

CAPÍTULO VI

FLORESTA SECUNDÁRIA COMO POUSIO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS SEQUENCIAIS NA AMAZÔNIA

Lívia Gabrig Turbay Rangel-Vasconcelos
Oswaldo Ryohei Kato
Francisco de Assis Oliveira
Izildinha de Souza Miranda

INTRODUÇÃO

A agricultura de derrubada-queima é a base para os sistemas tradicionais nos trópicos. Na Amazônia brasileira, esse sistema é praticado pela agricultura familiar há pelo menos um século (SZOTT; PALM; BURESH, 1999) sendo considerado um dos principais responsáveis pela alteração da cobertura vegetal na região (DENICH et al., 2004; LINDSEY, 2004; SANCHEZ, 1999).

O sistema é caracterizado pelo processo itinerante, com a mínima utilização de insumos, envolve o corte e a queima da vegetação original com a finalidade de aumentar a disponibilidade de nutrientes e garantir a produtividade das culturas anuais. Entretanto, em função do crescimento populacional e aumento na demanda pelo uso da terra e produção de alimentos, o período de pousio tem sido reduzido e o período agrícola intensificado (METZGER et al., 1998; METZGER, 2000; VIELHAUER et al., 2001), implicando em perdas contínuas de carbono e nutrientes do solo (SOMMER et al., 2004; ZARIN et al., 2005), da capacidade de regeneração da vegetação e diversidade de espécies (VOCKEL; DENICH, 2000), tornando esse sistema insustentável.

Considerada uma prática agroflorestal por haver interação entre componente florestal e agrícola em um mesmo espaço, porém em tempos diferentes (NAIR, 1993), a agricultura itinerante é herança de manejos desenvolvidos por povos agricultores que buscavam suprir suas necessidades de subsistência, mesmo que em condições ambientais adversas (FELIPIIM; RESENDE; RIBEIRO, 2004). Em determinados contextos socioambientais, essas práticas podem ser consideradas sustentáveis. Entretanto, a sua viabilidade está relacionada a baixas densidades demográficas, abundância de terras e mão de obra, além de condições edafoclimáticas adequadas (JOHNSON et al., 2001; MENDOZA-VEGA; KARLTUN; OLSSON, 2003).

A floresta secundária em pousio desempenha papel fundamental na manutenção da produtividade da agricultura itinerante, na recuperação da fertilidade e manutenção da sustentabilidade dos solos, entretanto, por depender da capacidade de regeneração da vegetação espontânea e do desenvolvimento das árvores (MCGRATH; DURYEA; CROPPER., 2001; NEPSTAD; MOUTINHO; MARKEWITZ, 2001; GEHRING; DENICH; VLEK, 2005; HOBBIIE et al., 2007) requer longos períodos. Dessa forma, a prática de melhoramento dessas florestas, com a introdução de espécies leguminosas na vegetação promove o aumento da biomassa e nutrientes no sistema, incrementando o aporte de nutrientes e a melhoria da qualidade do solo (KOUTIKA; HOUSER; HENROT, 2001; KOUTIKA et al., 2002; KOUTIKA et al., 2005; GAMA-RODRIGUES; BARROS; COMERFORD, 2007). Além disso, pode-se esperar um grande rendimento de biomassa e uma maior promoção da ciclagem de nutrientes com a adoção desta prática.

Aplicada a queima da vegetação de pousio para o preparo de área, em princípio, promove a disponibilidade de nutrientes no solo para as culturas, tanto pelo aporte de cinzas como pela elevação do pH, porém provoca inúmeros efeitos negativos, tais como: **a)** elevada perda de nutrientes por lixiviação (DAVIDSON et

al., 2004); **b)** maior exposição do solo à erosão (PRIMAVESI, 1979); **c)** reduções contínuas nos estoques de carbono do solo (ZARIN et al., 2005); **d)** emissão de gases de efeito estufa (DAVIDSON et al., 2008, FEARNSIDE, 1996; HOLSCHER et al., 1997) e **e)** perda da diversidade e da capacidade de regeneração da floresta (VOCKEL; DENICH, 2000). Em substituição a essa prática deletéria, a técnica de corte-trituração da floresta secundária em pousio vem sendo aprimorada e estudada pela comunidade científica na Amazônia. Esta prática, que pode ser manual ou mecanizada, confere ao sistema menos suscetibilidade às secas e promove a melhoria da qualidade do solo (KATO et al., 1999; MULUMBA; LAL, 2008; RANGEL-VASCONCELOS; KATO; VASCONCELOS, 2012.; COMTE et al., 2012; REICHERT et al., 2015), apresentando vantagens como maior flexibilidade no calendário agrícola. É uma prática alternativa que pode contribuir para um balanço positivo de nutrientes no sistema (DAVIDSON et al., 2008; DENICH et al., 2005; SOMMER et al., 2004) e ainda diminuir a emissão de CO₂ para atmosfera, o que é cinco vezes menor em relação ao que emitido com a utilização do sistema tradicional de derruba-queima (DAVIDSON et al., 2008).

