

INFLUENCIA DA MASSA E NUTRIENTES DA LITEIRA SOBRE A COMPOSIÇÃO DOS MACRO-INVERTEBRADOS EM PLANTÍOS FLORESTAIS NA AMAZÔNIA PERUANA

Sandra C. TAPIA-CORAL^{1*}, Flávio LUIZÃO¹, Beto PASHANASI², Dennis DEL CASTILLO³, Patrick LAVELLE⁴

- 1 Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia, INPA/LBA, Av. André Araújo 2936, Campus II, Aleixo, CEP 69060-001, Manaus, AM, Brasil. *e-mail: sctcoral@gmail.com
- 2 Universidad Nacional de la Amazonia Peruana - UNAP, Facultad de Zootecnia, Yurimaguas, Peru
- 3 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), Programa de Investigación en Manejo Integral del Bosque y Servicios Ambientales (PROBOSQUES). Apartado Postal 784, Iquitos, Perú.
- 4 IRD-LEST, 32 Av. Henri Varagnat, 93143 Bondy cedex, France

RESUMO

A comunidade de macro-invertebrados na liteira participa ativamente na decomposição da matéria orgânica, deixando compostos minerais mais simples e assimiláveis pelas plantas, contribuindo para o aumento do nível de fertilidade do solo. Foi estudado a influencia da massa e estoques de carbono e nutrientes da liteira sobre a composição dos macro-invertebrados em plantios florestais, floresta primaria e secundaria de terra firme, localizados na localidade de Jenaro Herrera, Região de Loreto, Peru. A massa de liteira foi significativamente maior na floresta do que nos demais sistemas ($p < 0.001$). As análises dos resultados indicam que as variáveis dos macro-invertebrados e dos estoques de carbono e nutrientes da liteira foram significativos ao nível de 1% verificando uma relação significativa dos macro-invertebrados da liteira com a massa e as propriedades químicas da liteira.

PALAVRAS-CHAVE: Comunidade de macro-invertebrados, diversidade de macro-invertebrados, camada de liteira, nutrientes da liteira, Amazônia.

INFLUENCE OF LITTER MASS AND NUTRIENTS ON MACROINVERTEBRATES COMMUNITY IN TREE PLANTATIONS IN PERUVIAN AMAZON

ABSTRACT

The macroinvertebrates community in the litter participates actively on organic matter degradation, leaving behind simpler, and easier to be assimilated by plants, mineral compounds, hence contributing to raise the soil's fertility level. We studied the influence of the litter's mass as well as its carbon and nutrient stocks, on the macroinvertebrates composition in tree plantations, non-flooded primary and secondary forest, located in Jenaro Herrera, Peru. The litter was significantly thicker on the forest than on the remaining systems ($p < 0.001$). The macroinvertebrates was collected out of 20 litter samples from which carbon and nutrient values were assessed. Co-inertia analyses, conducted based on the findings from the analyses of the macroinvertebrates principal components variables and litter carbon and nutrients stocks, were significant at the 1% level pointing out a positive correlation of litter macroinvertebrates with litter mass and chemical properties.

KEYWORDS: Communities fauna, fauna diversity, litter layers, litter nutrients, Amazonia.

INTRODUÇÃO

Na Amazônia, a entrada de nutrientes para o solo é por meio dos detritos vegetais caídos da própria floresta (denominados de liteira), e juntamente com a decomposição das raízes finas, é considerado o processo mais importante de sustentação da floresta de terra firme (Luizão & Schubart 1987; Luizão, 1989; Tapia-Coral *et al.*, 2005). Isto significa que o conhecimento da dinâmica da liteira é essencial para o correto manejo nutricional num ecossistema florestal. Estimativas anteriores sugeriram que quantidades entre 3-6 t.ha⁻¹ e uma camada de liteira diversificada em sistemas de policultivos garantem uma presença ativa dos macro-invertebrados comedores de liteira (Vohland & Schroth 1999). A cobertura do solo é muito importante na Amazônia brasileira, a liteira diversificada de um sistema agroflorestal na Amazônia brasileira foi também muito importante para a colonização das populações de isópodos e diplópodos (Tapia-Coral *et al.*, 2005). Sendo, que os macro-invertebrados participam ativamente na decomposição da matéria orgânica, deixando compostos minerais mais simples e assimiláveis pelas plantas, contribuindo para o aumento do nível de fertilidade do solo (Lima *et al.*, 2010). Baseados nestas estimativas, pode-se assumir que sistemas florestais bem manejados, que forneçam no mínimo 2 t.ha⁻¹.ano⁻¹ de matéria orgânica assimilável, poderiam ser suficientes para sustentar a atividade de macro-invertebrados a níveis convenientes (Lavelle *et al.*, 2003), e os solos de baixa fertilidade, como é o caso da Amazônia, o acúmulo e a decomposição da liteira podem servir de indicadores de diferenças entre ecossistemas, em especial no que se refere à disponibilidade de nutrientes para as plantas. Obviamente, esta contribuição dependerá da qualidade nutricional da liteira produzida pela vegetação e acumulada sobre o solo, o que pode ser avaliado pelo conteúdo total de nutrientes na camada de liteira. O mecanismo das interações entre os macro-invertebrados e a dinâmica dos nutrientes são ainda pouco conhecidos na Amazônia e possivelmente dependentes da quantidade e qualidade de nutrientes da liteira, que são diretamente dependentes da cobertura vegetal e do tipo de manejo do solo.

O objetivo do estudo foi analisar a influência da massa e nutrientes da liteira sobre a composição dos macro-invertebrados em plantios florestais, floresta primária e secundária de terra firme na Amazônia peruana. Nossa hipótese foi que a maior quantidade e melhor qualidade da liteira teriam um efeito favorável no desenvolvimento de uma abundante e diversa fauna do solo nos diferentes sistemas estudados, no qual poderia ajudar na conservação e

manejo dos macro-invertebrados na fertilidade do solo.

MATERIAIS E METODOS

O estudo foi desenvolvido nos sistemas de *Cedrelinga catenaeformis* (Ducke) Ducke (C) (*Cedrelinga*) e *Simarouba amara* Aublet (S) (*Simarouba*) de 15 e 16 anos de idade respectivamente e em floresta primária (FP) e floresta secundária (FS) do Centro de Investigaciones de Jenaro Herrera (CIJH) (3°39' S 73°48' W), do Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP), situado na localidade de Jenaro Herrera, Região de Loreto-Peru (Tapia-Coral *et al.*, 2012).

Em cada um dos sistemas, foram delimitados dois transetos paralelos em linha reta de 50 m, e em cada transeto foram coletadas 10 amostras de liteira da camada superficial com um quadro de madeira de 0.25 cm², a cada 5 m. A liteira era cortada com auxílio de uma faca e depositada numa bandeja, onde os macro-invertebrados eram procurados e armazenados em frascos com álcool ao 70%. Após a extração manual dos macro-invertebrados (Tapia-Coral *et al.*, 2005), a liteira foi acondicionada em sacos plásticos para o posterior tratamento e análises químicas. As coletas foram realizadas no período chuvoso (w) (março e abril) e seco (d) (agosto e setembro) de 2001 (Tapia-Coral *et al.*, 2012).

