

Sistemas agroflorestais: efeitos na dinâmica de nutrientes e na macrofauna invertebrada da serapilheira



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa do Meio-Norte
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 171

Sistemas agroflorestais: efeitos na dinâmica de nutrientes e na macrofauna invertebrada da serapilheira

*Luiz Fernando Carvalho Leite
Sandra Santana de Lima
Adriana Maria Aquino
Francisco das Chagas Oliveira*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Meio-Norte

Av. Duque de Caxias, 5.650, Bairro Buenos Aires

Caixa Postal: 01

CEP: 64006-220 Teresina, PI

Fone: (86) 3089-9100

Fax: (86) 3089-9130

Home page: www.cpamn.embrapa.br

E-mail: sac@cpamn.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *Flávio Favaro Blanco*,

Secretária executiva: *Luísa Maria Gonçalves Resende*

Membros: *Paulo Sarmanho da Costa Lima, Fábio Mendonça Diniz, Cristina Arzabe, Eugênio Celso Emérito Araújo, Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo, Carlos Antônio Ferreira de Sousa José Almeida Pereira e Maria Teresa do Rêgo Lopes*

Supervisão editorial: *Lígia Maria Rolim Bandeira*

Revisão de texto: *Francisco de Assis David da Silva*

Normalização bibliográfica: *Orlane da Silva Maia*

Editoração eletrônica: *Erlândio Santos de Resende*

1ª edição

1ª impressão (2008): 300 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Meio-Norte

Sistemas agroflorestais : efeitos na dinâmica de nutrientes e na macrofauna invertebrada da serrapilheira / Luiz Fernando Carvalho Leite ... [et al.]. - Teresina ; Embrapa Meio-Norte, 2008.

31 p. ; 21 cm. - (Documentos / Embrapa Meio-Norte, ISSN 0104-866X ; 171).

1. Fauna do solo. 2. Recurso natural. 3. Prática cultural. 4. Diversificação de cultura. 5. Preservação da natureza. I. Leite, Luiz Fernando Carvalho. II. Embrapa Meio-Norte. III. Série.

CDD 631.46 (21. ed.)

© Embrapa, 2008

Autores

Luiz Fernando Carvalho Leite

Engenheiro agrônomo, D.Sc. em Solos e Nutrição de Planta, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI.

luizf@cpamn.embrapa.br

Sandra Santana de Lima

Bióloga, mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente UFPI, Teresina, PI.

sandra.biologa@hotmail.com

Adriana Maria Aquino

Bióloga, pesquisadora da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ.

adriana@cnpab.embrapa.br

Francisco das Chagas Oliveira

Engenheiro agrônomo, M.Sc. em Fitotecnia, analista da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI.

oliveira@cpamn.embrapa.br

Apresentação

Os sistemas agroflorestais constituem maneira adequada de se manejar os recursos naturais de forma equilibrada, obtendo-se produtividade e benefício social. Várias são as vantagens apontadas desses sistemas em relação aos sistemas intensivos de produção agrícola. Enquanto estes visam deliberadamente à utilização intensiva do solo com uso de máquinas, adubos químicos e pesticidas, na busca da maior produtividade, os sistemas agroflorestais privilegiam a utilização de insumos orgânicos, diversificação das culturas e reciclagem dos nutrientes, tendo em vista a produtividade aliada à conservação do meio ambiente e à sustentabilidade.

Neste documento são discutidas a dinâmica de nutrientes e a macrofauna do solo em sistemas agroflorestais, a partir de dados coletados em áreas de agricultura familiar no Estado do Piauí, trabalho de alta importância, não só pela relevância do tema, mas também pelo seu pioneirismo.

Hoston Tomás Santos do Nascimento
Chefe-Geral da Embrapa Meio-Norte

Sumário

Sistemas agroflorestais: efeitos na dinâmica de nutrientes e na macrofauna invertebrada da serapilheira	9
Introdução	9
Sistemas agroflorestais: objetivos e benefícios	10
Serapilheira como fonte de nutrientes nos SAFs	13
Macrofauna invertebrada como indicador de qualidade do solo	18
Considerações finais	24
Referências	25

Sistemas agroflorestais: efeitos na dinâmica de nutrientes e na macrofauna invertebrada da serapilheira

Luiz Fernando Carvalho Leite

Sandra Santana de Lima

Adriana Maria Aquino

Francisco das Chagas Oliveira

Introdução

As últimas décadas do século XX foram marcadas por uma crescente preocupação quanto à preservação do meio ambiente. No setor agropecuário, tornaram-se constantes os questionamentos acerca do modelo de desenvolvimento vigente (ESPÍNDOLA; GUERRA; ALMEIDA, 2005). Embora tenha sido realçado que os agroecossistemas modernos são capazes de sustentar uma população em crescimento, existem evidências consideráveis de que o equilíbrio ecológico desses sistemas artificiais é muito frágil (ALTIERI, 1989).

Os agroecossistemas ocupam cerca de 30 % da superfície do mundo e incluem os solos mais produtivos (ALTIERI, 1991). Geralmente denominados modernos ou tecnificados, estão baseados em intensivo preparo do solo, com arações e gradagens, o que tem gerado problemas como a degradação da estrutura do solo, redução dos estoques de matéria orgânica, compactação do solo, redução da infiltração de água no solo, formação de impedimentos à penetração radicular e, em consequência, menor capacidade de armazenamento de água no perfil do solo, maior suscetibilidade a déficit hídrico, maior intensidade do escoamento superficial e intensificação da erosão hídrica e eólica (FEIDEN, 2005).

Esses agroecossistemas não têm a habilidade de reciclar os nutrientes, conservar o solo e equilibrar as populações de pragas e doenças. Desse modo, tem-se iniciado um processo de biosimplificação, ou seja, a redução da diversidade biológica que, aliada ao uso intensivo, e às vezes contra-indicado, de defensivos e fertilizantes químicos, mecanização e irrigação, tem provocado um processo de desequilíbrio ecológico, com elevados impactos ambientais negativos (SIQUEIRA et al., 2006).