Estoques de massa e nutrientes no manejo floresta em pousio

O plantio de leguminosas arbóreas na vegetação de pousio tem o potencial de gerar impactos positivos no sistema, devido à sua capacidade em produzir maior biomassa e acelerar o acúmulo de nutrientes em níveis superiores ao que a vegetação espontânea consegue atingir (BARRIOS; COBO, 2004; BASAMBA et al., 2007; BRIENZA JÚNIOR, 1999; SZOTT; PALM, 1996). As leguminosas fixam nitrogênio atmosférico, tornando-o disponível ao sistema, promovendo adições de nutrientes através do acúmulo de biomassa e recuperando gradativamente a qualidade do solo (BASAMBA et al., 2007; KOUTIKA et al.,

2005; KOUTIKA et al., 2002). No caso das espécies arbóreas, seu sistema radicular devolve os nutrientes lixiviados às camadas superiores do solo (LEHMANN; SCHROTH, 2003; SOMMER, 2000; SOMMER et al., 2004; WICKEL, 2004).

Por outro aspecto, o acúmulo de biomassa pela vegetação pode ser limitado pela disponibilidade de nutrientes no solo, bem como é dependente da eficiência no uso dos nutrientes pelas plantas (capacidade de acumular ou utilizar os nutrientes). Estudos em floresta secundária, realizados na Amazônia, mostraram que o nitrogênio (N) e fósforo (P) limitaram seu crescimento (DAVIDSON et al., 2004; GEHRING et al., 1999). No mesmo bioma, especificamente na Amazônia Central, o estabelecimento de espécies nativas em plantio para recuperação de áreas degradadas, *Inga edulis* apresentou elevado teor de N foliar e baixo teor de P (SANTOS JÚNIOR; GONÇALVES; FELDPAUSCH, 2006), sugerindo que o P pode limitar o crescimento desta espécie. Em experimentos específicos com plantios de leguminosas em vegetação secundária, esta mesma espécie respondeu positivamente a adubação fosfatada quanto ao crescimento em altura e DAP, acúmulo de biomassa e nutrientes, sendo, portanto, indicada como uma das espécies promissoras (OLIVEIRA; SCHENGBER, 2006; JOSLIN et al., 2016; RANGEL-VASCONCELOS et al., 2016).

Outra espécie com grande potencial para sistemas de pousio melhorado é *Tachigali vulgaris*, a qual também apresentou respostas à adubação fosfatada nos crescimentos em volume (MELO, 2002) e em altura (MARTINOTTO, 2006). A espécie pode ser ainda mais eficiente que *I. edulis* quanto ao acúmulo de biomassa e nutrientes quando consorciadas ou plantadas na vegetação secundária em pousio (RANGEL-VASCONCELOS et al., 2016).

A tabela 1 mostra o acúmulo de biomassa e nutrientes em pousio espontâneo e melhorado com as espécies com *I. edulis* e *T. vulgaris* em estudos realizados na Amazônia.

Tabela 1 – Biomassa (Mg ha⁻¹) e estoques de nutrientes (kg ha⁻¹) da vegetação de pousio espontâneo e enriquecidos com espécies leguminosas na região amazônica, Brasil.