A liteira, posteriormente foi seca ao ar livre e depois limpada manualmente com auxílio de pincéis e separada em dois componentes principais: folhas e madeira. A liteira foi pesada e moída num moinho portátil no CIJH e, em Manaus foi moída novamente num moinho elétrico com peneira de 2 mm para as análises químicas.

Foram analisados o carbono e nutrientes da liteira seguindo o padrão de análises metodológicas da Embrapa (1997). As análises dos polifenóis foram realizadas pelo método de Folin-Denis e, a lignina pelo método do Programa de Biologia e Fertilidade de Solos Tropicais (TSBF) (Anderson & Ingram 1993). Todas as análises foram realizadas no Laboratório Temático de Solos e Plantas do INPA.

Os resultados de estoques de carbono orgânico e nutrientes foi determinado pela multiplicação da massa de liteira depositada sobre o solo pela concentração de cada nutriente em ambos períodos de coleta.

Foram realizadas análises de variância (Anova) e testes de tuckey ao nível de 5 % para testar a diferença entre os sistemas e os períodos de coleta da massa e nutrientes da liteira e da densidade e biomassa dos macro-invertebrados da liteira.

Também para cada grupo de variáveis (densidade e biomassa dos macro-invertebrados, massa e estoques de carbono e nutrientes da liteira) foram realizadas um análise de componentes principais (PCA), seguida de um análise discriminante para testar a diferença entre os sistemas. Depois, foi feita uma análise de Co-inercia com os resultados de PCA da macro-invertebrados e da liteira, para testar a correlação de ambos dados e ver sua significância. As análises multivariadas foram feitas no programa ADE-4 (Thioulouse *et al.*, 1997).

RESULTADOS

A massa total da liteira fina acumulada sobre o solo (folhas + madeira) variaram muito nos dois períodos amostrados em todos os sistemas; sendo que no período chuvoso, as folhas e a massa total da liteira foram significativamente maiores na floresta do que nos demais sistemas ($F=74.2$; $p<0.001$). No período seco, houve um acúmulo de liteira sobre o solo nos quatro sistemas, sendo que as quantidades totais de liteira e de folhas foram significativamente maiores na floresta secundária do que nos demais sistemas ($F=60.7$; $p<0.05$). Em ambos plantios florestais de *Simarouba* e *Cedrelinga* encontraram-se maiores quantidades de madeira, especialmente no período chuvoso (Tabela 1).

Com respeito às diferenças entre os dois períodos de coleta, observou-se que no período seco acumulou-se uma quantidade de folhas significativamente maior ($F=203$; $P<0,001$) na floresta do que nos demais sistemas; porém eles apresentaram valores similares de madeira, embora tenha se observado um ligeiro incremento na *Cedrelinga* durante este período (Tabela 1).

Os estoques de carbono variaram de 1651 kg.ha^{-1} na *Cedrelinga* a 3218 kg.ha^{-1} na floresta, durante o período chuvoso; e no período seco, entre 2967 kg.ha^{-1} na *Cedrelinga* e 3301 kg.ha^{-1} na floresta secundária. Os estoques de carbono foram significativamente maiores na floresta do que nos demais sistemas somente no período chuvoso ($F=64.5$; $p<0.001$). Os estoques de nitrogênio foram significativamente diferentes em ambos períodos de coleta, sendo maiores na floresta durante o período chuvoso ($F=33.8$; $p<0.001$) e na *Cedrelinga* no período seco ($F=7.33$; $p<0.001$). A relação carbono-nitrogênio foi significativamente maior na floresta primária e secundária do que nos plantios florestais em ambos períodos de coleta (Tabela 1).

Os estoques de fósforo foram baixos nos quatro sistemas, em ambos períodos de coleta, sendo significativamente maiores no plantio de *Simarouba*

e na floresta ($F=75.3$; $p<0.001$) do que no plantio de *Cedrelinga* e floresta secundária no período chuvoso; no período seco, os maiores valores foram encontrados na floresta. Os estoques de potássio foram significativamente maiores na floresta do que nos demais sistemas no período chuvoso ($F=75.6$; $p<0.001$); no período seco, houve um forte decréscimo nos estoques de K na floresta primária, e os maiores valores foram encontrados no plantio de *Simarouba* e floresta primária. Os estoques de cálcio foram significativamente maiores na floresta secundária e primária ($F=57.4$; $p<0.001$) do que nos plantios de *Cedrelinga* e *Simarouba*, no período chuvoso. No período seco, observou-se um forte aumento do estoque de cálcio em todos os sistemas, sendo então maior nos plantios de *Cedrelinga* e *Simarouba* do que na floresta. Os estoques de magnésio foram significativamente maiores na floresta ($F=51.9$; $p<0.001$) do que nos demais sistemas no período chuvoso; no período seco, os estoques de magnésio foram maiores no plantio de *Cedrelinga* do que nos demais sistemas (Tabela 1).

Os conteúdos de polifenóis na liteira foram significativamente menores no plantio de *Cedrelinga* do que nos demais sistemas em ambos períodos de coleta ($F=82.3$, $F=218$; $p<0.05$, respectivamente). No período seco, houve um incremento dos conteúdos de polifenóis em todos os sistemas. A lignina na liteira foi significativamente maior no plantio de *Simarouba* ($F=9.46$; $p<0.001$) do que nos demais sistemas no período chuvoso. No período seco, a lignina na liteira não variou significativamente entre os sistemas, sendo seus conteúdos similares em todos os sistemas (Tabela 1).

Os dois primeiros fatores explicam 55.06% do total da variância, contribuindo no primeiro fator com 32.85% e no segundo fator com 22.21% respectivamente. As folhas e a massa total da liteira foram as variáveis que mais aportaram ao primeiro fator, o K, Ca, Mg e o C são os que mais aportaram ao fator 2 (Figura 1a). A Figura 1b, mostra a distribuição dos sistemas, onde o plantio de *Simarouba* (Sd) e a floresta secundária (SFd) da época seca foram os sistemas que apresentaram a maior quantidade de variáveis no fator 1. O fator 2 separa aos plantios de *Simarouba* (Sw) da época chuvosa e *Cedrelinga* (Cd) da época seca. A análise discriminante confirmou a diferença significativa entre os sistemas ($p<0.001$).

A densidade total dos macro-invertebrados da liteira foi significativamente maior no período seco ($F=8.65$; $p<0.05$) do que no chuvoso. Nos sistemas, houve uma diferença significativa, sendo maior na floresta do que nos outros sistemas durante no período chuvoso ($F=5.81$; $P<0.001$). Neste período,

houve uma diversidade de 26 grupos taxonômicos na floresta primária com uma densidade de 2293 ind.m⁻²; na *Cedrelinga* 23 grupos, com uma densidade de 923 ind.m⁻²; na *Simarouba* e na floresta secundária 24 grupos com uma densidade de 1120 ind.m⁻² e 1136 ind.m⁻² respectivamente. O número de grupos taxonômicos foi mais alta no período chuvoso do que no seco, em todos os sistemas (Tabela 2).

