

ARTIGO 1

ESTOQUES DA SERAPILHEIRA ACUMULADA E TEORES DE NUTRIENTES EM ARGISSOLO SOB MANEJO AGROFLORESTAL NO NORTE DO PIAUÍ

Sandra Santana de Lima, Luiz Fernando Carvalho Leite e Adriana Maria de Aquino

1 INTRODUÇÃO

A serapilheira depositada sobre o solo tem importantes funções no ecossistema, representa a parte mais dinâmica desse conjunto e, possivelmente, a mais variável em especial nos trópicos, onde o solo exposto ao impacto direto do sol e das chuvas fica sujeito a uma rápida degradação de suas características físicas e biológicas (LUIZÃO et al., 2006; CORREIA e ANDRADE, 1999). Ela constitui-se na camada de detritos vegetais (folhas, ramos, caules, cascas, frutos, flores) e animais, disposta na superfície do solo (BORÉM e RAMOS, 2002), e sua produção seguida da decomposição, representa o principal meio de transferência de matéria orgânica e da maior parte dos macro e micronutrientes para o solo, possibilitando a sua reabsorção pelos vegetais vivos (KÖNIG et al., 2002; SANTANA, 2005; SCHUMACHER et al., 2004). Em conjunto com os diversos compartimentos florestais, contribui para a interceptação das águas da chuva, por meio do amortecimento e conseqüente

dispersão da energia cinética das gotas, minimizando assim os efeitos erosivos (BORÉM e RAMOS, 2002).

Nos sistemas agroflorestais (SAFs), a biomassa que formará a serapilheira é resultante da interação dos fatores genéticos e ambientais, sobretudo da poda direcionada das árvores e outras espécies (SILVEIRA et al., 2007). Essa camada de serapilheira tem papel fundamental na manutenção da sustentabilidade por disponibilizar gradualmente o retorno dos nutrientes para as plantas (POLYAKOVA e BILLOR, 2007). Além disso, pode indicar a capacidade produtiva da floresta ao relacionar os nutrientes disponíveis com as necessidades nutricionais de uma dada espécie arbórea (FIGUEIREDO FILHO et al., 2003).

A quantidade de serapilheira e seu conteúdo de nutrientes que são aportados ao solo pelo povoamento irão refletir na sua capacidade produtiva e no seu potencial de recuperação ambiental, tendo em vista as modificações que irão ocorrer nas características químicas do solo (SCHUMACHER et al., 2004). A qualidade de serapilheira inicial influencia a abundância, composição, e atividade dos microrganismos e fauna do solo que participam da decomposição do material e determinam a taxa de decomposição e dinâmica de nutrientes (POLYAKOVA e BILLOR, 2007).

Por meio da decomposição de resíduos vegetais e animais que chegam ao solo a serapilheira pode contribuir para o acúmulo de matéria orgânica no solo (ALVES et al., 2005) e completa o ciclo dos elementos nutricionais, possibilitando que parte do carbono incorporado na biomassa pela fotossíntese retorne à atmosfera como CO₂ e que os outros elementos absorvidos passem para uma forma novamente utilizável pelas plantas (HOBBELEN e VAN GESTEL, 2007; CORREIA e ANDRADE, 1999). No entanto, a concentração de nutrientes na serapilheira depende das características morfológicas e fisiológicas das espécies de plantas, da capacidade de translocação do nutriente antes da senescência, do tipo de solo e da proporção de folhas em relação aos demais componentes (VOHLAND e SCHROTH, 1999; KÖNIG et al., 2002).

O acúmulo de matéria orgânica em sistemas conservacionistas como os SAFs, é geralmente acompanhado pelo aumento dos teores de nutrientes, principalmente N, adicionados pelos resíduos das plantas de cobertura, com conseqüente aumento da produtividade da cultura principal (GIACOMINI et al., 2003). Considerada uma das principais fontes de energia e nutrientes ao sistema, a matéria orgânica do solo (MOS) é capaz de manter a produtividade dos solos em geral (XAVIER et al., 2006) e tem grande influência

sobre as propriedades químicas e físicas dos solos tropicais e, por isso, representa o componente chave para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (ALVES et al., 2005). Enquanto a ciclagem de nutrientes, favorece o fluxo dos nutrientes entre os compartimentos e nas transferências entre um ecossistema e outro (KÖNIG et al., 2002).

Apesar dos benefícios dos SAFs para a serapilheira, a agricultura com base no corte e queima ainda tem sido muito utilizada por pequenos produtores e essa prática resulta na eliminação da serapilheira, assim como outros efeitos marcantes. Quando ocorre incêndio, a combustão do material vegetal provoca a liberação quase imediata dos elementos químicos e do carbono, dificultando ou impedindo a reciclagem destes (LOUZADA, MACHADO e BERG, 2003). Apesar da degradação ocasionada por esse tipo de manejo, grande parte dos agricultores na região norte do Piauí, a utilizam aproveitando a disponibilidade temporária de nutrientes.

A serapilheira produzida nos sistemas tem sido reconhecida como um dos agentes promotores da recuperação de áreas degradadas. Apesar disso, são inexistentes estudos sobre a ciclagem de nutrientes nestes sistemas no estado do Piauí. Nesse sentido, este trabalho objetivou avaliar o estoque de serapilheira acumulada e os teores de nutrientes dessa serapilheira, em sistemas agroflorestais com diferentes idades de adoção, sistema com base ecológica, agricultura de corte e queima e floresta nativa, como referência.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2. Histórico da área

O estudo foi realizado na comunidade Vereda dos Anacleto, localizada no município de Esperantina. A escolha foi motivada por se tratar da primeira experiência com agrofloresta conduzida em unidades de produção familiar. As informações sobre o histórico de exploração das áreas, foram adquiridas *in loco*, durante as coletas de material, por meio de entrevistas semi-estruturadas com os agricultores.

A exploração das áreas cultivadas se deu por volta de 1940, com a agricultura itinerante de corte e queima, seguido por um período de dez anos em pousio. A substituição dessa prática aconteceu em 1997, com uma experiência piloto, em que o manejo foi realizado apenas com roço, selecionando espécies arbóreas e deixando o material sobre o solo. Aos poucos foram introduzidas espécies frutíferas.

A adesão definitiva pelo sistema agroflorestal (SAF), aconteceu em virtude do sucesso na produtividade da área resultante do consórcio entre espécies agrícolas, frutíferas e nativas. A área que antes produzia apenas milho, além de aumentar sua produção após dez anos de adoção do manejo agroflorestal, passou a produzir castanha de caju (5 sacas por hectare), mamona (80 litros de óleo por ano), além da mandioca e frutas que também são comercializadas.

