CONTRIBUIÇÃO DA LITEIRA PARA A FERTILIDADE DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO DA TERRA: UM ESTUDO DE CASO NO UDP (UNIDADE DEMONSTRATIVA DE PERMACULTURA), MANAUS-AM

Fabrício Nascimento FERREIRA[1]; Sônia Sena ALFAIA[2]; Bruno SCARAZATTI[3]; Marta Iria da Costa AYRES[3]; Jonas de Oliveira MORAES FILHO[3].
[1]Bolsista PIBIC/CNPq/INPA; [2]Orientadora CPCA/ INPA; [3]Colaboradores CPCA/ INPA.

1. Introdução

Nos trópicos úmidos, é comum a existência de formações florestais com alta biomassa e diversidade biológica, desenvolvidas sobre solos quimicamente pobres em nutrientes essenciais. O uso insustentável do solo e da água, somados aos impactos das mudanças climáticas estão causando a degradação ambiental, incluindo a erosão do solo, perda dos nutrientes, escassez da água, salinização, contaminação química e a quebra dos ciclos biológicos (Unep, 2007). Os sistemas agroflorestais (SAFs) podem apresentar composições simples ou complexas, baseadas na combinação benéfica de espécies arbóreas e agrícolas, selecionadas num arranjo espacial e temporal. Os Sais têm sido propostos como alternativas para o reaproveitamento de áreas degradadas ou abandonadas (Fearnside, 1998). A ciclagem de nutrientes via deposição liteira produzida pela vegetação é um dos agentes colaboradores dessa recuperação.O estudo da liteira é um importante instrumento para avaliar a qualidade de um ecossistema, pois existe estreita relação entre este componente com a matéria orgânica do solo, interação de organismos vivos e fertilidade do sistema. A qualidade da liteira é um fator determinante para sua decomposição e disponibilização dos nutrientes totais (Theng *et al*, 1984). Em 1998 uma parceria entre a Escola Agrotécnica e Manaus (EAFM) e o instituto e Permacultura o Amazonas (IPA), resultou na criação a Unidade de Permacultura (UDP), onde os sistemas e produção são ecologicamente integrados entre si e com a natureza. O trabalho teve como objetivo avaliar a contribuição da liteira para o estoque e disponibilidade de nutrientes a partir o manejo com SAF para reaproveitamento de uma área abandonada após o uso intensivo. Para tanto, o SAF foi comparado com uma área de regeneração de capoeira adjacente, de idade e características semelhantes, e, outra floresta secundária de 55 anos, mais desenvolvida.

2. Material e métodos

As coletas referentes às áreas de sistema agroflorestal (SAF-10) e capoeira (CAP-10) foram realizadas na área ocupada pelo Projeto Sítio Urbano na UDP, localizada dentro da Escola Agrotécnica Federal de Manaus (EAFM). O SAF multiestratificado ocupa cerca de 1,3 hectares, e a capoeira 2,64 (incluindo algumas pequenas áreas onde houve enriquecimento de espécies). Na UDP, tanto o SAF-10 como a CAP-10 originaram-se sobre uma área abandonada após o uso pela agricultura intensiva, sendo que, o SAF foi planejado com a finalidade de recuperar a capacidade produtiva do sítio, enquanto a CAP-10 regenerou-se naturalmente sem a intervenção humana.
As coletas referentes à área de floresta secundária (FS-55) foram feitas dentro do Centro de Projetos e Estudos Ambientais do Amazonas (CEPEAM), localizado a 3,5 km da UDP. O fragmento de floresta secundária utilizada neste trabalho compreende cerca de 7 hectares. O relevo nos locais de estudo varia de plano (principalmente na FS-55) a suavemente ondulado (entre 5 a 10% de declividade nas parcelas da UDP), e o solo é classificado como Latossolo Amarelo, com textura variável de média (SAF-10) a muito argilosa (CAP-10 e FS-55). A coleta de solo e liteira foram realizadas em uma única época do ano (entre Maio e Julho). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três tratamentos (SAF-10, CAP-10 e FS-55) e três parcelas (repetições) de 40 x 40m cada, alocadas aleatoriamente dentro de cada sistema. As amostras de solo e de liteira foram coletadas em 9 pontos localizados dentro de cada parcela, distantes de 10m, segundo o método TSBF (Biologia e Fertilidade de Solos Tropicais) descrito por Anderson & Ingram (1993). As amostras de solo em cada parcela foram coletadas (amostras simples) na profundidade de 0-10 cm de profundidade com auxílio de enxada e pá após a remoção da liteira sobre o mesmo. Em seguida essas amostras foram secas ao ar, destorroadas, peneiradas (malha de 2 mm) e utilizadas para análises químicas dos seguintes nutrientes: Ca, Mg, K, P pH e Al, determinados de acordo com os métodos descritos por Embrapa (1997). Após a coleta, as amostras de liteira foram secas ao ar, limpas, e triadas em frações de folhas, galhos (menores que 2 cm de diâmetro) e resíduos (material retidos em peneira de 2 e 4mm). Depois foram secas em estufa de ventilação forçada a 60ºC até peso constante, sendo pesadas e moídas. Em seguida foram realizadas as análises químicas dos seguintes nutrientes: Ca, Mg, K e P, de acordo com a metodologia da digestão nitro-perclórica (Sarruge & Haag, 1974).

