colmos	----	Mendes <i>et al.</i> (2010)
Pedras de fogo, Brasil	Cultivo III	<i>Bambusa vulgaris</i>	Folhas e colmos	----	Mendes <i>et al.</i> (2010)
Dargakona, Cachar, Índia	Cultivo	<i>Bambusa cacharensis</i>	Folha	1,44	Nath & Ashesh (2011)
			Bainha	1,31	Nath & Ashesh (2011)
Dargakona, Cachar, Índia	Cultivo	<i>Bambusa vulgaris</i>	Folha	1,71	Nath & Ashesh (2011)
			Bainha	1,21	Nath & Ashesh (2011)
Dargakona, Cachar, Índia	Cultivo	<i>Bambusa balcooa</i>	Folha	1,64	Nath & Ashesh (2011)
			Bainha	1,07	Nath & Ashesh (2011)
Misiones, Argentina	Perturbada	<i>Chusquea ramosissima</i>	Folhas	0,67	Montti <i>et al.</i> (2011)
Misiones, Argentina	Perturbada	<i>Chusquea ramosissima</i>	Ramos	0,97	Montti <i>et al.</i> (2011)
Misiones, Argentina	Perturbada	<i>Chusquea ramosissima</i>	Colmos	0,93	Montti <i>et al.</i> (2011)
Misiones, Argentina	Controle	<i>Chusquea ramosissima</i>	Folhas	0,57	Montti <i>et al.</i> (2011)
Misiones, Argentina	Controle	<i>Chusquea ramosissima</i>	Ramos	0,87	Montti <i>et al.</i> (2011)
Misiones, Argentina	Controle	<i>Chusquea ramosissima</i>	Colmos	0,94	Montti <i>et al.</i> (2011)
Ponta Grossa, Brasil	Degradada	<i>Guadua paraguayana</i>	Folha	0,96	Galvão <i>et al.</i> (2012)
Nakagawa, Japão	Médio	<i>Sasa senanensis</i>	Folhas	0,42	Watanabe <i>et al.</i> (2013)
Nakagawa, Japão	Médio	<i>Sasa senanensis</i>	Colmos	0,36	Watanabe <i>et al.</i> (2013)
São Paulo, Brasil	Degradada	<i>Aulonemia aristulata</i>	Folhas e colmos	1,01	Este estudo
São Paulo, Brasil	Preservada	Vários bambus	Folhas e colmos	1,65	Este estudo

## 6.2 Presença de raízes na serapilheira

As raízes são fortemente dependentes de fatores bióticos e abióticos para crescerem e se desenvolverem (Freitas *et al.* 2005), e através da sua renovação liberam compostos ao solo influenciando assim sua fertilidade (Lehmann & Zech 1998).

Neste trabalho diferenças significativas de massa seca entre os dois trechos ocorreram somente no período final da exposição do material no campo, que provavelmente foi devido ao maior crescimento das raízes nos dois trechos ter ocorrido no período chuvoso entre janeiro e início de março, principalmente no local mais preservado, sem domínio de bambus e com o dossel mais fechado podendo preservar a umidade no sub-bosque e solo da floresta, favorecendo o crescimento das raízes.

O local mais preservado foi onde se encontrou a maior massa de raízes na última coleta, provavelmente devido à maior retenção de umidade nesta área.

Contudo, além de não terem ocorrido diferenças significativas entre os trechos até o nono mês, o trecho do CienTec também não indicou diferenças significativas entre os períodos trimestrais dentro do local, diferentemente do trecho no IBot que mostrou diferenças significativas entre os períodos trimestrais durante todo o ano dentro da área.

A quantidade e a extensão das raízes que se desenvolvem em determinado local está diretamente relacionada com as condições ambientais, as características físicas e químicas do solo, com os fatores genéticos das plantas, com a relação entre a parte aérea e a parte radicular, com o manejo do solo e com as práticas culturais adotadas (Costa *et al.* 1999), por isso uma das formas de reabilitação de áreas degradadas é o conhecimento das inter-relações entre os compartimentos dos ecossistemas, e entre a diversidade de espécies e seus efeitos no substrato da floresta (Valcarcel & D'Altério 1998).

Provavelmente o peso semelhante entre as amostras de raízes entre as coletas no CienTec advém do fato de que o local dispõe de menor diversidade de espécies e menor densidade de indivíduos (Davison 2006), conferindo a este uma maior homogeneidade e menor quantidade

de raízes no solo da floresta, diferentemente do local mais preservado que além de indicar diferenças entre os períodos dentro do local também indicou maior contribuição de raízes.

Mesmo que neste trabalho, diferentemente de algumas metodologias aplicadas em trabalhos tenha-se coletado as raízes presentes na serapilheira acumulada sobre o solo e não se tendo coletado dentro do solo, os fatores bióticos e abióticos que geram determinada abundância ou ausência de raízes podem ser comparados, assim como as médias de peso encontradas.

Os resultados obtidos por Valcarcel e colaboradores (2007), em reflorestamento na Mata Atlântica onde em um trecho sob domínio de uma única espécie exótica foi obtida uma média de  $70 \pm 17 \text{ kg ha}^{-1}$  e em outro com maior diversidade de espécies obteve  $352 \pm 86 \text{ kg ha}^{-1}$ , foram inferiores aos resultados obtidos neste trabalho onde o trecho com maior diversidade de espécies mostrou maior contribuição na biomassa de raízes que o local com menor diversidade de espécies (CienTec  $702 \pm 410 \text{ kg ha}^{-1}$  e IBot  $885 \pm 400 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

No entanto, os resultados obtidos neste trabalho estão abaixo dos obtidos em Caldeira (2003), no qual obteve uma média de  $4.000 \pm 648,7 \text{ kg ha}^{-1}$  de raízes em suas várias unidades amostrais em Floresta Ombrófila Mista no Paraná.

O peso total de raízes durante o ano para este trabalho em trecho com domínio de bambu no sub-bosque foi de  $3.512 \text{ kg ha}^{-1}$  e de  $4.427 \text{ kg ha}^{-1}$  para o trecho sem domínio de bambu.

Os valores de peso total de raízes encontradas neste trabalho também estão abaixo dos valores encontrados em Domingos *et al.* (2000), em área sob forte poluição atmosférica e local menos poluído nos quais obteve respectivamente  $7.671 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $9.288 \text{ kg ha}^{-1}$ .

### **6.3. Concentração de nutrientes na serapilheira acumulada**

A vegetação está intimamente ligada ao solo, sendo assim a degradação florestal pode influenciar mudanças na ciclagem de nutrientes, na produtividade, na estrutura da floresta e na taxa fotossintética, entre outros fatores, podendo mudar o funcionamento dos ecossistemas (Asner *et al.* 2004).

As florestas armazenam quantidades relativamente altas de nutrientes e o teor total de nutrientes está relacionado com a composição das espécies florestais, com o clima, com o solo e com o período de acumulação após uma perturbação da cobertura florística (Pritchett 1990).

Durante o período de trabalho as maiores concentrações de nutrientes na serapilheira acumulada foram obtidas entre o período inicial e aos 3 meses seguintes (junho/2011 a setembro/2011, período com menor precipitação), com um decréscimo dos 6 aos 9 meses para a maioria dos nutrientes (dezembro/2011 a março/2012, período de maior precipitação e temperatura) e uma concentração média ou maior que a inicial para alguns nutrientes no período final (junho/2012).

A maior perda de nutrientes dos 6 aos 9 meses é normal pois as moléculas de baixo peso molecular, tais como os aminoácidos são facilmente degradados ou lixiviados nas primeiras fases de decomposição (Stout *et al.* 1988) e as maiores concentrações de alguns nutrientes aos 12 meses representam os nutrientes que fazem parte das estruturas celulares mais recalcitrantes, que são liberados com a decomposição em estágios posteriores (Berg & McLaugherty 2008, Gioacchini *et al.* 2015).

Durante o período estudado a fração “outras folhas e ramos” indicou imobilização apenas de Ca nos dois trechos, enquanto as “folhas e ramos de bambu” indicaram imobilização de Cu e Fe em ambas, S e Zn somente no CienTec e P somente no IBot, sendo estas as frações de serapilheira com a maior mobilidade de nutrientes no sistema.

O “material mais decomposto” apresentou imobilização de N, Ca e Mn nos dois trechos, de P somente no CienTec e de Cu, Fe e Zn somente no IBot, sendo assim a fração de serapilheira com a menor mobilidade de nutrientes.

Conforme relatado por Townsend *et al.* (2002), a imobilização de P nas frações de serapilheira é normal pois o nutriente é altamente recalcitrante e possui pouca mobilidade nos sistemas.

A tendência à imobilização do Ca observada nas frações “outras folhas e ramos” e “material mais decomposto” é devido a este ser um componente estrutural das células do tecido vegetal, tendendo assim a ser um dos últimos a ser liberado ao solo pela decomposição da serapilheira (Godinho *et al.* 2014).

Diferentes conteúdos de macronutrientes na serapilheira acumulada podem estar correlacionados com a mobilidade dos elementos na planta (Caldeira 2003). Por exemplo, a grande variabilidade do potássio na serapilheira acumulada indicada neste e em outros trabalhos mostra uma relação do nutriente com a variação na precipitação pluviométrica, devido a sua alta capacidade de lixiviação pela lavagem das folhas da serapilheira (Pagano & Durigan 2000) e por não fazer parte de compostos orgânicos ocorrendo na forma solúvel ou adsorvido no suco celular (Marschner 1997).

Este fato pode ser observado pelas baixas concentrações de K nas frações “folhas e ramos de bambu” e “material mais decomposto” nos meses intermediários (de dezembro até o início de março), principalmente no CienTec, nos quais se concentrou o período chuvoso.

Conforme ocorre a mineralização, ocorre também a imobilização de parte dos nutrientes para atender à necessidade nutricional dos organismos decompositores. Como resultado da dinâmica e intensidade entre estes dois processos opostos, tem-se a mineralização ou imobilização líquida, que determinam a disponibilidade de nutrientes. O balanço entre esses dois processos é muito complexo e depende da qualidade do resíduo em decomposição, tendo estreita correlação com as relações C/N, C/P e C/S (Godinho *et al.* 2014).