O sucesso dessa experiência é conhecida por grande parte do Meio-norte do estado. Durante os últimos anos, a propriedade vem sendo visitada por outros agricultores, excursões de alunos e alguns pesquisadores. O pioneiro dessa prática na região, incentivado pela ONG Centro Educacional Esperantinense - CEPES vem estimulando outros agricultores a aderirem à agrofloresta em detrimento à agricultura de corte e queima. Porém, na comunidade alguns agricultores continuam com o monocultivo e a antiga prática de preparo com fogo.

2. 2 Localização e Descrição da Área de Estudo

A comunidade Vereda dos Anacleto, localizada no município de Esperantina (03° 54' 07'' S e 42° 14' 02'' W, altitude 59 metros), região norte do estado do Piauí. O clima enquadra-se no tipo tropical subúmido, com duas estações bem definidas, uma chuvosa e outra seca. Os dados mensais da precipitação pluvial (mm) e temperatura (°C) com temperaturas anuais médias, mínima e máxima de 26 e 34°C, respectivamente (CEPRO, 1992), durante o período de estudo estão na Figura 1.

A região é caracterizada por apresentar uma formação vegetal predominante de transição entre cerrado e floresta secundária mista (PLANAP, 2006), possuindo extensas áreas com babaquais. O solo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico textura franco arenosa (SANTOS et al., 2006).

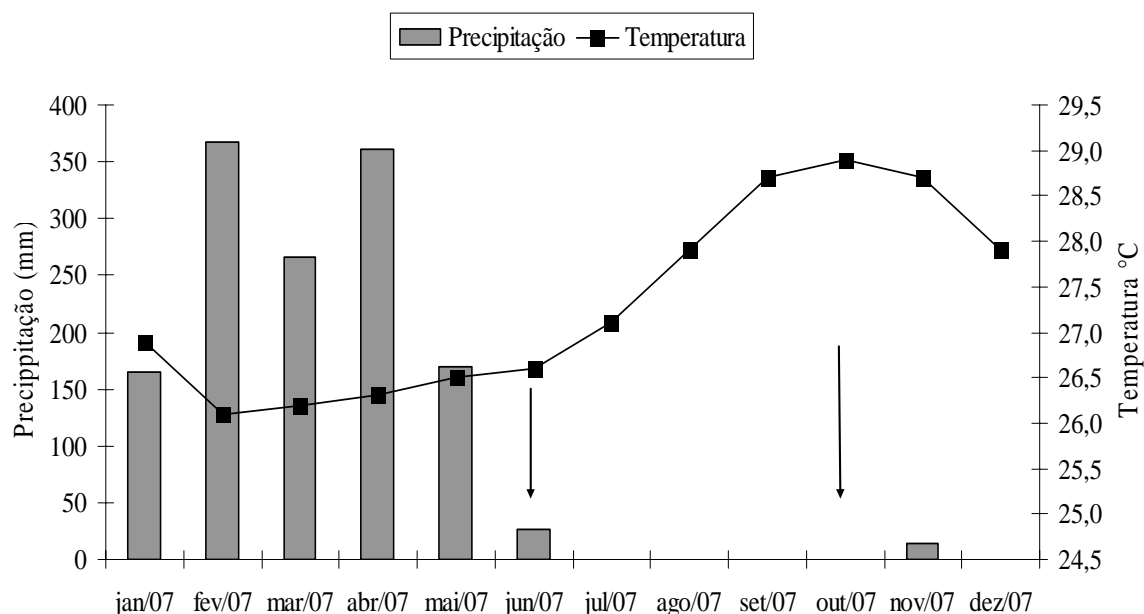


FIGURA 1 – Precipitação pluvial e temperatura média mensal, referente ao segundo semestre de 2006 e primeiro semestre de 2007, no município de Esperantina - PI. As setas indicam os meses em que foram realizadas as coletas da serapilheira.

Fonte: Gerência de Hidrometeorologia da Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do estado do Piauí.

Para a realização desse trabalho, foram estudados cinco sistemas: sistema com base ecológica com três anos de adoção (SE3), sistemas agroflorestais com seis (SAF6) e dez (SAF10) anos de adoção; uma área manejada com agricultura de corte e queima (ACQ) e uma floresta nativa (FN) (Figura 2). O tamanho de cada área estudada compreende a um hectare.

No SE3 (Figura 3), a prática do corte e queima da vegetação foi utilizada até o ano de 2003. A partir de 2004, após a regeneração natural da vegetação, o manejo foi realizado apenas com o roço no final da estação seca, deixando o material vegetal sobre o solo. O segundo roço foi realizado no período chuvoso, para garantir o crescimento das espécies agrícolas. De acordo com o proprietário, foi aplicado esterco de caprinos em 2006. Nesse sistema são cultivadas as culturas de milho (*Zea may* L.) e mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.) associadas às espécies como o mamão (*Carica papaya* L.), caju (*Anacardium occidentale* L.), melancia (*Citrullus vulgaris* Schrad.), maxixe (*Cucumis anguria* L.) e banana (*Musa paradisiaca* L.). As espécies frutíferas são distribuídas de forma aleatória na área, sendo a maior proporção representada pelo caju (*Anacardium occidentale* L.), cerca de dez plantas.