Todas as análises químicas foram realizadas no Laboratório Temático de Solos e Plantas (LTSP) do INPA de Manaus. Para os procedimentos estatísticos das diferenças entre os sistemas de uso do solo foi realizado um teste de ANOVA - análise de variância de uma via - ($P<0,05$) seguido pelo teste Tuckey, com auxílio do software Systat 10.2.

3. Resultados e discussão

pH, Al e Macronutrientes (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+ e P) no solo.

As médias do pH da CAP-10 e FS-55 foram semelhantes, enquanto o SAF-10 apresentou um solo menos ácido (Tabela 1). Embora as diferenças entre o pH do SAF-10 em relação aos outros sistemas sejam visualmente evidentes, não foi possível confirmar estatisticamente devido à falta de homogeneidade dos dados. As diferenças entre os teores de Al^{3+} foram significativas entre os três sistemas, sendo superior na FS-55, seguido pela CAP-10 e SAF-10 ($F=100,01$; $P < 0,01$). Provavelmente estas diferenças entre o SAF-10 e os demais sistemas, sejam explicadas pela adição de calcário dolomítico, realizada há 10 anos, que tornou o solo mais alcalino e os teores de Al^{3+} reduzidos a níveis adequados para a produção de espécies frutíferas entre outras.

Tabela 1. Valores médios de pH (H_2O) e teores de alumínio trocáveis encontrados no solo, na camada de 0-10 cm de profundidade, nos três sistemas de uso estudados. (n=27).

Sistemas de uso	pH (H_2O)		Al^{3+} ($cmolc.Kg^{-1}$)	
	Valores	Classif.*	Valores	Classif.*
FS-55	4.08 ± 0.26	MB	3.49 ± 0.75 a	MA
CAP-10	4.22 ± 0.29	MB	1.32 ± 0.62 b	A
SAF-10	5.38 ± 0.56	B	0.32 ± 0.45 c	B

Médias seguidas por letras diferentes (só para o Al^{3+}) foram diferentes ao nível de 5% de significância pelo teste de Tuckey.

* Os valores do pH e Al^{3+} foram classificados entre muito baixo (MB), baixo (B), médio/satisfatório (MS), alto (A) ou muito alto (MA). Essa classificação baseia-se nos estudos de (Moreira *et al.,* 2005) e, (Cochrane *et al.*1985).

As quantidades de K^+ foram parecidas entre o SAF-10 e a FS-55, e superiores na CAP-10. Os baixos teores de K^+ encontrado no SAF-10 podem estar relacionados com a exportação deste nutriente por meio da colheita dos frutos de cupuaçu, pupunha e açaí (Alfaia et al., 1997; Alfaia et al., 2004). Os teores de P observados foram semelhantes na CAP-10 e FS-55 e quase 10 vezes mais elevados no SAF-10, provavelmente, devido ao manejo empregado neste sistema, que favoreceu a disponibilidade e incremento do P (Meurer et al., 2004).

