

ANNA CRYSTINA ALVARENGA

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SERAPILHEIRA E APORTE DE
NUTRIENTES EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS DE AGRICULTORES
FAMILIARES DO NORTE DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ciências Agrárias, área de concentração em Agroecologia, do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do grau de mestre em Ciências Agrárias.

Orientador: **Prof. Luiz Arnaldo Fernandes**

Montes Claros
2012

Alvarenga, Anna Crystina.

A473p 2013 Produção e qualidade de serapilheira e aporte de nutrientes em sistemas agroflorestais de agricultores familiares do norte de Minas Gerais / Anna Crystina Alvarenga. Montes Claros, MG: Instituto de Ciências Agrárias/UFMG, 2013.
83 p.: il.

Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias, área de concentração em Agroecologia) Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

Orientador Prof. Luiz Arnaldo Fernandes.

Banca examinadora: Eduardo Dal' Ava Mariano, Regynaldo Arruda Sampaio, Leonardo David Tuffi Santos, Luiz Arnaldo Fernandes.

Inclui bibliografia: f: 73-83.

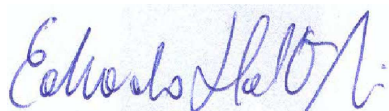
1. Nutrientes - Ciclagem. 2. Agroecossistemas. 3. Silvicultura. I. Fernandes, Luiz Arnaldo. II. Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais. III. Título.

CDU: 630

Elaborada pela Biblioteca Comunitária em Ciências Agrárias do ICA/UFMG

ANNA CRYSTINA ALVARENGA

PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SERAPILHEIRA E APORTE DE
NUTRIENTES EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS DE AGRICULTORES
FAMILIARES DO NORTE DE MINAS GERAIS



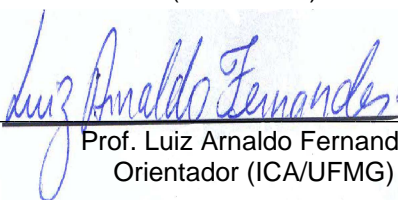
Prof. Eduardo Dal'Ava Mariano
(UFSCar)



Prof. Reginaldo Arruda Sampaio
(ICA/UFMG)



Leonardo David Tuffi Santos
(ICA/UFMG)



Prof. Luiz Arnaldo Fernandes
Orientador (ICA/UFMG)

Aprovada em 14 de Dezembro de 2012.

Montes Claros
2012

DEDICO

*À minha família,
ao meu marido e
aos agricultores do
Assentamento Americana.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, que olha por nós em todos os momentos.

À minha mãe, Consolação, por acreditar e apoiar mais esse projeto, e toda minha família.

Ao meu companheiro Fábio, por apoiar e confiar nesse projeto.

Ao meu orientador Luiz Arnaldo, a confiança, a paciência e a compreensão.

A Patrícia Bustamante, pelo apoio e confiança.

Aos amigos e às companheiras de trabalho, Elias, Rosiellen, Mirian e Paula, o grande apoio e o companheirismo.

Aos mestres do Assentamento Agroextrativista Americana, em especial, a Elei, a Cido, a João Altino e a Cristovino, os ensinamentos compartilhados.

Ao CNPq e à Fapemig pelo apoio financeiro.

A Capes/Reuni a concessão de bolsa.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2 - PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E APORTE DE NUTRIENTES EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS

1-	Produção de serapilheira dos Sistemas Agroflorestais e do Cerrado adjacente na área de Latossolo-----	37
2-	Nutrientes da serapilheira dos Sistemas Agroflorestais e do Cerrado adjacente na área de Latossolo -----	39
3-	Nutrientes da serapilheira dos Sistemas Agroflorestais e do Cerrado adjacente na área de Gleissolo -----	40
4-	Quantidade de nutrientes da serapilheira dos Sistemas Agroflorestais e do Cerrado adjacente na área de Latossolo -----	42
5-	Quantidade de nutrientes da serapilheira dos Sistemas Agroflorestais e do Cerrado adjacente na área de Gleissolo-----	43
6-	Estimativa anual de aporte de nutrientes aportado para o solo via serapilheira -----	46

CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DA SERAPILHEIRA DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS DE AGRICULTORES FAMILIARES DO NORTE DE MINAS GERAIS

1-	Componentes estruturais de serapilheira dos sistemas agroflorestais e do cerrado adjacente na área de Latossolo-----	55
2-	Componentes estruturais de serapilheira dos sistemas agroflorestais e do cerrado adjacente na área de Gleissolo-----	56

CAPÍTULO 4 - ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS

1-	Média e intervalo de confiança dos teores de nutrientes do solo dos Sistemas Agroflorestais e do Cerrado adjacente na área de Latossolo -----	66
2-	Média e intervalo de confiança dos teores de nutrientes do solo dos Sistemas Agroflorestais e do Cerrado adjacente na área de Gleissolo -----	68

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 2 - PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E APORTE DE NUTRIENTES EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS

- Figura 1-** Localização e detalhes do perímetro e rede hidrográfica do Projeto de Assentamento Americana e sua localização no estado de Minas Gerais ----- **26**
- Figura 2-** Esquema dos Sistemas Agroflorestais do cerrado adjacente na área de estudo ----- **27**
- Quadro 1-** Vegetação nativa e introduzida dos Sistemas Agroflorestais e Cerrados adjacentes ----- **28**

CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DA SERAPILHEIRA DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS DE AGRICULTORES FAMILIARES DO NORTE DE MINAS GERAIS

- Figura 1-** Esquema de determinação dos componentes estruturais da serapilheira ----- **54**

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP-	Área de Preservação Permanente
COPAM-	Conselho Estadual de Política Ambiental
CTC-	Capacidade de Troca de Cátions
FAO-	Fundação das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
INCRA-	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
SAF-	Sistema Agroflorestal

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - REFERENCIAL TEÓRICO	10
1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 Assentamentos de Reforma Agrária Agroextrativistas	12
2.2 Sistemas Agroflorestais.....	14
2.3 Indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas	17
CAPÍTULO 2 - PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E APORTE DE NUTRIENTES EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS	22
RESUMO	22
ABSTRACT	23
1 INTRODUÇÃO	24
2 MATERIAL E MÉTODOS	26
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4 CONCLUSÃO	47
CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DA SERAPILHEIRA DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS DE AGRICULTORES FAMILIARES DO NORTE DE MINAS GERAIS	48
RESUMO	48
ABSTRACT	49
1 INTRODUÇÃO	50
2 MATERIAL E MÉTODOS	53
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4 CONCLUSÃO	60
CAPÍTULO 4 - ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS	61
RESUMO	61
ABSTRACT	62
1 INTRODUÇÃO	63
2 MATERIAL E MÉTODOS	65
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	66

4 CONCLUSÃO 73

REFERÊNCIAS 74

CAPÍTULO 1 - REFERENCIAL TEÓRICO

1 INTRODUÇÃO

Dentre os sistemas alternativos de produção os Sistemas Agroflorestais (SAF's) possuem requisitos potenciais para a sustentabilidade por utilizarem as interações que ocorrem naturalmente em favor da produtividade agrícola, que busca a integração do ser humano com a natureza, resultando em um sistema de produção biodiverso, estratificado e produtivo, equivalente aos ecossistemas naturais.

Os SAF's atendem aos requisitos da Constituição Federal de 1988, no seu artigo 5º, no que diz respeito à função social das propriedades rurais. Esses sistemas produtivos são uma alternativa para a recuperação e uso de Áreas de Preservação Permanente (APP), conforme resolução Conama 429, de 28 de fevereiro de 2011, que dispõe sobre metodologias de recuperação de APP's. Também podem ser uma alternativa de uso das áreas de proteção permanente, conforme resolução Conama 369, de 28 de março de 2006, que dispõe sobre os casos excepcionais de utilidade pública, interesse social com baixo impacto, que possibilitam a intervenção, com supressão de vegetação em APP.

Entretanto, nem todas as combinações de árvores e cultivos agrícolas ou animais alcançam os objetivos da sustentabilidade e do incremento na produção e nem todos os Sistemas Agroflorestais podem ser descritos como sistemas naturais, embora sejam mais semelhantes a esses que os monocultivos, por darem ênfase à biodiversidade e à conservação de recursos naturais. Diante disso, evidencia-se a necessidade de avaliação da eficácia dos sistemas agroflorestais na conservação e na manutenção dos recursos naturais.

Na região norte do estado de Minas Gerais, encontra-se o Assentamento Agroextrativista Americana, no município de Grão Mogol - MG, assentamento que tem como bases políticas e de desenvolvimento a produção por meio de sistemas sustentáveis e a extração de recursos

naturais de forma sustentada. A escolha dos Sistemas Agroflorestais, como sistema de produção, foi em função das experiências dos assentados em cultivar utilizando as interações naturais já existentes. Esses sistemas foram implantados por meio da preservação da vegetação nativa e introdução de espécies produtivas de interesse. Porém o modelo adotado e as formas de manejos devem ser avaliados quanto ao nível de sustentabilidade, de modo que garantam a segurança alimentar e o incremento na renda das famílias assentadas, sem interferir no equilíbrio ecológico.

Portanto, objetivou-se, com esta pesquisa avaliar a composição da serapilheira e a fertilidade do solo de três Sistemas Agroflorestais localizados no Assentamento Agroextrativista Americana, no município de Grão de Mogol – MG.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Assentamentos de Reforma Agrária Agroextrativistas

A prática de manejo adotada pela agricultura é uma das responsáveis pela degradação e pelo esgotamento dos recursos naturais, pela concentração fundiária e de renda, pela exclusão e pela violência no meio rural (CARVALHO, 2006). Contudo há evidências de que esse modelo está em crise, o que provocou e ainda provoca consequências sociais, ambientais e culturais desastrosas. Duarte (1998) analisando essas consequências admite-se a urgência da discussão e da análise sobre esses processos para buscar alternativas locais e regionais que possibilitem o desenvolvimento sustentável.

A reforma agrária é considerada alternativa fundamental para a distribuição de riquezas em um país desigual como o Brasil. Além de seu potencial em gerar renda e ocupação no campo, ela aumenta a possibilidade de oferta de alimentos mais saudáveis, uma vez que a produção agrícola em pequena escala tende a demandar menos insumos químicos (CARVALHO, 2006). Sauer (1998) sustenta que um desenvolvimento baseado na reforma agrária e na agricultura familiar deve possibilitar atividades agrícolas mais adaptadas às características naturais dos ecossistemas e a utilização mais racional dos recursos naturais.

Assentamentos rurais são criações de novas unidades de produção agrícola, em benefício de trabalhadores rurais que recebem apoio creditício para uso adequado das terras e incentivos à organização social e à vida comunitária (BERGAMASCO; NORDER, 1996). Tendo em vista esse conceito, pode-se dizer que os assentamentos agroextrativistas são uma derivação desses, porém que inclui a preocupação ambiental, com a proposta de inclusão econômica no uso dos recursos naturais, na ótica do desenvolvimento rural sustentável (SOARES, 2005). Observa-se que o conceito de assentamento agroextrativista vai ao encontro das premissas agroecológicas propostas por Caporal e Costabeber (2002), quando apontam que a agroecologia vai além dos aspectos meramente tecnológicos e

agronômicos da produção, incorporando dimensões mais amplas e complexas, que incluem tanto variáveis econômicas, sociais e ecológicas quanto as culturais, políticas e éticas, ou seja, a ideia de sustentabilidade do sistema.

No estado de Minas Gerais, os assentamentos agroextrativistas foram incentivados pela Deliberação Normativa 44 do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM), de 25 de novembro de 2000, que tornou obrigatório o licenciamento ambiental para projetos de assentamentos rurais, provocando uma transformação na maneira de implementação e na instalação desses pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) (FERNANDES *et al.*, 2008).

Para a melhoria da qualidade de vida dos assentados, Spayorek (2003) julga que é necessário ter um planejamento de exploração ambientalmente correta nos assentamentos, além da priorização de créditos para o extrativismo e para os sistemas agroflorestais com plano de manejo, além de apoio às organizações em cooperativas pelos órgãos governamentais responsáveis pelo desenvolvimento dos assentamentos. Com o intuito de se inserirem nessa nova concepção de propostas de assentamentos rurais, as organizações não governamentais e governamentais, junto aos agricultores, tendem a propor modelos de assentamentos sob a égide agroecológica de desenvolvimento. Essa proposta de modelo de estruturação fundiária procura atender às necessidades ambientais, sociais e econômicas locais, por entender que o alicerce para o êxito dos assentamentos rurais reside na valorização da organização territorial adotada (SOARES, 2005). Para isso, conclui que é importante a escolha dos beneficiários das terras, em relação à região de instalação do assentamento. A participação de agricultores identificados com a região favorece as iniciativas ecológicas e socioculturais e garante a existência de setores protegidos (SOARES 2005). Em estudos realizados durante o planejamento de um assentamento agroextrativista, na região norte de Minas Gerais, Fernandes *et al.* (2008) concluíram que o conhecimento local em relação ao ambiente constituiu uma ferramenta fundamental para o parcelamento da área de assentamento. Soares (2005), em estudos no

Maranhão procurou propor alternativas sustentáveis do uso do Cerrado e concluiu que as propostas de assentamentos, quando realizadas feitas de forma participativa, proporcionam menor impacto ambiental, na medida em que potencializam as atividades sustentáveis e fortalecem a cultura e as tradições locais.