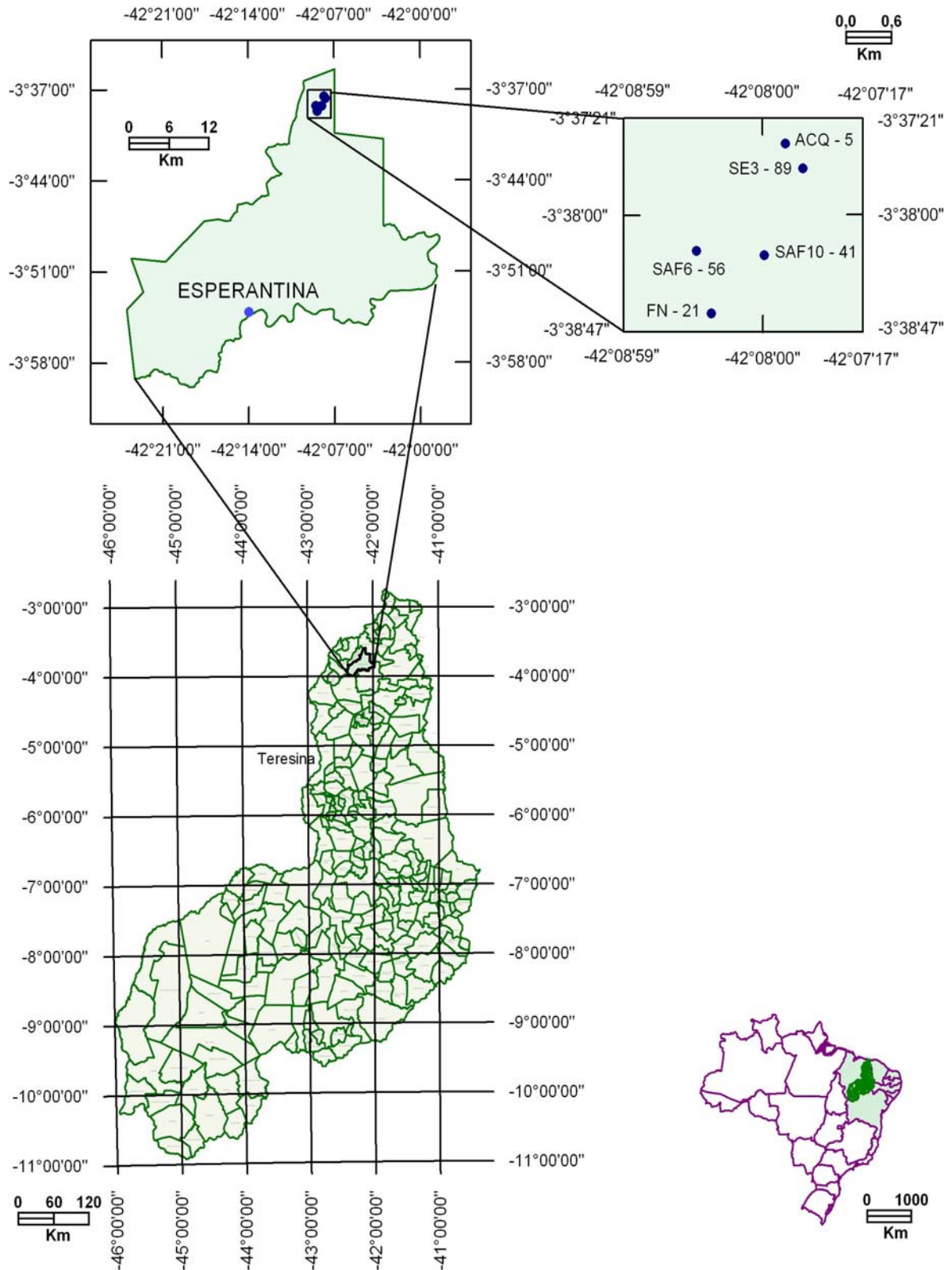


FIGURA 2. Localização dos sistemas estudados, na comunidade Vereda dos Anacleto, município de Esperantina, Piauí, Brasil. Fonte: Lima e Coimbra (2007).

Com relação ao SAF6 (Figura 4), até 2001, a área era mantida com agricultura de corte e queima. Em 2002, essa prática foi substituída pelo roço da vegetação secundária, excluindo-se algumas espécies arbóreas. O material vegetal proveniente do manejo foi utilizado como cobertura do solo. O segundo roço foi efetuado no período chuvoso para permitir o crescimento das espécies agrícolas. Além disso, foi adicionado ao solo palha de carnaúba como cobertura. São cultivados nesse sistema: milho (*Zea may* L.) e algodão (*Goossypium herbaceum* L.) associados a caju (*Anacardium occidentale* L.), banana (*Musa paradisiaca* L.), amendoim (*Arachis sylvestris* (A.Chev.) A.Chev.), pinha (*Annona squamosa* L.), mamona (*Ricinus communis* L.), associados com as espécies florestais como jatobá (*Hymenaea* sp), jurubeba (*Solanum* sp), pau-d'arco amarelo (*Tabebuia serratifolia*) e carnaúba (*Copernicia prunifera* Mill.) e mandacaru (*Cereus jamacaru* DC.). O arranjo espacial das espécies arbóreas nativas e frutíferas é inteiramente aleatório. A espécie *Anacardium occidentale* L. (caju) predomina sobre as frutíferas com cerca de trinta plantas.



FIGURA 3 - Sistema com base Ecológica (SE3) no período chuvoso (2007) em Esperantina-PI.



FIGURA 4 - Sistema agroflorestal (SAF6) no período chuvoso (2007) em Esperantina-PI.

Na área com SAF10 (Figuras 5 e 6), em 1997, o manejo convencional utilizando o corte e queima foi substituído por um manejo com base ecológica. O material vegetal

decorrente do roço, antes queimado, passou a servir como cobertura do solo. A partir disso, ao longo do tempo foram introduzidas espécies frutíferas e paralelamente, permitiu-se a regeneração natural de plantas pioneiras, as quais foram realizadas podas periódicas. Além disso, foram adicionados ao solo, esterco de caprinos e todos os resíduos orgânicos decorrente do consumo da família. Nesse sistema, cultivava-se milho (*Zea mays* L.), abóbora (*Curcubita pepo* L.), fava (*Phaseolus lunatus* L.), mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.), batata doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) e algodão (*Goossypium herbaceum* L.) associadas à acerola (*Malpighia glabra* L.), mamão (*Carica papaya* L.), goiaba (*Psidium guajava* L.), banana (*Musa paradisiaca* L.), caju (*Anacardium occidentale* L.), manga (*Mangifera indica* L.), pinha (*Annona squamosa* L.), pitomba (*Talisia esculenta* Raddlk.), mamona (*Ricinus communis* L.), urucum (*Bixa orellana* L.), gergelim (*Sesamum indicum* L.), pau-d'arco (*Tabebuia* sp), babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng.), gonçalo-alves (*Astrocaryum fraxinifolium* Schott), tamboril (*Enterolobium* sp), jatobá (*Hymenaea* sp), aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão), mufumbo (*Combretum* sp) e unha-de-gato (*Mimosa* sp). Assim como os demais sistemas conservacionistas estudados, as espécies arbóreas e frutíferas são distribuídas de forma aleatória com maior densidade da espécie caju, cerca de quarenta por hectare, mamona, banana e manga em menor proporção.