No período seco, os macro-invertebrados da liteira diminuíram na floresta para 1483 ind.m⁻² e 18 grupos taxonômicos; na *Cedrelinga* os macro-invertebrados aumentaram a uma densidade de 1291 ind.m⁻², porém diminuíram em diversidade com 20 grupos taxonômicos; na *Simarouba*, os valores diminuíram para 1171 ind.m⁻² e 21 grupos taxonômicos e na floresta secundária aumentaram consideravelmente a uma densidade de 1653 ind.m⁻² e 19 grupos (Tabela 2).

As formigas e térmitas foram os mais representativos nos quatro sistemas, nos dois períodos de coleta. As térmitas foram predominantes e, embora não apresentaram diferenças significativas entre os períodos de coleta, verificou-se diferenças entre os sistemas ($F=3.95$; $p<0,05$), sendo maior na floresta (1353 ind.m⁻²), seguida pelos plantios florestais e a floresta secundária. As formigas apresentaram diferenças significativas entre as épocas de coleta ($F=30.3$; $p<0,001$) e entre os sistemas ($F=10.2$; $p<0.001$), sendo maiores no período seco na floresta primária (458 ind.m⁻²) e secundária (403 ind.m⁻²) do que nos plantios florestais. As minhocas, Dermaptera, Coleóptera e as larvas apresentaram diferenças significativas entre as épocas de coleta, com maiores densidades no período chuvoso para as minhocas e Dermaptera e no período seco para Coleoptera e as larvas. Os Isopoda, Chilopoda, Blattaria, Diptera e Orthoptera apresentaram diferenças significativas entre os períodos de coleta e entre os sistemas, com maiores densidades no período chuvoso para os grupos Blattaria, Diptera, Orthoptera, Isopoda e Chilopoda no período seco. Entre os sistemas, as densidades dos Isopoda e Orthoptera foram maiores na floresta, os Chilopoda na floresta secundária e os Blattaria e Diptera na *Simarouba* (Tabela 2).

A biomassa total dos macro-invertebrados da

liteira apresentaram diferenças significativas entre os períodos de coleta, sendo maior no período chuvoso ($F=12.0$; $p<0.001$), bem como entre os sistemas, sendo maior na *Simarouba* do que nos demais sistemas, durante o período chuvoso ($F=3.63$; $p<0.05$). A biomassa das minhocas, Isopoda e Diplopoda apresentaram diferenças significativas somente entre as épocas de coleta, sendo maiores suas biomassas no período chuvoso do que no seco. Os Coleoptera apresentaram diferenças significativas entre os períodos de coleta e entre os sistemas, sendo maiores na *Simarouba* no período seco (Tabela 2).

Os dois primeiros fatores explicam 31.61% do total da variância. O Fator 1 explica 17.68% da variância e distingue as comunidades dominadas pelas densidades e biomassas de térmitas (Ter e Terb) e minhocas (Ewm e Ewmb) e a densidade de Chilopoda (Chi) (Figura 3a); assim, o Fator 1 agrupa a floresta primária do período chuvoso (Fw) (Figura 3b). O Fator 2 explica 13.93% da variância e separa as densidades da fauna da liteira (litter-dwelling) propriamente como as Blattaria (Bla) Orthoptera (Ort) e as biomassas de Diplopoda (Diplb), Coleoptera (Coleb) e as larvas (Grub); o Fator 2 agrupou os plantios de *Cedrelinga* (Cw e Cd) e *Simarouba* (Sw e Sd) e a floresta secundária (SFw e SFd) em ambos períodos de coleta. A análise discriminante confirmou a diferença significativa dos sistemas ($p<0.001$) (Figura 2b).

A análise de co-inércia realizado entre os resultados de PCA da densidade dos macro-invertebrados e o PCA da massa e nutrientes da liteira mostrou uma separação de todos os sistemas em ambos períodos de coleta. Os dois fatores explicaram 79 % da variabilidade total dos dados, sendo significativos ao nível de 1% ($p<0.001$). O primeiro fator explicou 59.28 % e observou-se uma separação dos sistemas no período seco, com as biomassas de isopoda, diplopoda, formigas, coleoptera, minhocas e as larvas. O segundo fator explicou 19.79 % e separa a todos os sistemas no período chuvoso com as densidades de todos os grupos dos macro-invertebrados e as propriedades químicas da liteira.

Tabela 1. Estoques de carbono e nutrientes na liteira nos plantios florestais de *Cedrelinga catenaeformis* (C) e *Simarouba amara* (S), floresta primária e floresta secundária durante os períodos chuvoso e seco. Os valores são médias de 20 amostras seguidas do erro-padrão da média. As letras diferentes nas colunas indicam as diferenças significativas (ao nível de 0,5%) entre os sistemas para cada o período chuvoso (letras normais).

	<i>Cedrelinga catenaeformis</i>		<i>Simarouba amara</i>		Floresta primária		Floresta secundária	
	Chuvoso	Seca	Chuvoso	Seca	Chuvoso	Seca	Chuvoso	Seca
Folhas (g.m ⁻²)	170 ± 60 b	431 ± 170 b	359 ± 108 c	600 ± 138 a	572 ± 136 a	624 ± 206 a	296 ± 81 d	725 ± 163 c
Madeira (g.m ⁻²)	243 ± 140 b	284 ± 148 b	222 ± 118 a	222 ± 80 c	202 ± 130 a	187 ± 105 a	182 ± 103 ac	152 ± 83 b
Liteira (g.m ⁻²)	413 ± 125 b	715 ± 237 b	581 ± 143 c	822 ± 175 a	774 ± 194 a	811 ± 206 a	478 ± 112 bd	877 ± 181 c
C (kg.ha ⁻¹)	1651 ± 593 b	2967 ± 996 a	2122 ± 720 c	3243 ± 706 a	3218 ± 818 a	3192 ± 901 a	1891 ± 494 d	3301 ± 722 a
N (kg.ha ⁻¹)	79.7 ± 31.3 b	155 ± 51.2 ab	101 ± 29.6 c	130 ± 28.5 ac	119 ± 33 a	140 ± 46.4 a	71.2 ± 19.2 d	122 ± 29.7 ad
C:N	21.2 ± 2.8 b	19.2 ± 1.4 b	21.2 ± 4.7 b	25.1 ± 2.3 c	27.1 ± 2.8 a	23.2 ± 3.1 a	26.8 ± 3.4 c	27.3 ± 2.5 d
P (kg.ha ⁻¹)	3.9 ± 1.5 bd	3.5 ± 1.1 b	8.4 ± 2.5 c	2.7 ± 1.1 c	6.9 ± 2.3 a	6.3 ± 1.6 a	3.7 ± 1.8 bd	1.8 ± 0.9 d
K (kg.ha ⁻¹)	18.1 ± 10.9 bc	12.9 ± 4.7 b	17.3 ± 14.5 bc	17.2 ± 3.9 a	54.3 ± 32.4 a	16.3 ± 4.4 a	6.0 ± 1.8 d	13.0 ± 3.5 bc
Ca (kg.ha ⁻¹)	9.9 ± 5.3 b	37.7 ± 11.9 a	14.8 ± 5.1 c	41.4 ± 11.0 ab	18.2 ± 7.7 a	31.7 ± 11.9 a	26.9 ± 10.2 d	38.7 ± 16.2 ac
Mg (kg.ha ⁻¹)	4.5 ± 2.1 b	15.9 ± 6.2 a	5.6 ± 1.8 cd	10.7 ± 3.1 b	9.5 ± 2.9 a	13.9 ± 4.2 a	6.1 ± 2.2 cd	12.8 ± 4.9 ac
Polifenóis (%)	6.9 ± 1.7 b	8.6 ± 2.5 b	18.7 ± 5.1 c	29.3 ± 5.6 c	13.6 ± 4.7 a	17.6 ± 4.5 a	14.8 ± 4.3 ad	30.5 ± 7.8 cd
Lignina (%)	46.8 ± 1.4 ab	47.9 ± 7.2 a	50.9 ± 3.1 c	46.6 ± 3.9 a	47.0 ± 2.6 a	45.5 ± 7.2 a	47.0 ± 1.4 ab	47.1 ± 1.7 a