Leite *et al.* (2011) identificaram alguns motivos para o sucesso ou não de assentamentos rurais quanto à viabilidade social e à sustentabilidade ambiental. Segundo esses autores, a produção agrícola é sustentável e viável quando as famílias conseguem manter-se com a venda de seus produtos e quando as suas práticas agrícolas ajudam a conservar os recursos naturais, podendo utilizá-los ano após ano. Quando não conseguem manter a subsistência, é provável que abandonem as suas parcelas e procurem novas terras para as suas atividades agrícolas (LEITE *et al.*, 2011). Uma solução proposta é a diversificação dos sistemas produtivos, pois a heterogeneidade de espécies proporciona a manutenção da produção, colaborando para a segurança alimentar, além da segurança financeira de forma homogênea durante o ano (CARVALHO, 2006). Os assentamentos agroextrativistas seguem essa lógica de produção, que permite uma melhora na renda, associada à preservação ambiental e cultural, dando ênfase à diversificação dos sistemas de produção e à pluriatividade. E com uma articulação forte com o mercado, organizações e instituições, é possível fazer com que os assentamentos sejam vetores de um projeto amplo de melhoria das condições de vida dos agricultores e de conservação da biodiversidade e dos recursos naturais importantes (CARVALHO, 2006).

2.2 Sistemas Agroflorestais

Tão antigos quanto a própria agricultura, os Sistemas Agroflorestais podem ser definidos, segundo Macedo (2000), como sendo um conjunto de técnicas alternativas de utilização dos recursos naturais, nos quais espécies florestais são utilizadas em associação com cultivos agrícolas e/ ou animais, em uma mesma superfície. A prática de cultivo de árvores em conjunto com a produção agrícola na mesma unidade de terra foi predominante durante

séculos em diferentes partes do mundo, principalmente sob condições de agricultura de subsistência (NAIR, 2011).

Dinamismo e interação são aspectos intrínsecos para determinar um sistema. Um ecossistema, de acordo com Feiden (2005), é um sistema funcional, onde se dão as relações complementares entre os organismos vivos e o seu ambiente. As relações entre ambos formam a estrutura do sistema. Os processos dinâmicos de quem participa, constituem a função do sistema. Quando há modificação dos ecossistemas naturais pelo homem, para a produção de bens necessários à sua sobrevivência, formam-se os agroecossistemas (FEIDEN, 2005). Já Gliessman (2000) concebe agroecossistema como sendo uma unidade produtiva ou um local de produção agrícola compreendido em estrutura e funcionamento como um ecossistema natural. Segundo esse autor, esse conceito é capaz de proporcionar uma estrutura com a qual se pode estudar sistemas agrícolas como um todo, incluindo o seu fluxo de insumo, a produção e as complexas interconexões entre as partes que o compõem.

Os sistemas agroflorestais são agroecossistemas, o que significa que, na concepção de Gliessman (2000), possuem função de produção agrícola. Mais do que isso, os SAF's são sistemas desejáveis ecológica e socialmente aceitáveis (MACEDO, 2000). Mesmo por terem sido identificados como sistemas praticados há séculos por agricultores tradicionais, somente há pouco tempo os SAF's começaram a ser mais fortemente reconhecidos e incorporados pela ciência moderna e agendas de desenvolvimento em muitos países, pois os problemas de desmatamento, degradação do solo e declínio da biodiversidade tornaram-se sérias preocupações (NAIR, 2011).

Estudos e discussões em torno dos SAF's evidenciam o papel importante desse sistema, no que refere aos vários princípios da sustentabilidade. A característica mais importante parece ser a estabilidade ou sustentabilidade ecológica (MACEDO, 2000). Esse aspecto está relacionado à diversidade de espécies e à conectividade entre os elementos que o compõem e que proporciona mais estabilidade e resiliência ao sistema. Diante dos grandes impactos ambientais ocorridos em função das atividades humanas, Jose (2009) também destaca a importante contribuição dos

Sistemas Agroflorestais no que se refere à conservação e à sustentabilidade do ambiente, garantindo que os benefícios transcendam do nível local para o global.

A sustentabilidade ecológica dos SAF's, resultante da diversidade de espécies vegetais utilizadas, forma uma estratificação diferenciada do dossel de copas e do sistema radicular das plantas no solo (MACEDO, 2000). A capacidade das árvores de raízes profundas em absorver nutrientes que são lixiviados abaixo da zona de enraizamento das culturas agrônômicas para a reciclagem desses nutrientes, por meio da serapilheira, melhora a eficiência de uso de nutrientes no sistema como um todo (BURESH *et al.*, 2004). A Fundação das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) (1984) reconhece uma série de vantagens na utilização dos SAF's, que além da ciclagem de nutrientes e produção de serapilheira, reduz a evaporação da água do solo e aumenta o teor de matéria orgânica. Portanto, esse sistema enfatiza as funções ecológicas das plantas no sistema solo-planta para a manutenção e a melhoria da fertilidade do solo (RODRIGUES, 2011). Outro aspecto relevante da sustentabilidade ecológica dos Sistemas Agroflorestais é o potencial de reduzir os riscos de erosão e desertificação, bem como a reabilitação de tais terras degradadas, promovendo a conservação do solo e da água (NAIR, 2011). A Convenção sobre Diversidade Biológica, aprovada durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, no Rio de Janeiro em 1992, já dirigia as atenções para as abordagens ecossistêmicas da gestão de recursos incluindo a conservação e utilização sustentável do ambiente, reconhecendo a importante função dos Sistemas Agroflorestais e o papel das árvores em áreas de cultivo como uma contribuição para a conservação da diversidade biológica (MCNEELY; SCHROTH, 2005).

Os SAF's, quando implantados em um determinado local ou região, possuem uma importante função social e econômica, como a redução do êxodo rural, devido, principalmente, ao aumento da demanda de mão-de-obra, além de melhorar a distribuição ao longo do ano. Ainda é importante na melhoria das condições de vida promovida pela diversidade de produção (MACEDO, 2000). Para Assis (2005), os sistemas de produção de base

ecológica se adaptam mais facilmente à realidade da agricultura familiar, uma vez que essa possui estruturas de produção diversificada e com um nível de complexidade desejado, sem prejuízo das atividades de supervisão e de controle do processo de trabalho.

Assim, os Sistemas Agroflorestais, manejados, na grande maioria das vezes por pequenos agricultores, podem ser considerados como uma das alternativas de uso dos recursos naturais que equacionam os principais problemas da agricultura e de seus impactos negativos sobre o meio ambiente, assim como oferecem possibilidade para amenizar e, ou solucionar as dificuldades financeiras de grande parte dos agricultores brasileiros (TSUKAMOTO FILHO; MACEDO, 1999).

Entretanto há muitas críticas e dúvidas em relação às vantagens dos SAF's. Segundo Mac Dicken e Vergara (1990), nem todas as combinações de árvores e cultivos agrícolas ou animais alcançam objetivos da sustentabilidade, do incremento na produção e na renda das famílias. Caveness e Kurtz (1993) admitem que a adoção de alguns modelos desses sistemas gera desvantagens, no que se refere ao aumento de maior uso de mão-de-obra, ou insucesso na produção. Essas dúvidas são justificadas pela escassez de resultados que comprovem a eficiência desses sistemas em comparação aos sistemas tradicionais. Para Hren, Bartolomeu e Signer (1995) uma forma de sanar essas dúvidas é realizar o monitoramento com base em indicadores de sustentabilidade.

2.3 Indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas

A partir da década de 1980, o termo sustentabilidade começa a aparecer com frequência nos discursos políticos, na mídia, tornando-se um tema importante no debate social (DEPONTI, 2002). A partir da divulgação desse conceito, observa-se uma vulgarização do mesmo. A noção de sustentabilidade não é única, há uma grande variedade de significados, estando muito longe da unidade ou do consenso, mostrando que é um conceito em disputa. As múltiplas definições denotam os interesses daqueles que a definem, cada um considerando a sua melhor (MARZALL, 1999). Essa

multiplicidade de conceitos leva a distorções, sendo que pode ser sustentável para uma dada comunidade e pode não ser para outra (SILVA, 2004). Faety (1994) apresenta um conceito de forma simples e resumida, sendo “sustentabilidade a habilidade de um sistema em manter sua produtividade quando este se encontra sujeita a intenso esforço ou alterações”. Limon e Fernandez (2009) destacam que essa condição está relacionada ao caráter multidimensional inerente ao conceito de desenvolvimento sustentável, sendo que, para isso, precisa estar baseada na tripla perspectiva, ou seja, econômica, social e ambiental.

Para monitorar e promover uma medida adequada de sustentabilidade, Mendoza e Prabhu (2003) propõem que se deve lançar mão de um conjunto de indicadores de amplo alcance para abranger os valores do manejo do sistema produtivo, que incluem os fatores econômicos, ambientais e culturais. Os indicadores de sustentabilidade são parâmetros quantitativos ou qualitativos que podem ser verificados em relação a um critério e que descrevem uma característica objetiva, não-ambígua e verificável do sistema (FOREST STEWARDSHIP COUNCIL, 1996). Já para Abbot e Guijt (1999), indicadores são medidas quantitativas e qualitativas, que auxiliam na transmissão e na síntese de um conjunto de informações sobre complexos processos, eventos ou tendências de uma dada realidade. Permitem obter um diagnóstico sobre os ecossistemas e constituem um verdadeiro sistema de comunicação global ao aplicar a mesma linguagem, conceitos e paradigmas (FAO, 1995; PRABHU, 2000).

Os indicadores, quando monitorados, devem estabelecer relações de causa e efeito entre a produção e as propriedades ambientais, interferindo sobre os possíveis impactos que os modelos de produção causam aos ecossistemas (LEWIS, 1995). O objetivo desse monitoramento é visualizar as alterações na sustentabilidade dos agroecossistemas, levando em consideração os seus diferentes usos, sendo a produção de biomassa, a dinâmica de serapilheira e o aporte de nutrientes possíveis indicadores (GRADISKI, 2002). Porém as metodologias de avaliação da sustentabilidade por meio de indicadores apresentam problemas operacionais. Para Fraser *et al.* (2005), esses problemas são devido à falta de envolvimento da

comunidade na identificação dos indicadores para o monitoramento dos sistemas e progresso rumo ao desenvolvimento sustentável e as metas de gestão ambiental.

Portanto, um critério geral para a seleção dos indicadores é que esses devem ser capazes não apenas de sinalizar a existência de uma degradação no sistema, mas também de advertir sobre eventuais perturbações potenciais (FERRAZ, 2003). Devem também ser simples e práticos para serem usados por especialistas e não especialistas de forma similar, integrando o conhecimento local com dados ecológicos (REED; DOUGILL; BAKER, 2008). Para Altieri (1998), os indicadores devem estabelecer no mínimo quatro critérios, independentemente do método utilizado para avaliar essa sustentabilidade: manutenção da capacidade produtiva do agroecossistema; conservação dos recursos naturais e da biodiversidade; fortalecimento da organização social e, como consequência, diminuição da pobreza; fortalecimento das comunidades locais, preservando as suas tradições, o seu conhecimento e garantindo sua participação no processo de desenvolvimento.

Dentre os elementos dos sistemas de produção, a deposição de serapilheira, assim como o aporte de nutriente, via serapilheira são atributos importantes a serem avaliados para determinar os níveis de sustentabilidade.

A análise qualitativa e quantitativa do material orgânico da serapilheira, assim como a sua taxa de decomposição são muito importantes para a compreensão da dinâmica e funcionamento dos ecossistemas. São fatores fundamentais para a manutenção da fertilidade do solo e sustentação, principalmente de ecossistemas tropicais, pois constituem um importante processo de transferência de nutrientes da fitomassa ao solo (ANDRADE; TAVARES; COUTINHO, 2003). Isso tem impacto positivo no balanço de nutrientes, diminuindo os impactos que a colheita pode causar (KETTERINGS; VANNOORDWIJK; BIGHAM, 2002; MARTIUS *et al.*, 2004).