Local	Tipo de manejo	Idade (anos)	Biomassa (Mg ha ⁻¹)	Nutrientes (kg ha ⁻¹)					
				N	P	K	Ca	Mg	
Igarapé-Açu, PA	Vegetação espontânea	5	20	137	6	79	102	28	
Igarapé-Açu, PA	Vegetação espontânea	4	20	108	7	66	105	32	
Igarapé-Açu, PA	Vegetação espontânea	2	18	-	-	-	-	-	
Marapanim, PA	Vegetação espontânea	1,9	11	103	7	55	55	18	
Igarapé-Açu, PA	Pousio melhorado com <i>I. edulis</i>	2	30	-	-	-	-	-	
Marapanim, PA	Pousio melhorado com <i>I. edulis</i> + <i>S. paniculatum</i>	1,9	16,5	156	10	78	69	19	
Igarapé-Açu, PA	Pousio melhorado com <i>S. paniculatum</i>	2	32	-	-	-	-	-	

Fonte: Denich (1991); Kato (1998); Brienza Júnior (1999); Rangel-Vasconcelos (2011)

Serapilheira e raízes finas como indicadores de sustentabilidade

Os resíduos senescentes da parte aérea da vegetação formam a serapilheira, e sua deposição sobre o solo tem grande contribuição para a entrada de nutrientes e para a formação da matéria orgânica do solo (KOTTO-SAME et al., 1997). Seu acúmulo é regulado pela quantidade de material senescente e suas taxas de decomposição em função das espécies utilizadas no sistema, clima, a prática de manejo e ação da biota do solo (LUIZÃO, R.C.C; LUIZÃO, F.J, 1991; SZOTT; PALM; DAVEY, 1994).

Estudos mostram a importância desse compartimento para a sustentabilidade do solo em sistemas de baixo aporte de insumos (LAWRENCE; SCHLESINGER, 2001; MCGRATH DURYEA; CROPPER, 2001). Quantidades significativas de nutrientes contidos nesse compartimento retornam ao solo (CORREIA; ANDRADE, 2008), podendo atender à demanda nutricional das culturas (PALM, 1995).

Sob o ponto de vista da biogeoquímica, a adoção das técnicas alternativas de melhoramento de pousio com leguminosas arbóreas e a substituição da queima pela trituração no preparo de área podem promover o acúmulo e ciclagem de energia e nutrientes no sistema, minimizando suas perdas.

Em sistemas de manejo da vegetação secundária, o plantio de leguminosas arbóreas estimula a produção da biomassa (BRIENZA JÚNIOR, 1999) e conseqüentemente a produção de serapilheira, além da produção de raízes e exsudados, promovendo a melhoria gradativa da qualidade do solo (TAPIA-CORAL et al., 2005).

As raízes finas compõem outro importante compartimento de carbono e nutrientes em agroecossistemas. São consideradas raízes finas todas aquelas com diâmetro

menor ou igual a 2 mm. As quantidades de carbono e nutrientes que retornam ao solo pela ciclagem de raízes finas geralmente são iguais ou maiores que pela serapilheira (GORDON; JACKSON, 2000), apresentando este compartimento um grande potencial de suprimento de nutrientes para as plantas em solos de baixa fertilidade (LAWRENCE; SCHLESINGER, 2001). Entretanto, estudos de raízes finas em agroecossistemas amazônicos ainda são escassos (LUIZÃO, R.C.C.; LUIZÃO, F.J.; PROCTOR, 2007; MCGRATH; DURYEA; CROPPER, 2001).

Estimativas de estoques massa da parte aérea, de serapilheira e raízes em sistema de enriquecimento de pousio com leguminosas arbóreas foram estimadas por RANGEL-VASCONCELOS et al. (2011) e seus valores estão em torno de 15 a 20 toneladas de massa da parte aérea, 2,4 toneladas de serapilheira e 4 toneladas de raízes finas por hectare.

Tecidos de vida curta como folhas e raízes finas disponibilizam nutrientes para o solo e a quantificação dos estoques de nutrientes nesses compartimentos pode ser considerada como indicador do potencial de ciclagem de nutrientes e qualidade do solo. O estudo de processos que regulam a liberação dos nutrientes no solo via fluxo de serapilheira, tempo e taxas de decomposição podem fornecer informações para o suprimento nutricional das culturas agrícolas, servindo de subsídio para o manejo desses sistemas.

O preparo de área a partir da floresta secundária em pousio e seu impacto no solo