A ciclagem do Potássio na relação solo-planta-solo é mais rápida do que a de outros nutrientes, por se tratar de um cátion monovalente (Jordan 1985). Já o Cálcio e Magnésio, mesmo sendo considerados como moderadamente laváveis (Pagano & Durigan, 2000), apresentaram menores variações nos teores.

O Magnésio tem seus teores reduzidos nas folhas, em função provavelmente da oxidação da clorofila, que ocorre quando as folhas estão em senescência e quando iniciam a decomposição sobre o solo (Brun *et al.* 2001), fato que também foi observado com relação a pouca variação de Ca e Mg na concentração de nutrientes, que foi indicada na concentração de Mg na fração “folhas e ramos de bambu” dois trechos e na fração de “material mais decomposto” no IBot somente e para o Ca na maioria das frações e em ambos os trechos.

Segundo Godinho *et al.* (2013), os maiores teores de S podem ser observados nos meses mais frios, em junho e julho, fato também observado no presente trabalho em todas as frações de serapilheira acumulada, onde a concentração de S declinou nos meses intermediários e aumentou no período final (Junho/2012).

A ordem decrescente para a concentração de macronutrientes indicou para o CienTec na fração “outras folhas e ramos” (N>Ca>K>S>Mg>P), “material mais decomposto” (N>Ca>S>K>Mg>P), “folhas e ramos de bambu” (N>Ca>K>S>Mg>P) e no IBot para as “outras folhas e ramos” (N>Ca>S>K>Mg>P), “material mais decomposto” (N>Ca>S>K>P>Mg) e “folhas e ramos de bambu” (N>Ca>S>K>Mg>P).

A concentração e a ordem decrescente de nutrientes em Caldeira (2003), indicou em  $\text{g kg}^{-1}$  11,97 de N, 0,68 de P, 5,67 de K, 4,61 de Ca, 0,95 de Mg e 1,85 de S, e (N>K>Ca>S>Mg>P). As concentrações foram diferentes das encontradas neste trabalho, porém semelhantes à ordem decrescente dos outros nutrientes encontrados para as “outras folhas e ramos” no CienTec e IBot, diferindo apenas quanto a ordem do Ca e K.

Em trabalho realizado por Vogel e Schumacher (2010) com a serapilheira acumulada em uma Floresta Estacional Semidecídua, em São Gabriel, RS, os autores encontraram um teor de

15,73 g kg<sup>-1</sup> de N, 0,63 g kg<sup>-1</sup> de P, 1,82 g kg<sup>-1</sup> de K, 14,19 g kg<sup>-1</sup> de Ca, 2,05 g kg<sup>-1</sup> de Mg e 1,05 g kg<sup>-1</sup> de S, sendo esses valores, com exceção para o N, superiores aos encontrados no presente trabalho em ambos os trechos.

No entanto os resultados obtidos neste trabalho para a ordem decrescente dos nutrientes N>Ca>K>S>Mg>P são semelhantes aos encontrados por Vogel e Schumacher (2010), sendo a mesma: N >Ca > Mg > K > S > P, na qual o N é o macronutriente com a maior concentração e o P o nutriente com a menor concentração e seguem a sequência de valores de concentrações de macronutrientes conforme a tendência registrada para os ecossistemas florestais (Haag 1985): N>Ca>K>Mg>P.

Contudo, as concentrações de macronutrientes deste trabalho estão dentro dos valores encontrados em trabalhos realizados em florestas do Brasil onde as variações foram de 2,42 a 21,5 g kg<sup>-1</sup> para o N, de 0,2 a 1,3 g kg<sup>-1</sup> para o P, de 1 a 6,2 g kg<sup>-1</sup> para o K, de 2, 2 a 29,5 de Ca g kg<sup>-1</sup>, de 0,7 a 4,4 de Mg g kg<sup>-1</sup> e de 1 a 3,3 g kg<sup>-1</sup> para o S (Domingos *et al.* 2000, Vital *et al.* 2004, Dichow 2010, Hayashi *et al.* 2012, Godinho *et al.* 2014, Ribeiro 2014, tabela 7).

A ordem decrescente para a concentração de macronutrientes na fração “folhas e ramos de bambu” indicou para o CienTec N>Ca>K>S>Mg>P) e para o IBot N>Ca>S>K>Mg>P.

Embora a concentração e conteúdo de nutrientes em componentes da parte aérea em diferentes espécies de bambus variem muito com o genótipo, a idade, o ambiente e com a parte da planta, usando como referência a concentração em folhas, que é normalmente alta, há a tendência para a sequência decrescente K> N > Ca > Mg > P (Kleinhenz e Midmore 2001; Shanmughavel e Francis 2002; Embaye *et al.* 2005), que diferem da ordem encontrada neste trabalho com exceção para o Mg e P que aparecem na mesma ordem.

Os resultados referentes à ordem decrescente dos nutrientes no “material foliar e ramos de bambu” deste estudo também diferem dos encontrados em Liu *et al.* (2000) no qual os nutrientes aparecem na seguinte ordem: K>Ca>P>N>Mg, porém mantém a tendência para a

ordem decrescente de nutrientes em serapilheira florestal conforme (Haag 1985): N>Ca>K>Mg>P.

As médias para as concentrações de nutrientes nas “folhas e ramos de bambu” no CienTec foram (14,17 g kg<sup>-1</sup> de N, 0,51 g kg<sup>-1</sup> de P, 1,41 g kg<sup>-1</sup> de K, 2,76 g kg<sup>-1</sup> Ca, 0,61 g kg<sup>-1</sup> de Mg, 0,74 g kg<sup>-1</sup> de S, 22,07 g kg<sup>-1</sup> de B, 20,63 g kg<sup>-1</sup> de Cu, 1730,56 g kg<sup>-1</sup> de Fe, 1793,56 g kg<sup>-1</sup> de Mn e 86,13 g kg<sup>-1</sup> de Zn) e no IBot (11,86 g kg<sup>-1</sup> de N, 0,42 g kg<sup>-1</sup> de P, 0,83 g kg<sup>-1</sup> de K, 3,10 g kg<sup>-1</sup> Ca, 0,53 g kg<sup>-1</sup> de Mg, 1,02 g kg<sup>-1</sup> de S, 18,56 g kg<sup>-1</sup> de B, 23,75 g kg<sup>-1</sup> de Cu, 1751,88 g kg<sup>-1</sup> de Fe, 1606,38 g kg<sup>-1</sup> de Mn e 106,25 g kg<sup>-1</sup> de Zn).

Comparando-se as concentrações de macronutrientes nas “folhas e ramos de bambu” pode-se dizer que foram maiores que as obtidas em Mendes *et al.* (2010), nas quais obteve em três povoamentos sob diferentes declividades as seguintes concentrações: (cultivo I - 0,22 g kg<sup>-1</sup> de N, 0,02 g kg<sup>-1</sup> de P, 0,04 g kg<sup>-1</sup> de K, 0,05 g kg<sup>-1</sup> de Ca e 0,02 g kg<sup>-1</sup> de Mg), (cultivo II - 0,36 g kg<sup>-1</sup> de N, 0,03 g kg<sup>-1</sup> de P, 0,09 g kg<sup>-1</sup> de K, 0,08 g kg<sup>-1</sup> de Ca e 0,19 g kg<sup>-1</sup> de Mg), (cultivo III - 0,30 g kg<sup>-1</sup> de N, 0,03 g kg<sup>-1</sup> de P, 0,17 g kg<sup>-1</sup> de K, 0,14 g kg<sup>-1</sup> de Ca e 0,46 g kg<sup>-1</sup> de Mg). E, com exceção para P e K, foram maiores que as obtidas em Galvão *et al.* (2012), onde se obteve 8,88 g kg<sup>-1</sup> de N, 0,00 g kg<sup>-1</sup> de P, 6,69 g kg<sup>-1</sup> de K, 1,28 g kg<sup>-1</sup> de Ca e 0,18 g kg<sup>-1</sup> de Mg.

As concentrações de nutrientes em “outras folhas e ramos” e no “material mais decomposto” exceto a fração “folhas e ramos de bambu” e “raízes” indicaram maior concentração de nutrientes na camada de serapilheira no trecho sem dominância de bambu.

As maiores concentrações de nutrientes no trecho sem domínio de bambu se deve ao fato de ser mais preservada, com maior riqueza de espécies, maior densidade de indivíduos (Davison 2006) e um estágio sucessional secundário tardio sem histórico de perturbações há mais de quatro décadas (Pivello & Peccinini 2002, Shirasuna & Filgueiras 2013).

Assim foi indicada maior imobilização de nutrientes no trecho mais preservado e maior velocidade na ciclagem de nutrientes no trecho mais degradado, dominada por bambus no sub-bosque.

#### **6.4. Concentração e quantidade de nutrientes nas raízes**

As raízes assim como a madeira morta a micro, meso e a macrofauna também são vias de transferência de carbono orgânico para o solo (Caldeira *et al.* 2008). A sequência em ordem decrescente dos nutrientes na fração raízes neste trabalho indicaram a mesma ordem para os macronutrientes e micronutrientes no CienTec e IBot (N>Ca>K>Mg>S>P e Fe>Mn>Zn>Cu>B).

Em trabalho realizado em um Bosque Pluvial de Terras Baixas (Rodrigues Jiménez 1988), os conteúdos dos macronutrientes na biomassa radicular mostraram uma ordem para os macronutrientes (N > K > Ca > Mg > P), que seguem um padrão nas Florestas Tropicais úmidas confirmando-a na revisão feita por Vitousek e Sanford (1986) sobre ciclagem de nutrientes., Este padrão difere da ordem encontrada neste trabalho onde apresentou somente a mesma ordem para o N e P, não tendo os outros nutrientes seguido a mesma ordem, contudo manteve a tendência para a ordem decrescente de nutrientes em serapilheira florestal (Haag 1985): N>Ca>K>Mg>P.

As raízes não indicaram diferenças significativas entre os dois trechos para os macro e micronutrientes, as concentrações de nutrientes nas raízes indicaram imobilização somente do N, S e Fe no CienTec e P, S, Cu, Fe e Zn no IBot e as quantidades dos nutrientes nas raízes apresentaram imobilização de S no CienTec e de P, Ca, S, Cu, Fe e Zn no IBot.