A modernização da agricultura privilegiou somente o aumento da produtividade agrícola como indicador para avaliar sua eficiência, desconsiderando o agricultor e o ambiente como partes do mesmo processo de desenvolvimento, gerando diversos problemas sociais e ambientais (ASSIS, 2005). De outro lado, de forma alternativa à agricultura convencional, novos conceitos de sistemas de produção agrícola, baseados na conservação do solo, diversificação de culturas, reciclagem de nutrientes, uso sistemático de adubos orgânicos e outras práticas alternativas, têm sido desenvolvidos na tentativa de equilibrar a produtividade com a conservação do meio ambiente (SALMI, G.P.; SALMI, A.P.; ABOUD, 2006). Nesse contexto, os sistemas agroflorestais (SAFs) estão sendo amplamente divulgados como alternativa de utilização racional dos recursos naturais, capazes de garantir o potencial produtivo e gerar benefícios sociais, sem comprometer o equilíbrio do ecossistema.

Sistemas agroflorestais: objetivos e benefícios

O termo sistemas agroflorestais refere-se a um conjunto de tecnologias e sistemas de uso da terra em que espécies lenhosas perenes (árvores ou arbustos) são utilizadas deliberadamente numa mesma área em conjunto com cultivos agrícolas e/ou animais, dentro de um arranjo espacial e/ou seqüência temporal. Nos sistemas agroflorestais, existem interações ecológicas e econômicas entre os diferentes componentes (TAVARES; ANDRADE; COUTINHO, 2003).

O objetivo principal dos SAFs é otimizar o uso da terra, conciliando a produção florestal com a produção de alimentos, conservando o solo e

diminuindo a pressão sobre o uso da terra para produção agrícola (ENGEL, 2003). Ainda, influenciam os processos de ciclagem de nutrientes e o aproveitamento da energia solar, considerados elementos estruturais básicos e essenciais para a estabilidade do sistema (RIBASKI; MONTOYA; RODIGHERI, 2002).

Esses sistemas podem ser empregados tanto como estratégia metodológica de restauração, com o objetivo de reduzir os custos por meio da compensação financeira em curto e médio prazos por produtos agrícolas e florestais, como para a constituição de agroecossistemas sustentáveis, com produtos orgânicos e saudáveis (AMADOR, 2003). Os SAFs podem ainda promover a integração de áreas rurais, considerando a participação das comunidades locais na procura de soluções comuns e negociadas para o desenvolvimento sustentado, assegurando o acesso e a utilização racional dos recursos naturais (COSTA; ARRUDA; OLIVEIRA, 2002), assim como garantir à natureza uma resposta ecológica e proporcionar à sociedade possibilidades de retorno da qualidade ambiental (CAMPELLO; FRANCO; FARIA, 2005).

Os principais benefícios desses sistemas são: aporte de matéria orgânica (produção de biomassa); adição de nutrientes via escoamento e precipitação pelos troncos; redução de perdas de solo e nutrientes (MACEDO; VENTURIN; TSUKAMOTO FILHO, 2000); ciclagem de nutrientes; melhoria das propriedades físicas do solo e desenvolvimento da biota do solo (NAIR, 2006). Os SAFs também apresentam-se como eficientes reservatórios de gás carbônico (CO₂) e constituem-se em fonte renovável de energia, além de evidenciarem a importância do estrato herbáceo e da serapilheira como agentes reguladores das condições térmicas no solo da floresta (RIBASKI; MONTOYA; RODIGHERI, 2002).

O manejo adequado da composição e estrutura dos sistemas agroflorestais permite potencializar algumas das suas vantagens intrínsecas, principalmente aquelas relacionadas com os aspectos biológicos e físicos, como apresentar similaridades muito próximas aos padrões ecológicos naturais de estratificação e diversificação das espécies na natureza; possibilitar melhor utilização dos perfis da paisagem e da energia solar,

além de favorecer a recirculação mais eficiente dos nutrientes no ecossistema (MACEDO; VENTURIN; TSUKAMOTO FILHO, 2000). Além disso, esses sistemas podem trazer vantagens econômicas e sociais em relação aos sistemas de produção agrícolas tradicionais (NAIR, 2006).

Entre os sistemas agroflorestais, os dirigidos pela sucessão natural apresentam-se particularmente como uma alternativa interessante para a agricultura familiar (SIQUEIRA et al., 2006). Sua alta diversidade e densidade de espécies o torna adequado às regiões tropicais principalmente na proteção do solo contra os processos erosivos. Além disso, tem sido considerado como sistema de produção capaz de produzir matérias-primas de interesse para o homem e conservar os recursos naturais, inclusive a biodiversidade, sem a necessidade de insumos externos, indo, portanto, ao encontro da agricultura sustentável.

Esses sistemas são caracterizados em função da sucessão natural das espécies. Sua forma de produção agrícola e florestal se baseia na estrutura e dinâmica das florestas naturais, por combinar a diversidade de espécies nativas com outras espécies aptas às condições do local e também com espécies cultivadas pelos seres humanos (SIQUEIRA et al., 2006). Os representantes vegetais crescem juntos, porém, em cada fase da sucessão, haverá uma comunidade dominante dirigindo a sucessão. Para cada consórcio, os indivíduos das espécies mais avançadas na sucessão não se desenvolvem enquanto as iniciais não dominam. As plantas precisam ser tutoradas pelas antecessoras. Nesse processo, pela abordagem sistêmica, a planta não morre, é transformada (PENEIREIRO, 1999).

Com a agrofloresta, ao dirigir a sucessão natural inserindo ou conservando as espécies mais avançadas na sucessão e "eliminando" as que já cumpriram seu papel na sucessão, por capina seletiva e poda, dinamiza-se a vida do solo, contribuindo para as mudanças relativas à fertilidade do solo, que também evolui visando sustentar espécies mais exigentes, que vão aparecendo à medida que se avança na sucessão das espécies. Os princípios dos sistemas agroflorestais sucessionais dizem respeito à diversidade e densidade de espécies no sistema durante todo o processo sucessional,

bem como à sincronia de crescimento entre as espécies dos consórcios, e mantem o solo sempre protegido e coberto (SIQUEIRA et al., 2006).