A prática de queima da floresta secundária em pousio, tradicionalmente praticada na Amazônia, é o que garante a produtividade das culturas anuais em sistema convencional

de agricultura itinerante. A queima promove aumento do pH e da disponibilidade de nutrientes no solo, pelo aporte de cinzas. Entretanto, esta prática também leva a elevadas perdas de nutrientes por lixiviação, expõe o solo a erosão e reduções contínuas nos estoques de nutrientes e de carbono no solo. A adoção de técnicas de manejo sem uso do fogo e que promovam o acúmulo de matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes no sistema é de grande importância para a sustentabilidade da agricultura familiar na Amazônia (DENICH et al., 2005). O manejo da vegetação de pousio, regionalmente conhecida como capoeira, por meio da introdução de leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio (N), associada ao corte e à trituração da biomassa acumulada, pode promover a melhoria da qualidade do solo e garantir sustentabilidade ao sistema (BASAMBA et al., 2007; MULUMBA ; LAL, 2008). Dos processos relacionados à melhoria da qualidade do solo, destacam-se: I) fixação biológica do N atmosférico pelas espécies leguminosas da vegetação espontânea (GEHRING; DENICH; VLEK, 2005) e daquelas utilizadas no enriquecimento de pousio (KOUTIKA et al., 2005); II) ciclagem de nutrientes lixiviados para as camadas mais profundas do solo (SCHROTH; LEHMANN, 2003; SOMMER et al., 2004) e III) aporte da matéria orgânica ao solo pela deposição da biomassa triturada (BAYER et al., 2004). A matéria orgânica do solo (MOS) é importante fonte de nutrientes para a produção vegetal, e sua ciclagem está vinculada à ciclagem dos nutrientes no solo por meio da atividade microbiana (CAMBARDELLA; ELLIOTT, 1992).

A matéria orgânica do solo (MOS) se apresenta em diversas frações que podem sofrer impactos pelo sistema de cultivo. Essas frações podem ser divididas em lábil, estável e inerte (STROSSER, 2010) e o estudo dessas frações pode fornecer informações sobre a sua dinâmica permitindo melhor planejamento de manejo em agroecossistemas.

A matéria orgânica lábil, assim como os seus estoques de carbono e nitrogênio, tem sido amplamente estudada por ser considerada um bom indicador da qualidade ambiental e do solo (GHANI; DEXTER; PERROTT, 2003). Esse compartimento é mais sensível a intervenções (plantio, adubação e rotação de culturas) e suas alterações são observáveis mais rapidamente do que na MOS total (STROSSER, 2010).

As frações da MOS podem ser estimadas através da sua separação física em densidade e tamanhos das partículas do solo. Essas frações apresentam características de rápida ou lenta decomposição. As frações leves da matéria orgânica (MOL) são de rápida decomposição, sensíveis às alterações de manejo do solo (CAMBARDELLA; ELLIOTT, 1992) e são consideradas indicadoras da qualidade do solo (BAYER et al., 2004; BAYER et al., 2006). Também conhecida como “debris vegetal” (MENDONÇA; MATOS, 2005), esta fração é derivada de resíduos de plantas, raízes e hifas, e ainda apresenta estruturas celulares típicas de resíduos de plantas (MARSCHNER et al., 2008). Alguns estudos mostraram, através da espectroscopia, que a MOL apresenta diferenças quanto à sua composição estrutural resultando em diferentes níveis de recalcitrância à decomposição (MACHADO, 2002), podendo ser dividida em matéria orgânica livre leve (MOL-L) e matéria orgânica livre oclusa (MOL-O).

Estimativas das quantidades de N e P contidos nas frações leves da MOS são importantes para a avaliação da sua qualidade. Estudos têm mostrado maior importância dos estoques de nitrogênio nas frações lábeis da MOS do que na sua própria quantificação (KOUTIKA et al., 2001; KOUTIKA et al., 2005; KOUTIKA et al., 2002). No caso do P, quando a MOS é mineralizada, produz significantes quantidades deste elemento na forma disponível às plantas em curto e médio prazo (FRIZANO et al., 2003). Aparentes perdas de estoques de P em agroecossistemas durante os primeiros anos de produção estão associadas às perdas da MOS (SZOTT; PALM; BURESH, 1999).

A prática de corte-trituração da biomassa acumulada consiste na deposição superficial da biomassa triturada e a não incorporação desta ao solo, contribuindo para diminuição das perdas de matéria orgânica (BAYER et al., 2004). Esses fatores propiciam aumento nos teores de matéria orgânica, da CTC e de nutrientes (CORAZZA et al., 1999), além de melhoria dos fatores físicos do solo, como porosidade total, agregação e manutenção da umidade (MULUMBA; LAL, 2008) que compõem a qualidade do solo. Em um estudo realizado na microrregião de Igarapé-Açu, Rangel-Vasconcelos; Kato; Vasconcelos (2012) encontraram resultados que comprovam a promoção de aumento da matéria orgânica do solo pelo sistema de corte-trituração, mesmo após o período de cultivo agrícola. A Tabela 2 mostra o status das frações leves (MOL-L e MOL-O) durante as fases do sistema de agricultura itinerante na Amazônia, antes do início do período de pousio, preparo de área (pós pousio) e após o cultivo agrícola do milho.