FIGURA 5 - Sistema agroflorestal (SAF10) no período seco (2006) em Esperantina-PI.



FIGURA 6 - Sistema agroflorestal (SAF10) no período chuvoso (2007) em Esperantina-PI.

Na área de ACQ (Figura 7), ocorreu após o período de pousio, em 2005 o manejo do corte e queima da vegetação. Em 2006, a área foi mantida com monocultura de milho. A FN (Figura 8) é caracterizada por apresentar uma vegetação de floresta semi-decídua preservada, onde são observadas espécies de cerrado e caatinga.



FIGURA 7 - Agricultura de corte e queima (ACQ) no período seco (2006) em Esperantina-PI.



FIGURA 8 - Floresta nativa de transição (FN) no período chuvoso (2007) em Esperantina-PI.

2. 2. Estimativa do estoque da serapilheira acumulada

Em cada área, foram realizadas coletas em duas épocas, no final dos períodos chuvoso e seco do ano de 2007. Foram coletadas quinze amostras de serapilheira acumulada em cada área, utilizando-se um quadrado vazado de madeira com 25 x 25 cm. Com o auxílio de uma faca, a serapilheira foi retirada e armazenada em sacos de papel devidamente identificados. Foram considerados como componentes da serapilheira, folhas e galhos com diâmetro menor que 2 cm.

As amostras foram levadas ao Laboratório de Bromatologia da Embrapa Meio Norte, para a separação nas frações folhas e galhos. Em seguida, o material foi seco em estufa a 65°C até atingirem peso constante. Após a secagem foram pesadas em balança de precisão,

determinando-se assim a biomassa das amostras, que foram extrapoladas para a estimativa de massa seca por hectare, de acordo com Kolm (2001) e Souto (2006).

2. 3 Atributos químicos da serapilheira

Para a avaliação dos teores dos macronutrientes, a partir das quinze amostras formaram-se cinco amostras compostas de cada fração da serapilheira. O material foi triturado em moinho e acondicionado em sacos plásticos hermeticamente fechados e etiquetados para posterior análise.

Na extração dos elementos químicos do material vegetal coletado foi utilizado o método da digestão úmida (sistema aberto), recomendado pela Embrapa (1997), em que a matéria orgânica do tecido vegetal foi oxidada com ácidos minerais concentrados e a quente.

Para determinar os teores de nitrogênio (N) utilizou-se a digestão sulfúrica pelo método de Kjeldhal (EMBRAPA, 1997). O fósforo (P) foi determinado por espectrofotometria com azul-de-molibidênio, o potássio (K) por fotometria de chama e o cálcio (Ca) e magnésio (Mg) por espectrofotometria de absorção atômica (EMBRAPA, 1997). O retorno dos nutrientes ao solo via serapilheira foi calculado de acordo com Bertalot et al., (2004).

2. 4 Análises dos dados

Para verificar as diferenças entre as médias das análises químicas da serapilheira em cada área estudada, foram realizadas Análises de Variância (ANOVA) e aplicado o teste de Tukey ao nível de 5%, pelo programa SPSS.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3. 1 Estoques de serapilheira acumulada

No período chuvoso, o estoque da fração folhas foi maior no SAF10 (3,05 Mg/ha) diferindo dos demais sistemas. Embora o manejo dos sistemas tenha sido realizado durante o período chuvoso, apenas o SAF10 apresentou uma quantidade de material foliar superior ao verificado na FN, enquanto o menor estoque foi observado no ACQ (0,99 Mg/ha) (Tabela 1). O maior acúmulo de folhas no SAF10 em relação aos demais sistemas conservacionistas foi atribuído à maior quantidade e diversidade vegetal desse sistema. Outros autores ao avaliarem

estoques de serapilheira em SAFs comparativamente a capoeira e mata, observaram resultados semelhante quanto à superioridade do SAF em relação ao estoque de serapilheira (SILVA, 2006; PENEIREIRO, 1999).

No período seco, os maiores estoques ($p < 0,05$) da fração folhas, foram observadas na FN (3,81 Mg/ha) e ACQ (3,63 Mg/ha) diferindo estatisticamente dos sistemas conservacionistas (Tabela 1). No ACQ, o aumento da serapilheira ocorreu em virtude da regeneração da vegetação secundária. Entre os sistemas conservacionistas, os estoques de folhas foram verificados pelo SAF10 (2,91 Mg/ha) e SAF6 (2,58 Mg/ha), foram semelhantes e diferindo do observado no SE3 (1,61 Mg/ha) (Tabela 1). Arato et al. (2003), estudaram a produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal em Viçosa, MG e verificaram maiores quantidades de serapilheira no final da estação seca, similarmente ao observado.

O maior acúmulo da fração folhas na FN e ACQ no final do período seco, provavelmente está associado a maior densidade vegetal das áreas, às características fisiológicas das espécies vegetais dessas áreas e o déficit hídrico, uma vez que a queda das folhas reduziria a perda de água por transpiração. Além disso, nos sistemas conservacionistas, deve-se considerar o manejo com o roço, assim como a poda das espécies arbóreas, que é realizado por parcelas até o período das chuvas, contribuindo para o aumento de material vegetal na serapilheira.

Em relação à fração galhos, no período chuvoso o SAF10 (2,21 Mg/ha) obteve estoque superior ($p < 0,05$) ao obtido pelos demais sistemas enquanto o menor valor foi verificado no ACQ (0,29 Mg/ha). Diferentemente do observado na fração folhas em relação aos períodos de coletas, os estoques de galhos apresentaram decréscimo do período chuvoso para o período seco, exceto para o ACQ (0,54 Mg/ha) (Tabela 1). Em geral, os valores obtidos para os estoques das frações da serapilheira foram maiores no período chuvoso. Esses resultados foram contrários aos obtidos por Luizão et al. (2002), que verificaram maiores estoques das frações folhas e galhos no período seco em diferentes sistemas agroflorestais na região da Amazônia.

TABELA 1. Estoque das frações folhas e galhos da serapilheira acumulada nos períodos chuvoso e seco (Mg/ha), sob sistema ecológico com três anos (SE3), sistemas agroflorestais com seis (SAF6) e dez anos de adoção (SAF10), agricultura de corte e queima (ACQ) e floresta nativa (FN).