Serapilheira como fonte de nutrientes nos SAFs

Entre os mecanismos envolvidos na ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais, os resíduos senescentes da parte aérea das plantas, que formam a serapilheira, seja pela queda seja pela poda e sua gradativa decomposição, têm papel fundamental na manutenção da sustentabilidade desses sistemas (CORREIA; ANDRADE, 1999) Além disso, a serapilheira 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 serapilheira é a parte mais dinâmica e, possivelmente, a mais variável não só entre ecossistemas, mas também dentro de um mesmo ecossistema (CORREIA; ANDRADE, 1999). É constituída da camada de detritos vegetais (folhas, ramos, caules, cascas, frutos e flores) e animais disposta na superfície do solo (BORÉM; RAMOS, 2002). Sua produção seguida da decomposição representa o principal meio de transferência da 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). Ainda, juntamente 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; RAMOS, 2002).

No caso de sistemas agroflorestais, a biomassa que formará a serapilheira é advinda, além dos fatores genéticos e ambientais, sobretudo da poda direcionada das árvores e outras espécies (SILVEIRA et al., 2007). A quantidade de serapilheira e seu conteúdo de nutrientes que são aportados ao solo pelo povoamento vegetal 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 quantidade de nutrientes estocada na serapilheira influencia, na mesma ordem de magnitude, a quantidade de elementos disponíveis na camada de 0-10 cm de profundidade do solo, sugerindo que, dependendo das características da camada de serapilheira formada por cada espécie arbórea, haveria diferença na concentração e disponibilidade de nutrientes do solo (CORREIA; ANDRADE, 1999).

A decomposição da serapilheira possibilita que parte do carbono incorporado na biomassa pela fotossíntese retorne à atmosfera como CO₂ e os outros elementos absorvidos passem para uma forma novamente utilizável pelas plantas (CORREIA; ANDRADE, 1999). O aumento de matéria orgânica em sistemas conservacionistas 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).

A ciclagem de nutrientes em um ecossistema consiste no fluxo dos nutrientes entre os compartimentos e nas transferências entre um ecossistema e outro (KÖNIG et al., 2002). Considerada uma das principais fontes de energia e nutrientes do 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). A decomposição de resíduos vegetais e animais que chegam ao solo, que podem contribuir para o acúmulo de matéria orgânica no solo, reúne processos biológicos que são componentes essenciais do ciclo do carbono (ALVES et al., 2005).

Entre os processos que ocorrem no solo, a decomposição é considerada como um processo-chave, pois disponibiliza nutrientes (mineralização) para o crescimento das plantas. Além disso, com a formação de colóides de carga negativa (humificação), a decomposição também aumenta a capacidade do solo de reter cátions trocáveis, como o cálcio e o magnésio (COSTA, 2004). Esses processos são regulados por três grupos de variáveis: a composição da comunidade biológica do solo, as

características do material orgânico depositado e as condições físicas e químicas do meio ambiente, que são controladas pelo clima e pelas características edáficas do local (SWIFT; HEAL; ANDERSON, 1979). Os organismos do solo, os microrganismos e invertebrados têm importante papel na decomposição e ciclagem dos nutrientes. Uma das mais importantes funções da fauna do solo é a fragmentação do material vegetal da serapilheira, desempenhada particularmente pela macrofauna (CORREIA; ANDRADE, 1999).

São escassos no Brasil (LUIZÃO et al., 2006) e inexistentes no Piauí trabalhos que visem identificar efeitos dos SAFs sobre a serapilheira. Por isso, em Esperantina, norte piauiense, foi desenvolvido estudo em um Argissolo Vermelho-Amarelo sobre cinco sistemas: com três anos de manejo ecológico (SE3), com roço manual, em que o material é deixado sobre o solo como cobertura; dois sistemas agroflorestais com seis (SAF6) e dez (SAF10) anos de adoção; uma área com manejo convencional à base do corte e queima da vegetação (ACQ) e, como referência de um estado de equilíbrio, uma floresta nativa (FN). Os SAFs são caracterizados como multiestratificados, compostos por espécies agrícolas, frutíferas e algumas espécies arbóreas nativas provenientes da regeneração natural. Nesses sistemas, foram determinados na serapilheira teores de nutrientes e a macrofauna invertebrada, considerados indicadores de qualidade ambiental.

O teor de N na serapilheira em SAF10 foi superior aos demais sistemas ($p < 0,05$) que não diferiram entre si (Fig. 1A). Esse resultado provavelmente está relacionado ao maior aporte da serapilheira e à melhor qualidade nutricional, decorrente da composição vegetal diversificada nesse sistema. Outros autores que verificaram maior concentração desse nutriente na serapilheira em diferentes sistemas agroflorestais foram Luizão et al. (2006) na Amazônia e Silveira et al. (2007) em Paraty, RJ.

Em relação ao P, observou-se maior teor do SAF10 ($p < 0,05$) comparando-se com os outros sistemas (Fig. 1B). 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 nesses

sistema, pode ser atribuído à adição de biomassa em diferentes estágios de maturação decorrente do manejo, onde a biomassa aportada possui maiores teores de nutrientes, visto que, durante a poda, os nutrientes foram translocados internamente pela planta, como ocorre no processo de abscisão foliar (SILVEIRA et al., 2007).

O maior teor de K ($p < 0,05$) foi verificado no SE3, seguido do SAF10 (Fig. 1C). O aumento de K nesses sistemas pode estar relacionado ao cultivo de bananeiras, considerando-se que esse nutriente é encontrado em maior concentração nas folhas e frutos e sua importância para a produção dessa espécie (SILVEIRA et al., 2007). Além disso, esse resultado pode estar associado à presença, na serapilheira, de gramíneas que possuem a capacidade de absorver esse nutriente em quantidades superiores às suas necessidades (LOPES, 1989).