Tabela 2 – Teores de matéria orgânica leve livre (MOL-L), matéria orgânica leve oclusa (MOL-O), matéria orgânica do solo (MOS), carbono orgânico total (COT) e carbono total (CT) do solo em três períodos de sistema sequencial de corte-trituração, em Marapanim, PA.

Período de amostragem	Profundidade (cm)	MOL-L	MOL-O	MOS	COT
		-----g kg ⁻¹ -----			
Pré-pousio	0-10	7,4 (0,9) B	0,8 (0,1) B	9,9 (0,6) C	5,7 (0,3) C
	10-20	1,6 (0,2) B	0,4 (0,1) B	6,4 (0,7) C	3,7 (0,3) C
	20-30	0,9 (0,1)A	0,4 (0,1) A	5,2 (0,4) C	3,0 (0,2) C
Pós-pousio	0-10	15,9 (1,5) A	3,7 (0,5) A	13,7 (1,0)B	7,9 (0,6) B
	10-20	2,7 (0,4) A	0,9 (0,2) A	9,2 (0,5) B	5,3 (0,3) B
	20-30	1,8 (0,4)A	1,0 (1,1) A	7,3 (0,2) B	4,3 (0,1) B
Pós-cultivo	0-10	14,9 (1,5) A	1,0 (0,1) B	17,6 (0,8) A	10,2 (0,5) A
	10-20	2,0 (0,3) A	0,4 (0,1) B	12,9 (0,4) A	7,5 (0,4) A
	20-30	1,3 (0,3)A	0,6 (0,2) A	10,9 (0,6) A	6,3 (0,4) A

(Erro padrão apresentado entre parênteses. Letras maiúsculas comparam diferenças significativas entre períodos de amostragem em cada profundidade ao nível de significância de 5%; ns indica que não houve diferença significativa). Fonte: Rangel-Vasconcelos (2011)

CONSIDERAÇÕES

A prática de melhoramento de pousio com o plantio de espécies leguminosas de rápido crescimento promove o acúmulo de biomassa em níveis superiores ao que a vegetação de pousio espontâneo consegue atingir. Na fase de preparo de solo, a prática de corte-trituração da vegetação de pousio pode promover acúmulo de matéria orgânica. Embora a vegetação secundária seja suprimida pelo corte-trituração, parte do carbono e nutrientes acumulados durante a fase de pousio pode permanecer no sistema nas diversas formas e frações da matéria orgânica do solo.

O entendimento da dinâmica dos nutrientes liberados pela cobertura morta, formada no preparo de área pela trituração da biomassa acumulada durante o pousio, e a demanda de nutrientes pelas culturas durante a fase agrícola é fundamental para o estabelecimento de práticas alternativas, fornecendo subsídios para o manejo de sistemas agroflorestais sequenciais.

Do ponto de vista biogeoquímico, o aumento dos estoques de nutrientes pela combinação de práticas alternativas e conservacionistas de manejo como o pousio melhorado e o corte-trituração da floresta secundária em pousio, apresentam grande potencial para a promoção da sustentabilidade da agricultura em níveis local, regional e global.

REFERÊNCIAS

BARRIOS, E., COBO, J.G. Plant growth, biomass production and nutrient accumulation by slash/mulch agroforestry systems in tropical hillsides of Colombia. **Agroforestry Systems**, n. 60, p. 255-265, 2004.

BASAMBA, T.A. et al. Impact of planted fallows and a crop rotation on nitrogen mineralization and phosphorus and organic matter fractions on a Colombian volcanic-ash soil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, n.77, p.127-141, 2007.

BAYER, C. et al. Carbon storage in labile fractions of soil organic matter in a tropical no-tillage Oxisol. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, n.39, p. 677-683, 2004.

_____. Tillage effects on particulate and mineral-associated organic matter in two tropical Brazilian soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, n. 37, p.389-401, 2006.

BRIENZA JR., S. **Biomass dynamics of fallow vegetation enriched with leguminous trees in the Eastern Amazon of Brazil**. Gottingen: Gottingen University, 1999.

CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOTT, E.T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, n.56, p.777-783, 1992.