A quantidade de serapilheira e o seu conteúdo de nutrientes aportados ao solo refletem a sua capacidade produtiva e o seu potencial de recuperação ambiental, tendo em vista as modificações que irão ocorrer nas características químicas do solo (SCHUMACHER *et al.*, 2004). Já a

qualidade da serapilheira influencia a abundância, a composição e a atividade dos microrganismos e a fauna do solo, que participam da decomposição do material e determinam a taxa de decomposição e a dinâmica de nutrientes (POLYAKOVA; BILLOR, 2007). Porém a concentração e a quantidade de nutrientes aportados para o solo, via serapilheira dependem diretamente das características morfológicas das espécies, do tipo de solo e da proporção de folhas em relação aos demais componentes (KONIG *et al.*, 2002; VOHLAND; SCHOROTH, 1999). Em sistemas agroflorestais, a relação de quantidade de serapilheira, e conseqüentemente, de nutrientes aportados é proveniente, além da senescência natural, também do manejo e do arranjo das plantas, sobretudo da poda direcionada das árvores e de outras espécies, como arbustos (SILVEIRA *et al.*, 2007). À serapilheira atribui-se papel fundamental na manutenção da sustentabilidade, por disponibilizar, gradualmente, o retorno dos nutrientes para as plantas (POLYAKOVA; BILLOR, 2007). Essa camada de biomassa, além do aporte de nutrientes, protege o solo dos agentes erosivos e propicia, no caso de recuperação de áreas, condições para o reestabelecimento de suas propriedades físicas, químicas e biológicas (IKPE; OWOEYE; GICHURU, 2003; TILMAN *et al.*, 2002).

O solo exerce um papel fundamental em qualquer ecossistema. Os seus aspectos físicos, químicos e biológicos garantem a sua qualidade e promovem a sustentabilidade dos agroecossistemas (FAVERO, 2001). A qualidade do solo pode ser conceituada como a capacidade de funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para sustentar a produtividade de plantas e animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água e promover a saúde das plantas, dos animais e dos homens (DORAN; PARKIN, 1994). Assim, o monitoramento da qualidade do solo é necessário e pode ser realizado mediante avaliação dos seus atributos físicos, químicos e biológicos, que são importantes para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (SILVA; SILVA; FERREIRA, 2005). No monitoramento, os atributos usados como indicadores de mudanças devem ser sensíveis ao manejo numa escala de tempo que permita a verificação (DORAN; PARKIN, 1994).

Um indicador da qualidade do solo deve identificar um conjunto de propriedades, atendendo aos seguintes critérios: elucidar processos do ecossistema e se relacionar aos processos-modelos; integrar propriedades biológicas, físicas e químicas do solo e os respectivos processos; ser acessível a muitos usuários e aplicável a condições de campo; e ser sensível a variações de manejo e de clima ao longo do tempo (DORAN; PARKIN, 1994). Além disso, os indicadores devem ser práticos para uso tanto por cientistas quanto por agricultores e extensionistas (DORAN; PARKIN, 1994; GRANATSTEIN; BEZDICEK, 1992; SANDERS, 1992; SHERWOOD; UPHOFF, 2000).

Há vários modelos de avaliação da qualidade do solo. Santana e Bahia Filho (2002) afirmam que dois enfoques têm sido propostos para estabelecer critérios de referência: solo de área sob vegetação natural, por representar as condições ecológicas de estabilidade do ambiente; e parâmetros agronômicos que maximizem a produção e conservem o meio ambiente.

CAPÍTULO 2 - PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E APORTE DE NUTRIENTES EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS

RESUMO

Objetivou-se quantificar a deposição de serapilheira e o aporte potencial de nutrientes para o solo ao longo das quatro estações do ano em três Sistemas Agroflorestais do norte de Minas Gerais, em comparação com a vegetação de cerrado nativo adjacente. Foram considerados dois grupos, em função da classe de solo, sendo um em Latossolo (SAF 1, SAF 2 e Cerrado1) e outro em Gleissolo (SAF 3 e Cerrado 2). Para a avaliação da serapilheira, foram instalados 20 coletores de 1m² em cada sistema. O material interceptado foi coletado ao final das estações do ano para estimar a produção de serapilheira depositada e os teores de macro e de micronutrientes. Exceto para o Cerrado 1, o acúmulo de serapilheira foi maior no período seco do ano. Os SAF's 1 e 2 apresentaram maior aporte de serapilheira em comparação ao Cerrado 1, no grupo Latossolo, enquanto que, no grupo Gleissolo foi o Cerrado 2 que aportou mais serapilheira. O nitrogênio foi o nutriente com maior concentração na serapilheira, seguido pelo cálcio, pelo potássio, pelo magnésio, fósforo e enxofre, sendo que os últimos dois não apresentaram diferenças entre eles. Para os micronutrientes boro e zinco, verificou-se, no grupo do Latossolo, que os teores de boro foram significativamente maiores que os de zinco, enquanto, no grupo do Gleissolo, foram semelhantes. Os SAF's 1 e 2 aportaram maior quantidade de nutrientes, via serapilheira, em relação ao Cerrado 1. Enquanto que, para o Cerrado 2 e o SAF 3, as quantidades foram semelhantes, exceto para o cálcio, onde o Cerrado 2 apresentou maior aporte. O manejo dos sistemas agroflorestais influencia o aporte de serapilheira e de nutrientes. As quantidades de nutrientes depositadas pela serapilheira são suficientes para suprir as necessidades nutricionais da maioria das culturas presentes nos sistemas agroflorestais estudados.

Palavras - chave: Ciclagem de nutrientes. Agroecossistemas. Integração lavoura/floresta.

CHAPTER 2 - LEAF LITTER PRODUCTION AND NUTRIENT CONTRIBUTION IN AGROFORESTRY SYSTEMS

ABSTRACT

It was aimed to quantify the leaf litter deposition and potential contribution of nutrients to the soil during the four seasons in three Agroforestry System of North of Minas Gerais, in comparison with the vegetation of adjacent native cerrado. It was considered two groups depending on the soil class, being one in Latosol (SA 1, 2 and Cerrado1) and the other in Gleysol (SA 3 and Cerrado 2). For the evaluation of leaf litter were installed 20 collectors of 1m² in each system. The intercepted material was collected at the end of the year seasons to estimate the production of deposited leaf litter and the contents of macro and micronutrients. Except for the Cerrado 1, the accumulation of leaf litter was higher in the dry season of the year. The SA 1 and 2 presented higher contribution of leaf litter compared to Cerrado 1 in the Latosol group, while that in the Gleysol group was the Cerrado 2 that contributed more leaf litter. Nitrogen was the nutrient with the highest concentration in the leaf litter followed by calcium, potassium, magnesium, phosphorus and sulfur, being that the last two did not present difference between them. For the micronutrients, boron and zinc, it was verified in the group of the Latosol that boron contents were significantly higher than those of zinc, while in group of the Gleysol were similar. The SA 1 and 2 contributed higher amount of nutrients, via leaf litter compared to Cerrado 1. While for the Cerrado 2 and SA 3 the amounts were similar, except for calcium where the Cerrado 2 presented higher contribution. The management of agroforestry systems influences the contribution of leaf litter and nutrient. The amounts of nutrients deposited by leaf litter are sufficient to supply the nutritional needs of most cultures present in the agroforestry systems studied.

Keywords: Nutrient cycling. Agroecosystems. Forest crop integration.

1 INTRODUÇÃO

Dentre os sistemas produtivos, os Sistemas Agroflorestais (SAF's) possuem requisitos potenciais para a sustentabilidade, por utilizarem interações que ocorrem naturalmente em favor da produtividade agrícola. Nesses sistemas, busca-se maior equilíbrio do ecossistema manejado a partir do aumento da diversidade de espécies cultivadas. As culturas tradicionais são consorciadas com espécies arbóreas, havendo um melhor aproveitamento dos componentes do agroecossistema, no tempo e no espaço (NAIR, 2011).

A prática de se cultivar árvores e culturas sobre a mesma unidade de terra é talvez tão antiga quanto a própria agricultura, porém foi negligenciada por um longo período, em função dos cultivos em monocultura. Entretanto, nas últimas décadas, as vantagens dos SAF's são evidenciadas, em decorrência dos problemas, como desmatamento, degradação do solo, declínio da biodiversidade e aquecimento global (NAIR, 2011).

Acredita-se que os SAF's, por sua constituição, ou seja, por possuírem sistemas radiculares diversos que propiciam um contínuo aporte de matéria orgânica, condicionam, favoravelmente, o meio físico do solo (FAO, 1995), além da utilização de espécies fixadoras de nitrogênio em consórcio com as não fixadoras proporcionar melhorias nas condições físicas, químicas e biológicas do solo, pelo acúmulo de quantidades significativas de matéria orgânica que, após a mineralização, libera os nutrientes (SCHROTH; SINCLAIR, 2003).

Nas últimas décadas, o aumento dos investimentos em pesquisas sobre os benefícios dos Sistemas Agroflorestais tem rendido ganhos significativos para a compreensão do papel das árvores em área de plantio (NAIR, 2011). Apesar disso, as evidências, na literatura, que fortaleçam essas vantagens são insuficientes (JOSE, 2009).

A avaliação e o monitoramento de indicadores de sustentabilidade, como a deposição de serapilheira e o aporte potencial de nutrientes, são uma metodologia muito utilizada para o monitoramento da sustentabilidade de sistemas agrícolas.

A serapilheira é uma camada de fragmentos orgânicos que caem sobre o solo, pó meio através da senescência e, ou poda de componentes da parte aérea das plantas. Essa camada protege o solo dos agentes erosivos, é fonte de energia e nutrientes para o desenvolvimento da flora, fauna e microbiota que atuam na decomposição da matéria orgânica; os produtos resultantes dessa transformação promovem a melhora e, ou a manutenção das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e, conseqüentemente, da produção vegetal (ANDRADE; TAVARES; COUTINHO, 2003; ALTIERI, 2002).

A decomposição da serapilheira é um dos principais mecanismos responsáveis pela ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais e agroflorestais (ANDRADE; TAVARES; COUTINHO, 2003). A fitomassa formada nos sistemas agroflorestais é oriunda da senescência de partes das plantas, devido às mudanças metabólicas associadas à fisiologia e às características genéticas das espécies dos estímulos de origem ambiental, pela fase de desenvolvimento das espécies, e pela densidade de plantas que compõe o sistema (ANDRADE; CABALLERO; FARIA, 1999; GONZALES; GALLARDO, 1982), assim como pela poda direcionada das árvores e outras espécies adubadeiras (GOTSCH, 1995).

A formação da camada de serapilheira e o aporte potencial de nutrientes para o solo dependem da quantidade de resíduos orgânicos despejados da parte aérea das plantas e da taxa de decomposição desses resíduos. Nesse sentido, é importante conhecer qual a quantidade produzida de material formador de serapilheira, o seu teor em nutrientes e compostos orgânicos em sistemas agroflorestais sob as variadas condições pedoambientais existentes (ANDRADE; TAVARES; COUTINHO, 2003).

Diante do exposto, objetivou-se determinar as quantidades de serapilheira e de nutrientes depositados no solo ao longo das quatro estações do ano, em três Sistemas Agroflorestais no Assentamento Agroextrativista Americana, norte de Minas Gerais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Assentamento Agroextrativista Americana, localizado no município de Grão Mogol, norte do estado de Minas Gerais, nas coordenadas geográficas $16^{\circ} 17' 55''$ S de latitude e $43^{\circ} 17' 41''$ W de longitude, Bioma Cerrado. O assentamento abriga 75 famílias em uma área de aproximadamente 18 mil hectares. A maioria dos assentados são originários da própria região e se autodenominam Geraizeiros. A FIG. 1 ilustra é apresentado a área de estudo e a sua localização geográfica.

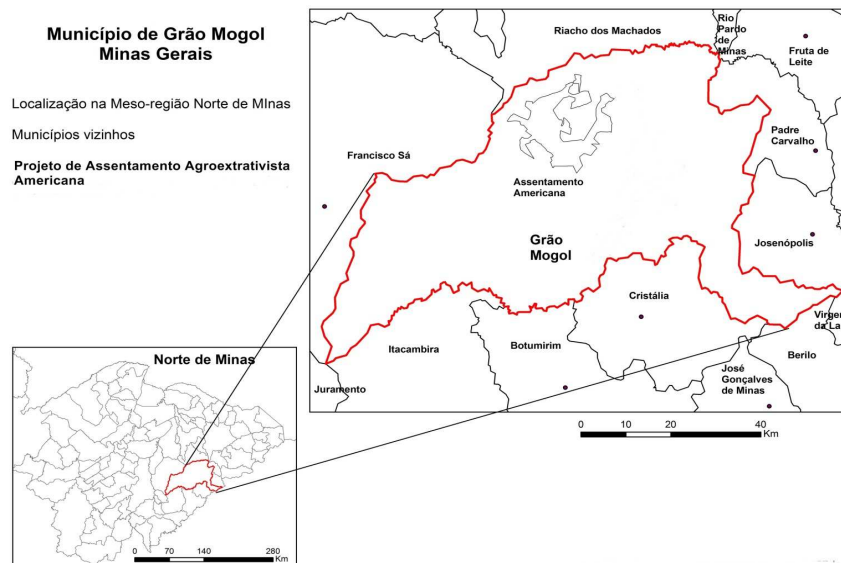


FIGURA 1 - Localização e detalhes do perímetro e rede hidrográfica do Projeto de Assentamento Americana e a sua localização no estado de Minas Gerais

Fonte: CARVALHO *et al.*, 2008.