Em Domingos *et al.* (2000), uma área fortemente poluída indicou quantidade de nutrientes nas raízes de 91 kg ha<sup>-1</sup> de N, 4 kg ha<sup>-1</sup> de P, 7 kg ha<sup>-1</sup> de K, 13 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, 3 kg ha<sup>-1</sup> de Mg e 12 kg ha<sup>-1</sup> de S. No local menos poluído encontrou: 106 kg ha<sup>-1</sup> de N, 6 kg ha<sup>-1</sup> de P, 10 kg ha<sup>-1</sup> de K, 39 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, 6 kg ha<sup>-1</sup> de Mg e 17 kg ha<sup>-1</sup> de S.

As quantidades obtidas em Domingos *et al.* (2000) foram superiores às obtidas nos dois locais deste estudo, onde se obteve 10,84 kg ha<sup>-1</sup> de N, 0,49 kg ha<sup>-1</sup> de P, 2,08 kg ha<sup>-1</sup> de K, 2,32 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, 0,80 kg ha<sup>-1</sup> de Mg e 0,51 kg ha<sup>-1</sup> de S, já no IBot obteve-se 17,02 kg ha<sup>-1</sup> de N, 0,63 kg ha<sup>-1</sup> de P, 3,0 kg ha<sup>-1</sup> de K, 4,25 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, 1,19 kg ha<sup>-1</sup> de Mg e 2,63 kg ha<sup>-1</sup> de S.

Os micronutrientes nas raízes em Caldeira (2003) seguiram a seguinte ordem (Fe > Mn > Zn > B > Cu), que diferiu da ordem encontrada neste estudo para os dois trechos estudados (Fe>Mn>Zn>Cu>B) somente quanto a ordem do Cu e B.

### **6.5. Transferência de nutrientes pela serapilheira acumulada**

Com relação a transferência de nutrientes aos trechos com domínio e sem domínio de bambu, o N foi o nutriente mais abundante participando do total de nutrientes com mais de 50% (CienTec 61,74% e IBot 59%), e as maiores transferências de nutrientes ocorreram na área do IBot, tendo transferido ao solo 169,15 kg ha<sup>-1</sup> e o CienTec 85,86 kg ha<sup>-1</sup> de nutrientes ao final do estudo.

A fração “outras folhas e ramos” transferiu ao solo do CienTec um total de 27,53 kg ha<sup>-1</sup> de nutrientes, sendo 24,80 kg ha<sup>-1</sup> de macronutrientes e 2,73 kg ha<sup>-1</sup> de micronutrientes, já a área do IBot transferiu ao solo 49,53 kg ha<sup>-1</sup> de nutrientes com 45,52 kg ha<sup>-1</sup> de macronutrientes e 4,01 kg ha<sup>-1</sup> de micronutrientes.

A fração “material mais decomposto” transferiu ao solo do CienTec um total de 57,06 kg ha<sup>-1</sup> de nutrientes, sendo 47,60 kg ha<sup>-1</sup> de macronutrientes e 9,47 kg ha<sup>-1</sup> de micronutrientes, já a área do IBot transferiu ao solo 118,69 kg ha<sup>-1</sup> de nutrientes com 101,07 kg ha<sup>-1</sup> de macronutrientes e 17,62 kg ha<sup>-1</sup> de micronutrientes.

Ao longo do ano a fração “folhas e ramos de bambu” transferiu ao solo do trecho no CienTec um total de 1,27 kg ha<sup>-1</sup> de nutrientes, sendo 1,07 kg ha<sup>-1</sup> de macronutrientes e 0,20

kg ha<sup>-1</sup> de micronutrientes, já a área do IBoT transferiu ao solo 0,93 kg ha<sup>-1</sup> de nutrientes com 0,77 kg ha<sup>-1</sup> de macronutrientes e 0,16 kg ha<sup>-1</sup> de micronutrientes.

Os conteúdos de nutrientes apresentados pela fração “folhas e ramos de bambu” concordam com os do estudo realizado por Galvão *et al.* (2012), em um remanescente de Floresta Ombrófila mista aluvial degradada, onde foi constatada a supressão da vegetação local pela espécie de bambu *Guadua paraguayana* e diminuição na transferência de nutrientes e carbono orgânico pelas folhas e colmos do bambu ao solo, sendo o nitrogênio o elemento mais abundante representando 54,54% do total de nutrientes transferidos no período analisado por lâminas e bainhas, que retornaram ao ambiente 164,27 kg ha<sup>-1</sup> dos macronutrientes, porém as transferências de nutrientes da fração “outras folhas e ramos” nos dois trechos de área neste trabalho foram menores.

A baixa transferência de nutrientes através do bambu pode ser explicada também pela alta resistência mecânica das fibras do bambu formadas pelos grupos lignina celulose que resistem aos impactos, tração e aos microrganismos decompositores, pois em sua parte externa há um composto de sílica e cera que são análogos à casca de árvores, e que conferem uma camada protetora para retenção da umidade interna e proteção físico-mecânica de sua estrutura (Liese 1980).

Em Domingos *et al.* (2000) obteve-se a seguinte sequência de conteúdo em kg ha<sup>-1</sup> de nutrientes na camada de serapilheira em trecho de floresta fortemente poluída: 138 kg ha<sup>-1</sup> de N, 7 kg ha<sup>-1</sup> de P, 7 kg ha<sup>-1</sup> de K, 55 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, 6 kg ha<sup>-1</sup> de Mg e 27 kg ha<sup>-1</sup> de S. Para o trecho menos poluída obteve-se: 155 kg ha<sup>-1</sup> de N, 7 kg ha<sup>-1</sup> de P, 8 kg ha<sup>-1</sup> de K, 54 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, 7 kg ha<sup>-1</sup> de Mg e 29 kg ha<sup>-1</sup> de S, já em Godinho *et al.* (2014), o conteúdo médio de macronutrientes na serapilheira acumulada foi de 293,58 kg ha<sup>-1</sup>.

Tanto os resultados de Domingos *et al.* (2000) quanto os de Godinho *et al.* (2014) apresentaram valores superiores aos encontrados neste estudo para a quantidade total de nutrientes na serapilheira nos quais o CienTec obteve médias de 25,68 kg ha<sup>-1</sup> de N, 0,73 kg

ha<sup>-1</sup> de P, 1,89 kg ha<sup>-1</sup> de K, 9,86 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, 1,28 kg ha<sup>-1</sup> de Mg, 1,62 kg ha<sup>-1</sup> de S, 0,03 kg ha<sup>-1</sup> de B, 0,04 kg ha<sup>-1</sup> Cu, 3,12 kg ha<sup>-1</sup> Fe, 2,08 kg ha<sup>-1</sup> de Mn e 0,16 kg ha<sup>-1</sup> de Zn e no IBot 55,46 kg ha<sup>-1</sup> de N, 1,46 kg ha<sup>-1</sup> de P, 3,20 kg ha<sup>-1</sup> de K, 25,24 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, 2,23 kg ha<sup>-1</sup> de Mg, 4,05 kg ha<sup>-1</sup> de S, 0,08 kg ha<sup>-1</sup> de B, 0,11 kg ha<sup>-1</sup> Cu, 6,67 kg ha<sup>-1</sup> Fe, 3,11 kg ha<sup>-1</sup> de Mn e 0,41 kg ha<sup>-1</sup> de Zn.

No presente trabalho o nutriente mais abundante nos dois locais foi o N e o menos abundante foi B, diferentemente dos resultados obtidos em Godinho *et al.* (2014), no qual o Cálcio participou do total com 54,9% e o Fósforo com 1,4%, respectivamente e concordou com Domingos *et al.* (2000), onde o N foi o nutriente mais abundante.

Em Godinho *et al.* (2014) a ordem decrescente dos conteúdos foi: Ca > N > K > Mg > S > P, diferindo da ordem encontrada neste estudo para o total de nutrientes na área do IBot (N>Ca>S>K>Mg>P) e no CienTec (N>Ca>K>S>Mg>P).

As quantidades decrescentes de nutrientes em Caldeira (2003), indicaram em kg ha<sup>-1</sup> 95,66 N, P 5,43, 45,32 K, 36,84 Ca, 14,75 S, 7,56 Mg, (N>K>Ca>S<Mg>P), sendo diferentes das quantidades de nutrientes obtidas neste trabalho e semelhantes quanto a ordem dos nutrientes encontradas neste estudo para “outras folhas e ramos” e “total” de nutrientes no CienTec e IBot.

Os resultados de outros estudos indicaram para a quantidade de nutrientes na serapilheira acumulada valores que foram de 18 a 296 kg ha<sup>-1</sup> de N, 1 a 13 kg ha<sup>-1</sup> de P, 4 a 61 kg ha<sup>-1</sup> de K, 16 a 237 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, 3 a 25 kg ha<sup>-1</sup> de Mg e 7 a 29 kg ha<sup>-1</sup> de S (Morelato 1992, Leitão Filho *et al.* 1993, Domingos *et al.* 2000, Curvelo *et al.* 2009, Dichow 2010, Vital *et al.* 2004, Côrrea 2005, Lopes *et al.* 1990, 2009, Hayashi *et al.* 2012, Godinho *et al.* 2014, Santos 2014), que com exceção para o N indicaram quantidades maiores que as obtidas no presente trabalho para os outros macronutrientes.

No entanto, conforme O'Connell e Sankaran (1997), os estoques de nutrientes (kg ha<sup>-1</sup>) na serapilheira acumulada de florestas tropicais naturais variam de 7 a 96 de N, 0,2 a 5 de P, 1

a 16 de K, 4 a 270 de Ca e 0,7 a 14 de Mg, que se encontram dentro da faixa de variação para as quantidades de macronutrientes obtidas em todas as frações de serapilheira acumulada neste estudo.

A menor transferência de nutrientes da serapilheira no trecho com domínio de bambu no sub-bosque pode decorrer da mudança na estrutura da floresta, assim como no menor recrutamento e estabelecimento de novas espécies, diversidade, riqueza de espécies e abertura do dossel, como registrado em outros trabalhos com áreas dominadas por bambus (Christanty *et al.* 1996, Christanty *et al.* 1997, Campanello *et al.* 2007, Budke *et al.* 2010).