COMTE, I. et al. Physicochemical properties of soils in the Brazilian Amazon following fire-free land preparation and slash-and-burn practices. **Agric Ecosyst Environ**, n.156, p.108-115, 2012.

CORAZZA, E. J. et al. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 23, p.425-432, 1999.

CORREIA, M.E.F.; ANDRADE, A.G. Formação da serrapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; SILVA, I. R. da (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 137-154.

DAVIDSON, E.A. et al Nitrogen and phosphorus limitation of biomass growth in a tropical secondary forest. **Ecological Applications**, n.14, p. 150-163, 2004.

_____. An integrated greenhouse gas assessment of an alternative to slash-and-burn agriculture in eastern Amazonia. **Global Change Biology**, n.14, p.1-10, 2008.

DENICH, M. **Estudo da importância de uma vegetação secundária nova para o incremento da produtividade do sistema de produção na Amazônia Oriental Brasileira**. 1991. 283f. Tese (Doutorado) - Universidade de Göttingen, Göttingen, 1991.

DENICH, M. et al. Mechanized land preparation in forest-based fallow systems: the experience from eastern amazon. **Agroforestry Systems**, n.61, p. 91-106, 2004.

_____. A concept for the development of fire-free fallow management in the eastern amazon, Brazil. **Agriculture Ecosystems & Environment**, n.110, p.43-58, 2005.

FEARNSIDE, P.M. Amazonian deforestation and global warming: carbon stocks in vegetation replacing Brazil's Amazon forest. **Forest Ecology and Management**, n.80, p.21-34, 1996

FELIPIIM, A.P.; RESENDE, R.U.; RIBEIRO, R.J. Agricultura de pousio e controle ambiental. In: DIEGUES, A.C., VIANNA, V.M. (Eds.). **Comunidades tradicionais e manejo dos recursos naturais na Mata Atlântica**. São Paulo: Hucitec,, 2004.

FRIZANO, J. et al. Labile phosphorus in soils of forest fallows and primary forest in the Bragantina region, Brazil. **Biotropica**, n.35, p.2-11, 2003.

GAMA-RODRIGUES, A.C.; BARROS, N.F.; COMERFORD, N.B. Biomass and nutrient cycling in pure and mixed stands of native tree species in southeastern Bahia, Brazil. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, n.31, p.287-298, 2007.

GEHRING, C. et al. Response of secondary vegetation in Eastern Amazonia to relaxed nutrient availability constraints. **Biogeochemistry**, v.45, p.223-241, 1999.

GEHRING, C.; DENICH, M.; VLEK, P.L.G. Resilience of secondary forest regrowth after slash-and-burn agriculture in central Amazonia. **Journal of Tropical Ecology**, n.21, p.519-527, 2005.

GHANI, A.; DEXTER, M.; PERROTT, K.W. Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilisation, grazing and cultivation. **Soil Biology and Biochemistry**, n.35, p.1231-1243, 2003

GORDON, W.S.; JACKSON, R.B. Nutrient concentrations in fine roots. **Ecology**, n.81, p. 275–280, 2000.

HOBBIE, S.E. et al. Tree species effects on soil organic matter dynamics: the role of soil cation composition. **Ecosystems**, n.10, p.999-1018, 2007

HOLSCHER, D. et al. Nutrient input-output budget of shifting cultivation agriculture in eastern amazon. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, n.47, p.49-57, 1997.

JOHNSON, C.M. et al. Carbon and nutrient storage in primary and secondary forests in eastern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, n.147, p. 245-252, 2001.

JOSLIN, A. et al. Improved fallow: growth and nitrogen accumulation of five native tree species in Brazil. **Nutr Cycl Agroecosystem**, v.1, p.106, 2016.

KATO, M.S.A. et al. Fire-free alternatives to slash-and-burn for shifting cultivation in the eastern Amazon region: the role of fertilizers. **Field Crops Research**, n. 62, p.225-237, 1999.

KATO, O.R. Fire-free land preparation as an alternative to slash-and-burn for shifting cultivation in the Bragantina region: crop performance and nitrogen dynamics. **Tropical Agriculture**. Gottingen, p.132, 1998.

KOTTO-SAME, J. et al. Carbon dynamics in slash-and-burn agriculture and land use alternatives of the humid forest zone in Cameroon. **Agriculture Ecosystems & Environment**, n.65, p.245-256, 1997.

KOUTIKA, L.S. et al. Leguminous fallows improve soil quality in south-central Cameroon as evidenced by the particulate organic matter status. **Geoderma**, n.125, p.343-354, 2005.