FOLHAS					
	SE3	SAF 6	SAF10	ACQ	FN
-----Mg/ha-----					
P.CHUVOSO	1,24 bc	1,44 bc	3,05 a	0,99 c	2,57 ab
P. SECO	1,61 b	2,58 ab	2,91 ab	3,63 a	3,81 a
GALHOS					
P.CHUVOSO	1,18 b	0,66 bc	2,21 a	0,29 c	1,14 b
P. SECO	0,65 b	0,58 b	1,14 a	0,54 b	0,89 ab
TOTAL	4,68	5,26	8,51	5,45	8,41

Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si no mesmo período segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A estimativa anual de serapilheira no SAF10 (8,51 Mg/ha) foi praticamente igual ao estimado para a FN (8,41 Mg/ha) e superiores aos obtidos pelos demais sistemas. O SAF após dez anos de manejo, proporcionou maior estoque de serapilheira no solo em relação aos outros agroecossistemas estudados e equivalente a quantidade produzida numa área nativa sem interferência antrópica. De acordo com Schumacher et al. (2004), a quantidade de serapilheira e seu conteúdo de nutrientes que são aportados ao solo pelo povoamento irão refletir na sua capacidade produtiva e no seu potencial de recuperação ambiental, considerando as modificações que irão ocorrer nas características químicas do solo. Assim, os valores observados no SAF10, sugerem que a qualidade nutricional do solo, será influenciada pela quantidade de serapilheira acumulada e a concentração de seus nutrientes.

3. 2 Teores dos nutrientes nas frações da serapilheira

Em geral, os sistemas conservacionistas apresentaram as maiores concentrações de nutrientes no período chuvoso. Em ambos os períodos, os maiores teores de nitrogênio (N) na fração folhas, foram observados no SAF10 (Tabela 2). Esse resultado provavelmente está relacionado à composição vegetal. Além disso, pode estar associado à presença de frações

jovens (principalmente folhas) que sofreram abscisão nesse período de chuvas e contribuíram na formação da serapilheira depositada (SOUTO, 2006).

No período chuvoso, os teores de Fósforo (P) na fração folhas foram maiores ($p < 0,05$) nos SAF10, SAF6 e SE3 comparativamente ao ACQ e FN. Este elemento apresentou os menores teores em relação aos demais, similarmente ao observado em outros estudos, independente do clima e vegetação (SANTANA, 2005; ZAIA e GAMA-ROGRIGUES, 2004; BARBOSA e FARIA, 2006). Os maiores teores de Potássio (K) no período chuvoso, foram observados no SE3 e SAF6 (Tabela 2), similarmente ao observado por Silveira et al. (2007), os quais atribuíram a maior concentração de K ao cultivo de bananeiras, considerando a maior concentração desse nutriente nas folhas e frutos da espécie citada. Em relação aos teores de Cálcio (Ca) das folhas, não se observou diferença significativa entre os sistemas no período chuvoso. Por outro lado, a maior concentração de Magnésio (Mg) (5,3 g/kg) nas folhas foi obtido pelo SAF6 no mesmo período (Tabela 2).

No período seco, o maior teor de N ($p < 0,05$) nas folhas foi observado no SAF10 superior aos demais sistemas, e o menor foi verificado na FN. O maior teor de N no SAF10 pode estar associado à diversidade vegetal desse sistema, em que o consórcio de espécies agrícolas e florestais favoreceria o aumento do teor de N em relação aos demais sistemas. Por outro lado, verificou-se decréscimo em relação ao período chuvoso (Tabela 2). Observou-se aumento nos teores de P na fração folhas, os valores verificados no período seco, foram praticamente o dobro em todos os sistemas comparativamente ao observado no período chuvoso (Tabela 2). Por ser um nutriente de elevada redistribuição interna, o P é encontrado em grande parte nas folhas, em plena atividade metabólica. Nesse sentido, o maior teor de P no SAF10, pode ser associado à adição de biomassa em diferentes estágios de maturação decorrente do manejo, visto que, durante a poda os nutrientes não foram translocados internamente pela planta, como ocorre no processo de abscisão foliar (SILVEIRA et al., 2007).

Quanto aos teores de K, não foram observadas diferenças significativas entre os sistemas na estação seca. Porém, verificou-se aumento dos teores desse nutriente nos SAF10, ACQ e FN em relação ao observado no período chuvoso (Tabela 2). Kolm e Poggiani (2003) estudaram o retorno de nutrientes ao solo através da produção de serapilheira em plantações de *Eucalyptus grandis*, na região centro-sul de São Paulo e observaram maior teor de K no período seco. Esse resultado foi atribuído a uma redução no processo de translocação desse elemento das folhas caducas para as mais novas.

A fração folhas do período seco apresentou maior teor ($p<0,05$) de Ca no SAF10 (Tabela 2). Esse sistema difere dos demais sistemas conservacionistas, pela quantidade e diversidade do componente arbóreo, em virtude do tempo de adoção do manejo. O Ca é um elemento imóvel ou pouco móvel na planta (constituente da parede celular), portanto, não é translocado para tecidos mais jovens (KÖNIG et al., 2002). Dessa forma, o maior aporte desse nutriente no SAF10, pode estar associado à maior quantidade e diversidade de folhas senescentes.

TABELA 2. Teores de nutrientes na fração folhas da serapilheira acumulada nos períodos chuvoso e seco, sob sistema ecológico com três anos (SE3), sistemas agroflorestais com seis (SAF6) e dez anos de adoção (SAF10), agricultura de corte e queima (ACQ) e floresta nativa (FN).

PERÍODO CHUVOSO					
Sistema	N	P	K	Ca	Mg
----- g/kg -----					
SE3	17,0 b	2,7 a	6,9 a	10,9 a	3,9 ab
SAF6	19,2 ab	2,7 a	5,9 a	11,5 a	5,3 a
SAF10	22,2 a	3,0 a	2,8 b	11,5 a	3,3 b
ACQ	16,8 b	1,7 b	2,4 b	9,4 a	3,2 b
FN	12,0 c	1,4 b	2,3 b	10,5 a	2,3 b
PERÍODO SECO					
SE3	13,7 b	5,3 ab	7,3 a	10,8 b	2,5 bc
SAF6	13,7 b	6,0 ab	6,1 a	12,0 b	3,5 a
SAF10	18,2 a	6,2 a	6,5 a	18,0 a	4,1 a
ACQ	13,8 b	5,2 b	4,9 a	13,8 ab	1,9 c
FN	12,9 b	5,5 ab	5,6 a	12,0 b	3,3 ab

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si no mesmo período segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto ao Mg os maiores teores ($p<0,05$) da fração folhas, foram verificados no SAF10 (4,1g/kg) e SAF6 (3,5 g/kg), diferindo significativamente do ACQ (1,9 g/kg) e SE3 (2,5 g/kg) que apresentaram os menores teores desse nutriente (Tabela 2). Diversos autores ao estudarem a serapilheira em outros biomas, verificaram maiores teores de Mg em áreas de florestas, como Luizão et al. (2006) na floresta nativa da Amazônia em relação ao SAF,

Santana (2005) em área remanescente de Caatinga arbóreo-arbustiva no Rio Grande do Norte e Souto (2006) em área de Caatinga no semi-árido paraibano. Os dois últimos autores verificaram teores elevados de Mg na fração folhas. Entretanto, neste estudo os valores observados na floresta nativa foram inferiores ao obtido pelos SAFs, indicando um bom incremento desse nutriente pelo manejo agroflorestal.