Com exceção para o “material mais decomposto”, as maiores transferências de nutrientes ocorreram de dezembro/2011 a março/2012, que representou o período com maior precipitação pluviométrica.

A fração “material mais decomposto” foi a única fração na qual todos os nutrientes indicaram imobilização ao final do processo e as frações de “folhas e ramos de bambu” e “outras folhas e ramos” foram as frações com as maiores transferências ao final do processo, sendo assim aquelas que indicaram menores quantidades ao final do processo para todos os nutrientes.

A alta quantidade de nitrogênio que indicou a imobilização deste elemento do início ao fim do processo em ambas os locais no “material mais decomposto” podem ser explicadas tanto pela importância que este nutriente tem em direcionar a decomposição pelos micro-organismos quanto em sua capacidade de se unir a lignina e permanecer na serapilheira até o fim do processo (Berg & McLaugherty 2008) e por esta fração ser composta por todas as frações de serapilheira em estágios mais avançados de decomposição.

## 6.6. Solo

Os resultados obtidos para o solo da mesma área estudada, relatados em Santos (2014), indicaram semelhança quanto a elevada acidez ( $\text{pH} < 4,3$ ) e a baixa soma de bases trocáveis (menor que 50%) para os dois trechos estudados, indicando solos com pouca disponibilidade de nutrientes para as plantas (Portugal *et al.* 2007).

As diferenças quanto aos teores de matéria orgânica para os dois trechos ( $17\text{-}63 \text{ g dm}^{-3}$ ), nitrogênio ( $1,5\text{-}3,5 \text{ g dm}^{-3}$ ), enxofre ( $8\text{-}35 \text{ mg dm}^{-3}$ ), acidez potencial ( $15\text{-}33 \text{ cmol dm}^{-3}$ ) e zinco ( $1,5\text{-}3,6 \text{ mg dm}^{-3}$ ) para o CienTec e IBot respectivamente, corroboram com os menores valores de matéria orgânica e nutrientes relatados neste trabalho para a área do CienTec e os valores mais elevados para a área do IBot.

Os resultados também concordam com os resultados obtidos neste trabalho quanto a decomposição da matéria orgânica semelhante para as duas áreas indicada pela alta relação C/N ( $< 11$ ) no conteúdo do solo analisado nas duas áreas.

No solo também foi indicado um maior teor de silte e argila na área do IBot, indicando um solo com maior proteção coloidal mais coeso e com maior retenção de água e matéria orgânica, sendo que o solo do CienTec apresentou maior quantidade de areia indicando um solo com menor retenção de água e de matéria orgânica (Portugal *et al.* 2007).

Os baixos valores de Silte para o CienTec indica que o solo é bastante intemperizados, já que a reduzida relação silte/argila, segundo Embrapa (1997), é um indicador do grau de intemperização do solo. No entanto, solos mais intemperizados também podem apresentar uma maior reciclagem da matéria orgânica no solo (Bayer & Mielniczuk 1999), que no presente trabalho não ocorreu.

## 7. Conclusões

Este trabalho buscou compreender e comparar as diferenças na quantidade, decomposição, concentração e transferência de nutrientes entre um trecho dominado pelo bambu no sob-bosque e outra sem domínio de bambu.

Com a exposição do experimento em campo durante um ano buscou-se compreender os resultados a partir dos quais se chegou às seguintes conclusões:

\* A velocidade de decomposição da fração de “folhas e ramos de bambu” no trecho sem dominância de bambu no sub-bosque é mais elevada que na área mais degradada e dominada pelo bambu *Aulonemia aristulata*, indicando ser a *A. aristulata* uma espécie de bambu menos degradável que as outras espécies de bambus do PEFI.

\* Exceto para a fração de “folhas e ramos de bambu”, as outras frações de serapilheira e de raiz não indicaram diferença na decomposição entre os dois trechos de floresta.

\* Existe maior concentração de nutrientes na serapilheira acumulada no trecho mais preservado e sem domínio de bambu no sub-bosque.

\* A velocidade na transferência de nutrientes no local sem domínio de bambus no sub-bosque é maior do que na área com domínio de bambus.

Dessa forma as duas áreas apesar de estarem em estágios sucessionais diferentes indicaram o mesmo padrão de decomposição para a serapilheira acumulada, exceto para as “folhas e ramos de bambu” que indicou diferenças quanto à decomposição entre as duas áreas. Contudo a transferência total nutrientes é maior no trecho mais preservado indicando maior enriquecimento nutricional nesta área.

## 8. Referências

- Aduan, R.E., Vilela, M. de F. & Klink, C.A.** 2003. Ciclagem de Carbono em Ecossistemas Terrestres – O Caso do Cerrado Brasileiro. Embrapa Cerrados, Planaltina. 30p.
- Aerts, R.** 1997. Climate, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition in terrestrial ecosystems: a triangular relationships. *Oikos* 79: 439-449.
- Aerts, R. & De Caluwe, H.** 1997. Initial litter respiration rates as indicators for long-term leaf litter decomposability of *Carex* species. *Oikos* 80: 353–361.
- Alves, A.R., Souto, J. S., Souto, P.C. & Holanda, A.C.** 2006. Aporte e decomposição de serapilheira em área de Caatinga, na Paraíba. *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 6: 194-203.
- Araújo, L.S.** 2008. Padrões e condicionantes da dinâmica da paisagem na floresta com bambus do Parque Estadual de Intervales, SP. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Asner, G.P., Townsend, A.R., Bustamante, M.M.C., Nardoto, G.B. & Olander, L.P.** 2004. Pasture degradation in the central Amazon: linking changes in carbon and nutrient cycling with remote sensing. *Global Change Biology* 10: 844–862.
- Austin, A.T.** 2002. Differential effects of precipitation on production and decomposition along a rainfall gradient in Hawaii. *Ecology* 83: 328-338.
- Barros, F., Mamede, M.C.H., Melo, M.M.R.F., Lopes, E.A., Jung-Mendaçolli, S.L., Kirizawa, M., Muniz, C.F.S., Makino-Watanabe, H., Chiea, S.A.C. & Melhem, T.S.** 2002. *In*: D.C. Bicudo, M.C. Forti, C.E.M. Bicudo (eds.). Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo, pp. 93-110.
- Bayer, C. & Mielniczuk, J.** 1999. Dinâmica e função da matéria orgânica. *In*: Santos GA & Camargo FAO (eds). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Gênese, pp. 06 -26.
- Berg, B. & McClaugherty, C.** 2008. Chemical constituents as rate-regulating: initial variation and changes during decomposition. *In*: “Plant litter. Decomposition, humus formation, C sequestration (2nd ed)”. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Germany pp. 115-148.
- Borém, R.A.T. & Ramos, D.P.** 2002. Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de Mata Atlântica. *Cerne* 8: 42-59.
- Bray, J.R. & Gorham, E.** 1964. Litter production in the forests of the world. *Advances in*

ecological research New York 2: 101-157.

- Brun, E.J., Schumacher, M.V., Vaccaro, S. & Spathelf, P.** 2001. Relação entre a produção de serapilheira e variáveis meteorológicas em três fases sucessionais de uma Floresta Estacional Decidual no RS. *Revista Brasileira de Agrometeorologia* 9: 277-285.
- Budke, J.C., Alberti, M.S., Zanardi, C., Baratto, C. & Zanin, E.M.** 2010. Bamboo dieback and tree regeneration responses in a subtropical forest of South America. *Forest Ecology and Management* 260: 1345–1349.
- Caldeira, M.V.W.** 2003. Determinação de biomassa e nutrientes em uma Floresta Ombrófila Mista Montana em General Carneiro, Paraná. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Caldeira, M.V.W., Vitorino, M.D., Schaadt, S.S., Moraes, E. & Balbinot, R.** 2008. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. *Seminário: Ciências Agrárias, Londrina*, 29: 53-68.
- Camargo, R.** (ed.). 2012. Boletim Climatológico Anual da Estação Meteorológica do IAG-USP - Seção Técnica do Serviço Meteorológico, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, 16: 1-63.
- Campanello, P.I., Gatti, M.G., Ares, A., Montti, L. & Goldstein, G.** 2007. Tree regeneration and microclimate in a liana and bamboo-dominated semideciduous Atlantic Forest. *Forest Ecology and Management* 252: 108-117.
- Castanho, C.T. & Oliveira, A.A.** 2008. Relative effect of litter quality, forest type and their interaction on leaf decomposition in southeast Brazilian forests. *Journal of Tropical Ecology* 24: 149-156.
- Castro, K.C.** 2014. Serapilheira e estoque de carbono ao longo de um gradiente altitudinal na floresta ombrófila densa, no Parque Nacional do Caparaó, ES. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro.
- Chapin III, F.S., Shaver, G.R. & Kedrowski, R.A.** 1986. Environmental controls over carbon, nitrogen, and phosphorus chemical fractions in *Eriophorum vaginatum* L. *Journal Ecology* 74: 167-195.
- Chapman, S.B.** 1976. *Methods in plant ecology*. Blackwell Scientific Publications, London, 536p.
- Christanty, L., Maily, D. & Kimmins, J.P.** 1996. “Whithout bamboo, the land dies”: biomass, litterfall, and soil organic matter dynamics of a Javanese bamboo talun-kebun