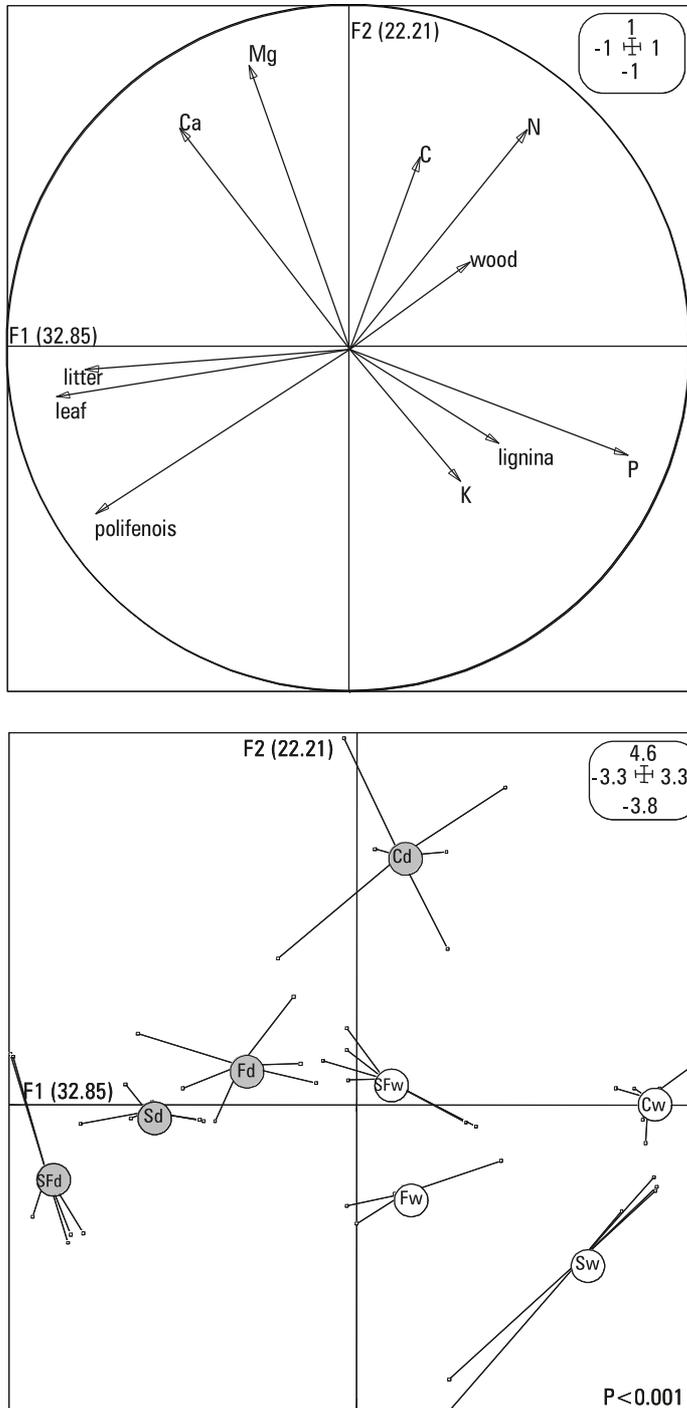


Figura 1 a,b. Circulo de correlação da massa da liteira (folhas e madeira) e dos estoques de C e nutrientes da liteira e distribuição dos sistemas de acordo com os fatores principais 1 e 2. As variáveis da liteira estão expressados pela abreviação de cada nutriente e os sistemas correspondem ao plantio florestal de *Cedrelinga catenaeformis* (C) e *Simarouba amara* (S), floresta primária (F) e floresta secundária (SF) em ambos períodos de coleta chuvoso (w) y seco (d).

Tabela 2. Densidade (ind.m⁻²), biomassa (g.m⁻²) e diversidade (N° de grupos) da macrofauna da liteira nos plantios florestais de *Cedrelinga catenaeformis* e *Simarouba amara*, floresta primária e floresta secundária durante os períodos chuvoso e seco. Os valores são médias de 20 amostras e, o erro-padrão da média estão representados entre parênteses. As letras diferentes nas colunas indicam diferenças significativas entre os sistemas ao nível de 0,5%.