Tabela 2. Teores de P, K^++, Ca^{2+} e Mg^{2+} encontrados no solo, na camada de 0-10 cm de profundidade, nos três sistemas de uso estudados. (n=27)

Sistema de uso	P			K^+			Ca^{2+}			Mg^{2+}		
	mg.kg			----------			cmol.kg^{-1}			----------		
	Valores		Classif.*	Valores		Classif.*	Valores		Classif.*	Valores		Classif.*
FS-55	8.07	±	MS	0.06	±	B	0.09	±	MB	0.05	±	MB
	2.16			0.01			0.12			0.01		
CAP-10	7.26	±	MS	0.10	±	B	0.66	±	B	0.09	±	MB
	2.25			0.04			0.56			0.04		
SAF-10	89.79	±	MA	0.06	±	B	2.91	±	A	0.55	±	MS
	83.74			0.02			1.57			0.41		

* Classificação entre muito baixo (MB), baixo (B), médio/satisfatório (MS), alto (A) ou muito alto (MA). Essa classificação baseia-se nos estudos de (Moreira *et al.,* 2005) e, (Cochrane *et al.* 1985).

Os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} foram visualmente maiores no SAF-10, e talvez possam ser justificados pelas práticas de calagem e manejo com adição de compostos orgânicos, ou adubação orgânica (Tabela 2).

Massa e Macronutrientes (Ca^{++}, Mg^{++}, K^+ e P) da liteira.

A maior massa do material folhoso foi verificado nas áreas de CAP-10, enquanto a menor ocorreu no SAF-10. A maior massa das frações de material lenhoso foi observada na FS-55, seguida pela CAP-10. No SAF-10, apenas a massa da fração de resíduos foi ligeiramente maior, comparado aos outros sistemas. No entanto, não foram encontradas diferenças significativas nos componentes o material folhoso e lenhoso (Tabela 3).

No SAF-10, observa-se que, com exceção da massa de resíduos, o mesmo apresentou um peso inferior para as frações de material folhoso e lenhoso em relação aos outros sistemas. Isto pode ter ocorrido devido à composição das espécies do sistema, bem como, devido ao espaçamento das árvores, densidade, e natureza das mesmas. No SAF-10, a maioria dos indivíduos são frutíferas perenes (que não perdem as folhas ao longo do ano), principalmente, palmeiras (espécies de açaí e pupunha), Sterculiacea como cupuaçu e cacau, e leguminosas, como leucenas, ingás, gliricídia, entre outras. As leguminosas contribuem para o aporte de nitrogênio, favorecendo a decomposição da liteira e incremento da fertilidade, o que pode favorecer uma melhor qualidade nutricional da liteira no SAF-10 (Tabela 3). Com exceção do K, que foi significativamente maior no material lenhoso da CAP-10 ($F=5,14$; $p=0,014$) em relação ao SAF-10, todos os outros nutrientes analisados nas demais frações da liteira foram superiores no último. O Ca no material folhoso e lenhoso, foi significativamente maior no SAF-10 em relação à FS-55 ($F=5,03$; $p = 0,015$ e, $F=6,21$; $p = 0,007$). O Mg também foi significativamente maior no SAF-10 em relação à FS-55 para o material folhoso ($F=4,40$; $p = 0,024$), enquanto o P nesta fração da liteira, foi significativo em relação à CAP-10 e FS-55 ($F=14,14$; $p < 0,001$). Outras diferenças visíveis não puderam ser analisadas estatisticamente devido à grande variabilidade dos dados.

Tabela 3. Massa e concentrações de cálcio, magnésio, potássio e fósforo nos componentes da liteira nos sistemas estudados (n=9).