No local de estudo, foram selecionados três Sistemas Agroflorestais distintos (FIG. 2). Para a pesquisa, consideraram-se dois grupos de SAF's, em função da classe de solo. Dois dos Sistemas Agroflorestais (SAF 1 e SAF 2) estudados foram implantados em 2003, em uma área de Cerrado Stricto Sensu denso, localizado na meia encosta, relevo suave ondulado, em um Latossolo Vermelho Amarelo. Ambos os SAF's ocupam uma área aproximada de um hectare.

Na implantação desses sistemas, foram preservadas as espécies vegetais nativas estratégicas, como melíferas, madeireiras, frutíferas e medicinais. Em seguida, as espécies arbóreas preservadas foram desbastadas e, ou desramadas, para possibilitar a entrada de luz e a introdução de espécies de interesse. O critério de seleção das espécies introduzidas foi em função da fertilidade natural do solo, da tolerância ao estresse hídrico e da aceitação no mercado local. A principal espécie

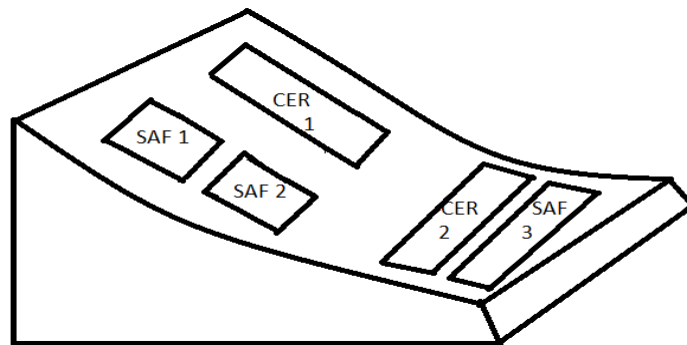


FIGURA 2 - Esquema dos Sistemas Agroflorestais e da área de vegetação nativa adjacentes na área de estudo
Fonte: Da autora.

introduzida é o abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill). Para fins de comparação, foi avaliada uma área de vegetação nativa adjacente (testemunha), denominada Cerrado 1. No QUADRO 1 são listadas as espécies arbóreas e arbustivas nativas e as espécies introduzidas dos SAF's 1 e 2 e do Cerrado adjacente.

QUADRO 1
Vegetação nativa e introduzida dos Sistemas Agroflorestais e os seus respectivos Cerrados adjacentes

(Continua)

Sistema agroflorestal 1			
Espécies nativas		Espécies introduzidas	
Nome científico	Nome popular	Nome popular	Nome científico
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	Açoita cavalo	Abacaxi	<i>Ananas comosus</i> L. Merrill
<i>Angelica Sylvestris.</i>	Angélica	Abóbora	<i>Curcubita pepo</i> L.
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemao	Arueira	Acerola	<i>Malpighia emarginata</i>
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	Arueirinha	Algodão	<i>Gossypium hirsutum</i> L.
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	Cabreúna	Amora	<i>Morus</i> sp
<i>Eugenia dysenterica</i> Mart. ex DC.	Cacaita	Andu	<i>Cajanus cajan</i>
<i>Anacardium occidentale</i>	Caju	Atemoia	<i>Annona atemoya</i>
<i>Tabebuia aurea</i> (Silvia Manso) Benth. & Hook. F. ex S. Moore	Caraíba	Banana	<i>Musa</i> spp.
<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler	Castanheta	Batata	<i>Solanum tuberosum</i>
<i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc.	Coco babão	Café	<i>Coffea arabica</i> L.
<i>Attalea Humilis</i>	Coco catulé	Cana Siriguela	<i>Saccharum officinarum</i>
<i>Butia capitata</i>	Coquinho azedo	Goiaba	<i>Spondias purpúrea</i> <i>Psidium guajava</i>
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott & Spreng.	Gonçalo Alves	Laranja	<i>Citrus aurantium</i>
<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. & Zucc.) A. Robyns	Imbiruçu lanzuda	Lima	<i>Citrus bergamia</i>
<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl	Imbiruçu paulista	Mamão	<i>Carica papaya</i>
<i>Amburana cearensis</i> (Allem.) A.C.Smith	Imburana de cheiro	Manga abacaxi	<i>Mangifera indica</i> L.
<i>Tabebuia ochraceae</i> (Cham.) Standl	Ipê amarelo	Manga espada	<i>Mangifera indica</i> L.
<i>Tabebuia rosea-alba</i> (Ridl.) sandwith	Ipê branco	Manga manteiga	<i>Mangifera indica</i> L.

(Continua)

Sistema agroflorestal 1			
Espécies nativas		Espécies introduzidas	
Nome científico	Nome popular	Nome popular	Nome científico
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	Jacarandá	Manga ubá	<i>Mangifera indica</i> L.
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. Ex. Hayne	Jatobá	Manga umbu	<i>Mangifera indica</i> L.
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.	Mamuda		
<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	Mangaba	Maxixe	<i>Cucumis anguria</i> L.
<i>Passiflora cincinnata</i> Mast.	Maracujá nativo	Maracujá	<i>Passiflora</i> spp.
<i>Tocoyena brasiliensis</i> Mart.	Marmelada	Pinhão manso	<i>Jatropha curcas</i> L.
<i>Bauhinia longifolia</i> (bong.) steud	Miroró	Pitanga	<i>Eugenia pitanga</i>
<i>Lafoensia pacari</i>	Pacari	Romã	<i>Punica granatum</i>
<i>Opuntia cochenillifera</i>	Palma	Soja	<i>Glycine max</i>
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	Paná	Umbu	<i>Spondias tuberosa</i> Arruda Câmara
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav) Oken	Pau da velha	Urucum	<i>Bixa orellana</i> L.
<i>Escleorobium aureum</i> (tul.) ibenth.	Pau fede		
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Pau ferro		
<i>Bulnesia sarmientoi</i> Lorentz & Griseb.	Pau santo		
<i>Neea theifera</i> Oerst.	Pau sapo		
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Pau terrão		
<i>Qualea dichotoma</i> (Mart.) Warm	Pau terrinha		
<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.	Pequi		
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	Pereira branco		
<i>Salacia</i> sp.	Rufão		

(Continua)

Sistema agroflorestal 1			
Espécies nativas		Espécies introduzidas	
Nome científico	Nome popular	Nome popular	Nome científico
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	Salva vida		
<i>Pterodon emarginatus</i>	Sucupira		
<i>Magonia pubescens</i> A. St. – Hil	Tingui		
<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakole	Umha danta		
<i>Schefflera macrocarpon</i> (Serm.) D. C. Froolik.	Violeiro		
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	Açoita cavalo	Abacaxi roxo	<i>Ananas comosus</i> L. Merril
	Alumã	Acerola	<i>Malpighia emarginata</i>
<i>Angelica Sylvestris</i>	Angélica	Algodão	<i>Gossypium hirsutum</i> L.
<i>Psidium firmum</i> O Berg.	Araçá	Ameixa	<i>Prunus salicina</i> Lindl.
<i>Psidium cattleianum</i>	Araçá vermelho	Amêndoa	<i>Prunus amygdalu</i>
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	Arueirinha	Amora	<i>Morus</i> SP
<i>Dombeya Wallichii</i>	Astropéia	Andu	<i>Cajanus cajan</i>
<i>Chorisia glaziovii</i>	Barriguda	Banana	<i>Musa</i> spp.
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	Cabreúna	Boldo	<i>Plectranthus barbatus</i>
<i>Eugenia dysenterica</i> Mart. ex DC.	Cagaita	Café	<i>Coffea arabica</i> L.
<i>Anacardium occidentale</i>	Caju	Capim camerom	<i>Pennisetum purpureum</i> Schumac h.
<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler	Capitão	Capim roxo	<i>Panicum</i> Parvifo
<i>Tabebuia aurea</i> (Silvia Manso) Benth. & Hook. F. ex S. Moore	Caraíba	Cereja	<i>Prunus avium</i> L.
<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler	Castanheta	Ciriguela	<i>Spondias purpurea</i>
<i>Vitex montevidensis</i> Cham.	Coça língua	Côco licuri	<i>Syagrus Coronata</i> (matus) Beccari

(Continua)

Sistema agroflorestal 1					
Espécies nativas			Espécies introduzidas		
Nome científico	Nome popular	Nome popular	Nome científico		
<i>Attalea Humilis</i>	Cocô catulé	Leucena	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) R. de Wit.		
<i>Maytenus ilicifolia</i> Reiss	Espinheira santa	Mamão	<i>Carica papaya</i>		
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott & Spreng.	Gonçalo alves	Mamona danta			
<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl	Imbiruçu paulista	Mandioca 7 anos	<i>Manihot Crantz</i>	<i>esculenta</i>	
<i>Amburana cearensis</i> (Allem.) A.C.Smith	Imburana de cheiro	Mandioca afonso	<i>Manihot Crantz</i>	<i>esculenta</i>	
<i>Ingá laurina</i> (sw.) willd	Ingá	Mandioca fome zero	<i>Manihot Crantz</i>	<i>esculenta</i>	
<i>Handroanthus ochracea</i> (Cham.) Standl.	Ipê amarelo	Mandioca landim de ouro	<i>Manihot Crantz</i>	<i>esculenta</i>	
<i>Tabebuia rosea-alba</i> (Ridl.) sandwith	Ipê branco				
<i>Machaerium opacum</i> Vogel	Jacarandá	Mandioca mata fome	<i>Manihot Crantz</i>	<i>esculenta</i>	
<i>Hymenaea courbaril</i> (Hayne) Y.T. Lee & Langenh.	Jatobá	Mandioca pão	<i>Manihot Crantz</i>	<i>esculenta</i>	
<i>Genipa americana</i> L.	Jenipapo	Mandioca pratinha	<i>Manihot Crantz</i>	<i>esculenta</i>	
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> engl.	Mamuda	Mandioca priquitinha	<i>Manihot rantz</i>	<i>esculenta</i>	
<i>Passiflora cincinnata</i> Mast.	Maracujá nativo	Manga abacaxí	<i>Mangifera indica</i> L.		
<i>Tocoyena brasiliensis</i> Mart.	Marmelada	Manga comum	<i>Mangifera indica</i> L.		
<i>Bauhinia longifolia</i> (bong.) steud	Miroró	Manga espada	<i>Mangifera indica</i> L.		
<i>Opuntia Cochenillifera</i>	Palma	Manga manteiga	<i>Mangifera indica</i> L.		
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	Panã	Manga palma	<i>Mangifera indica</i> L.		
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Pão terrão	Manga roxa	<i>Mangifera indica</i> L.		
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & nPav) Oken	Pau da velha	Mucuna anã	<i>Mucuna deeringiana</i>		
<i>Esclerolobium aureum</i> (tul.) ibenth.	Pau fede	Manga ubá	<i>Mangifera indica</i> L.		