Na serapilheira do SAF10, foi obtido o maior teor de Ca ($p < 0,05$), enquanto o menor teor foi obtido no SAF6 (Fig. 1D). Esses sistemas diferem na quantidade e diversidade do componente arbóreo, em virtude do tempo de adoção do manejo. De acordo com König et al. (2002), o Ca é um elemento imóvel ou pouco móvel na planta (constituente da parede celular), portanto, não é translocado para tecidos mais jovens. Dessa forma, o maior aporte desse nutriente no SAF10 pode estar associado à maior quantidade e diversidade de folhas senescentes. O teor de Mg na FN superou os valores obtidos nos demais sistemas (Fig. 1E). Diversos autores verificaram resultados semelhantes, 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 uma concentração elevada de Mg na fração folhas. Os teores de nutrientes da serapilheira nos sistemas estudados em Esperantina, PI obedeceram à seqüência $N > Ca > K > Mg > P$, similarmente ao observado por Schumacher et al. (2004) e Vital et al. (2004).

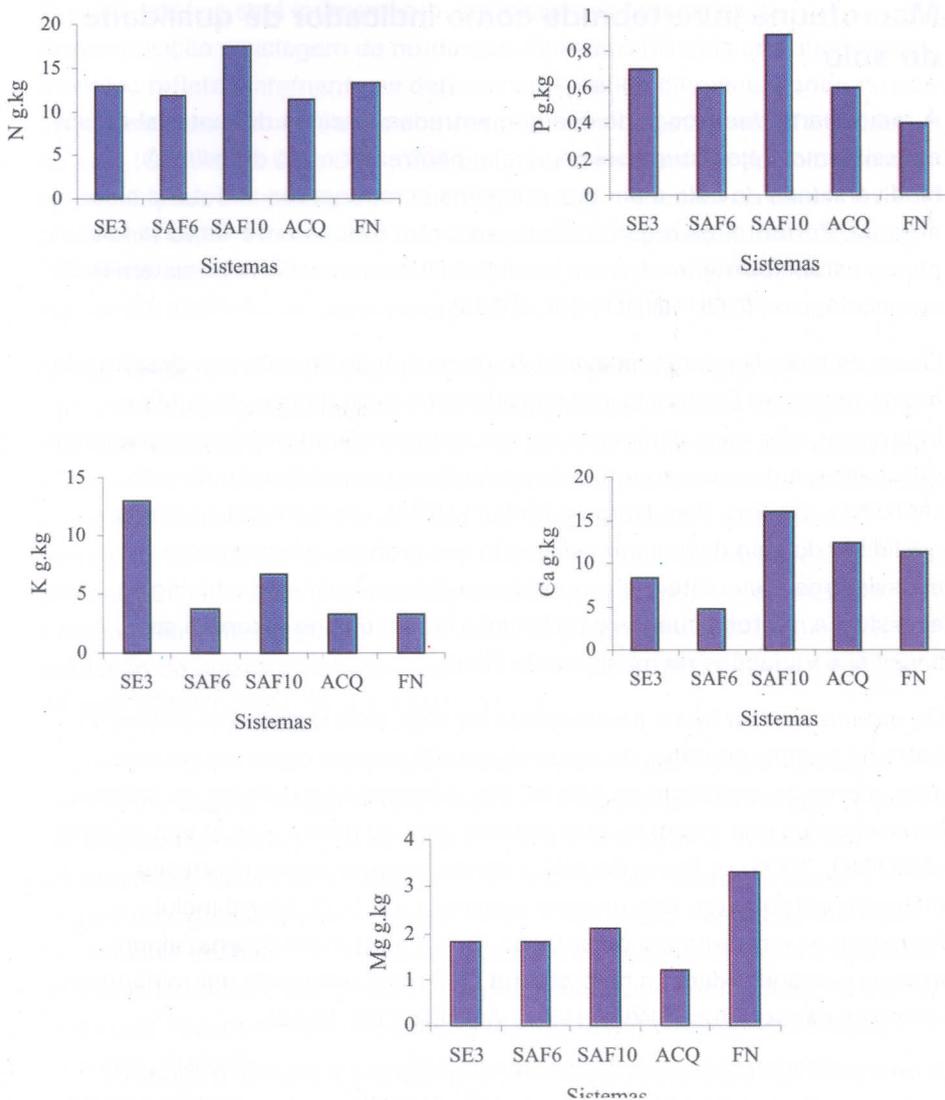


Fig. 1. Teores de nutrientes da serapilheira em sistemas ecológicos com três anos de manejo (SE3), sistemas agroflorestais com seis (SAF6) e dez anos de adoção (SAF10), agricultura de corte e queima (ACQ) e floresta nativa (FN). Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Macrofauna invertebrada como indicador de qualidade do solo

A maior parte das trocas de energia, entradas e saídas de material de um ecossistema, seja natural seja agrícola, ocorre por meio do solo. A biodiversidade do solo é um dos primeiros componentes a afetar e a ser afetado. Portanto, os organismos do solo têm fundamental importância para o estabelecimento de uma produtividade sustentável nos sistemas agroecológicos (COUTINHO et al., 2003).

O uso de bioindicadores na avaliação da qualidade do solo tem despertado muito interesse. Embora sejam considerados mais difíceis de medir e interpretar, são mais dinâmicos do que outros indicadores pela capacidade de sinalizar antecipadamente a degradação ou a reabilitação do solo (AQUINO, 2005). Para Doran e Parkin (1994), um bom indicador da qualidade do solo deve estar associado aos grandes processos do ecossistema, deve integrar propriedades físicas, químicas e biológicas, ser acessível a muitos usuários e aplicável a condições de campo e ser sensível a variações de manejo e de clima.

Os organismos da fauna invertebrada do solo, pela importante interação entre os compartimentos do sistema, constituem-se como importantes indicadores de qualidade ambiental. Por compreender milhões de animais invertebrados que vivem ou que passam uma ou mais fases ativas no solo (AQUINO, 2001), a fauna do solo é classificada de acordo com seu diâmetro corporal em três grupos: a microfauna (<0,2 mm) inclui nematódeos e rotíferos; a mesofauna (0,2-2 mm) inclui ácaros, alguns insetos e enquitreídeos; a macrofauna (> 2 mm) composta por miriápodes, insetos e oligoquetos (SWIFT; HEAL; ANDERSON, 1979).

A interação da fauna edáfica com microrganismos e plantas é capaz de modificar funcionalmente o sistema do solo, exercendo uma regulação sobre os processos de decomposição e ciclagem de nutrientes (LAVELLE et al., 1992). Nesse sentido, o equilíbrio ambiental dos solos pode ser medido pela observação das características populacionais de grupos de organismos específicos, considerados bioindicadores do grau de alteração ou fragmentação de um local (WINK et al., 2005).