Componentes	Sistema de uso	Massa	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	P
		$kg.ha^{-1}$	----------	----------	g.kg	----------
Material Folhoso	SAF-10	1236 ± 1089 ns	**11.54 ± 4.52 a**	**1.41 ± 0.33 a**	**12.78 ± 2.48**	**0.640 ± 0.079 a**
	CAP-10	**1968 ± 686 ns**	9.47 ± 2.58 ab	1.1 ± 0.45 ab	4.23 ± 1.98	0.444 ± 0.198 b
	FS-55	1697 ± 446 ns	6.79 ± 1.83 b	0.94 ± 0.17 b	2.12 ± 1.07	0.310 ± 0.086 b
Material Lenhoso	SAF-10	2584 ± 2550 ns	**13.05 ± 6.61 a**	**1.14 ± 0.56**	2.69 ± 1.39 ab	**1.020 ± 1.283**
	CAP-10	2711 ± 1608 ns	5.63 ± 2.58 b	0.47 ± 0.17	**4.12 ± 1.78 b**	0.233 ± 0.039
	FS-55	**3690 ± 1708 ns**	8.68 ± 3.09 ab	0.58 ± 0.18	2.12 ± 0.68 a	0.275 ± 0.055
Resíduos	SAF-10	**275 ± 127**	**10.76 ± 4.63**	**1.53 ± 0.68**	**3.32 ± 1.47**	**1.755 ± 1.697 ns**
	CAP-10	189 ± 69	4.03 ± 1.28	0.39 ± 0.19	2.59 ± 1.14	0.483 ± 0.191 ns
	FS-55	274 ± 150	2.88 ± 1.39	0.29 ± 0.26	3.26 ± 1.66	0.277 ± 0.072 ns

Médias ± desvio padrão seguidos por letras diferentes representam diferenças significativa entre tratamentos (ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey). As siglas "ns" representam diferenças não significativas.

4. Conclusão

Quanto à contribuição da liteira para a fertilidade dos sistemas, o SAF-10, apesar de possuir menor peso nas frações folhosa e lenhosa da liteira, apresentou melhores características nutricionais, devido à qualidade do solo e da composição das espécies existentes. O SAF estudado no IPA pode ser um exemplo de uso da terra para o reaproveitamento de áreas abandonadas na Amazônia, recuperando não apenas a capacidade produtiva para o uso agrícola, como também, favorecendo vários serviços ambientais do ecossistema, como fixação de carbono na biomassa, aumento da biodiversidade, circulação da água na interface solo-planta atmosfera e a reciclagem de nutrientes minerais.

5. Referências

Alfaia, S. S.; Ayres, M. I. C. 2004. Efeito de doses de nitrogênio, fósforo e potássio em duas cultivares de cupuaçu, com e sem semente, na região da Amazônia Central. *Revista Brasileira de Fruticultura,* 26(2): 320-325.

Anderson, J.M., Ingram, J.S.I. 1993. *Tropical Soil Biology and Fertility: a handbook of methods.* UNESCO, 221pp.

Embrapa. 1997. *Manual de Métodos de análise de solo.* Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, 212pp.

Fearnside, P.M. 1996. Amazonian deforestation and global warming: Carbon stocks in vegetation replacing Brasil's Amazon forest. *Forest Ecology and Management* 80(1-3): 21-34.

Luizão, F.J, Tapia-Coral, S., Gallardo-Ordinola, J., SILVA, G.C., Luizão, R.C.C., Truijillo-Cabrera, L., Wandelli, E., Fernandes, E.C.M. 2006. CBSAF: Ciclos biogeoquímicos em agroflorestas na amazonia.

Meurer, E. J. 2004. *Fundamentos de química do solo.* 2ª ed. Porto Alegre:Gênesis. 290p.
Sarruge, J. R.; Hagg, H. P. 1974. Análises químicas em plantas. Piracicaba, ESALQ, 56p. Singh, K. P. 1968. Litter prouction na nutrient turnover in eciuos Forest of Varanasi. *Proc. Sysmp. Recent an Trop. Ecol., 655-665.*

Theng, B.K.G., Tate, K. R., Sollins, P., Moris, N., NAdkarni, N., Tate III, R.L. 1989. Constituents of Organic Matter in Temperate and Tropical Soils. *In:* Coleman, D.C., Oades, J.M., Uehara G. (Eds). *Dynamics of soil organic matter in tropical ecossystems.* Niftal Project, University of Hawaii, USA. p. 5-31.