(Continua)

Sistema agroflorestal 1			
Espécies nativas		Espécies introduzidas	
Nome científico	Nome popular	Nome popular	Nome científico
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Pau ferro	Manga umbú	<i>Mangifera indica</i> L.
<i>Neea theifera</i> Oerst.	Pau sapo	Maracujá doce Mucuna preta	<i>Passiflora alata</i> Curtis <i>Mucuna aterrina</i>
<i>Qualea dichotoma</i> (Mart.) Warm	Pau terrinha	Pimenta	<i>Capsicum</i> sp
<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.	Pequi	Pinhão manso	<i>Jatropha curcas</i> L.
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	Pereira branco	Umbú	<i>Spondias tuberosa</i> Arruda Câmara
<i>Strychnus pseudo-quina</i> St. GH	Quina de papagaio	Urucum	<i>Bixa orellana</i>
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	Salva vida	Limão	<i>Citrus limon</i> (L.) Burm, f.
<i>Pterodon emarginatus</i>	Sucupira		
<i>Enterolobium contorsiliquum</i> (Vell.) Morong	Tamboril da chapada		
<i>Magonia pubescens</i> A. St. Hil. – Hil	Tingui		
<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakole	Unha danta		
<i>Schefflera macrocarpon</i> (Serm.) D. C. Froolik.	Violeiro		
<i>Sterculia striata</i> A. St. Hil. & Naudin	Xixá		
Cerrado 1			
Espécies nativas			
Nome científico	Nome popular		
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	Açoita cavalo		
<i>Angelica Sylvestris</i>	Angélica		
<i>Psidium firmum</i> O Berg.	Araça		
<i>Psidium cattleianum</i>	Araçá vermelho		
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	Aroeirinha		
<i>Vernonia polysphaera</i>	Assa peixe branco		
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	Cabreúna		

(Continua)

Cerrado 1	
Espécies nativas	
Nome científico	Nome popular
<i>Eugenia dysenterica</i> Mart. ex DC.	Cagaita
<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler	Capitão
<i>Tabebuia aurea</i> (Silvia Manso) Benth. & Hook. F. ex S. Moore	Caraíba
<i>Vitex montevidensis</i> Cham.	Coça língua
<i>Attalea Humilis</i>	Côco catulé
<i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc	Coco babão
<i>Maytenus ilicifolia</i> Reiss	Espinheira santa
<i>Astroniun fraxinifolium</i> Schott & Spreng.	Gonçalo Alves
<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. & Zucc.) A. Robyns	Imbiruçu lanzuda
<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl	Imbiruçu paulista
<i>Ingá laurina</i> (sw.) Willd	Ingá
<i>Handroanthus ochracea</i> (Cham.) Standl.	Ipê amarelo
<i>Tabebuia rosea-alba</i> (Ridl.) Sandwith	Ipê branco
<i>Machaerium opacum</i> Vogel	Jacarandá
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.	Mamuda
<i>Passiflora cincinnata</i> Mast.	Maracujá nativo
<i>Tocoyena brasiliensis</i> Mart.	Marmelada
<i>Bauhinia longifolia</i> (Bong.) Steud	Miroró
<i>Bysonima basiloba</i> A. Juss	Murici de jacu
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	Paná
<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax	Pau de leite
<i>Neea theifera</i> Oerst.	Pau sapo
<i>Qualea jundiahy</i> Warm	Pau terra
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	Pereira branco
<i>Strychnus pseudo-quina</i> St. GH	Quina de papagaio
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	Salva vida
<i>Pterodon emarginatus</i>	Sucupira

(Continua)

Cerrado 1			
Espécies nativas			
Nome científico		Nome popular	
<i>Magonia pubescens</i> A. St. - Hil		Tingui	
<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakole		Unha danta	
<i>Schefflera macrocarpon</i> (Serm.) D. C. Froolik.		Violeiro	
Sistema agroflorestal 3			
Espécies nativas		Espécies introduzidas	
Nome científico	Nome popular	Nome científico	Nome popular
<i>Psidium firmum</i> O Berg.	Araçá	<i>Saccharum officinarum</i>	Cana 120
<i>Cecropia hololeuca</i> Miq.	Embaúba	<i>Phaseolus lunatus</i>	Fava vermelha
<i>Psidium guajava</i>	Goiaba	<i>Saccharum officinarum</i>	Cana 190
<i>Tabebuia rosea-alba</i> (Ridl.) sandwith	Ipê branco	<i>Saccharum officinarum</i>	Cana caiana
<i>Passiflora cincinnata</i> Mast.	Maracujá nativo	<i>Saccharum officinarum</i>	Cana sem espinho
<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G. Nicholson	Pau d'arco	<i>Ichnanthus Candicans</i>	Capim guatemala
<i>Tapirira obtusa</i>	Pau pombo	<i>Phaseolus lunatus</i>	Fava manteiga
		<i>Poa Nemoralis</i>	Capim sempre verde
		<i>Phaseolus vulgaris</i> L	Feijão carioca
		<i>Phaseolus vulgaris</i> L	Feijão caxim
		<i>Phaseolus vulgaris</i> L	Feijão de corda
		<i>Phaseolus vulgaris</i> L	Feijão rosinha
		<i>Phaseolus vulgaris</i> L	Feijão roxinho
		<i>Sesamum Indicum</i>	Gergelim
Sistema agroflorestal 3			
Espécies nativas		Espécies introduzidas	
Nome científico	Nome popular	Nome científico	Nome popular
		<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Mandioca vara canoa
		<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Mandioca manteiga
		<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Mandioca abobrinha
		<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Mandioca muquem
		<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Mandioca cacau branca
		<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Mandioca pratinha

(Conclusão)

Sistema agroflorestal 3			
Espécies nativas		Espécies introduzidas	
Nome científico	Nome popular	Nome científico	Nome popular
		<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Mandioca sem nome
		<i>Carica papaya</i>	Mamona
		<i>Zea mays</i>	Milho três meses
		<i>Glycine max (L.) Merr.</i>	Soja
Cerrado 2			
Espécies nativas			
Nome científico	Nome popular		
<i>Psidium firmum</i> O Berg.	Araçá		
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	Arueirinha		
<i>Lessingianthus glabratus</i> (Less.) H. Rob.	Assa peixe		
<i>Tabebuia rosea-alba</i> (Ridl.) sandwith	Ipê branco		
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.	Mamuda		
<i>Tocoyena brasiliensis</i> Mart.	Marmelada		
<i>Bauhinia longifolia</i> (bong.) steud	Miroró		
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunch.	Murici		
<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G. Nicholson	Pau d'arco		
<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax	Pau leite		
<i>Tapirira obtusa</i>	Pau pombo		
<i>Neea theifera</i> Oerst.	Pau sapo		

Fonte: Da autora.

O SAF 3 foi implantado também em 2003, em uma área de Mata de Galeria, na mesma encosta dos SAF's 1 e 2, numa antiga várzea, relevo plano, em um Gleissolo, com área aproximada de um hectare. No início da década de 1980, essa área foi drenada e a sua vegetação nativa, suprimida para cultivo. Durante os anos em de cultivo, não houve usos de insumos químicos. Essa atividade ocorreu até o início da década de 1990, quando a área foi abandonada. Em 2003, quando foi introduzido o SAF 3, as espécies nativas predominantes eram o araçazeiro (*Psidium firmum* O Berg.) e a goiabeira (*Psidium guajava*), que foram mantidas em função do interesse

comercial de seus frutos. Tanto o araçazeiro quanto a goiabeira são espécies secundárias, que têm grande capacidade de regeneração na área de estudo.

Nesse sistema, a escolha das espécies introduzidas foi em função da tolerância à luminosidade e do tipo de solo. O manejo das espécies arbóreas é realizado por meio de desramas, para aumentar a disponibilidade de luz no sistema e adicionar matéria orgânica ao solo. Uma área de vegetação nativa adjacente denominada Cerrado 2 foi avaliada para fins de comparação. Na TAB. 1, são listadas as espécies do SAF 3 e do Cerrado 2.

Os SAF's e suas respectivas áreas de vegetação nativa adjacentes foram avaliadas ao final de cada estação do ano: outono (junho de 2011), inverno (setembro de 2011), primavera (dezembro de 2011) e verão (março de 2012).

Para a avaliação da deposição da serapilheira, foram instalados, em cada SAF's e nas respectivas áreas de vegetação nativa adjacentes, 20 coletores (redes de nylon de 2 mm de malha) de 1 m², dispostos aleatoriamente, garantindo distância mínima entre eles de 3 m. O material interceptado em cada coletor foi recolhido semanalmente e, ao final das estações, foi pesado e retirada uma amostra por receptor. As amostras foram secas a 65 °C para a determinação da matéria seca e dos teores de macro e de micronutrientes, conforme Malavolta *et al.* (1989).

Para cada variável, foi calculada a média e o intervalo de confiança estimado pelo teste de T a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na TAB. 1 são apresentadas as quantidades acumuladas de serapilheira durante as quatro estações do ano nos Sistemas Agroflorestais (SAF's) e na vegetação nativa adjacente, nas áreas de Latossolo e de Gleissolo. Na área do Latossolo, o período correspondente à estação de primavera apresentou maior acúmulo de serapilheira, nos SAF1 e SAF 2 e no verão, no Cerrado 1. Já na área do Gleissolo, o SAF 3 apresentou pico de produção nas estações primavera e outono, e o Cerrado 2, no inverno. Exceto para o Cerrado 1, todas as áreas avaliadas apresentaram maior acúmulo em períodos secos, provavelmente devido às características fisiológicas das espécies vegetais presentes e ao déficit hídrico, uma vez que a queda de folhas reduz a perda de água por transpiração (LIMA *et al.*, 2010). Resultado semelhante foi encontrado por Arato, Martins e Ferrari (2003), os quais observaram maior quantidade de serapilheira no final da estação seca, em um sistema agroflorestal no município de Viçosa-MG, o que atribuíram à ausência de chuvas nesse período, que resultou na resposta da vegetação ao estresse hídrico, em termos de máxima deposição de serapilheira.

TABELA 1

Produção de serapilheira dos Sistemas Agroflorestais e do Cerrado adjacente na área de Latossolo e Gleissolo

Latossolo					
Sist.	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Total
	kg/ha				Mg/há-
SAF 1	4017,9 ± 1123,2	4354,6 ± 1187,4	6402,1 ± 1234,5	3417,3 ± 987,5	18,2
SAF 2	2822,0 ± 678,4	7515,4 ± 1231,2	9006,3 ± 3007,5	5560,7 ± 1523,7	25,0
CER 1	1871,8 ± 532,5	4178,9 ± 1203,4	4238,3 ± 1127,8	5514,2 ± 1098,4	15,8
Gleissolo					
SAF 3	4392,7 ± 1213,6	3347,4 ± 1198,6	4394,1 ± 1426,2	2902,5 ± 765,4	15,0
CER 2	4959,4 ± 245,2	5533,3 ± 236,3	3283,0 ± 726,3	5493,5 ± 456,8	19,2

Nota: Intervalo de confiança da média a 5% de probabilidade pelo teste T

Fonte: Da autora.

Em relação à área de Cerrado adjacente, os SAF 1 e SAF 2 apresentaram maior acúmulo de serapilheira em todas as estações avaliadas, exceto no verão. Esse resultado é explicado pelo manejo dos sistemas pelos agricultores. Nesses sistemas, é realizada a desrama das

espécies arbóreas, principalmente no período compreendido entre os meses de agosto a outubro, para que o material depositado seja decomposto no período chuvoso subsequente, de modo que a maioria dos nutrientes imobilizados na fitomassa seja disponibilizada para as culturas no período chuvoso (LIMA *et al.*, 2010). Além disso, o aporte de serapilheira também é influenciado pelo adensamento de plantas, o que ocorre nesses sistemas, ou seja, são sistemas que apresentam uma grande quantidade de espécies arbóreas nativas (TAB. 1).

Por outro lado, na área de Gleissolo, houve um maior acúmulo de serapilheira no Cerrado adjacente em relação ao SAF 3, em todas as estações avaliadas, exceto na primavera. Esse resultado é explicado, em parte, pela supressão da maioria das espécies arbóreas no início da década de 1980 para o cultivo do arroz. Nesse sistema, a espécie arbórea que ocorre em maior quantidade é o araçá (*Psidium firmum* O Berg.), que é manejado por desramas no período da primavera (meses de setembro a outubro), explicando, assim, a superioridade do acúmulo de serapilheira nessa estação.

Os resultados referentes aos teores médios de nutrientes são apresentados nas TAB. 2 e 3. De modo geral, tanto no grupo do Latossolo quanto do Gleissolo, não houve diferenças estatísticas entre os sistemas e as estações do ano.

TABELA 2
Nutrientes na serapilheira dos Sistemas Agroflorestais e do Cerrado adjacente na área de Latossolo

Sist.	Latossolo			
	Outono	Inverno	Primavera	Verão
-----g/kg-----				
Nitrogênio				
SAF 1	15,3 ± 2,8	7,2 ± 2,3	7,6 ± 2,1	7,9 ± 1,7
SAF 2	12,6 ± 2,6	6,6 ± 2,8	7,4 ± 3,4	7,8 ± 2,6
CER 1	12,0 ± 3,1	7,2 ± 2,6	7,4 ± 2,4	9,3 ± 1,7
Fósforo				
SAF 1	0,9 ± 0,10	0,5 ± 0,20	0,7 ± 0,14	0,6 ± 0,21
SAF 2	0,5 ± 0,06	0,5 ± 0,10	0,6 ± 0,13	0,6 ± 0,11
CER 1	0,7 ± 0,76	0,5 ± 0,16	0,7 ± 0,15	0,6 ± 0,12
Potássio				
SAF 1	7,4 ± 1,5	4,1 ± 1,3	8,5 ± 1,4	3,8 ± 0,1
SAF 2	3,6 ± 0,98	3,9 ± 0,45	5,6 ± 1,04	3,6 ± 1,3
CER 1	4,4 ± 1,8	1,1 ± 0,57	7,87 ± 2,6	6,0 ± 1,4
Cálcio				
SAF 1	12,8 ± 2,3	10,3 ± 2,2	11,3 ± 1,4	11,9 ± 2,3
SAF 2	12,9 ± 2,7	10,1 ± 2,6	12,9 ± 2,7	11,9 ± 2,3
CER 1	15,3 ± 5,3	17,5 ± 4,6	16,3 ± 5,7	19,1 ± 3,6
Magnésio				
SAF 1	3,3 ± 0,9	2,2 ± 0,5	2,8 ± 1,3	3,5 ± 0,78
SAF 2	2,3 ± 1,1	2,3 ± 0,94	3,1 ± 1,4	3,4 ± 0,94
CER 1	3,4 ± 1,3	3,0 ± 1,2	3,6 ± 1,2	4,2 ± 1,4
Enxofre				
SAF 1	0,9 ± 0,11	0,5 ± 0,12	1,1 ± 0,58	0,9 ± 0,11
SAF 2	0,7 ± 0,18	0,6 ± 0,14	0,9 ± 0,22	0,7 ± 0,18
CER 1	0,8 ± 0,22	0,6 ± 0,12	0,8 ± 0,27	0,8 ± 0,22
-----mg/kg-----				
Boro				
SAF 1	47 ± 6,7	10,6 ± 6,3	18 ± 5,4	19,9 ± 3,6
SAF 2	31 ± 5,1	11,4 ± 3,1	13 ± 6,1	18,6 ± 4,7
CER 1	35 ± 8,4	17,4 ± 4,7	17 ± 6,4	36,7 ± 6,7
Zinco				
SAF 1	24 ± 5,2	20 ± 4,6	23 ± 4,3	24 ± 5,2
SAF 2	18 ± 3,1	19 ± 2,5	21 ± 3,7	18 ± 3,1
CER 1	14 ± 3,3	20 ± 5,3	13 ± 4,2	14 ± 3,3

Nota: Intervalo de confiança da média a 5% de probabilidade pelo teste T

Fonte: Da autora.