_____. Chemical properties and soil organic matter assessment in fallow systems in the forest margin benchmark. **Soil Biology & Biochemistry**, n.34, p.757-765, 2002.

KOUTIKA, L.S.; HAUSER, S.; HENROT, J. Soil organic matter assessment in natural regrowth, *P. phaseoloides* phaseoloides and *Mucuna prunierns* fallow. **Soil Biology & Biochemistry**, n.33, p.1095-1101, 2001.

LAWRENCE, D. ; SCHLESINGER, W. H. Changes in the distribution of soil phosphorus during 200 years of shifting cultivation. **Ecology**, v.82, n.10, p.2769-2780, 2001.

LEHMANN, J.; SCHROTH, G. Nutrient Leaching. In: SCHROTH, G.S., F L (Ed.). *Trees, crops and soil fertility: concepts and research methods*. **CABI**, 2003. p. 151-167.

LINDSEY, R. **From forest to field**: how fire is transforming the Amazon. Nasa's Earth observatory website. 2004

LUIZÃO, R.C.C.; LUIZÃO, F.J. Littera e biomassa microbiana do solo no ciclo de matéria orgânica e nutrientes em terra firme na Amazônia Central In: VAL, A.L.; FIGLIUOLO, R.; FELDBERG, E. **Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia: fatos e perspectivas**. Manaus: INPA, 1991.

LUIZAO, R.C.C.; LUIZAO, F.J.; PROCTOR, J. Fine root growth and nutrient release in decomposing leaf litter in three contrasting vegetation types in central Amazonia. **Plant Ecology**, n.192, p. 225-236, 2007.

MACHADO, P.L.O.A. **Fracionamento físico do solo por densidade e granulometria para a quantificação de compartimentos da matéria orgânica do solo**: um procedimento para a estimativa pormenorizada do seqüestro de carbono pelo solo. Rio de Janeiro: EMBRAPA,2002. (Comunicado Técnico,9)

MARSCHNER, B. et al. How relevant is recalcitrance for the stabilization of organic matter in soils? **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, n.171, p.91-110, 2008.

MARTINOTTO, F. **Avaliação do desenvolvimento inicial de espécies arbóreas nativas do cerrado**. 2006. .60f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Mato grosso, Cuiabá, 2006.

MCGRATH, D.A.; DURYEY, M.L.; CROPPER, W.P. Soil phosphorus availability and fine root proliferation in Amazonian agroforests 6 years following forest conversion. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, n.83, p.271-284, 2001.

MELO, J.T.D. Efeito da adubação e calagem sobre o crescimento do carvoeiro. In: CERRADOS, E. (Ed.). **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Brasília: EMBRAPA Planaltina, 2002. 11p.

MENDONÇA, E.S.; MATOS, E. **Matéria orgânica do solo**: métodos de análises. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005.

MENDOZA-VEGA, J.; KARLTUN, E.; OLSSON, M., Estimations of amounts of soil organic carbon and fine root carbon in land use and land cover classes, and soil types. **Forest Ecology and Management**, n.177, p. 191-206, 2003.

METZGER, J.P. et al.. Fallow periods and landscape structure in areas of slash-and-burn agriculture (NE Brazilian Amazon). In: **Proceedings of the third Shift-workshop**, Manaus, 1998.p.95-100.

METZGER, J.P.M. Dinâmica e equilíbrio da paisagem em áreas de agricultura de corte-queima em pousio curto e longo na região bragantina. In: SEMINÁRIO SOBRE MANEJO DE VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR NA AMAZÔNIA ORIENTAL. 2000. Belém. **Anais...** Belém: Embrapa, 2000. p. 47-50.

MULUMBA, L.N.; LAL, R. Mulching effects on selectes soil physical properties. **Soil & Tillage Research**, n. 98, p. 106-111, 2008.

NAIR, P. K. R. Shifting cultivation and improved fallows In: Soil & Tillage Research. **An introduction to agroflorestry**. London: Klewer, 1993. p. 55-74

NEPSTAD, D.; MOUTINHO, P.R.S.; MARKEWITZ, D. The recovery of biomass, nutrient stocks, and deep soil functions in secondary forests. In: MCCLAIN, M.E.; VICTORIA, R.L.; RICHEY, J.E. **The biogeochemistry of the Amazon Basin**. New York: Oxford University Press, 2001.