- system. *Forest Ecology and Management* 87: 75-88.
- Christanty, L., Kimmins, J.P. & Maily, D.** 1997. Without bamboo, the land dies: A conceptual model of the biogeochemical role of bamboo in an Indonesian agroforestry system. *Forest Ecology and Management* 91: 83-91.
- Cienciaruso, M.C., Pires, J.S.R., Delitti, W.B.C. & Silva, E.F.L.P.** 2006. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. *Acta Botânica Brasílica* 20: 49-59.
- Clevelário Junior, J.** 1988. Quantificação da massa e do reservatório de nutrientes na serapilheira da bacia do Alto rio Cachoeira, Parque Nacional da Tijuca e avaliação da sua participação na ciclagem de nutrientes. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro.
- Clevelário Junior, J.** 1990. Teor de umidade na serapilheira da bacia do Alto do rio Cachoeira, Parque Nacional da Tijuca, Rio de Janeiro. *In: II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira*, São Paulo, ACIESP 1: 89-99.
- Côrrea, F.L.O.** 2005. Ciclagem de nutrientes em sistema agroflorestal com espécies frutíferas e florestais em Rondônia, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Costa, A., Rosolem, C.A. & Torres, H.** 1999. Distribuição de raízes de leguminosas em função de alterações nas características químicas e físicas em solos do Paraná. *In: Workshop sobre sistema radicular: Metodologias e estudos de casos*, Aracajú. Anais... Aracajú, pp. 191-202.
- Costa, J.T.F., Silva, L.S., Alves, A.R., Holanda, A.C., Leite, E.M. & Nunes, A.K.A.** 2015. Avaliação da serapilheira em área de mata ciliar na bacia do rio Gurguéia sul do Piauí. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 10: 13-19.
- Costa, M.P.D. & Mantovani, W.** 1992. Composição e estrutura de clareiras em mata mesófila na bacia de São Paulo, SP. *Revista do Instituto Florestal* 4: 178-183.
- Costa, U.O.** 2012. Determinantes locais da decomposição foliar e de raízes. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- Cunha, G.C.** 1997. Aspectos da ciclagem de nutrientes em diferentes fases sucessionais de uma floresta estacional do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

- Curvello, K., Calasans, N.A., Lobão, D.E., Sodré, G.A., Pereira, J.M., Marrocos, P.C.L., Barbosa, J.W. & Valle, R.R.** 2009. Aporte de nutrientes na serapilheira e na água do solo em cacau-cabruca, floresta secundária e pastagem. *Agrot pica* 21: 55-664.
- Davison, C.P.** 2006. Estrutura e composi o da vegeta o de sub-bosque em dois trechos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo-SP. Monografia de Conclusão de Curso, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, São Paulo.
- Davison, C.P.** 2009. Estrutura de clareiras e a presença de bambus em um fragmento de Floresta Atlântica, SP, Brasil. Disserta o de Mestrado, Instituto de Botânica, São Paulo.
- Delitti, W.B.C.** 1995. Estudos de ciclagem de nutrientes: Instrumentos para análise funcional de ecossistemas terrestres. *In*: F.A. Esteves (ed.). Estrutura, Funcionamento e Manejo de Ecossistemas. UFRJ, *Ecologia Brasiliensis* 1: 469-486.
- Dickow, K.M.C.** 2010. Ciclagem de fitomassa e nutrientes em sucessão secundária na Floresta Atlântica, Antonina, PR. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Domingos, M., Lopes, M.I.M.S. & De Vuono, Y.S.** 2000. Nutrient cycling disturbance in Atlantic Forest sites affected by air pollution coming from the industrial complexo of Cubatão, Southeast Brazil. *Revista Brasileira de Bot nica* 23: 77-85.
- Eisenlohr, P.V., Melo, M.M.R.F. & Silva, A.V.** 2009. Trilhas afetam comunidades arb reas florestais? Dois levantamentos na Floresta Atlântica do sudeste brasileiro. *Hoehnea* 36: 293-302.
- Ellis, R.P.** 1979. A procedure for standardizing comparative leaf anatomy in the Poaceae. II. The epidermis as seen in surface view. *Bothalia* 12: 641-671.
- Embaye, K.** 2005. Biomass and nutrient distribution in a highland bamboo forest in southwest Ethiopia: implications for management. *Forest Ecology and Management* 204: 159-169.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA.** 1997. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS. 2<sup>a</sup> ed. 212p.
- Ewel, J.J.** 1976. Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala. *Journal of Ecology* 64: 293-308.
- Fernandes, A.J., Reis, L.A.M. Dos. & Carvalho, A.** 2002. Caracteriza o do meio físico. Parque Estadual das Fontes do Ipiranga. Unidade de Conserva o que Resiste a

Urbanização de São Paulo. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Estado do Meio Ambiente, pp. 49-62.

- Fernandes, M.M., Pereira, M.G., Magalhães, L.M.S., Cruz, A.R. & Giácomo, R.G.** 2006. 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* 16: 163-175.
- Ferreira, R.L.C., Junior, M.A.L., Rocha, M.S., Santos, M.V.F., Lira, M.A.E. & Barreto, L.P.** 2007. Deposição e acúmulo de matéria seca e nutrientes em serapilheira em um bosque de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). *Revista Árvore* 31: 7-12.
- Figueiredo Filho A.F., Moraes G.F. & Schaaf, L.B.** 2003. Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma floresta ombrófila mista localizada no sul do Estado do Paraná. *Ciência florestal* 13: 11-18.
- Filgueiras, T. & Gonçalves, A.P.** 2004. A checklist of the basal grasses and bamboos in Brazil (Poaceae). *Bamboo Science and Culture: The Journal of the American Bamboo Society* 18: 7-18.
- Floss, P.A., Caldato, S.L. & Bohner, J.A.M.** 1999. Produção e decomposição de serapilheira na Floresta Ombrófila Mista da reserva florestal da EPAGRI/EMBRAPA de Caçador, SC. *Revista Agropecuária Catarinense* 12: 19-22.
- Freitas, T.A.S., Barroso G.D., Carneiro J.A.G., Penchel R.M., Lamônica K.R. & Ferreira D.A.** 2005. Desempenho radicular de mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos. *Revista Árvore* 29: 853-861.
- Fundação Biodiversitas** 2005. Lista da Flora Brasileira Ameaçada de Extinção segundo Avaliação no Workshop da Fundação Biodiversitas. Disponível em [HTTP://www.biodiversitas.org.br](http://www.biodiversitas.org.br).
- Galvão, F., Augustin, C.R.; Curcio, G.R., Cosmo, N., Carina Kozera, C., Domanowski, B.P. & Sawczuk, A.T.** 2012. Impacto de *Guadua paraguayana* sobre remanescente de floresta ombrófila mista aluvial – uma abordagem biogeoquímica. *Floresta* 42: 355-368.
- Gama-Rodrigues, A.C. Da.** 1997. Ciclagem de nutrientes por espécies florestais em povoamentos puros e mistos, em solos de tabuleiro da Bahia, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Gioacchini, P., Montecchio D., Ferrari E., Ciavatta C., Masia A., George E. & Tonon G.** 2015. Litter quality changes during decomposition investigated by thermal analysis. *iForest*

- Biogeosciences and Forestry (early view): e1-e11. Disponível em <http://www.sisef.it/iforest/contents/id=ifor1297-007>.

**Godinho, T. de O., Caldeira, M.V.W., Caliman, J.P., Prezotti, L.C., Watzlawick, L.F., Azevedo, H.C.A. & Rocha, J.H.T.** 2013. Biomassa, macronutrientes e carbono orgânico na serapilheira depositada em trecho de floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. *Scientia Forestalis* 41:131-144.

**Godinho, T. de O., Caldeira, M.V.W., Rocha, J.H.T., Caliman, J.P. & Trazzi, P.A.** 2014. Quantificação de biomassa e nutrientes na serapilheira em trecho de floresta estacional semidecidual submontana, ES. *Cerne* 20: 11-20.

**Gomes, E.P.C.** 1992. Fitossociologia do componente arbóreo de um trecho de mata em São Paulo, SP. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.

**Gomes, E.P.C.** 1998. Dinâmica do componente arbóreo de um trecho de mata em São Paulo, SP. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.

**Gomes, E.P.C. & Mantovani, W.** 2001. Size structure of six tree populations in a subtropical rain forest in southeastern Brazil. *Naturalia* 26: 131-158.

**Gomes, E.P.C., Mantovani, W. & Kageyama, P.Y.** 2002. Dinâmica da floresta no P.E.F.I. *In: D.C. Bicudo, M.C. Forti, C.E.M. Bicudo (eds.). Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo.* Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo, pp.111-132.

**Gomes, E.P.C., Mantovani, W. & Kageyama, P.Y.** 2003. Mortality and recruitment of trees in a secondary montane rain forest in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 63: 35-45.

**Grandi, A.C., Delitti, W.B.C. & Grandi, R.A.P.** 1992. Decomposição de folhas de *Cedrela fissilis* Vell: influência dos artrópodos e dos nutrientes na velocidade de perda de peso. *In: Anais do II Congresso Latino-Americano de Ecologia, Caxambú, Sociedade de Ecologia do Brasil*, pp. 471-472.

**Guilherme, F.A.G., Oliveira Filho, A.T., Appolinário, V. & Bearzoti, R.** 2004. Effects of flooding regime and woody bamboos on tree community dynamics in a section of tropical semideciduous forests in Southeastern Brazil. *Plant Ecology* 174: 19-36.

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

**Hayashi, S.N., Vieira, I.C.G., Carvalho, C.J.R. & Davidson, E.** 2012. Linking nitrogen and phosphorus dynamics in litter production and decomposition during secondary forest

- succession in the eastern Amazon. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais* 7: 283-295.
- Hirata, J.K.R.** 2006. Variações florísticas e estruturais do componente arbóreo de trilhas do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil. Dissertação de Mestrado, Instituto de Botânica, São Paulo.
- Hirata, J.K.R., Melo, M.M.R.F. & Eisenlohr, P.V.** 2010. Padrões florísticos do componente arbóreo sob interferência de trilhas em um trecho de Floresta Ombrófila Densa de Transição em São Paulo, SP, Brasil. *Hoehnea* 37: 555-570.
- Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG), da Universidade de São Paulo 2012.** Boletim Climatológico Anual da Estação Meteorológica do IAG/USP. IAG/USP, São Paulo.
- Jenny, H., Gessel, S.P. & Bingham, F.T.** 1949. Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions. *Soil Science* 68: 419-432.
- Jordan, C.F.** 1985. Nutrient cycling in tropical forest ecosystems. John Wiley & Sons, New York.
- Judziewicz, E.J., Clark, L.G., Londoño, X. & Stern, M.** 1999. American Bamboos. Smithsonian Institution, Washington D.C, 392p.
- Kleinhenz, V. & Midmore, D.J.** 2001. Aspects of bamboo agronomy. *Advances in Agronomy* 74: 99-149.
- Knobel, M.G.** 1995. Aspectos da regeneração natural do componente arbóreo-arbustivo, de trecho de floresta da Reserva Biológica do Instituto de Botânica em São Paulo, SP. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Larcher, W.** 2000. *Ecofisiologia vegetal*. Rima Artes e Textos, São Paulo. 531p.
- Larcher, W.** 2006. *Ecofisiologia Vegetal*. EPU / EDUSP, São Paulo. 226p.
- Lavelle, P., Blanchart, E., Martin, A., Martin, S., Spain, A., Toutain, F., Barois, I. & Schafer, R.** 1993. A hierarchical model for decomposition interterrestrial ecosystems: application to soils of the humid tropics. *Biotropica* 25: 130–150.
- Lehmann, J. & Zech, W.** 1998. Fine root turnover of irrigated hedgerow intercropping in Northern Kenya. *Plant and Soil* 198: 19-31.
- Leitão Filho, H.F.** (coord.). 1993. *Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão*. São Paulo. Editora da Universidade Estadual Paulista; Campinas. 184p.