No que concerne aos teores de nutrientes da fração galhos, foram observadas diferenças nos teores dos nutrientes em relação aos sistemas, e períodos de coletas. O N foi o nutriente observado em maiores valores comparativamente aos demais. Em relação aos sistemas, no SAF10 foram verificados os maiores teores ($p < 0,05$) de N, P, Ca, K e Mg. Quanto ao P no período chuvoso, apenas a FN (0,8 g/kg) diferiu dos demais por obter o menor teor desse nutriente (Tabela 3). Em geral, os valores de P obtidos no período chuvoso foram inferiores aos outros nutrientes. Santana (2005) observou baixos valores de P na fração galhos e associou ao fato do fósforo ser um elemento constituinte de compostos complexos, ricos em energia e facilmente retranslocado dos tecidos mais velhos para os mais novos da planta. Com isso, as maiores concentrações poderiam ser encontradas nas folhas novas das plantas.

No período chuvoso, os teores de K observados no ACQ (0,8 g/kg) e FN (0,4 g/kg), foram significativamente inferiores aos obtidos pelos sistemas conservacionistas (Tabela 3). De acordo com Schumacher et al. (2004), as menores concentrações de K são geralmente esperadas, em virtude desse elemento, ser componente do suco celular e facilmente lixiviável com a chuva. Para o Ca no período chuvoso, as maiores concentrações foram obtidas por SAF10 (11,5 g/kg) e FN (13,8 g/kg), diferindo significativamente dos demais sistemas. Em geral, no que se refere ao teor de Ca na fração galhos, como foi verificado nas folhas, esse nutriente apresentou o segundo maior valor, em ambos os períodos de coleta (Tabela 3). O teor de cálcio pode ser explicado pelo fato de este elemento apresentar baixa mobilidade no tecido vegetal e estar associado à lignificação e constituição de paredes celulares (SCHUMACHER et al., 2004). Os valores observados para o Mg, mostraram similaridade entre os sistemas conservacionistas, com valores superiores ao ACQ e FN (Tabela 3).

No período seco, o N foi o nutriente que obteve as maiores concentrações na fração galhos, embora tenha apresentado diminuição em relação ao período chuvoso. Para o P, os valores obtidos nos sistemas foram praticamente o triplo dos verificados no período chuvoso, o que pode estar associado à permanência desse nutriente nos galhos, uma vez que nesse período grande parte da vegetação perde as folhas, em virtude do estresse hídrico. Quanto aos

teores de K e Ca, observou-se aumento dos teores e maior similaridade entre os sistemas, exceto para o K (4,1 g/kg) na FN que obteve menor teor. Os valores de K no período seco podem confirmar a maior concentração desse nutriente pela ausência das chuvas, que resulta na lixiviação desse elemento para o solo. O Mg foi o nutriente que obteve os menores teores no período seco e entre os nutrientes, apresentou menor variação nos períodos de coletas (Tabela 3). Os menores valores de Mg podem ser explicados pelo fato deste elemento fazer parte da clorofila a e b, por esse motivo a maior concentração é observada nas folhas, em detrimento aos outros componentes da planta.

Em ambos os períodos de coletas foram observados variações nas concentrações de nutrientes das frações da serapilheira, assim como houve variação nos estoques dessas frações. Esses dados podem indicar a influencia da serapilheira na dinâmica nutricional dos sistemas, em virtude das mudanças decorrentes de diferentes fatores como manejo, clima e as características fisiológicas das espécies.

TABELA 3. Teores de nutrientes na fração galhos da serapilheira acumulada nos períodos chuvoso e seco, sob sistema ecológico com três anos (SE3), sistemas agroflorestais com seis (SAF6) e dez anos de adoção (SAF10), agricultura de corte e queima (ACQ) e floresta nativa (FN).

PERÍODO CHUVOSO					
Sistema	N	P	K	Ca	Mg
	----- g/kg -----				
SE3	13,0 b	1,9 a	4,0 a	6,9 b	3,1 a
SAF6	12,8 b	2,1 a	4,1 a	7,3 b	3,5 a
SAF10	16,9 a	2,2 a	4,0 a	11,5 a	3,1 a
ACQ	10,6 b	1,5 a	0,8 b	6,2 b	1,6 b
FN	10,9 b	0,8 b	0,4 b	13,8 a	1,8 b
PERÍODO SECO					
SE3	9,7 a	6,2 a	9,2 a	13,1 a	2,9 ab
SAF6	11,4 a	6,2 a	9,3 a	12,0 a	2,9 ab
SAF10	12,8 a	6,2 a	7,7 ab	12,9 a	3,1 a
ACQ	10,4 a	6,0 a	6,2 ab	12,2 a	1,8 c
FN	10,4 a	5,3 a	4,1 b	9,9 a	2,1 bc

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si no mesmo período segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3. 3 Retorno dos nutrientes pela serapilheira acumulada

Os valores estimados dos nutrientes devolvidos pela serapilheira acumulada, nas frações folhas e galhos indicam a superioridade do SAF10 por meio da contribuição de nutrientes serapilheira, em relação aos demais sistemas agrícolas. A maior quantidade de nutrientes foi obtida pela fração folhas (Tabela 4). Para König et al. (2002), essa fração é o principal componente da serapilheira, tanto em quantidade (conteúdo de nutrientes devolvidos) como em concentração. Esses autores observaram resultados similares ao analisar a devolução de nutrientes via serapilheira em um fragmento de floresta estacional decidual no município de Santa Maria (RS).