Grupos	<i>Cedrelinga catenaeformis</i>		<i>Simarouba amara</i>		Floresta primária		Floresta secundária	
	Chuvosa	Seco	Chuvosa	Seco	Chuvosa	Seco	Chuvosa	Seco
Araneae (ind.m ⁻²)	122 (62)a	114 (56)b	197 (82)b	150(65)a	130(70)a	155(149)a	120(53)a	207(81)c
Blattaria (ind.m ⁻²)	86 (40)a	52 (33)b	109 (54)b	52(31)b	66(41)a	26(23)a	74(40)a	42(29)b
Coleoptera (ind.m ⁻²)	29 (19)b	87 (42)a	48 (31)c	106(55)b	84(55)a	56(34)a	34(23)c	102(58)b
Coleoptera (g.m ⁻²)	0,01a	0,17a	0,04a	0,51b	0,05a	0,13a	0,02a	0,11a
Chilopoda (ind.m ⁻²)	15 (5)b	33 (25)b	27 (22)b	15(14)a	42(38)a	19(18)a	18(10)b	60(29)c
Dermaptera (ind.m ⁻²)	37 (25)a	25 (22)b	33 (29)a	21(20)b	42(33)a	3(1,5)a	23(20)a	27(20)b
Diplopoda (ind.m ⁻²)	19 (17)b	34 (30)b	18 (10)b	33(25)b	53(46)a	18(13)a	73(68)a	38(28)b
Diplopoda (g.m ⁻²)	0,08a	0,03a	0,11a	0,11a	0,12a	0,04a	0,23a	0,03a
Díptera (ind.m ⁻²)	1 (0,5)a	2 (1)a	31 (26)b	1(0,5)a	4(3,5)a	8(6)a	6(3)a	5(8)a
Formicidae (ind.m ⁻²)	78 (47)b	277 (226)b	127(112)c	159(98)c	289(184)a	458(445)a	134(97)c	403(199)a
Formicidae (g.m ⁻²)	0,05a	0,06a	0,05a	0,03a	0,09a	0,05a	0,05a	0,04a
Gastropoda (ind.m ⁻²)	1 (0,5)a	2 (-)a	0(-)	1 (0,5)a	1(0,5)a	0(-)	1 (-)a	0(-)
Homoptera (ind.m ⁻²)	6 (2)b	9 (6)a	6(1)b	13(10)a	33(25)a	8(7,5)a	19(11)b	34(32)b
Isopoda (ind.m ⁻²)	18 (16)b	171 (122)b	38(29)b	73(52)a	105(70)a	62(60)a	25(22)b	111(48)c
Isopoda (g.m ⁻²)	0,01a	0,02a	0,01a	0	0,01a	0,01a	0,02a	0
Isoptera (ind.m ⁻²)	438 (103)b	425 (407)b	383(333)b	494(366)b	1353(1118)a	633(581)a	501(442)b	558(737)b
Isoptera (g.m ⁻²)	0,02a	0,04a	0,16a	0,03a	0,22a	0,08a	0,13a	0,07a
Larvas (ind.m ⁻²)	13 (11)b	47 (33)b	29(23)a	38(25)b	30(27)a	23(21)a	7(3)c	55(35)c
Larvas (g.m ⁻²)	0,11a	0,31a	0,13a	0,14a	0,3a	0,19a	0,02a	0,13a
Oligochaeta (ind.m ⁻²)	6 (4)b	3 (1)a	13(8)a	0(-)	10(9,5)a	6(1)a	2(1)b	5(1)a
Oligochaeta (g.m ⁻²)	0,21a	0,11a	0,13a	0	0,52a	0,03b	0,05a	0,06a
Orthoptera (ind.m ⁻²)	43 (29)b	10 (9)a	46(28)b	13(10)a	17(15)a	7(1)a	76(44)c	3(5a)a
Outros (ind.m ⁻²)	11 (10)b	0	15(10)b	2(1)a	34(30)a	1(0,5)a	23(22)a	3(2)a
Outros (g.m ⁻²)	0,46a	0,19b	0,49a	0,44a	0,41a	0,22b	0,54a	0,17a
Densidade Total (ind.m ⁻²)	923b	1291a	1120b	1171a	2293a	1483a	1136b	1653a
Biomassa Total (g.m ⁻²)	0,94b	0,94b	1,35a	1,26a	1,72a	0,76b	1,07a	0,61b
N° grupos	23	20	24	21	26	18	24	19

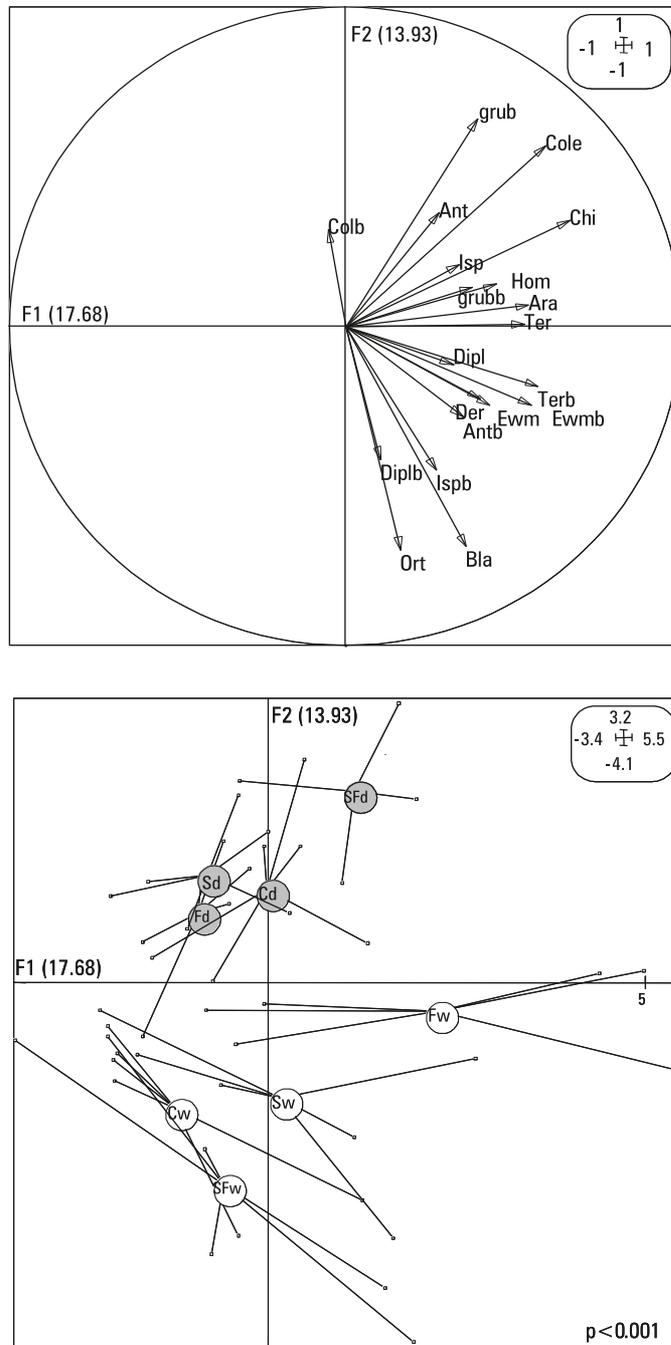


Figura 2 a,b. Circulo de correlação da densidade e biomassa da macrofauna da liteira e a distribuição dos sistemas de acordo com os fatores principais 1 e 2. A densidade e biomassa da macrofauna está expressada pelas três primeiras letras de cada um deles e com a letra b no final para a biomassa. Os sistemas correspondem ao plantio florestal de *Cedrelinga catenaeformis* (C) e *Simarouba amara* (S), floresta primária (F) e floresta secundária (SF) em ambos períodos de coleta chuvoso (w) e seco (d).

DISCUSSÃO

No presente estudo, a massa de liteira acumulada sobre o solo, foi considerado alta ocorrendo numa faixa de 11.3-15.8 t.ha⁻¹ nos diferentes sistemas. Assim, os valores da camada de liteira nos quatro sistemas foram mais altos do que os geralmente encontrados em florestas maduras, florestas secundárias e alguns plantios florestais na Amazônia brasileira (Tabela 3). Os estudos de acúmulo de camada de liteira sobre o solo existentes na Amazônia são poucos e estimam-se numa faixa de 4.6-7.7 t.ha⁻¹ para florestas maduras de terra firme, 4.47 – 9.4 t.ha⁻¹ para florestas secundárias de 5 e 22 anos de idade, de 3.95 – 5.54 t.ha⁻¹ para reflorestamentos e de 2.52 – 17.7 t.ha⁻¹ para alguns plantios de fruteiras e florestais (Tabela 3).