- Liese, W.** 1980. Anatomy of bamboo. *In: Bamboo research in Asia*, Ottawa. Proceedings...Ottawa: IDRC.
- Liu, W., Fox, J.E.D. & Xu, Z.** 2000. Leaf litter decomposition of canopy trees, bamboo and moss in a montane moist evergreen broad-leaved forest on Ailao Mountain, Yunnan, South-west China. *Ecological Research* 15: 435-447.
- Lonsdale, W.W.** 1988. Predicting the amount of litterfall in forests of the world. *Ann. Bot.* 61: 319-324.
- Lopes, J.F.B.L., Andrade E.M., Lobato, F.A.O., Palácio, H.A.Q. & Arraes, F.D.D.** 2009. Deposição e decomposição de serapilheira em área da Caatinga. Artigo Científico. Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR. *Revista Agroambiente On-line* 3: 72-79.
- Lopes, M.I.M.S., De Vuono, Y.S. & Domingos, M.** 1990. Serapilheira acumulada na Floresta da Reserva Biológica de Paranapiacaba, sujeita aos poluentes atmosféricos de Cubatão, SP. *Hoehnea* 17: 59-70.
- Lopes, M.I.M.S., Domingos, M. & De Vuono, Y.S.** 2002. Ciclagem de nutrientes minerais. *In: Sylvestre, L.S., Rosa, M.M.T (eds.). Manual metodológico para estudos botânicos na Mata Atlântica*. Rio de Janeiro: Seropedica, pp. 72-103.
- Lopes, M.I.M.S., Santos, A.R., Moraes, R.M. & Kirizawa, M.** 2009. Ciclagem de nutrientes e alterações no solo induzidos pela poluição atmosférica. *In: Lopes, M.I.M.S., Kirizawa, M., Melo, M.M.R.F. (eds.). Patrimônio da Reserva Biológica do Alto da Serra de Paranapiacaba: a antiga Estação Biológica do Alto da Serra*. São Paulo: Instituto de Botânica, pp. 137-164.
- Marschner, H.** 1997. Mineral nutrition of higher plants. 2ed. Academic Press, London. 889p.
- Martins, S.C.** 2010. Caracterização dos solos e serapilheira ao longo do gradiente altitudinal da Mata Atlântica, estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Mason, C.F.** 1980. Decomposição. EPU/EDUSP, São Paulo. 63p.
- Mason, J.** 1997. Sustainable Agriculture. Kangaroo Press, East Roseville.
- McClagherty, C.A., Pastor, J., Aber, J.D. & Melillo, J.M.** 1985. Forest litter decomposition in relation to soil nitrogen dynamics and litter quality. *Ecology* 66: 266–275.

- McClure, F.A.** 1973. Genera of bamboos native to the New World. *Smithsonian Contributions to Botany* 9: 1-148.
- Mendes, S.C., Molica, S.G., Ferreira, R.C. & Céspedes, G.H.G.** 2010. Absorção e distribuição de nutrientes em plantios comerciais de bambu (*Bambusa vulgaris*) no nordeste do Brasil. *Revista Árvore* 34: 991-999.
- Menezes, C.E.G., Pereira M.G., Correia, M.E.F., Anjos, L.H.C., Paula, R. & Souza, M. E.** 2010. Aporte e decomposição da serapilheira e produção de biomassa radicular em florestas com diferentes estágios sucessionais em Pinheiral, RJ. *Ciência Florestal* 20: 439-452.
- Monti, L., Campanelo, P.I., Gatti, M.G., Blundo, C., Austin, A.T., Sala, O.E. & Goldstein, G.** 2011. Understory bamboo flowering provides a very narrow light window of opportunity for canopy-tree recruitment in a neotropical forest of Misiones, Argentina. *Forest Ecology and Management* 262: 1360-1369.
- Moore, T.R.** 1984. Litter decomposition in a subarctic spruce-lichen woodland, eastern Canada. *Ecology* 65: 299-308.
- Moraes, R.M.** 2002. Ciclagem de nutrientes na floresta do PEFI: Produção e decomposição da serapilheira. *In: D.C. Bicudo, M.C. Forti, C.E.M. Bicudo (eds.). Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo.* Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo, pp.133-142.
- Morellato, L.P.C.** 1992. Nutrient cycling in two southeast Brazilian forests. I. Litterfall and litter standing crop. *Journal of Tropical Ecology* 8: 205-213.
- Nastri, V.D.F., Catharino, E.L.M., Rossi, L., Barbosa, L.M., Pirré, E., Bedinelli, C., Asperti, L.M., Dorta, R. De O. & Da Costa, M.P.** 1992. Estudos fitossociológicos em uma área do Instituto de Botânica de São Paulo utilizados em programa de educação ambiental. *Revista do Instituto Florestal* 4: 219-225.
- Nath, A.J. & Das, A.K.** 2011. Decomposition dynamics of three priority bamboo species of homegardens in Barak Valley, Northeast India. *Tropical Ecology* 52: 325-330.
- Neto, E.R.S.** 2008. Perdas de nitrogênio pela emissão de óxido nitroso e sua relação com a decomposição da serapilheira e biomassa de raízes na floresta de Mata Atlântica. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- O'Connell, A.M. & Sankaran, K.V.** 1997. Organic matter accretion, decomposition and mineralization. *In: E.K.S. Nambiar & A.G. Brown (eds.) Management of soil, nutrients and water in tropical plantation forest.* Aciar, Melbourne. p.443-480.

- Olson, J.S.** 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology* 44: 322-331.
- Pagano, S.N. & Durigan, G.** 2000. Aspectos da ciclagem de nutrientes em matas ciliares do oeste do Estado de São Paulo, Brasil. *In: R.R. Rodrigues & H.F. Leitão Filho (eds.). Matas ciliares: conservação e recuperação.* EDUSP/FAPESP, São Paulo. pp. 109-123.
- Pandey, R.R.** 2007. Litterfall, litter decomposition and nutrient dynamics in a subtropical natural oak forest and managed plantation in northeastern India. *Forest Ecology and Management* 240: 96-104.
- Peccinini, A.A.** 2000. Caracterização de fragmentos de mata Atlântica no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): subsídios para a conservação biológica. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Peccinini, A.A. & Pivelo, V.R.** 2002. Histórico do uso das terras e condição da vegetação no PEFI. *In: D.C. Bicudo, M.C. Forti, C.E.M. Bicudo (eds.). Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo.* Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo, pp.251-258.
- Penhalber, E.F.** 1995. Fenologia, Chuva de Sementes e Estabelecimento de Plântulas em um Trecho de Mata em São Paulo. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Penhalber, E. F. & Mantovani, W.** 1997. Floração e chuva de sementes em mata secundária em São Paulo, SP. *Revista Brasileira de Botânica* 20: 205-220.
- Pereira, G.H.A., Pereira, M.G., Anjos, L.H.C., Amorim, T.A. & Menezes, C.E.G.** 2013. Decomposição da serapilheira, diversidade e funcionalidade de invertebrados do solo em um fragmento de Floresta Atlântica. *Biosci. Journal, Uberlândia* 29: 1317-1327.
- Pires, L.A., Brites, R.M., Martel, G.E. & Pagano, S.N.** 2006. Produção, acúmulo e decomposição da serapilheira em uma restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR, Brasil. *Acta botânica* 20: 173-184.
- Pivelo, V.R. & Peccinini, A.A.** 2002. A vegetação do PEFI. *In: D.C. Bicudo, M.C. Forti, C.E.M. Bicudo (eds.). Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo.* Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo, pp.75-92.
- Portugal, A.F., Costa, O.V., Costa, L.M. & Santos, B.C.M.** 2007. Características químicas e físicas de um argissolo submetido a diferentes usos agrícolas. *Ceres* 54: 412-421.

- Pritchett, W.L.** 1990. Suelos forestales: propiedades, conservación y mejoramiento. John Wiley & Sons, Mexico D.F. 634 p.
- Rebello, C.F.** 1994. Ciclagem de nutrientes minerais em floresta pluvial tropical de encosta e em floresta sobre restinga na Ilha do Cardoso, Cananéia, São Paulo: decomposição da serapilheira. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Reis, M.G.F. & Barros, N.F.** 1990. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. *In*: N.F. Barros & R.F. Novais (Eds.) Relação solo-eucalipto. Folha de Viçosa, Viçosa. pp. 265-301.
- Ribeiro, F.C.** 2014. Deposição e decomposição de serapilheira em área de integração lavoura-pecuária-floresta em Planaltina – DF. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília.
- Rodríguez Jiménez, L.V.A.** 1988. Consideraciones sobre la biomasa, composición química y dinámica del bosque pluvial tropical de colinas bajas. Bajo Calima Buenaventura, Colombia. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal, Bogotá, 36 p.
- Sanqueta, C.R., Dalla Corte, A.P., Salzmann, A.M. & Vulcanis, L.** 2007. Dinâmica de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista no sul do Paraná sob influência de taquaras. *Ambiência Guarapuava* 3: 65-78.
- Santos, A.C.L.** 2008. Composição florística e estrutura da comunidade de epífitas vasculares associadas a trilhas no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil. Dissertação de Mestrado, Instituto de Botânica, São Paulo.
- Santos, A.R.** 2014. Produção, estoque e nutrientes da serapilheira em Floresta Ombrófila Densa do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, Brasil. Dissertação de Mestrado, Instituto de Botânica, São Paulo.
- Santos, P.M.S. & Funari, F.L.** 2002. Clima local. *In*: D.C. Bicudo, M.C. Forti, C.E.M. Bicudo (eds.). Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo, pp. 29-47.
- São Paulo (Estado).** 2006. Secretaria do Meio Ambiente. Estudos sócio-econômico-ecológico e legislativo para caracterização, zoneamento e implantação do Plano de Manejo do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga e do seu Programa de Ecodesenvolvimento. Plantec/Unicamp-LAPLA/Instituto de Botânica. 256 p.
- São Paulo (Estado).** 2008. Secretaria do Meio Ambiente. Plano de Manejo do Parque