A fauna edáfica está intimamente associada aos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes. Sua sensibilidade aos diferentes manejos reflete claramente se determinada prática de manejo pode ou não ser considerada conservativa do ponto de vista da estrutura e fertilidade do solo (CORREIA; OLIVEIRA, 2000). Esses invertebrados do solo alteram as populações e a atividade de microrganismos responsáveis pelos processos de mineralização e humificação e, em consequência, exercem influência sobre o ciclo da matéria orgânica e a disponibilidade de nutrientes assimiláveis pelas plantas (DECÄENS et al., 2003).

Nesse contexto, a macrofauna edáfica desempenha um papel-chave no funcionamento do ecossistema, pois ocupa diversos níveis tróficos dentro da cadeia alimentar do solo e afeta a produção primária de maneira direta e indireta (SILVA et al., 2006). Esses invertebrados são animais de grande mobilidade que exercem importante papel no transporte de materiais, tanto para confecção de ninhos e tocas, quanto para construção de galerias que alcançam profundidades variáveis no solo. Suas principais funções são: a fragmentação do resíduo vegetal e sua redistribuição, a predação de outros invertebrados e a contribuição direta na estruturação do solo (SWIFT; HEAL; ANDERSON, 1979).

A macrofauna edáfica é composta pelos seguintes grupos taxonômicos: Diptera (moscas e mosquitos); Hemiptera, atualmente classificado como Heteroptera (percevejos); Homoptera (cigarra, cigarrinha, pulgões e cochonilhas); Coleoptera (besouros); Thysanoptera (trips); Orthoptera (gafanhoto, grilo, esperança e paquinha); Psocoptera; Blattodea (barata); Dermaptera (tesourinha); Isopoda (tatuzinho de jardim); Diplopoda (gongolo ou piolho de cobra); Symphyla; Chilopoda (lacraias e centopéias); Araneae (aranhas); Pseudoscorpionida; Opilionida (opiliões); Gastropoda (lesmas e caracóis); Oligochaeta (minhocas); Hymenoptera (formigas, vespas, abelhas e marimbondos); Isoptera (térmitas) (AQUINO, 2001).

Alguns organismos da macrofauna, principalmente os térmitas, as formigas e as minhocas, são denominados “engenheiros do ecossistema”, pois suas atividades levam à criação de estruturas biogênicas (galerias, ninhos, câmaras e bolotas fecais), que modificam as propriedades físicas

dos solos onde vivem, promovendo a sua agregação e estruturação, bem como disponibilizam recursos para outros organismos (WOLTERS, 2000). Eles também afetam o ciclo biogeoquímico em decorrência da ação na porosidade do solo, modificando a distribuição e a continuidade de poros e, conseqüentemente, alterando a taxa de infiltração de água e de emissão de gases (LOPES ASSAD, 1997).

Em razão da sua ação mecânica, a macrofauna contribui para a formação de agregados estáveis, que podem proteger parte da matéria orgânica de uma mineralização rápida e agem como reserva de nutrientes potencialmente disponíveis para as plantas (DECÄENS et al., 2003; LAVELLE; SPAIN, 2001). Além disso, a macrofauna é vetora de microrganismos simbióticos das plantas, como fixadores de nitrogênio e fungos micorrízicos, e é capaz de digerir, de maneira seletiva, microrganismos patogênicos (BROWN, 1995).

A interação da comunidade biótica com o solo tem um papel vital na produção e manutenção da qualidade edáfica (AQUINO, 1999). A estrutura e abundância da comunidade da macrofauna do solo são muito sensíveis à gestão da cobertura vegetal (LAVELLE et al., 1992). Por esse motivo, a macrofauna edáfica é influenciada tanto pelo sistema de manejo, como pela cobertura dos resíduos de culturas remanescentes de cultivos anteriores (AQUINO; SILVA, 2006; MERLIM et al., 2005). Assim, as práticas agrícolas determinam a atividade da macrofauna indiretamente, por meio da qualidade nutricional do solo e das possibilidades de recolonização de habitats desfavoráveis a partir de habitats favoráveis, e diretamente, pelo efeito negativo do revolvimento e da aplicação de defensivos agrícolas (MARCHÃO, 2007). A exclusão da macrofauna do solo reduz a taxa de decomposição e a liberação de nutrientes da serapilheira (AQUINO, 2005).

O uso de organismos vivos, ou processos biológicos, como bioindicadores de qualidade ambiental apresenta-se como uma das novas estratégias para o monitoramento do ambiente e a avaliação da qualidade de produtos como uso potencial na agropecuária (LOUZADA; SANCHES; SCHILINDWEIN, 2000). A utilização da macrofauna edáfica como bioindicador de qualidade tem vantagem na facilidade de execução, já que

não é necessário um conhecimento profundo da taxonomia dos grupos, pois a identificação é feita por classe, ordem ou, ocasionalmente, família (MOÇO et al., 2005).

O uso de diferentes coberturas vegetais e de práticas culturais pode ter efeito direto sobre a população da fauna edáfica. Esse efeito, muitas vezes, está relacionado à permanência de resíduos orgânicos sobre a superfície do solo (ANTONIOLLI et al., 2006). Em áreas de floresta, observam-se que, inerente ao sistema, à oferta de refúgio e matéria orgânica, ao mesmo tempo em que representa matéria e energia para os macro e microrganismos do solo (LUIZÃO; SCHUBART, 1987), constitui, pelo processo de decomposição, importante fonte de nutrientes para as florestas tropicais (ABER; MELILLO, 1980). Um dos desafios dos SAFs é identificar a combinação ideal de espécies vegetais que garanta eficiência nos fluxos de entrada e saída de matéria e energia. Nesse aspecto, observa-se que os organismos associados têm um papel preponderante.

As práticas de manejo utilizadas em um sistema de produção podem afetar de forma direta e indireta a fauna do solo, o que se reflete na sua densidade e diversidade (CORREIA; OLIVEIRA, 2000). Dessa forma, o aumento do número de indivíduos de espécies da macrofauna do solo ocorre pela disponibilidade de melhores condições ambientais, que favorecem a reprodução dos invertebrados (SEEBER et al., 2005).