TABELA 3
Nutrientes na serapilheira dos Sistemas Agroflorestais e do Cerrado adjacente na área de Gleissolo

Sist.	Gleissolo			
	Outono	Inverno	Primavera	Verão
	----- g/kg -----			
	Nitrogênio			
SAF 3	12,0 ± 3,2	7,2 ± 3,4	7,6 ± 4,1	7,9 ± 3,3
CER 2	11,3 ± 3,1	10,8 ± 2,4	7,4 ± 2,5	7,8 ± 1,5
	Fósforo			
SAF 3	0,9 ± 0,12	0,8 ± 0,11	0,8 ± 0,17	0,8 ± 0,14
CER 2	0,8 ± 0,21	0,8 ± 0,11	0,7 ± 0,11	0,7 ± 0,13
	Potássio			
SAF 3	13,9 ± 3,7	11,3 ± 2,6	10,3 ± 2,5	15,1 ± 3,1
CER 2	7,2 ± 2,9	11,4 ± 2,3	8,8 ± 3,4	4,8 ± 3,2
	Cálcio			
SAF 3	7,7 ± 2,9	6,5 ± 2,1	8,6 ± 2,7	10,8 ± 1,5
CER 2	11,5 ± 2,8	7,1 ± 2,5	12,34 ± 3,2	13,2 ± 4,1
	Magnésio			
SAF 3	3,6 ± 1,2	2,7 ± 0,95	3,4 ± 1,3	4,5 ± 1,2
CER 2	3,1 ± 1,4	2,5 ± 1,1	3,2 ± 1,2	3,2 ± 1,1
	Enxofre			
SAF 3	1,0 ± 0,18	0,8 ± 0,20	0,9 ± 0,24	1,0 ± 0,18
CER 2	0,9 ± 0,12	0,9 ± 0,13	1,0 ± 0,27	0,9 ± 0,12
	----- mg/Kg -----			
	Boro			
SAF 3	18 ± 4,6	15,4 ± 3,4	16 ± 3,2	18,1 ± 3,6
CER 2	22 ± 5,5	14,7 ± 3,5	16 ± 4,7	12,3 ± 2,6
	Zinco			
SAF 3	14 ± 2,8	15 ± 3,2	12 ± 4,6	14 ± 2,8
CER 2	27 ± 1,9	17 ± 2,7	28 ± 3,2	27 ± 1,9

Nota: Intervalo de confiança da média a 5% de probabilidade pelo teste T
Fonte: Da autora.

Para os macronutrientes, o elemento em maior concentração na serapilheira foi o nitrogênio, seguido do cálcio, do potássio e do magnésio. O fósforo e o enxofre apresentaram teores bastante semelhantes (TAB. 2 e 3).

Esperava-se maiores teores de K do que de Ca na serapilheira, uma vez que o K se encontra-se em maiores concentrações na maioria das plantas em relação ao Ca. Os teores de Ca mais elevados do que os de K podem ser explicados pela mobilidade desse nutriente no floema. Como o Ca é um elemento pouco móvel na planta (constituente da parede celular), não é translocado dos tecidos mais velhos para os mais jovens (MALAVOLTA *et al.*, 1989). A deposição natural de partes mais velhas da planta, de galhas e de folhas aumenta os teores desse nutriente na serapilheira (KONIG *et al.*, 2002). Essa inferência pode ser comprovada pelos maiores teores de Cálcio

na serapilheira do Cerrado 1, em relação aos SAF's 1 e 2, e do Cerrado 2, em relação ao SAF 3 (TAB. 2 e 3), onde se faz a prática da desrama e, conseqüentemente, são depositadas também folhas mais novas.

Na presente pesquisa, para os micronutrientes, analisaram-se somente o boro e o zinco, elementos geralmente mais deficientes em solos do Cerrado (CARMO *et al.*, 2012). De modo geral, verificou-se, no grupo do Latossolo, que os teores de boro na serapilheira foram significativamente maiores que os de zinco, principalmente nas estações outono e inverno, enquanto que, no grupo do Gleissolo, os valores tanto entre as estações quanto entre os sistemas avaliados foram semelhantes.

Especificamente em relação ao zinco, observou-se que os teores desse elemento nos SAF's 1 e 2, no grupo do Latossolo, foram estatisticamente superiores aos encontrados na vegetação nativa adjacente (Cerrado 1). Por ser um ativador enzimático e atuar na síntese de auxinas, é encontrado, principalmente, em gemas e em folhas novas, apresentando baixa redistribuição interna nos tecidos vegetais (MALAVOLTA, 1980), não havendo, portanto, realocação desse elemento na planta. Isso explica o fato dos sistemas agroflorestais apresentarem teores maiores de Zn, pois, neles, ocorre a prática da poda, onde normalmente ocorre também a deposição de tecidos jovens.

Teores de B e Zn semelhantes aos desta pesquisa foram encontrados por Toledo, Pereira e Menezes (2002), ao estudarem a produção e a decomposição de serapilheira em florestas secundárias na região de Pinheiral - RJ e por Silveira *et al.* (2007), em cinco diferentes sistemas de manejo de SAF's, também em municípios do estado do Rio de Janeiro.

A partir dos teores de nutrientes na serapilheira e da quantidade de biomassa acumulada em cada sistema estudado, calculou-se o aporte de nutrientes nas quatro estações do ano (TAB. 4 e 5). Para o grupo do Latossolo, os SAF 1 e 2 apresentaram maior acúmulo de nutrientes na primavera, enquanto, que para o Cerrado 1, foi no verão. No grupo do Gleissolo, o SAF 3 teve maior acúmulo no outono e o Cerrado 2, no inverno (TAB. 4 e 5).

TABELA 4
Quantidade de nutrientes da serapilheira dos Sistemas Agroflorestais e do Cerrado adjacente na área de Latossolo

Sistemas	Latossolo			
	Outono	Inverno	Primavera	Verão
-----kg/ha-----				
Nitrogênio				
SAF 1	61,5 ± 8,7	31,35 ± 5,6	48,66 ± 6,7	27,00 ± 2,6
SAF 2	35,6 ± 4,5	49,60 ± 4,7	66,65 ± 5,8	43,37 ± 4,7
CER 1	22,5 ± 4,6	30,09 ± 5,3	31,36 ± 6,5	51,28 ± 7,4
Fósforo				
SAF 1	3,6 ± 1,7	2,18 ± 0,78	4,48 ± 1,2	2,05 ± 0,34
SAF 2	1,4 ± 0,9	0,38 ± 0,04	5,40 ± 0,96	3,34 ± 0,67
CER 1	1,3 ± 1,1	2,09 ± 0,45	2,97 ± 0,35	3,31 ± 0,74
Potássio				
SAF 1	29,7 ± 6,8	17,85 ± 2,4	54,42 ± 9,6	12,99 ± 1,3
SAF 2	10,2 ± 2,4	29,31 ± 3,6	50,44 ± 5,7	20,02 ± 3,6
CER 1	8,2 ± 2,6	4,60 ± 0,78	33,36 ± 6,3	33,09 ± 7,6
Cálcio				
SAF 1	51,4 ± 7,8	56,50 ± 9,7	72,34 ± 12,3	40,67 ± 5,6
SAF 2	36,4 ± 4,6	75,91 ± 11,4	116,18 ± 23,4	66,17 ± 6,4
CER 1	28,6 ± 3,5	73,13 ± 15,2	69,08 ± 13,5	105,32 ± 21,4
Magnésio				
SAF 1	13,3 ± 3,5	9,58 ± 1,7	17,93 ± 1,6	11,96 ± 3,2
SAF 2	6,5 ± 1,4	17,29 ± 2,3	27,92 ± 5,7	18,91 ± 2,6
CER 1	6,4 ± 1,6	12,54 ± 0,95	15,26 ± 2,5	23,16 ± 5,8
Enxofre				
SAF 1	3,6 ± 1,2	2,18 ± 0,36	7,04 ± 1,4	2,05 ± 0,45
SAF 2	2,0 ± 0,8	4,51 ± 1,2	8,11 ± 1,6	3,34 ± 0,23
CER 1	1,5 ± 0,8	2,51 ± 0,67	3,39 ± 0,67	3,86 ± 0,45
-----g/ha-----				
Boro				
SAF 1	188,8 ± 34,5	46,16 ± 3,6	115,24 ± 26,7	68,00 ± 23,5
SAF 2	87,5 ± 13,4	85,68 ± 13,5	117,08 ± 24,6	103,43 ± 25,7
CER 1	65,5 ± 12,3	72,71 ± 19,7	72,05 ± 21,5	202,37 ± 34,7
Zinco				
SAF 1	96,4 ± 22,4	87,09 ± 16,7	147,25 ± 36,7	58,09 ± 12,7
SAF 2	50,8 ± 8,9	142,79 ± 34,8	189,13 ± 27,9	100,09 ± 23,7
CER 1	26,2 ± 10,4	83,58 ± 21,6	55,10 ± 11,5	99,26 ± 26,7

Nota: Intervalo de confiança da média a 5% de probabilidade pelo teste T

Fonte: Da autora.

TABELA 5
Quantidade de nutrientes da serapilheira dos Sistemas Agroflorestais e do Cerrado adjacente na área de Gleissolo

Sistemas	Gleissolo			
	Nitrogênio			
	Outono	Inverno	Primavera	Verão
	----- kg/ha -----			
SAF 3	52,7 ± 12,4	24,10 ± 2,6	33,40 ± 2,7	22,93 ± 1,6
CER 2	56,0 ± 11,3	59,76 ± 6,7	24,29 ± 3,5	42,85 ± 4,6
	Fósforo			
SAF 3	4,0 ± 1,2	2,68 ± 0,45	3,52 ± 0,34	2,32 ± 0,32
CER 2	4,0 ± 1,6	4,43 ± 0,67	2,30 ± 0,45	3,85 ± 0,46
	Potássio			
SAF 3	61,1 ± 14,5	37,83 ± 11,3	45,26 ± 12,5	43,82 ± 9,6
CER 2	35,7 ± 10,4	63,08 ± 14,7	28,89 ± 6,8	26,37 ± 5,7
	Cálcio			
SAF 3	33,8 ± 12,5	21,76 ± 8,6	37,79 ± 8,6	31,34 ± 10,2
CER 2	57,0 ± 17,3	39,29 ± 10,4	40,51 ± 13,2	72,51 ± 21,3
	Magnésio			
SAF 3	15,8 ± 2,5	9,04 ± 2,3	14,94 ± 2,4	13,06 ± 2,5
CER 2	15,4 ± 3,6	13,83 ± 3,2	10,51 ± 1,7	17,58 ± 3,7
	Enxofre			
SAF 3	4,4 ± 1,2	2,68 ± 0,55	3,95 ± 0,56	4,4 ± 1,2
CER 2	4,5 ± 1,1	4,98 ± 1,02	3,28 ± 0,98	4,5 ± 1,1
	----- g/ha -----			
	Boro			
SAF 3	79,1 ± 13,6	51,55 ± 10,4	70,31 ± 23,4	52,53 ± 12,6
CER 2	109,1 ± 24,5	81,34 ± 22,3	52,53 ± 15,6	67,57 ± 17,8
	Zinco			
SAF 3	61,5 ± 14,6	50,21 ± 12,6	52,73 ± 10,5	40,63 ± 9,7
CER 2	133,9 ± 25,7	94,07 ± 23,1	91,92 ± 15,8	98,88 ± 12,6

Nota: Intervalo de confiança da média a 5% de probabilidade pelo teste T

Fonte: Da autora.