TABELA 4. Estimativa anual do aporte nutricional da serapilheira nas frações amostradas ao solo (kg/ha^{-1}), sob sistema ecológico com três anos (SE3), sistemas agroflorestais com seis (SAF6) e dez anos de adoção (SAF10), agricultura de corte e queima (ACQ) e floresta nativa (FN).

FOLHAS					
	N	P	K	Ca	Mg
Sistemas	----- kg/ha^{-1} -----				
SE3	40,06	11,01	18,88	28,64	8,30
SAF6	58,94	18,09	22,61	44,39	15,62
SAF10	111,99	25,35	25,54	81,15	20,32
ACQ	62,29	19,32	18,83	55,50	9,40
FN	72,72	22,12	24,60	65,99	16,80
GALHOS					
SE3	19,68	5,62	12,79	14,99	5,05
SAF6	13,54	4,41	8,27	10,49	3,61
SAF10	48,26	11,15	14,03	37,30	9,70
ACQ	7,74	3,27	3,59	7,47	1,29
FN	20,03	5,23	5,83	22,68	3,64

O N foi o nutriente que mais contribuiu entre os sistemas, seguido pelo Ca e esses resultados estão de acordo com os observados por Schumacher et al. (2003). Os maiores valores desses elementos foram verificados nos SAF10 e FN. No que se refere ao P e K na

fração folhas, o maior aporte desses nutrientes foi observada na FN. O SAF10 e FN foram os sistemas que apresentaram maiores aportes de Mg (Tabela 4). Apesar da menor contribuição de Mg, isso não significa que esse elemento seja limitante na produtividade do ecossistema. Além disso, no solo existem níveis significativos de magnésio que podem suprir as necessidades das plantas (SANTANA, 2005).

Na fração galhos, o SAF10 superou todos os sistemas quanto ao aporte dos nutrientes. Como observado nas folhas, o nutriente que mais contribuiu foi o N, enquanto que a menor contribuição foi obtida pelo Mg (Tabela 4). Esse resultado difere do observado por König et al. (2002) quando verificaram maior aporte de nutrientes na fração galhos pelo Ca e o menor valor de devolução obtido pelo P. O retorno desses nutrientes, através da serapilheira encontra-se na seguinte ordem: $N > Ca > K > P > Mg$ (Tabela 4), diferindo do obtido por Vital et al. (2004) e Bertalot et al. (2004), no que se refere à ordem de contribuições de P e Mg, que tiveram comportamento contrário ao verificado nesse estudo.

A estimativa anual do aporte de nutrientes, obtidos nas frações folhas e galhos em ambos os períodos indica que o manejo e a composição vegetal no sistema agroflorestal com dez anos de adoção, proporcionou um incremento significativo no aporte de nutrientes ao solo via serapilheira em relação aos outros agroecossistemas estudados. Os valores no SAF10 superaram os verificados na FN, sugerindo a validação do sistema decorrente do manejo que favorece o aumento de nutrientes proveniente da serapilheira ao solo.

4 CONCLUSÃO

O SAF10 proporcionou maior aporte de biomassa no solo em relação aos outros agroecossistemas estudados, e equivalente a quantidade produzida na FN.

As concentrações de N, P, K, Ca e Mg nas frações da serapilheira apresentaram diferenças sazonais nos sistemas, e foram maiores N e Ca, independentemente do período de avaliação.

A estimativa anual de transferência dos nutrientes pela serapilheira acumulada obedeceu à sequência $N > Ca > K > P > Mg$.

O expressivo valor de estoque nutricional no SAF10 reflete a importância da serapilheira para a manutenção da sustentabilidade desse sistema, que pode ser considerado como mais promissor em relação aos demais sistemas estudados.

5 REFERÊNCIAS

ALTIERI, M.A. How best can we use biodiversity in agroecosystems? **Outlook Agricol**, v.20, p.15-23, 1991.

ALTIERI, Miguel. **Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa**. Rio de Janeiro: PTA/FASE, 1989. 240p.

ALVES, B. J. R.; ZOTARELLI, L.; JANTALIA, C. P.; BODDEY, R. M. URQUIAGA, S. Emprego de isótopos estáveis para o estudo do carbono e do nitrogênio no sistema solo-planta. In: **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p.343-368, 2005.

ARATO, H. D.; MARTINS, S. V.; FERRARI, S. H. S. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, v.27, n.5, p. 715-721, 2003.

ASSIS, R. L. Agroecologia: visão histórica e perspectivas no Brasil. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (Ed.). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p.173-184, 2005.

BARBOSA, J. H. C.; FARIA, S. M. Aporte de serapilheira ao solo em estágios sucessionais florestais na reserva biológica de Poços das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, 57(3), p.461-476, 2006.

BARROS, E.; GRIMALDI, M.; SARRAZIN, M.; CHAUVEL, A.; MITJA, D.; DESJARDINS, T.; LAVELLE, P. Soil physical degradation and changes in macrofaunal communities in Central Amazon. **Applied Soil Ecology**, v.26, p.157-168, 2004.

BARRETO, A. C.; LIMA, F. H. S.; FREIRE, M. B. G. dos S.; ARAÚJO, Q. R.; FREIRE, F. J. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. **Caatinga**, v.19, n.4, p.415-425, 2006.

BARICHELO, L. R.; SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. Conteúdo de macronutrientes na biomassa de *Acacia mearnsii* de wild. **Rev. Acad.**, Curitiba, v.4, n.2, p. 11-20, 2006.

BERTALOT, M. J. A.; GUERRINE, I. A.; MENDONZA, E.; DUBOC, E.; BARREIROS, R. M.; CORRÊA, F. M. Retorno de nutrientes ao solo via deposição de serapilheira de quatro espécies de leguminosas arbóreas na região de Botucatu-São Paulo, Brasil. **Scientia Forestalis**, n.65, p.219-227, 2004.

BORÉM, R. A.T.; RAMOS, D. P. Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de mata atlântica. **Cerne**, v.8, n.2, p.042-059, 2002.

CEPRO. **Perfil dos municípios piauienses**. Teresina. 1992. 420 p.

CORREIA, M. E. F. e ANDRADE, A. G. Formação da serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O. eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 1. Genesis, p.197-225, 1999.

DE-POLLI, H.; PIMENTEL, M. S. Indicadores de qualidade do solo. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (Ed.). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p.17-28, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos - 2 ed. 1997, 212p.

ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. Uso de leguminosas herbáceas para adubação verde. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (Ed.). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p.435-451, 2005.