A vegetação influencia os invertebrados e microrganismos por meio da quantidade e qualidade da matéria orgânica produzida (AQUINO, 2005). Algumas espécies de plantas arbóreas possibilitam altas densidades de macroinvertebrados, garantindo eficiente colonização e atividade da fauna do solo na decomposição da matéria orgânica e na estruturação do solo (TAPIA-CORAL, 2004). Tem-se observado que a diversidade das espécies vegetais tem promovido maior riqueza dos grupos da macrofauna edáfica (BARROS et al., 2003), o que pode assegurar também diversidade de funções.

De forma geral, vários estudos têm apontado a comunidade da macrofauna edáfica como um indicador sensível ao impacto de diferentes tipos de sistemas de produção, possibilitando o seu uso como instrumento na

determinação de opções de manejo sustentável dos sistemas agropecuários (MERLIM et al., 2005; SILVA, 2006). O monitoramento da fauna edáfica é um instrumento que permite avaliar não só a qualidade de um solo, como também o próprio funcionamento de um sistema de produção, já que essa fauna se encontra intimamente associada aos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes na interface solo-planta (CORREIA; OLIVEIRA, 2000).

No estudo realizado em Esperantina, PI, foram avaliados, além dos teores de nutrientes nas áreas, os grupos taxonômicos e a densidade de indivíduos da macrofauna invertebrada da serapilheira no período seco (outubro-novembro), em cada sistema (Fig. 2, Tabela 1).

A maior densidade da macrofauna invertebrada foi observada no SAF10 (Fig. 2). No sistema ACQ, verificou-se a quase ausência dos componentes da macrofauna, provavelmente em razão do manejo que não aporta matéria orgânica em quantidade e qualidade que possa manter a população da macrofauna e, conseqüentemente, beneficiar-se dos processos ecológicos derivados da sua atividade. Para Correia e Oliveira (2000), a queima de áreas para fins de plantio ou colheita tem efeitos negativos drásticos sobre as populações de animais do solo. Além da eliminação direta de praticamente todos os animais que vivem na superfície do solo, a eliminação da serapilheira extingue a fonte de alimento e desestrutura o habitat.

A menor densidade de indivíduos na FN em relação aos SAFs pode estar relacionada à qualidade nutricional da serapilheira resultante do consórcio entre culturas agrícolas e espécies florestais, assim como o manejo que promove a proteção do solo. Embora a floresta nativa neste trabalho represente um exemplo de sistema em estado de equilíbrio, não significa que necessariamente tenha que apresentar maiores densidades e diversidade de organismos.

No SAF10, observou-se grande freqüência de Thysanura (40 %), seguida pelos Pseudoscorpionida (19 %) e Araneae (17 %) (Tabela 1). A Thysanura é um grupo decompositor e sua grande abundância provavelmente está relacionada ao maior aporte vegetal no sistema, uma vez que a alimentação desses animais é à base de celulose. De acordo com

Warren e Zou (2002), a diversidade vegetal oferece diferentes recursos alimentares, o que influencia a quantidade e a qualidade da serapilheira ingerida pela fauna do solo, controlando assim a abundância dos organismos em um local.

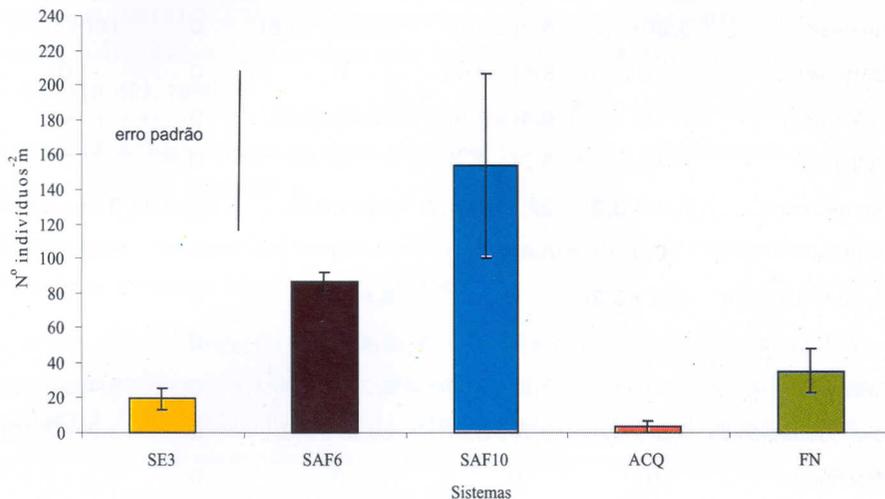


Fig. 2. Densidade da macrofauna invertebrada da serapilheira em sistema ecológico com três anos de adoção (SE3), sistemas agroflorestais com seis (SAF6) e dez anos de adoção (SAF10), agricultura de corte e queima (ACQ) e floresta nativa (FN).

Com exceção do sistema ACQ, em todos os sistemas, observou-se a presença dos grupos de predadores Araneae e Pseudoscorpionida, no entanto, as maiores concentrações foram verificadas no SAF10 (Tabela 1). De acordo com Correia e Oliveira (2000), a maior porcentagem de predadores pode ser um instrumento eficiente para o controle de pragas, sugerindo que os efeitos de uma comunidade de invertebrados do solo mais diversa e abundante ultrapassam os limites do solo. Entre os sistemas, SAF6 apresentou o maior número de grupos da macrofauna, com maior densidade dos indivíduos dos grupos Formicidae e Thysanura.

Tabela 1. Macrofauna encontrada na serapilheira em diferentes sistemas (SE3 = sistema com base ecológica de três anos, SAF6 e SAF10 = sistemas agroflorestais com seis a dez anos de adoção, ACQ = agricultura de corte e queima, FN = floresta nativa). Valores entre parênteses referem-se ao erro padrão.