O maior acúmulo da liteira no período seco é um fato já esperado e é geralmente atribuído à uma maior queda de detritos orgânicos e à decomposição relativamente mais demorada nesta época do ano (Luizão & Schubart 1987, Tapia-Coral *et al.*, 2005). Na média total de ambos períodos de coleta, a floresta primária apresentou a maior massa de liteira acumulada sobre o solo, fato já esperado porque este tipo de sistema apresenta uma maior biomassa aérea e uma alta diversidade de espécies com diferentes períodos de queda de folhas e velocidades de decomposição (Tapia-Coral *et al.*, 2005, Luizão *et al.*, 2006).

Os plantios de *Cedrelinga* e principalmente de *Simarouba* apresentaram camadas de liteira acumulada sobre o solo relativamente altas onde atribuiu-se que o aparente aumento da liteira sob o solo deveu-se ao rápido crescimento das espécies plantadas, que apresentaram um grande desenvolvimento das copas das árvores, produzindo assim uma liteira abundante, com uma decomposição relativamente lenta.

Os estoques de C e nutrientes na liteira foram muito variados nos quatro sistemas. A floresta primária apresentou os mais altos estoques de C no período chuvoso e a floresta secundária no período seco. A liteira da floresta primária, além dos altos valores de estoque de C, apresentou também altos estoques de N, K e Mg, durante o período chuvoso. Os estoques de C na floresta primária durante o período chuvoso foram similares aos de uma floresta primária de terra firme na Amazônia brasileira (Luizão *et al.*, 2004); porém, foram menores do que numa floresta secundária de 10 anos de idade, também na Amazônia brasileira, que apresentou altos estoques de C na liteira durante as épocas chuvosa e seca e num sistema agroflorestal multiestrato de 6 anos de idade, principalmente sob as árvores de *Theobroma grandiflorum* e das

palmeiras *Bactris gasipaes* e *Euterpe oleracea* (Tapia-Coral *et al.*, 2005) (Tabela 3).

A liteira dos plantios florestais apresentaram uma alta relação C:N, principalmente a *Cedrelinga* no período seco. A floresta primária apresentou uma baixa relação C:N durante o período chuvoso, porém esta foi um pouco mais alta no período seco; o contrário observou-se na floresta secundária, que, em ambos períodos de coleta, apresentou uma baixa relação C:N, o que confirma a alta qualidade das espécies da floresta secundária e pode dever-se principalmente a uma maior diversidade de espécies presentes neste sistema, do que outra floresta secundária de 10 anos de idade na Amazônia brasileira que apresentou uma alta relação C:N (Tapia-Coral *et al.*, 2005) do que este estudo.

Os estoques de P na liteira foram muito baixos em todos os sistemas, sendo a redução mais drástica no plantio de *Simarouba* principalmente no período seco. No entanto, os conteúdos de P encontrados em ambos plantios de *Cedrelinga* e *Simarouba* foram maiores do que as encontradas em sistemas agroflorestais consorciados em Manaus (Tapia-Coral *et al.*, 2005) e na fronteira de Rondônia e Acre, na Amazônia brasileira ocidental (Dresch, 2003) O K também diminuiu nos plantios florestais de *Cedrelinga* e *Simarouba*, observando-se assim que o K foi facilmente lixiviado no período das chuvas. O K é o elemento mais típico de lixiviação mineral da liteira sobre o solo (Gosz *et al.*, 1976), e esta deve ter sido a razão principal de suas menores concentrações depois do período das chuvas. O Ca, no período seco, teve um aumento significativo em suas concentrações na floresta primária e nos plantios florestais; o mesmo fato observou-se com o Mg, que também aumentou suas concentrações no período seco em todos os sistemas. Sistemas agroflorestais consorciados da Amazônia central e ocidental, apresentaram altas concentrações de Ca e Mg (Dresch, 2003), com altos teores de Ca principalmente no período seco e principalmente sob as árvores madeireiras dos sistemas agroflorestais. Isto pode ser em parte explicado pelo fato deste ser um elemento de estrutura de folhas, pouco afetado pela lixiviação inicial e pelo ataque dos decompositores (Luizão & Schubart, 1987), permanecendo nas folhas por um período relativamente longo. Nos sistemas agroflorestais de Nova Califórnia os altos conteúdos de Ca deveu-se aos resíduos da queima da vegetação da floresta primária que são incorporados ao solo com as cinzas (Alfaia *et al.*, 2002) e principalmente da casca triturada de *Theobroma grandiflorum* (Alfaia *et al.*, 1997). O Mg apresentou maiores concentrações na floresta primária do que numa floresta primária em

Manaus (Luizão *et al* 2007).

A maior diversidade de grupos taxonômicos foi encontrada na floresta primária o que concorda com outros estudos da Amazônia peruana (Lavelle & Pashanasi 1989, Pashanasi, 2002, Tapia-Coral, 2004, Tapia-Coral *et al.*, 2007) e pode ser devido à maior diversidade de espécies de plantas e de liteira das partes aérea e subterrânea presentes neste tipo de ecossistema. A diversidade da fauna geralmente decresce segundo a intensificação do manejo do solo nos diferentes sistemas de uso da terra, como foi demonstrado na Amazônia peruana (Lavelle & Pashanasi, 1989, Pashanasi, 2002). Na Amazônia central, encontraram-se até 19 grupos dos macro-invertebrados da liteira em sistemas de policultivo (Vohland & Schroth 1999) e 15 grupos em sistemas agroflorestais diversificados com 6 anos de idade (Tapia-Coral *et al.* 2005), valor muito menores do que o encontrado nos plantios florestais deste estudo.

Plantios de *Bertholletia excelsa* de 10 anos instalada sobre pastagens degradadas na Amazônia central tiveram densidades e diversidades ainda mais baixas (Kato 1995) do que nos plantios florestais deste estudo. Outros plantios florestais de *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium* de 7 anos na Mata Atlântica, mostraram ainda densidades muito menores do que inclusive a floresta primária de este estudo, que apresentou as maiores densidades de insetos sociais (cupins e formigas) (Pellens & Garay 2000).

Os macro-invertebrados da liteira mostraram um padrão definido dentro de cada período de coleta; os quatro sistemas ficaram agrupados dentro de cada período de coleta com a biomassa dos isópodos, diplópodos, formigas, minhocas, coleópteros e as larvas no período seco e a densidade de todos os grupos no período chuvoso, sendo que neste período as propriedades químicas da liteira estão disponíveis para a atividade dos macro-invertebrados.