- Estadual das Fontes do Ipiranga. São Paulo: Plantec/Unicamp-LAPLA/Instituto de Botânica, 256p.
- Schumacher, M.V.** 1992. Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Schumacher, M.V.** 1995. Naehrstoffkreislauf in verschiedenen Bestaeden von Eucalyptus saligna Smith, Eucalyptus dunnii Maiden und Eucalyptus globulus Labillardiere in Rio Grande do Sul, Brasilien. Viena: Wien. Tese de Doutorado, Universidade Bodenkultur, Wien.
- Schumacher, M.V., Brun, E.J., Rodrigues, L.M. & Santos, E.M.** 2003. Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Estado do Rio Grande do Sul. Revista Árvore 27: 791-798.
- Shanks, R.E. & Olson, J.S.** 1961. First-year breakdown of leaf litter in southern Appalachian forests. Science 134.3473: 194-195.
- Shanmughavel, P. & Francis, K.** 2002. The dynamics of biomass and nutrients in bamboo (*Bambusa vulgaris*) plantations. Journal of Bamboo and Rattan 1: 157-170.
- Shirasuna, R.T.** 2012. Bambus nativos (Poaceae: Bambusoideae) no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, Brasil. Dissertação de Mestrado, Instituto de Botânica, São Paulo.
- Shirasuna, R. & Filgueiras, T.** 2013. Bambus nativos (Poaceae, Bambusoideae) no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil. Hoehnea 40: 315-359.
- Silveira, M.** 1999. Ecological aspects of bamboo-dominated forest in southwestern Amazônia: an ethnoscience perspective. Ecotropica 5: 213-216.
- Silveira, M.** 2001. A floresta aberta com bamboo no sudeste da Amazônia: Padrões e processos em múltiplas escalas. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília.
- Soderstrom, T.R. & Ellis, R.P.** 1987. The position of bamboo genera and allies in a system of grass classification. In: T.R. Soderstrom, K.W. Hilu, C.S. Campbell, M.E. Barkworth, (eds.) Grass Systematics and Evolution. Smithsonian Institution Press, Washington DC.
- Soderstrom, T.R. & Ellis, R.P.** 1988. The woody bamboos (Poaceae: Bambuseae) of Sri Lanka: A morphological-anatomical study. Smithsonian Contributions to Botany, 72p.

- Souto, P.C.** 2006. Acumulação e decomposição de serapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de Caatinga na Paraíba, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- Spurr, R.H. & Burnes, B.V.** 1980. *Forest Ecology*. 3ed. John Wiley.& Sons, New York, 690p.
- Stout, S.A., Boon J.J. & Spackman, W.** 1988. Molecular aspects of the peatification and early coalification of Angiosperm and Gymnosperm woods. *Geochimica and Cosmochimica Acta* 52: 405-414.
- Struffaldi-de-Vuono, Y.S.** 1985. Fitossociologia do estrato arbóreo da floresta da Reserva Biológica do Instituto de Botânica (São Paulo-SP). Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Swift, M.J., Heal, O.W. & Anderson, J.M.** 1979. The influence of resource quality on decomposition processes. *In*: M.J. Swift, O.W. Heal & J.M. Anderson (eds.). *Decomposition in terrestrial ecosystems*. Berkeley, University of California Press, pp. 118-166.
- Tabarelli, M. & Mantovani, W.** 1999. Clareiras naturais e a riqueza de espécies pioneiras em uma Floresta Atlântica Montana. *Revista Brasileira de Biologia* 59: 251-261.
- Tanner, E.V.J.** 1981. The decomposition of leaf litter in Jamaican montane rain forests. *Journal of Ecology* 69:263-275.
- Tanus, M.R.** 2011. Florística e estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva e o efeito de borda em trecho de mata atlântica no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Dissertação de Mestrado, Instituto de Botânica, São Paulo.
- Tanus, M.R., Pastore, M., Bianchini, R.S. & Gomes, E.P.C.** 2012. Estrutura e composição de um trecho de Mata Atlântica no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil. *Hoehnea* 39: 157-168.
- Taylor, A.H., Reid, D.G., Zisheng, Q. & Jinchu, H.** 1991. Spatial patterns and environmental associates of bamboo (*Bashania fangiana* Yi) after-mass flowering in Southwestern China. *Bulletin of the the Torrey Botanical Club* 118: 247-254.
- Taylor, B.R., Parkinson, D. & Parsons, W.F.J.** 1989. Nitrogen and lign content as predictors of litter decay rates: a microcosm test. *Ecology* 70: 97-104.

- Terror, V.L., Sousa, H.C.E. & Kozovits, A.R.** 2011. Produção, decomposição e qualidade nutricional da serapilheira foliar em uma floresta paludosa de altitude. *Acta Botanica Brasilica* 25: 113-121.
- Toledo, L.O. & Pereira, M.G.** 2004. Dinâmica da deposição de serapilheira em florestas secundárias do município de Pinheiral, RJ. *Revista Floresta e Ambiente* 11: 39-46.
- Townsend, A.R., Asner, G.P. & Cleveland, C.C.** 2002. Unexpected changes in soil phosphorus dynamics following forest-to-pasture conversion in the humid tropics. *Journal of Geophysical Research* 107: 8067–8076.
- Tripathi, S. K. & Singh, K. P.** 1992. Abiotic and litter quality control during the decomposition of different plant parts in dry tropical bamboo savanna in India. *Pedobiologia* 36: 241-256.
- Tripathi, S.K. & Singh, K.P.** 1994. Productivity and nutrient cycling in recently harvested and mature bamboo savannas in the dry tropics. *Journal of Applied Ecology* 31: 109-124.
- União Internacional para Conservação da Natureza e dos recursos naturais** 2001. IUCN Red list categories and criteria: version 3.1 IUCN Species Survival Commission, Gland, Switzerland and Cambridge, United Kingdom.
- Valcarcel, R. & D'altério, C.F.** 1998. Medidas físico-biológicas de recuperação de áreas degradadas: avaliação das modificações edáficas e fitossociológicas. *Floresta e Ambiente* 5: 68-88.
- Valcarcel, R., Valente, F.W., Morokawa, M.J., Neto, F.V.C. & Pereira, C.R.** 2007. Avaliação da biomassa de raízes finas em área de empréstimo submetida a diferentes composições de espécies. *Revista Árvore* 31: 923-930.
- Vendrami, J.L., Jurinitz, C.F., Castanho, C.T., Lorenzo, L. & Oliveira, A.A.** 2012. Litterfall and leaf decomposition in forest fragments under different successional phases on the Atlantic Plateau of the state of Sao Paulo, Brazil. *Biota Neotrop.* 12: 136-143.
- Viana, P.L.** 2010. O gênero *Aulonemia* Goudot (Poaceae: Bambusoideae: Bambuseae) no Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Viana, P.L.** 2011. *Aulonemia* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/FB013022>).
- Villagra, B.L.P.** 2008. Diversidade florística e estrutura da comunidade de plantas trepadeiras no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil. Dissertação de Mestrado, Instituto de Botânica, São Paulo.

- Vinha, D., Alves, L.A., Zaidan, L.B.P. & Grombone-Guaratini, M.T.** 2011. The potential of the soil seed bank for the regeneration of a tropical urban forest dominated by bamboo. *Landscape and Urban Planning* 99: 178-185.
- Vital, A.R.T., Guerrini, I.A., Franken, W.K. & Fonseca, R.C.B.** 2004. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma Floresta Estacional Semidecidual em zona ripária. *Revista Árvore* 28: 793-800.
- Vitousek, P.M. & Sanford Júnior, R.L.** 1986. Nutrient cycling in moist tropical forest. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17: 137-167.
- Vitousek, P.M., Turner, D.R., Parton, W.J. & Robert, L.S.** 1994. Litter decomposition on the Mauna Loa environmental matrix, Hawaii: patterns, mechanisms, and models. *Ecology* 75: 418-429.
- Vogel, H.L.M. & Shumacher, M.V.** 2010. Quantificação dos nutrientes na serapilheira em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em São Gabriel-RS, Brasil. *In: FERTBIO, Guarapari. Anais... Guarapari: FERTBIO, CD-ROM.*
- Watanabe, T., Fukuzawa, K. & Shibata, H.** 2013. Temporal changes in litterfall, litter decomposition and their chemical composition in Sasa dwarf bamboo in a natural forest ecosystem of northern Japan. *Journal of Forest Research* 18:129-138.
- Wieder, R.K. & Wright, J.S.** 1995. Tropical forest litter dynamics and dry season irrigation on Barro Colorado Island, Panama. *Ecology* 76: 1971-1979.
- Wieder, W., Cleveland, C.C. & Townsend, A.R.** 2009. Controls over leaf litter decomposition in wet tropical forests. *Ecology* 90: 3333-3341.
- Witkamp, M. & Olson, J.S.** 1963. Breakdown of confined and nonconfined oak litter. *Oikos* 14: 138-147.