Grupo	SE3	SAF6	SAF10	ACQ	FN
Araneae	3,2(±3,2)	6,4(±3,9)	25,6(±10,8)	0	16(±5,06)
Blattodea	0	9,6(±6,4)	0	0	0
Coleoptera	0	6,4(±3,9)	12,8(±9,3)	0	0
Diplura	0	3,2(±3,2)	0	0	0
Formicidae	3,2(±3,2)	22,4(±15,7)	9,6(±6,4)	3,2(±3,2)	3,2(±3,20)
Isoptera	0,0	6,4(±3,9)	0	0	3,2(±3,20)
L. de Coleoptera	3,2(±3,2)	0	6,4(±3,9)	0	0
L. de Diptera	0	0	6,4(±3,9)	0	0
Orthoptera	0	3,2(±3,2)	3,2(±3,2)	0	6,4(±3,92)
Pseudoscorpionida	9,6(±6,4)	3,2(±3,2)	28,8(±9,3)	0	3,2(±3,20)
Psocoptera	0	0	0	0	3,2(±3,20)
Scorpionida	0	3,2(±3,2)	0	0	0
Thysanura	0	19,2(±9,3)	60,8(±45,6)	0	0

Considerações finais

No norte do Estado do Piauí, a agricultura de base familiar, calcada nos processos de corte e queima, tem causado a degradação das terras. Os maiores teores de nutrientes da serapilheira, bem como as maiores densidades de indivíduos da macrofauna invertebrada do solo, mostram que os sistemas agroflorestais podem ser considerados estratégias sustentáveis para essa região por meio da melhoria da qualidade do solo e do aumento da diversidade de produtos agrícolas gerados. Entretanto, é

imprescindível a realização do monitoramento desses sistemas por meio de indicadores físicos, bióticos e antrópicos, considerando-se suas inter-relações na conservação e sustentabilidade do ambiente.

Referências

- ABER, J. D.; MELILLO, J. M. Litter decomposition: measuring relative contributions of organic matter and nitrogen to forest soils. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 58, n. 4, p. 416-421, 1980.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: as bases científicas da agricultura alternativa. Rio de Janeiro: PTA/FASE, 1989. 237 p.
- ALTIERI, M. A. How best can we use biodiversity in agroecosystems? **Outlook on Agriculture**, London, v. 20, n. 1, p. 15-23, 1991.
- 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: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de (Ed.). **Agroecologia**: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. p. 343-368.
- AMADOR, D. B. Restauração de ecossistemas com sistemas agroflorestais. In: SEMINÁRIO SISTEMAS AGROFLORESTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2003, Campo Grande, MS. **Palestras...** Campo Grande: Embrapa Gado de Corte; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 1 CD ROM. Disponível em: <http://saf.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/14.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2007.
- ANTONIOLLI, Z. I.; CONCEIÇÃO, P. C.; BÖCK, V.; PORT, O.; SILVA, D. M. da; SILVA, R. F. da. Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 3/4, p. 407-417, set. 2006.
- AQUINO, A. M. de. Fauna edáfica e sua inserção na regulação funcional do agroecossistema. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de (Ed.). **Agroecologia**: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. p. 47-75.

AQUINO, A. M. Meso e macrofauna do solo e sustentabilidade agrícola: perspectivas e desafios para o século XXI. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. 1 CD-ROM.

AQUINO, A. M. de. **Manual para coleta de macrofauna do solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2001. 21 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 130).

AQUINO, A.M.; SILVA, R.F. Fauna do solo e práticas agrícolas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. **Anais...** Recife: SBCS: Embrapa Solos-UEP Recife: UFRPE, 2005. 1 CD-ROM.

ASSIS, R. L. de. Agroecologia: visão histórica e perspectivas no Brasil. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de. (Ed.). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. p. 174-184.

BARROS, E.; NEVES, A.; BLANCHART, E. FERNANDES, E. C. M.; WANDELLI, E.; LAVELLE, P. Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazônia. **Pedobiologia**, Jena, v. 47, n. 3, p. 273-280, 2003.

BORÉM, R. A.T.; RAMOS, D. P. Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de mata atlântica. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 42-59, 2002.

BROWN, G.G. How do earthworms affect microfloral and faunal community diversity? **Plant and Soil**, The Hague, v. 170, n. 1, p. 209-231, Mar. 1995.

CAMPELLO, E. F. C.; FRANCO, A. A.; FARIA, S. M. F. Aspectos ecológicos da seleção de espécies para sistemas agroflorestais e recuperação de áreas degradadas. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de. (Ed.). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. p. 467-482.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. de. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. Porto Alegre: Genesi. 1999. p. 197-225.

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. de. **Fauna de solo**: aspectos gerais e metodológicos. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2000. 46 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 112).

COSTA, P. **Fauna edáfica e sua atuação em processos do solo**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2004. 32 p. (Embrapa Roraima. Documentos, 2).

COSTA, R. B. da; ARRUDA, E. J. de; OLIVEIRA, L. C. S. de. Sistemas agrossilvipastoris como alternativa sustentável para a agricultura familiar. **Interações: Revista Internacional de Desenvolvimento Local**, Campo Grande, v. 3, n. 5, p. 25-32, set. 2002.

COUTINHO, H. L. da C.; UZÊDA, M. C.; ANDRADE, A. G. de; TAVARES, S. R. de L. Ecologia e biodiversidade do solo no contexto da Agroecologia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 24, n. 220, p. 45-54, 2003.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; ETEWART, B. A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of American, 1994. p. 3-21. (SSSA Especial Publication, 35).

ENGEL, V. L. **Sistemas Agroflorestais: Conceitos e Aplicações**. In: SEMINÁRIO SISTEMAS AGROFLORESTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2003, Campo Grande, MS. **Palestras...** Campo Grande: Embrapa Gado de Corte; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 1 CD ROM. Disponível em: <http://saf.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/01.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2007.