Na Amazônia brasileira, a maioria dos estudos mostraram, uma maior abundância e atividade dos macro-invertebrados durante a estação chuvosa do que na estação seca (Luizão & Schubart 1987, Kato 1995, Bandeira & Harada 1998, Tapia-Coral, 2004,

Tapia-Coral *et al.*, 2005, Tarra *et al.*, 2010, Tapia-Coral *et al.*, 2012) e principalmente concentradas na liteira e/ou nas primeiras camadas do solo (Tapia-Coral *et al.*, 2005, Barros *et al.*, 2006). Os isópodos, estiveram sempre presentes nos quatro sistemas, sendo abundante na floresta primária durante o período chuvoso e sofrendo um decréscimo acentuado no período seco. Os isópodos estão entre os principais decompositores da matéria orgânica (Decaens *et al.*, 1994) e são drasticamente afetados pela umidade. Num estudo feito em sistemas agroflorestais na Amazônia central, os isópodos da liteira foram o grupo predominante, principalmente nos sistemas multiestrato, com maior diversidade de espécies plantadas, as quais garantiram uma contínua camada de liteira na superfície do solo (Tapia-Coral *et al.*, 2005). Isto é muito importante, por manter uma boa cobertura do solo e, assim, garantir um microclima favorável ao estabelecimento das comunidades de macro-invertebrados (Tian *et al.*, 1997; Barros *et al.*, 2006). Os diplópodos estiveram presentes nos quatro sistemas, com as maiores densidades na floresta primária e secundária, onde ocorreu um acentuado decréscimo no período seco. Os diplópodos foi o segundo grupo mais importante depois dos isópodos nos sistemas agroflorestais (Tapia-Coral *et al.*, 2005) e em sistemas de policultivo (Höfer *et al.*, 2001) da Amazônia central, assumindo um papel importante na reciclagem da matéria orgânica e nutrientes nos agro-ecossistemas.

Um fator adicional a ser considerado na acumulação de liteira em sistemas de uso da terra é o manejo da área, ou seja, as podas sistemáticas de leguminosas e das plantas invasoras, que, colocadas sobre a superfície do solo, aumentam a oferta e diversidade da matéria orgânica e assim permitem uma melhor seleção dos invertebrados na procura por umidade, alimento e abrigo (Tapia-Coral *et al.*, 2005). A qualidade dos adubos orgânicos é uma característica chave para a manutenção da diversidade das comunidades de macro-invertebrados essencial para o funcionamento do solo e da ciclagem de nutrientes.

Tabela 3. Massa de liteira e de folhas sobre o solo ($t \cdot ha^{-1}$), concentração (%) e estoque ($kg \cdot ha^{-1}$) de carbono na liteira em diferentes tipos de vegetação da Amazônia brasileira e peruana.

Ecosistema	Idade (anos)	Local	Estação do ano	Massa de Liteira ($t \cdot ha^{-1}$)	Folhas ($t \cdot ha^{-1}$)	Carbono (%)	Carbono ($kg \cdot ha^{-1}$)	Bibliografia
Floresta de Terra firme	-	Manaus/BR	S			39	8729	Higuchi <i>et al.</i> , 1998
Floresta de Terra firme	-	Manaus/BR	S			46,2	3559	Luizão <i>et al.</i> , 2004
Floresta de Terra firme	-	Jenaro Herrera/PE	C,S	15,8	12,0	40,3	3205	Este estudo*
Capoeira	10	Manaus/BR	C,S	6,32	5,06	51	3211	Tapia-Coral <i>et al.</i> , 2005*
Capoeira	16	Jenaro Herrera/PE	C,S	13,5	10,2	38,5	2596	Este estudo*
<i>Elaeis oelifera</i> (folhas)	12	Manaus/BR	-			42,6	-	Rodrigues <i>et al.</i> , 2000
<i>Desmodium ovalifolium</i>	12	Manaus/BR	-			43,9	-	Rodrigues <i>et al.</i> , 2000
<i>Theobroma grandiflorum</i>	5	Manaus/BR	C,S			49,7	3131	Tapia Coral <i>et al.</i> , 2005*
<i>Bactris gasipaes</i> + <i>Euterpe oleracea</i>	5	Manaus/BR	C,S			45,1	2971	Tapia Coral <i>et al.</i> , 2005*
<i>Desmodium ovalifolium</i>	5	Manaus/BR	C,S			49,2	2955	Tapia Coral <i>et al.</i> , 2005*
<i>Bracharia humidicola</i>	5	Manaus/PE	C,S			47,6	2811	Tapia Coral <i>et al.</i> , 2005*
<i>Swietenia macrophylla</i> + <i>Shizolobium amazonicum</i>	5	Manaus/PE	C,S			48,8	3326	Tapia Coral <i>et al.</i> , 2005*
<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	15	Jenaro Herrera/PE	C,S	6,01	2,05	40,9	2309	Este estudo*
<i>Simarouba amara</i>	16	Jenaro Herrera/PE	C,S	9,59	1,65	38,1	2682	Este estudo*

*Médias das estações chuvosa e seca

Tabela 4. Densidade (ind.m⁻²) de alguns grupos e biomassa total (g.m⁻²) da macrofauna da liteira amostrados por diferentes métodos de coleta em diferentes plantios florestais perenes.

Plantações Florestais	Localidade	Época de Coleta	Grupos	Densidade (ind.m ⁻²)			Biomassa Total	Método	Bibliografia
				Cupins	Formigas	Minhocas			
<i>Acacia mangium</i> (5 anos)	Rio de Janeiro, Brasil	Chuvosa Seca				928 404	Quadro de 0.25	Correia & Correia, 1996	
<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (5 anos)	Rio de Janeiro, Brasil	Chuvosa Seca				1284 2156	Quadro de 0.25	Correia & Correia, 1996	
<i>Bactris gasipaes</i>								Tapia-Coral et al., 2005	
<i>Theobroma grandiflorum</i>								Tapia-Coral et al., 2005	
								Tapia-Coral et al., 2005	
								Tapia-Coral et al., 2005	
<i>Bactris gasipaes</i>	Manaus, Brasil		27			295	Manual	Vohland & Schroth, 1999	
<i>Bixa orellana</i>	Manaus, Brasil		16			147	Manual	Vohland & Schroth, 1999	
<i>Casuarina equisetifolia</i>	Porto Rico					32,7	Quadro de 0.25	Warren & Zou, 2002	
<i>Leucaena leucocephala</i>	Porto Rico					56,0	Quadro de 0.25	Warren & Zou, 2002	
<i>Eucalyptus robusta</i>	Porto Rico					8,67	Quadro de 0.25	Warren & Zou, 2002	
<i>Cedrelinga</i>	Jenaro Herrera, Peru	Chuvosa Seca	23 20	438 425	78 277	6 3	Quadro de 0.25	Este estudo	
<i>catenaeformis</i>	Peru		24	383	127	13	Quadro de 0.25	Este estudo	
<i>Simarouba amara</i>	Jenaro Herrera, Peru	Chuvosa Seca	21	494	159	0	Quadro de 0.25	Este estudo	