Para o aporte de nitrogênio, foi encontrada pequena diferença entre o SAF 3 e o Cerrado 2 no grupo Gleissolo, enquanto que, no grupo Latossolo, a diferença foi mais acentuada, sendo que às quantidades desse nutriente nos SAF's 1 e 2 foram superiores as encontradas no Cerrado 1. Esse resultado é explicado pelo manejo dos SAF's 1 e 2, onde a maior quantidade de serapilheira aportada nesses sistemas é em função das desramas das espécies arbóreas realizadas como parte do manejo dos mesmos. Lima *et al.* (2010) também constataram que a maior deposição de folhas e galhos pelo processo de desrama aumenta a quantidade de serapilheira depositada no solo e, conseqüentemente, a de N, que é o elemento presente em maiores concentrações nos tecidos vegetais.

Resultados semelhantes ao do N foram verificados para o fósforo, onde se observou um maior aporte desse nutriente ao solo via serapilheira nos SAF's 1 e 2, em relação ao Cerrado 1 adjacente. Em função da prática da poda das espécies arbóreas nesses sistemas, ocorreu uma maior deposição de galhos jovens e folhas. Segundo Silveira *et al.* (2007), no processo da poda, são depositadas folhas de diferentes idades, sendo que as folhas jovens apresentam maiores teores de P do que as velhas. Em conformidade com esses autores, no processo normal de abscisão foliar, no caso folhas velhas, como normalmente ocorre na vegetação nativa não manejada, os teores de P são menores. O fósforo é considerado um elemento muito móvel na planta e em algumas espécies com características senescentes, há translocação de 40 a 60% do elemento localizado nas folhas mais velhas, para outros órgãos mais jovens da planta antes da abscisão foliar (AERTS, 1996), permitindo, assim, que este nutriente seja redistribuído e usado na formação de novos tecidos. Em solos deficientes em fósforo, como em grande parte dos solos tropicais, esse manejo é de fundamental importância para a manutenção da produtividade dos sistemas (SANTANA, 2005).

Para o potássio, as quantidades desse nutriente na serapilheira foram bastante variáveis, em função da época do ano e dos sistemas avaliados, destacando-se os altos valores na primavera e no verão, nos SAF's 1 e 2 e no Cerrado 1, respectivamente, no grupo do Latossolo. Essa variação pode ser em função da grande perda desse nutriente por lixiviação, já que esse elemento não faz parte de nenhum componente estrutural conhecido dos tecidos vegetais, sendo facilmente disponibilizado (PEREIRA; MENEZES; SCHULTZ, 2008), influenciando a sua concentração na serapilheira depositada.

Apesar dos teores de Ca terem sido maiores no Cerrado 1 em comparação aos SAF's 1 e 2, no grupo do Latossolo, as quantidades desse elemento nos sistemas agroflorestais foram superiores decorrentes do maior aporte de serapilheira (TAB. 1) nesses tratamentos. Já no grupo do Gleissolo, o Cerrado 2 aportou maiores quantidades de cálcio em relação ao SAF 3, já

que esse produziu menor quantidade de serapilheira. O mesmo ocorreu em relação aos valores de magnésio.

Para o enxofre, tanto para o grupo do Latossolo quanto para o do Gleissolo, as quantidades desse elemento foram estatisticamente semelhantes entre as estações e os sistemas estudados (TAB. 4 e 5).

Para o boro, verificaram-se maiores quantidades, no grupo do Latossolo, nos SAF's 1 e 2, exceto no verão, onde a deposição de serapilheira no Cerrado 1 foi bem superior aos sistemas agroflorestais desse grupo. Já no grupo do Gleissolo os valores foram semelhantes, tanto entre as estações quanto entre os sistemas. Para o zinco, houve grande variação na quantidade aportada entre as estações, sendo que os SAF's 1 e 2 apresentaram valores superiores ao Cerrado 1, em todas as estações avaliadas. Por outro lado, no Gleissolo o Cerrado 2 apresentou quantidades bem superiores em comparação ao SAF 3.

A estimativa anual do aporte de nutrientes (TAB. 6) indica que o manejo e a composição vegetal dos sistemas agroflorestais 1 e 2, do grupo do Latossolo proporcionaram incrementos significativos de nutrientes no solo, via serapilheira, em relação à vegetação nativa adjacente (Cerrado 1). Os valores dos nutrientes avaliados nos SAF's superaram os verificados no Cerrado, sugerindo a validação do sistema, no qual o manejo favorece o aumento no solo de nutrientes provenientes da serapilheira (LIMA *et al.*, 2010). Segundo Peneireiro (1999), a biomassa aportada por meio da poda contém maiores teores de nutrientes, visto que, durante esse manejo, os nutrientes não foram translocados internamente na planta, como ocorre no processo de abscisão foliar. Esse fato gera maior disponibilidade de nutrientes às culturas anuais e a outras plantas associadas.

TABELA 6
Estimativa anual de aporte de nutrientes para o solo via serapilheira

Latossolo				
Sistemas	N	P	K	Ca
	-----kg/ha/ano-----			
SAF 1	168,51± 34,56	12,31±4,21	114,96±23,45	209,26±65,42
SAF 2	195,22± 64,23	10,52±2,33	109,96±47,89	294,66±56,76
CER 1	135,23± 43,65	9,67±3,46	79,25±21,45	276,13±65,83
	Mg	S	B	Zn
	-----kg/ha/ano-----		-----g/ha/ano-----	
SAF 1	52,77±21,43	14,87±3,45	418,20±57,89	388,83±81,22
SAF 2	70,62±32,34	17,96±4,21	393,69±78,34	482,81±72,34
CER 1	57,36±13,56	11,26±3,43	412,63±75,54	264,14±58,99
Gleissolo				
	N	P	K	Ca
	-----kg/ha/ano-----			
SAF 3	133,13±34,56	12,52±2,35	188,01±32,56	124,69±24,57
CER 2	182,9±54,65	14,58±4,12	154,04±34,56	209,31±54,62
	Mg	S	B	Zn
	-----kg/ha/ano-----		-----g/ha/ano-----	
SAF 3	52,84±12,34	13,93±2,34	253,49±67,89	205,14±54,98
CER 2	57,52±14,56	15,51±5,32	310,54±76,45	418,71±74,56

Nota: Intervalo de confiança da média a 5% de probabilidade pelo teste T
Fonte: Da autora.

Esses valores revelam que, exceto para o fósforo, as quantidades de nutrientes acumuladas durante o ano são suficientes para suprir as necessidades nutricionais, para uma produtividade média, para a maioria das espécies produzidas nos três sistemas agroflorestais avaliados. Esse resultado reflete a importância da serapilheira para a manutenção da sustentabilidade ambiental e produtiva desses sistemas.

4 CONCLUSÃO

A desrama das espécies arbóreas em SAF's aumenta o aporte de serapilheira e de nutrientes ao solo.

As quantidades de nutrientes depositadas pela serapilheira ao longo do ano são suficientes para suprir as necessidades nutricionais da maioria das culturas presentes nos sistemas agroflorestais estudados e apresentam pouca variação ao longo do ano, evidenciando que os sistemas estão em equilíbrio quando comparados com a vegetação nativa adjacente.

CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DA SERAPILHEIRA DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS DE AGRICULTORES FAMILIARES DO NORTE DE MINAS GERAIS

RESUMO

Objetivou-se avaliar a qualidade estrutural da serapilheira, ao longo das quatro estações do ano, em três Sistemas Agroflorestais no norte de Minas Gerais, em comparação com o Cerrado adjacente. Consideraram-se dois grupos, em função da classe de solo, sendo um em Latossolo (SAF 1, SAF 2 e Cerrado1) e outro em Gleissolo (SAF 3 e Cerrado 2). Foram instalados 20 coletores de 1m² em cada sistema. O material interceptado foi coletado ao final das estações para a caracterização química quanto aos teores de proteína, de gorduras, de ceras e de pigmentos, de carboidratos totais, fibrosos e não fibrosos, de hemicelulose, de celulose, de lignina, de material mineral e de carbono orgânico. De modo geral, não houve diferenças significativas nos teores dos componentes estruturais da serapilheira entre as estações do ano, com destaque apenas para a proteína e a lignina, que apresentaram teores maiores no outono e a hemicelulose no inverno. O componente encontrado em maior proporção foi de carboidrato seguindo pela lignina, pela celulose, pela hemicelulose, pela proteína, pelo material mineral e pela gorduras. Os SAF's 1 e 2 apresentam maiores teores de proteína, de carboidrato, de hemicelulose, de celulose e de material mineral em relação ao Cerrado 1. A lignina foi encontrada em maior concentração na vegetação nativa do que nos SAF's. O manejo dos sistemas agroflorestais influencia a composição química da serapilheira, aumentando a concentração de componentes mais facilmente degradáveis, contribuindo na ciclagem de nutrientes.

Palavras - chave: Lignina. Proteína. Componentes estruturais.

CHAPTER 3 - THE STRUCTURAL CHARACTERIZATION OF THE LEAF LITTER OF AGROFORESTRY SYSTEMS OF FAMILY FARMERS OF NORTH OF MINAS GERAIS

ABSTRACT

It was aimed to evaluate the structural quality of leaf litter throughout the four year seasons in three Agroforestry Systems in North of Minas Gerais in comparison with the Adjacent Cerrado. It was considered two groups depending on the soil class, one in Latosol (SA 1, SA 2 and Cerrado1) and the other in Gleysol (SA 3 and Cerrado 2). Were installed 20 collectors of 1m² in each system. The intercepted material was collected at the end of seasons for chemical characterization for the contents of protein, fats, waxes and pigments, total carbohydrates, fibrous and non-fiber, hemicellulose, cellulose, lignin, mineral material and organic carbon. Overall, no significant differences in contents of structural components of leaf litter among the seasons, highlighting only for protein and lignin that presented higher contents in autumn and the hemicellulose in the winter. The component found in a higher proportion was the one of carbohydrate followed by lignin, cellulose, hemicellulose, protein, mineral material and fats. The SA 1 and 2 presented higher contents of protein, carbohydrate, hemicellulose, cellulose and mineral material in relation to the Cerrado 1. Lignin was found in higher concentration in native vegetation than in SA. The management of agroforestry systems influences the chemical composition of the leaf litter increasing concentrations of more easily degradable components contributing to the nutrient cycling.

Keywords: Lignin. Protein. Structural components.

1 INTRODUÇÃO

Os Sistemas Agroflorestais (SAF's) são definidos como um conjunto de técnicas alternativas de utilização dos recursos naturais, nos quais espécies florestais são utilizadas em associação com cultivos agrícolas e, ou animais, em uma mesma superfície (MACEDO, 2000). É considerado um meio de assegurar uma produção mais equilibrada ecologicamente, por incorporar, por exemplo, os ciclos de nutrientes e a fixação de nitrogênio, além de aproveitar o potencial da fauna e da flora local, mantendo a fertilidade do solo, por meio de uma produção integrada de culturas; equilibra de forma mais eficiente o comportamento de peste-predador e evita ou minimiza a dependência de produtos de fora da propriedade (SILVA, 2004).

Estudos e discussões em torno dos SAF's evidenciaram o papel importante desse sistema, no que se refere aos vários princípios da sustentabilidade. A característica mais importante parece ser a estabilidade ou a sustentabilidade ecológica (MACEDO, 2000). Esse aspecto está relacionado à diversidade de espécies e à conectividade entre os elementos que o compõem e que proporciona maior estabilidade e resiliência ao sistema

A sustentabilidade ecológica dos SAF's, resultante da diversidade de espécies vegetais utilizadas, forma uma estratificação diferenciada do dossel de copas e do sistema radicular das plantas no solo (MACEDO, 2000). A capacidade das árvores de raízes profundas em absorver nutrientes que são lixiviados abaixo da zona de enraizamento das culturas agrônômicas e para a reciclagem desses, por meio da mineralização da serapilheira, melhora a eficiência de uso de nutrientes no sistema como um todo (BURESH *et al.*, 2004).

Além do valor ambiental, os SAF's possuem também uma função social e econômica, como a redução do êxodo rural, devido, principalmente, ao aumento da demanda de mão-de-obra, bem como de melhorar a distribuição da produção e renda ao longo do ano.

Assim, os Sistemas Agroflorestais, manejados na grande maioria das vezes por pequenos agricultores, podem ser considerados como uma das

alternativas de uso dos recursos naturais que equacionam os principais problemas da agricultura e de seus impactos negativos sobre o meio ambiente, assim como oferecem possibilidade para amenizar e, ou solucionar as dificuldades financeiras de grande parte dos agricultores brasileiros (TSUKAMOTO FILHO; MACEDO, 1999).

Entretanto, há muitas críticas e dúvidas em relação às vantagens dos SAF's. Caveness e Kurtz (1993) admitem que a adoção de alguns modelos desses sistemas gera desvantagens, no que se refere ao aumento da demanda por mão-de-obra, ou ao insucesso na produção. Para Hren, Bartolomeu e Signer (1995) uma forma de sanar essas dúvidas é fazendo o monitoramento com base em indicadores de sustentabilidade.