OLIVEIRA, J.M.F.; SCHWENGBER, D.R. **Monitoramento de crescimento de leguminosas arbóreas em área de capoeira do Estado de Roraima - 2005/2006**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2006. 41p.(Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).

PALM, C. A. Contribution of agroforestry trees to nutrient requirements of intercropped plants. **Agroforestry Systems**, v.30, p.105-124,1995.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais.** São Paulo: Nobel, 1979.

RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T. **Biomassa, estoques de nutrientes e matéria orgânica leve do solo de vegetação de pousio sob diferentes manejos em sistema de corte-trituração na Amazônia Oriental.** 2011. 124 f. Tese. (Doutorado em Ciências Agrárias)-Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém. 2011

RANGELVASCONCELOS, L. G. T. et al. Biomassa e estoques de nutrientes em vegetação de pousio sob diferentes manejos em sistemas agroflorestal sequencial de corte-trituração na Amazônia oriental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 8., 2011, Belém. **Anais...** Belém: [s.n.], 2011.

RANGELVASCONCELOS, L. G. T., KATO, O. R.; VASCONCELOS, S. S. Matéria orgânica leve do solo em sistema agroflorestal de corte-trituração sob manejo de capoeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.8, p.1142-1149, 2012.

RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T. et al. Acúmulo de biomassa e nutrientes de leguminosas arbóreas introduzidas em sistema de pousio na Amazônia. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 3, p. 735-746, 2016.

REICHERT, J. M. et al. Fire-free fallow management by mechanized chopping fo biomass for sustainable agriculture in Eastern Amazon: effects of soil compactness, porosity, and water retention and availability. **Land Degradation and Development**, v.27, 2015.

SANCHEZ, P. Improved fallows come of age in the tropics. **Agroforestry Systems**, n.47, p. 3-12, 1999.

SANTOS JUNIOR, U.M.; GONCALVES, J.F.D.; FELDPAUSCH, T.R. Growth, leaf nutrient concentration and photosynthetic nutrient use efficiency in tropical tree species planted in degraded areas in central Amazonia. **Forest Ecology and Management**, n.226, p.299-309, 2006.

LEHMANN, J.; SCHROTH, G. Nutrient capture. In: SCHROTH, G.; SINCLAIR, F.L. **Trees, Crops and Soil fertility: concepts and research methods.** Wallingford: CAB International, 2003. p. 167-179.

SOMMER, R. **Water and nutrient balance in deep soils under shifting cultivation with and without burning in the Eastern Amazon.** Gottingen: Gottingen University, 2000. 240 p.

SOMMER, R. et al. Nutrient balance of shifting cultivation by burning or mulching in the Eastern Amazon - evidence for subsoil nutrient accumulation. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, n.68, p.257-271, 2004.

STROSSER, E. Methods for determination of labile soil organic matter: an overview. **Journal of Agrobiology**, n.27, p.49-60, 2010.

SZOTT, L.; PALM, C.; Nutrient stocks in managed and natural humid tropical fallows. **Plant and Soil**, n.186, p.293-309, 1996.

SZOTT, L.T.; PALM, C.A.; BURESH, R.J. Ecosystem fertility and fallow function in the humid and subhumid tropics. **Agroforestry Systems**, n.47, p.163-196, 1999.

SZOTT, L.T.; PALM, C.A.; DAVEY, C.B. Biomass and Litter Accumulation under Managed and Natural Tropical Fallows. **Forest Ecology and Management**, n.67, p.177-190, 1994.

TAPIA-CORAL, S.C. et al. Carbon and nutrient stocks in the litter layer of agroforestry systems in central Amazonia, Brazil. **Agroforestry Systems**, n.65, p.33-42. 2005.

VIELHAUER, A. et al. Land-use in a mulch-based farming system of small holders in the eastern Amazon. In: **Conference on International Agricultural Research for Development Deutscher Tropentag Bonn**, 2001. p.9-11.

VOCKEL, J.; DENICH, M. Effect of fire-free land preparation on the vegetative regeneration of woody fallow vegetation in the Eastern Amazon Region. **Proceedings of the 4th SHIFT- Workshop**, Hamburg, 2000.

WICKEL, B. **Water and nutrient dynamics of a humid tropical watershed in Eastern Amazônia**. 2004. 135 f. Thesis (Doctoral) - University of Bonn, Bonn, 2004.

ZARIN, D.J. et al. Legacy of fire slows carbon accumulation in Amazonian forest regrowth. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v.3, n.7, p.365-369, 2005.