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana pelo financiamento do estudo. Ao pessoal do Centro de Investigaciones de Jenaro Herrera, principalmente ao Carlo Magno Shapiama e Hugo Vasquez pelo apoio com as coletas da macrofauna e da liteira. Ao Edivaldo Chaves e Tânia Pimentel do laboratório de Solos e Plantas do INPA pelo apoio com as análises químicas. Patrícia Salles apoio nas análises de carbono no Autoanalisador. O estudo fez parte da tese de doutorado do primeiro autor e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq financiou a bolsa de estudo. Elena Velásquez ajudou com as análises multivariadas no programa Ade-4.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Alfaia, S.S.; Gomes, J.B.M.; Chaves, J.E.; van Leuween, J.; Siviero, A. 1997. Levantamento nutricional de plantas de cupuaçu em Sistemas Agroflorestais na Amazônia. XXVI Congresso Brasileiro Ciência do Solo. CD ROM, 4-265.
- Alfaia, S.; Ribeiro, G.A.; Nobre, A.D.; Luizão, R.; Luizão, F. 2002. Avaliação da fertilidade do solo em sistemas agroflorestais comparada com outros sistemas de uso da terra. In: IV Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, Anais, Ilhéus, CD-ROM.
- Anderson, J.M.; Ingran, J.S.I. 1993. Tropical Soil Biology and fertility: a handbook of methods. 2ª ed. CAB International. Wallingford, UK. 221 pp.
- Bandeira, A.G.; Harada, A.Y. 1998. Densidade e distribuição vertical de macro-invertebrados em solos argilosos e arenosos na Amazônia central. *Acta Amazônica*, 28 (2):191-204.
- Barros, E.; Mathieu, J.; Tapia-Coral, S.C.; Nascimento, A.R.L.; Lavelle, P. 2006. Soil Macrofauna communities in Brazilian Amazonia. In: Moreira, F.M.S.; Siqueira, J.O.; Brussaard, L. (Org.) Soil Biodiversity in Amazonian and other Brazilian Ecosystems. CABI Publishing 1, p. 43-55.
- Corrêa, J.C.; Corrêa, A.F.F. 1996. Ciclagem de nutrientes em uma plantação de jacarandá-dabaía (*Dalbergia nigra* Fr. Allem.) consorciado com desmódio (*Desmodium ovalifolium* Wall). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 31(7):467-472.
- Decaens, T.; Lavelle, P.; Jiménez J.J.; Escobar, G.; Rippstein, G. 1994., Impact of land management on soil macrofauna in the Oriental Llanos of Colombia. *European Journal Soil Biology*, 30(4):157-168.
- Dresch, P. 2003. *Influência da Pueraria phaseoloides sobre a transformação microbiana do nitrogênio do solo nos sistemas agroflorestais do projeto RECA em Nova Califórnia – RO*. Dissertação de mestrado, INPA/UFAM. 53 pp.
- Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1997. Manual de métodos de análise de solo. 2ª ed. Rio de Janeiro, RJ. (EMBRAPA CNPS. Documentos 1). 212 pp.
- Gostz, J.R.; Likens, G.E.; Bormann, F.H. 1976. Organic matter and nutrient dynamics of the forest floor in the hubbard brook forest. *Oecologia*, 22, 305-320.
- Higuchi, N.; Santos, J. dos.; Ribeiro, R.J.; Minette, L.; Biot, Y. 1998. Biomassa da parte aérea de vegetação de floresta tropical úmida de terra firme da Amazônia brasileira. *Acta Amazônica*, 28,153-166.
- Höfer, H.; Hanagarth, W.; Garcia, M.; Martius, C.; Franklin, E.; Rombke, J.; Beck, L. 2001. Structure and function of soil fauna communities in Amazonian anthropogenic and natural ecosystems. *European Journal Soil Biology*, 37, 1-7.
- Kato, A.K. 1995. *Dinâmica da entrada de nutrientes via liteira em plantios de Castanheira-do-Brasil (Bertholletia excelsa H.B.K.) em ecossistemas de pastagens degradadas e de floresta primária*. Tese de Doutorado. INPA/UFAM. 180 pp.
- Lavelle, P.; Pashanasi, B. 1989. Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto). *Pedobiologia*, 33, 283-291.
- Lavelle, P. ; Senapati, B. ; Barros, E. 2003. Soil Macrofauna. In: Schroth, G., Sinclair, F.L. (Eds.) Trees, Crops and Soil Fertility: concepts and research methods. Chapter 16, p. 303-323.
- Lima, S.S.; Aquino, A.M.; Leite, C.L.F.; Velásquez, E.; Lavelle, P. 2010. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45(3):322-331.
- Luizão, F.J.; Schubart, H.O.R. 1987. Litter productions and decomposition in a terra-firme of central Amazonian. *Experiencia*, 43, 259-265.
- Luizão, F.J. 1989. Litter production and mineral element input to the forest floor in a central Amazonian forest. *GeoJournal*, 19(4):404-417.
- Luizão, R.C.C ; Luizão, F.J. ; Paiva, R.Q.; Monteiro, T.F.; Souza, L.S.; Kruijt, B. 2004. Variation of carbon and nitrogen cycling processes along a topographic gradient in a central Amazonian forest. *Global Change Biology*, 10, 592-600.

- Luizão, F.J.; Tapia-Coral, S.; Gallardo-Ordinola, J.; Silva, G.C.; Luizão, R.C.C.; Trujillo-Cabrera, L.; Wandelli, E.; Fernandes, E.C.M. 2006. Ciclos biogeoquímicos em agroflorestas na Amazônia. *In: Gama-Rodrigues, A.C.; Barros, N.F.; Gama-Rodrigues, E.F.; Freitas, M.S.M. (Org.). Sistemas Agroflorestais: Bases Científicas para o Desenvolvimento Sustentável. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 1, 87-100.*
- Luizão, F.J.; Luizão, R.C.C.; Proctor, J. 2007. Soil acidity and nutrient deficiency in central Amazonian heath forest soils. *Plant Ecology*, 192, 209-224.
- Pashanasi, B. 2002. Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonía Peruana. *Folia Amazonica* 12(1-2), 75-97.
- Pellens, R.; Garay, I. 1999. Edaphic macroarthropod communities in fast-growing plantations of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maid (Myrtaceae) and *Acacia mangium* Wild (Leguminosae) in Brazil. *European Journal of Soil Biology* 35(2), 77-89.
- Rodriguez, M.R.L.; Santos, J.A.; Barcelos, E. 2000. Carbono e nitrogênio na biomassa aérea de cultivo do dendê em latossolo amarelo na Amazônia ocidental. Resumo do III Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, artigo 82-84. Software Gráfico Ltda. Manaus, AM.
- Tapia-Coral, S.C. 2004. *Macro-invertebrados do solo e estoques de carbono e nutrientes em diferentes tipos de vegetação de terra firme na Amazônia peruana*. Teses de Doutorado. INPA/UFAM. 134pp.
- Tapia-Coral, S.C.; Luizão, F.; Wandelli, E.; Fernandes, E.C.M. 2005. Carbon and nutrient stocks of the litter layer in central Amazonian agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 65, 33-42.
- Tapia-Coral, S.C.; Pashanasi, B.; Luizão, F.; Barros, E.; del Castillo, D. 2007. Oligoquetos em diferentes tipos de vegetação de terra firme na