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

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

- FIGUEIREDO FILHO, A.; MORAES, G. F.; SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO, D. J. de. Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma floresta ombrófila mista localizada no sul do estado do Paraná. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 11-18, jun. 2003.
- GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; HUBNER, 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**, Brasília, DF, v. 38, n. 9, p. 1097-1104, set. 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**, Brasília, DF, n. 74, p. 45-52, set. 2002.
- LAVELLE, P.; SPAIN, A. V. **Soil ecology**. Amsterdam: Kluwer Scientific Publications, 2001. 654 p.
- LAVELIE, P.; SPAIN, A. V.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; MARTIN, S.; SCHAEFER, R. The impact of soil fauna on the properties of soils in the Humid Tropics. In: LAL, R.; SANCHEZ, P. A. (Ed.). **Myths and science of soils of the tropics**. Madison: Soil Science Society of America: American Society of Agronomy, 1992. p. 157-185. (SSSA special publication, 29).
- LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA: POTAFOS, 1989. 153 p.
- LOPES ASSAD, M.L. Fauna do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. p. 363-443.
- LOUZADA, J. N. C.; SANCHES, N. M.; SCHILINDWEIN, M. N. Bioindicadores de qualidade e de impactos ambientais da atividade agropecuária. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 202, p. 72-77, 2000.
- LUIZÃO, F. J.; SCHUBART, H. O. R. Litter production and decomposition in a terra-firme forest of Central Amazonia. **Experientia**, Basel, v. 43, n. 3, p. 259-265, Mar. 1987.
- 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. da; BARROS, N. F.; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; FREITAS, M. S. M.; VIANA, A.

P.; JASMIN, J. M.; MARCIANO, C. R.; CARNEIRO, J. G. de A. (Ed.). **Sistemas agroflorestais**: bases científicas para o desenvolvimento sustentável. Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2006. p. 87-100.

MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; TSUKAMOTO FILHO, A. A. Princípios de agrossilvicultura como subsídio do manejo sustentável. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 202, p. 93-98, 2000.

MARCHÃO, R. L. **Integração lavoura-pecuária num latossolo do cerrado**: impacto na física, matéria orgânica e macrofauna. 2007. 134 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

MERLIM, A. de O.; GUERRA, J. G. M.; JUNQUEIRA, R. M.; AQUINO, A. M. de. Soil macrofauna in cover of figs grown under organic management. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 1, p. 57-61, Jan./Feb. 2005.

MOÇO, M. K. da S.; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; GAMA-RODRIGUES, A. C. da; CORREIA, M. E. F. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 4, p. 555-564, jul./ago. 2005.

NAIR, P. K. R. The role of soil science in the sustainability of agroforestry systems: eliminating hunger and poverty. In: GAMA-RODRIGUES, A. C. da; BARROS, N. F.; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; FREITAS, M. S. M.; VIANA, A. P.; JASMIN, J. M.; MARCIANO, C. R.; CARNEIRO, J. G. de A. (Ed.). **Sistemas agroflorestais**: bases científicas para o desenvolvimento sustentável. Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2006. p. 203-216.

PENEIREIRO, F. M. **Sistemas agroflorestais dirigidos pela sucessão natural**: um estudo de caso. 1999. 138 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

RIBASKI, J.; MONTOYA, L. J.; RODIGHIERI, H. R. **Sistemas Agroflorestais**: aspectos ambientais e sócio-econômico. (Trabalho publicado em 22 nov. 2002). Disponível em: <http://www.planetaorganico.com.br/TrabRibaski.htm>. Acesso em: 20 mar. 2007.

- SALMI, G. P.; SALMI, A. P.; ABOUD, A. C. de S. Dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes de genótipos de guandu sob cultivo em aléias. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 4, p. 673-678, abr. 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**. 2005. 184 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; HERNANDES, J. I.; KONIG, F. G. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no município de Pinhal Grande - RS. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 29-37, jan./fev. 2004.
- SEEBER, J.; SEEBER, G. U. H.; KÖSSLER, W.; LANGEL, R.; SCHEU, S.; MEYER, E. Abundance and trophic structure of macro-decomposers on alpine pastureland (Central Alps, Tyrol): effects of abandonment of pasturing. **Pedobiologia**, Jena, v. 49, n. 3, p. 221-228, June 2005.
- SILVA, R. F. da. **Biofuncionamento e sustentabilidade do solo em diferentes agroecossistemas no estado de Mato Grosso do Sul**. 2006. 166 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- SILVA, R. F. da; AQUINO, A. M. de; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. de F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 4, p. 697-704, abr. 2006.
- SILVEIRA, N. D.; PEREIRA, M. G.; POLIDORO, J. C.; TAVARES, S. R. de L.; MELLO, R. B. Aporte de nutrientes e biomassa via serapilheira em sistemas agroflorestais em Paraty (RJ). **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, 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. da; BARROS, N. F.; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; FREITAS, M. S. M.; VIANA, A. P.; JASMIN, J. M.; MARCIANO, C. R.; CARNEIRO, J. G. de A. (Ed.). **Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável**. Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2006. p. 53-64.

- SOUTO, P. C. **Acumulação e decomposição da serapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de caatinga na Paraíba, Brasil.** 2006. 150 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- SWIFT, M.J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. (Ed.). **Decomposition in terrestrial ecosystems.** Oxford: Blackwell, 1979. 372p. (Studies in Ecology, 05).
- TAPIA-CORAL, S. C. **Macro-invertebrados do solo e estoques de carbono e nutrientes em diferentes tipos de vegetação de terra firme na Amazônia Peruana.** 2004. 138 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus.
- TAVARES, S. R. L.; ANDRADE, A. G.; COUTINHO, H. L. C. Sistemas agroflorestais como alternativa de recuperação de áreas degradadas com geração de renda. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 24, n. 220, p. 73-80, 2003.
- 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**, Viçosa, MG, v. 28, n. 6, p. 793-800, 2004.
- WARREN, M. W.; ZOU, X. Soil macrofauna and litter nutrients in three tropical tree plantations on a disturbed site in Puerto Rico. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 170, n. 1/3, p. 161-171, Oct. 2002.
- WINK, C.; GUEDES, J. V. C.; FAGUNDES, C. K.; ROVEDDDER, A. P. Insetos edáficos como indicador da qualidade ambiental. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 4, n. 1, p. 60-71, 2005.
- WOLTERS, V. Invertebrate control of soil organic matter stability. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 31, n. 1, p. 1-19, Apr. 2000.
- XAVIER, F. A. da S.; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S. de; MENDONÇA, E. de S. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba – CE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, p. 247-258, mar./abr. 2006.