## Anexos

**Anexo 1.** Porcentagem da concentração dos macronutrientes nas frações de serapilheira, aos 3, 6, 9 e 12 meses no CienTec e IBot

Mês/ano	% Concentração “outras folhas e ramos”											
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
	N	N	P	P	K	K	Ca	Ca	Mg	Mg	S	S
set/2011	96,06	101,36	122,73	102,13	93,43	80,95	86,76	108,32	93,75	103,85	130,48	105,84
dez/2011	91,90	106,04	109,09	106,38	93,43	101,59	106,68	112,72	84,38	115,38	46,67	106,63
mar/2012	73,06	69,50	90,91	106,38	74,45	80,95	77,12	117,12	56,25	80,77	54,29	95,49
jun/2012	83,46	87,72	88,64	95,04	81,02	67,72	106,47	128,85	68,75	73,08	87,94	87,27
Mês/ano	% Concentração “Folhas e ramos de bambu”											
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
	N	N	P	P	K	K	Ca	Ca	Mg	Mg	S	S
set/2011	91,27	86,43	114,89	145,71	110,63	196,15	93,79	99,80	225,00	200,00	91,30	113,18
dez/2011	78,36	87,94	112,77	180,00	90,55	130,77	70,98	81,84	150,00	140,00	54,59	104,65
mar/2012	71,05	0,00	93,62	0,00	140,94	0,00	55,77	0,00	125,00	0,00	43,48	0,00
jun/2012	75,32	90,52	108,51	153,37	100,39	98,08	58,94	65,87	112,50	80,00	98,07	99,88
Mês/ano	% Concentração “material mais decomposto”											
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
	N	N	P	P	K	K	Ca	Ca	Mg	Mg	S	S
set/2011	78,00	85,61	86,93	110,63	132,59	97,14	59,61	89,91	60,00	225,00	114,57	100,00
dez/2011	92,23	104,71	93,75	105,00	75,56	97,14	103,41	120,18	48,00	200,00	47,02	93,12
mar/2012	73,68	112,36	95,45	118,13	94,81	97,14	108,27	142,20	84,00	150,00	23,18	64,02
jun/2012	87,42	95,89	88,07	108,13	69,38	81,27	73,80	94,19	48,00	108,33	98,23	97,18
Mês/ano	% Concentração “raízes”											
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
	N	N	P	P	K	K	Ca	Ca	Mg	Mg	S	S
set/2011	75,41	80,74	118,64	102,94	118,15	145,20	83,33	117,49	155,56	166,67	58,20	120,35
dez/2011	90,74	58,83	150,85	80,88	118,15	100,00	103,23	125,68	122,22	122,22	49,18	82,30
mar/2012	80,63	80,87	94,92	85,29	81,85	90,75	75,87	113,39	111,11	122,22	32,79	105,31
jun/2012	75,57	69,45	100,00	104,60	108,90	99,82	57,21	113,39	122,22	122,22	120,49	156,97

**Anexo 2.** Porcentagem da concentração dos micronutrientes nas frações de serapilheira aos 3, 6, 9 e 12 meses no CienTec e IBot.

Mês/ano	% Concentração em “outras folhas e ramos”									
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
	B	B	Cu	Cu	Fe	Fe	Mn	Mn	Zn	Zn
set/2011	69,66	74,50	87,36	80,72	149,38	112,88	231,92	265,04	121,5	136,5
dez/2011	64,76	67,25	75,82	80,72	116,41	121,18	210,55	253,69	117,50	139,00
mar/2012	54,07	51,54	62,64	72,65	84,38	85,06	155,86	157,25	94,50	140,50
jun/2012	62,18	47,25	71,43	75,78	80,21	80,86	172,25	181,91	103,00	133,33
Mês/ano	% Concentração “Folhas e ramos de bambu”									
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
	B	B	Cu	Cu	Fe	Fe	Mn	Mn	Zn	Zn
set/2011	88,96	100,00	86,14	89,06	177,18	148,60	265,45	261,16	70,81	122,85
dez/2011	61,96	81,22	82,18	90,63	190,34	183,54	196,31	249,36	122,54	90,26
mar/2012	53,56	0,00	71,29	0,00	157,62	0,00	155,36	0,00	101,16	0,00
jun/2012	52,76	67,14	87,13	117,19	180,85	172,73	185,59	236,63	103,76	105,24
Mês/ano	% Concentração “material mais decomposto”									
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
	B	B	Cu	Cu	Fe	Fe	Mn	Mn	Zn	Zn
set/2011	93,52	155,44	91,91	76,38	126,54	96,98	140,04	274,51	107,00	102,83
dez/2011	98,06	81,53	81,70	73,23	113,66	96,14	228,98	258,32	113,14	106,56
mar/2012	76,63	79,90	80,43	73,23	114,81	95,39	221,26	291,86	124,91	118,10
jun/2012	57,15	60,33	79,57	76,90	112,52	103,07	189,94	248,26	99,49	104,64
Mês/ano	% Concentração “raízes”									
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
	B	B	Cu	Cu	Fe	Fe	Mn	Mn	Zn	Zn
set/2011	101,46	83,39	94,94	91,89	120,32	103,13	374,24	264,48	169,00	104,48
dez/2011	82,45	54,57	68,35	52,25	127,16	98,90	369,90	140,90	110,50	82,31
mar/2012	63,89	45,76	79,75	79,28	125,99	101,31	269,03	235,61	98,50	106,60
jun/2012	61,46	55,25	75,95	92,79	125,41	111,06	246,16	190,94	122,00	110,38

**Anexo 3.** Porcentagem da quantidade dos macronutrientes nas frações de serapilheira e raiz aos 3, 6, 9 e 12 meses no CienTec e IBot

Mês/ano	% Quantidade “outras folhas e ramos”											
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
	N	N	P	P	K	K	Ca	Ca	Mg	Mg	S	S
set/2011	93,84	90,10	119,50	90,82	90,99	71,91	85,43	93,31	92,15	91,64	126,97	93,80
dez/2011	49,31	53,93	58,35	54,13	49,98	51,63	57,71	55,55	45,56	58,26	24,95	54,07
mar/2012	20,54	17,26	25,47	26,43	20,87	20,09	21,86	28,18	15,91	19,91	15,20	23,64
jun/2012	13,79	14,14	14,63	15,30	13,36	10,87	18,41	20,25	11,62	11,70	14,43	14,05
Mês/ano	% Quantidade “Folhas e ramos de bambu”											
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
	N	N	P	P	K	K	Ca	Ca	Mg	Mg	S	S
set/2011	128,93	45,20	167,61	76,21	181,75	102,59	144,46	52,20	317,81	104,60	137,81	59,19
dez/2011	77,00	20,23	114,65	41,40	105,91	30,08	76,02	18,82	147,79	32,20	55,32	24,07
mar/2012	9,23	0,00	12,54	0,00	21,58	0,00	7,87	0,00	16,22	0,00	5,88	0,00
jun/2012	24,55	17,39	36,35	29,47	38,17	18,85	20,78	12,66	36,00	15,37	33,28	19,19
Mês/ano	% Quantidade “material mais decomposto”											
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
	N	N	P	P	K	K	Ca	Ca	Mg	Mg	S	S
set/2011	109,07	77,60	121,39	99,08	180,50	89,49	92,97	85,45	104,40	213,19	164,43	91,34
dez/2011	904,18	1225,04	917,72	1213,94	721,05	1155,19	1130,59	1474,33	585,49	2446,11	473,07	1097,87
mar/2012	468,48	1023,31	606,05	1063,05	586,88	899,20	767,80	1357,87	664,56	1428,04	151,26	587,53
jun/2012	963,79	1242,95	956,11	1377,81	727,43	1076,90	929,71	1273,62	655,94	1455,88	1092,14	1269,95
Mês/ano	% Quantidade “raízes”											
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
	N	N	P	P	K	K	Ca	Ca	Mg	Mg	S	S
set/2011	66,74	166,78	104,99	212,65	104,56	299,94	73,74	242,70	137,66	344,29	51,50	248,62
dez/2011	102,39	97,34	170,22	133,83	133,32	165,46	116,49	207,96	137,92	202,23	55,50	136,18
mar/2012	112,81	248,57	132,81	262,19	114,53	278,95	106,16	348,54	155,47	375,70	45,88	323,71
jun/2012	60,51	150,66	80,07	226,90	87,19	216,54	45,81	245,97	97,86	265,13	96,47	340,51

**Anexo 4.** Porcentagem da quantidade dos micronutrientes nas frações de serapilheira e raiz aos 3, 6, 9 e 12 meses no CienTec e IBot

Mês/ano	% Quantidade “outras folhas e ramos”									
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
	B	B	Cu	Cu	Fe	Fe	Mn	Mn	Zn	Zn
set/2011	68,10	66,99	87,05	71,01	143,91	102,60	226,38	231,47	125,95	92,41
dez/2011	34,78	34,60	41,50	40,63	61,61	63,02	112,90	126,76	66,91	53,84
mar/2012	15,21	12,95	17,96	17,85	23,40	21,59	43,78	38,36	28,19	26,57
jun/2012	10,11	7,63	12,05	12,11	13,19	13,36	28,27	28,57	17,96	16,26
Mês/ano	% Quantidade “Folhas e ramos de bambu”									
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
	B	B	Cu	Cu	Fe	Fe	Mn	Mn	Zn	Zn
set/2011	134,11	52,30	124,50	46,58	256,18	77,72	378,50	136,59	110,82	64,25
dez/2011	64,98	18,68	82,54	20,85	191,11	42,22	195,22	57,36	128,89	20,76
mar/2012	7,44	0,00	9,42	0,00	20,79	0,00	20,33	0,00	14,03	0,00
jun/2012	18,38	12,90	28,97	22,52	60,33	33,19	61,41	45,47	35,82	20,22
Mês/ano	% Quantidade “material mais decomposto”									
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
	B	B	Cu	Cu	Fe	Fe	Mn	Mn	Zn	Zn
set/2011	146,66	137,32	120,28	67,34	219,80	87,68	220,97	245,36	167,68	94,06
dez/2011	1078,00	929,61	749,49	833,41	1384,04	1122,02	2532,92	2980,23	1243,00	1258,17
mar/2012	546,41	709,14	478,52	648,73	906,76	866,56	1587,47	2621,03	890,11	1085,41
jun/2012	700,35	764,96	819,91	966,92	1528,96	1329,07	2353,54	3142,80	1231,70	1368,26
Mês/ano	% Quantidade “raízes”									
	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot	CienTec	IBot
	B	B	Cu	Cu	Fe	Fe	Mn	Mn	Zn	Zn
set/2011	89,79	172,26	84,01	189,83	106,48	213,04	331,18	546,36	149,55	215,83
dez/2011	93,04	90,30	77,13	86,46	143,49	163,65	417,41	233,13	124,69	136,20
mar/2012	89,39	140,67	111,58	243,70	176,28	311,41	376,43	724,23	137,82	327,69
jun/2012	49,21	119,86	60,81	201,29	100,41	240,91	197,09	414,20	97,68	239,44