FEIDEN, A. Agroecologia: introdução e conceitos. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (Ed.). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p.435-451, 2005.

FIGUEIREDO FILHO, A.; MORAES, G. F.; SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO, D. J. Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma floresta ombrófila mista localizada no sul do estado do Paraná. **Ciência Florestal**, v.13, n.1, p.11-18, 2003.

HOBBELEN, P.H.F.; VAN GESTEL, C.A.M. Using dynamic energy budget modeling to predict the influence of temperature and food density on the effect of Cu on earthworm mediated litter consumption - **Ecological Modelling**, v.202, p.373-384, 2007.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; HÜBNER, A.P.; LUNKES, A.; GUIDINI, E.; AMARAL, E.B.do. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.1097-1104, 2003.

KOLM, L. Ciclagem dos nutrientes e variação do microclima em plantações de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden manejadas através de desbastes progressivos. ESALQ/Universidade de São Paulo, 2001. (Dissertação de Mestrado) 87p.

KOLM, L.; POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus grandis* submetidos à prática de desbastes progressivos. **Scientia Forestalis**, n. 63, p. 79-93, 2003.

KÖNIG, F. G.; BRUN, E. J.; SCHUMACHER, M. V.; LONGHI, S. J. Devolução de nutrientes via serapilheira em um fragmento de floresta estacional decidual no município de Santa Maria, RS. **Brasil Florestal**, v.72, p.45-52, 2002.

LOUZADA, J. N. C.; MACHADO, F. S.; BERG, E. van den. O fogo como instrumento de manejo em agroecossistemas. **Informe Agropecuário**, v.24, n.220, p.29-36, 2003.

LUIZÃO, F.; LUIZÃO, R.; TAPIA-CORAL, S.; ALFAIA, S. **Estoques de liteira fina e nutrientes sobre o solo de sistemas agroflorestais com diferentes composições de espécies e idades**. Disponível em: www.sbsaf.org.br/amais/2002/trabalhos. Acesso em: 28 nov. 2007.

LUIZÃO, F. J.; TAPIA-CORAL, S.; GALLARDO-ORDINOLA, J.; SILVA, G. C.; LUIZÃO, R. C. C.; TRUGILLO-CABRERA, L.; WANDELLI, E.; FERNANDES, E. C. M. Ciclos biogeoquímicos em agroflorestas na Amazônia. In: GAMA-RODRIGUES, A. C. et al., (Ed). **Sistemas Agroflorestais: bases para o desenvolvimento sustentável** - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, p.87-100, 2006.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. da S.; OLIVEIRA, T. S. de; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A. Impacto de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. **R. Árvore**, v.330, n.5, p.837-848, 2006.

PENEIREIRO, F. M. **Sistema Agroflorestal dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso**. ESALQ/Universidade de São Paulo, 1999. (Dissertação de mestrado) 149p.

PLANO DE AÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DA BACIA DO PARNAÍBA, PLANAP: **Atlas da Bacia do Parnaíba** – Brasília, DF: TDA Desenho & Arte Ltda., 2006,126p.

POLYAKOVA, O.; BILLOR, N. Impact of deciduous tree species on litterfall quality, decomposition rates and nutrient circulation in pine stands; **Forest Ecology and Management**, xxx, xxx–xxx, 2007.(in press)

RIBEIRO, J. F.; DUBOC, E.; MELO, J. T. **Sistemas Agroflorestais como Instrumento para o Desenvolvimento Sustentável no Bioma Cerrado** . Palestra/Seminário “Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável”, 2003. Disponível em: <http://www.cnpqc.embrapa.br/saf/publicacoes/>. Acesso em: 26 mar. 2007.

SALMI, G. P.; SALMI, A. P.; ABBOUD, A. C. S. Dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes de genótipos de guandu sob cultivo em aléias. **Pesq. agropec. bras.**, v.41, v.4, p. 673-678, 2006.

SANTANA, J.A.da S. **Estrutura fitossociológica, produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes em uma área de Caatinga no Seridó do Rio Grande do Norte**. Areia: CCA/UFPB, 2005. (Tese de Doutorado) 184 p.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; JUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

SCHROTH, GOTZ.; D’ANGELO, S. A.; TEIXEIRA, W. G.; HAAG, D.; LIEBEREI, R. Conversion os secondary Forest into agroforestry and monoculture plantations in Amazônia: consequences for biomass, litter and soil carbon stocks after 7 years. **Forestry Ecology and Managenment**, v. 163, p.131-150, 2002.

SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; RODRIGUES, L. M.; SANTOS, E. M. Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.6, p.791-798, 2003.

SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; HERNANDES, J. I.; KÖNIG, F. G. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (bertol.) Kuntze no município de Pinhal Grande-RS. **Revista Árvore**, v.28, n.1, p.29-37, 2004.

SILVA, M. S. C. **Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais em Paraty, RJ**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia, 2006. (Dissertação de Mestrado) 54p.

SILVA, R. F.; **Biofuncionamento e sustentabilidade do solo em diferentes agroecossistemas no estado de Mato Grosso do Sul**. Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2006. (Tese de Doutorado) 166p.

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

SIQUEIRA, E. R.; BOLFE, E. D.; BOLFE, A. P. F.; TRINDADE NETO, I. Q.; TAVARES, E. D. Estado da arte dos sistemas agroflorestais no Brasil. In: GAMA-RODRIGUES, A. C. et al., (Ed). **Sistemas Agroflorestais: bases para o desenvolvimento sustentável** - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, p. 53-64, 2006.

SOUTO, P. C. **Acumulação e decomposição da serapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de caatinga na Paraíba, Brasil**. – Areia: CCA/UFPB, 2006. (Tese de Doutorado) 150p.

VITAL, A.R.T.; GUERRINI, I.A.; FRANKEN, W.K.; FONSECA, R.C.B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma Floresta Estacional Semidecidual em Zona Ripária. **Revista Árvore**, v.28, n.6, p.793-800, 2004.

VOHLANDA, K; SCHROTHB, G. Distribution patterns of the litter macrofauna in agroforestry and monoculture plantations in central Amazonia as affected by plant species and management. **Applied Soil Ecology**, v.13, p.57- 68, 1999.

XAVIER, F. A. S.; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba – CE. **R. Bras. Ci. Solo**, 247-258, 2006.

ZAIA, F. C.;GAMA-RODRIGUES, A. C. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamento de eucalipto na região norte fluminense. **R. Bras. Ci. Solo**, v.20, p.843-852, 2004.