Os indicadores de sustentabilidade são instrumentos que permitem a avaliação de um sistema quanto ao nível ou à condição em que esse sistema deve ser mantido para que seja sustentável. Devem refletir as alterações nos atributos de produtividade, de resiliência, de estabilidade e de equidade (FERRAZ, 2003).

A qualidade estrutural da serapilheira é um indicador importante, que indica as taxas de decomposição da matéria orgânica e os seus desdobramentos para a fertilidade e a estrutura do solo. O processo de decomposição é fundamental para um dos processos mais importantes, a ciclagem de nutrientes (MONTAGNINI; JORDAN, 2002). A decomposição é definida como a desintegração gradual de organismos mortos até que a sua estrutura não possa ser reconhecida e moléculas orgânicas complexas sejam fragmentadas em dióxido de carbono, água, componentes minerais e húmus (MASON, 1980).

A formação e a manutenção da serapilheira garantem um reservatório de nutrientes, evitando que sejam perdidos por lixiviação ou erosão, sendo mineralizados lentamente (ANDRADE; COSTA; FARIA, 2000). Porém o tempo em que os nutrientes permanecem estocados na serapilheira depende da velocidade de decomposição do material (MONTEIRO, 2001). Coberturas florestais em que esteja presente um misto de espécies conferem à serapilheira uma diversidade de resíduos e essa diversidade pode contribuir

no aumento da velocidade de decomposição, permitindo a atuação de diferentes grupos de macro e de microrganismos decompositores.

A taxa de decomposição da serapilheira é controlada pelas condições climáticas, edáficas, atividades dos organismos do solo e pelas características do material orgânico que determinam a sua degradabilidade, ou seja, da qualidade do material depositado (LEKHA; GUPTA, 1989; MASON, 1980; SEASTEDT, 1984). Segundo esses autores, sob as mesmas condições pedoambientais, a velocidade de decomposição da serapilheira varia de acordo com a porcentagem de lignina, polifenóis, carbono, proteínas, carboidratos, nitrogênio, fósforo, entre outros componentes.

Diante disso, objetivou-se avaliar a composição da serapilheira depositada, nas quatro estações do ano, em três Sistemas Agroflorestais, no Assentamento Agroextrativista Americana, norte de Minas Gerais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Assentamento Agroextrativista Americana, localizado no município de Grão Mogol, norte do estado de Minas Gerais, cujas coordenadas geográficas são 16 ° 17 ' 55 " S de latitude e 43 ° 17 ' 41" W de longitude, Bioma Cerrado. O assentamento abriga 75 famílias em uma área de aproximadamente 18 mil hectares, sendo que a maior parte dos assentados são originários da própria região e se autodenominam Geraizeiros.

No local de estudo, foram selecionados três Sistemas Agroflorestais distintos. Para a pesquisa, foram considerados dois grupos de SAF's, em função da classe de solo caracterizados no Capítulo 2. Para fins de comparação, foram avaliadas duas áreas de vegetação nativa adjacente (testemunhas), denominadas Cerrado 1 e 2. No QUADRO 1 do Capítulo 2, estão listadas as espécies arbóreas e arbustivas nativas e as espécies introduzidas dos SAF's 1, 2 e 3 e dos Cerrados adjacentes 1 e 2.

Os SAF's e as suas respectivas áreas de vegetação nativa adjacentes foram avaliados ao final de cada estação do ano: outono (junho de 2011), inverno (setembro de 2011), primavera (dezembro de 2011) e verão (março de 2012). A metodologia de coleta e preparação da serapilheira está descrita no item Material e métodos do Capítulo 2. As amostras foram caracterizadas quimicamente, segundo metodologia de Silva e Queiroz (2002) e Anderson e Ingram (1996), quanto aos teores de proteína, de gorduras, de ceras e de pigmentos, de carboidratos totais, fibrosos e não fibrosos, de hemicelulose, de celulose, de lignina, de material mineral e de carbono orgânico. A FIG. 1 ilustra o esquema de determinação dos componentes da serapilheira.

Para cada variável foi calculada a média e o intervalo de confiança estimado pelo teste de T a 5% de probabilidade.

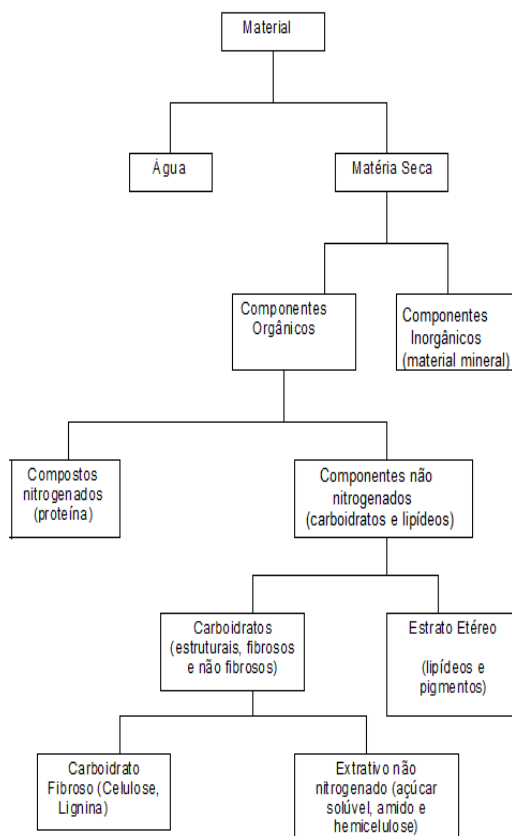


FIGURA 1 - Esquema de determinação dos componentes estruturais da serapilheira

Fonte: Adaptada de GERASEEV, 2008.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas TAB. 1 e 2, são apresentados os teores dos componentes estruturais da serapilheira, nas quatro estações do ano nos Sistemas Agroflorestais (SAF's) e na vegetação nativa adjacente, nas áreas de Latossolo e de Gleissolo. O componente encontrado em maior proporção foi o carboidrato, seguindo pela lignina, pela celulose, pela hemicelulose, pela proteína, pelo material mineral e pelas gorduras.

TABELA 1
Componentes estruturais de serapilheira dos sistemas agroflorestais e do cerrado adjacente na área de Latossolo

(Continua)

Sistemas	Latossolo			
	Proteína			
	Outono	Inverno	Primavera	Verão
	----- % -----			
SAF 1	9,39 ± 2,16	6,75 ± 1,45	6,45 ± 1,24	8,35 ± 3,13
SAF 2	7,12 ± 1,4	6,59 ± 0,98	6,55 ± 1,32	8,22 ± 2,6
CER 1	7,19 ± 1,2	6,87 ± 1,75	6,81 ± 1,43	7,95 ± 2,5
	Gorduras, ceras e pigmentos			
SAF 1	1,97 ± 0,07	1,01 ± 0,43	0,78 ± 0,23	1,54 ± 0,10
SAF 2	2,17 ± 0,88	0,98 ± 0,35	1,09 ± 0,43	1,83 ± 0,13
CER 1	2,38 ± 1,1	0,34 ± 0,81	1,12 ± 0,65	2,25 ± 0,8
	Carboidrato total			
SAF 1	77,39 ± 10,2	85,42 ± 12,31	87,72 ± 23,12	78,26 ± 15,7
SAF 2	82,87 ± 9,87	85,04 ± 16,32	86,22 ± 16,57	77,13 ± 16,3
CER 1	80,68 ± 11,87	81,16 ± 17,54	83,92 ± 16,76	81,21 ± 15,2
	Carboidrato não fibroso			
SAF 1	16,29 ± 3,51	6,88 ± 1,34	8,2 ± 1,43	15,81 ± 5,14
SAF 2	13,37 ± 2,78	4,59 ± 0,79	16,80 ± 4,21	14,11 ± 3,55
CER 1	21,30 ± 3,34	0,1 ± 0,02	16,09 ± 3,53	18,79 ± 6,24
	Carboidrato fibroso			
SAF 1	61,10 ± 12,8	78,54 ± 11,42	74,42 ± 14,53	62,39 ± 12,8
SAF 2	69,60 ± 7,89	80,45 ± 12,34	69,42 ± 11,32	63,03 ± 11,3
CER 1	59,38 ± 11,2	81,15 ± 18,93	67,83 ± 11,23	62,42 ± 13,2
	Hemicelulose			
SAF 1	13,19 ± 2,56	19,52 ± 2,56	19,53 ± 2,45	16,62 ± 3,45
SAF 2	9,87 ± 1,23	28,18 ± 2,45	15,42 ± 2,31	14,26 ± 3,54
CER 1	5,87 ± 1,17	21,67 ± 2,58	10,81 ± 1,43	9,95 ± 2,58
	Lignina			
SAF 1	25,47 ± 4,21	26,10 ± 3,45	27,32 ± 3,43	23,33 ± 6,31
SAF 2	35,07 ± 3,24	28,33 ± 3,24	26,34 ± 2,31	27,42 ± 8,21
CER 1	31,75 ± 5,21	32,53 ± 4,76	29,99 ± 5,63	29,21 ± 8,12
	Celulose			
SAF 1	22,44 ± 4,21	24,82 ± 2,64	24,81 ± 4,12	22,44 ± 4,21
SAF 2	24,66 ± 3,54	23,94 ± 4,58	27,66 ± 2,67	21,35 ± 5,78
CER 1		20,67 ± 2,35	19,16 ± 3,47	23,35 ± 7,41
	21,76 ± 4,18			

(Conclusão)

Sistemas	Latossolo			
	Proteína			
	Outono	Inverno	Primavera	Verão
	----- % -----			
	Material mineral			
SAF 1	11,25 ± 2,45	6,78 ± 1,43	5,15 ± 0,94	10,74 ± 1,84
SAF 2	7,84 ± 2,83	7,42 ± 1,46	6,14 ± 1,22	9,78 ± 3,14
CER 1	9,75 ± 3,32	11,63 ± 1,64	8,15 ± 1,48	7,82 ± 2,74
	Carbono orgânico			
SAF 1	51,47 ± 6,67	54,07 ± 5,67	55,02 ± 9,34	51,77 ± 8,12
SAF 2	53,46 ± 7,86	53,70 ± 8,69	55,44 ± 8,65	52,33 ± 10,14
CER 1	52,34 ± 8,75	51,25 ± 11,32	53,25 ± 10,23	53,47 ± 11,35

Nota: Intervalo de confiança da média a 5% de probabilidade pelo teste T

Fonte: Da autora.

TABELA 2

Componentes estruturais de serapilheira dos sistemas agroflorestais e do cerrado adjacente na área de Gleissolo

Sistemas	Gleissolo			
	Proteína			
	Outono	Inverno	Primavera	Verão
	----- % -----			
SAF 3	7,20 ± 1,4	6,48 ± 1,25	7,73 ± 1,14	8,11 ± 2,3
CER 2	6,94 ± 1,3	6,31 ± 1,23	6,42 ± 2,32	7,11 ± 2,5
	Gorduras, ceras e pigmentos			
SAF 3	3,63 ± 0,11	2,05 ± 0,46	1,83 ± 0,54	2,84 ± 0,25
CER 2	2,66 ± 1,5	1,12 ± 0,57	0,97 ± 0,24	1,86 ± 0,7
	Carboidrato total			
SAF 3	83,23 ± 7,65	85,35 ± 14,26	84,08 ± 17,54	80,41 ± 12,13
CER 2	75,87 ± 10,6	84,14 ± 12,34	85,56 ± 18,65	80,13 ± 14,4
	Carboidrato não fibroso			
SAF 3	20,57 ± 3,45	12,40 ± 2,37	14,78 ± 3,43	16,32 ± 2,26
CER 2	14,12 ± 1,76	4,63 ± 1,43	14,42 ± 3,65	16,24 ± 3,21
	Carboidrato fibroso			
SAF 3	62,66 ± 6,89	72,95 ± 12,56	59,26 ± 9,65	64,09 ± 8,65
CER 2	61,75 ± 7,89	79,51 ± 15,62	71,14 ± 18,54	63,89 ± 10,18
	Hemicelulose			
SAF 3	4,21 ± 1,12	15,74 ± 3,45	12,80 ± 2,45	13,39 ± 2,34
CER 2	5,21 ± 0,98	22,24 ± 6,61	15,77 ± 3,65	12,77 ± 2,26
	Lignina			
SAF 3	31,96 ± 5,24	27,27 ± 2,56	25,64 ± 5,56	28,32 ± 6,54
CER 2	36,66 ± 6,5	34,13 ± 7,43	27,13 ± 4,33	28,54 ± 8,32
	Celulose			
SAF 3	26,49 ± 3,57	23,03 ± 4,56	20,82 ± 3,56	22,38 ± 5,89
CER 2	19,88 ± 5,67	23,67 ± 2,35	28,24 ± 2,67	22,52 ± 7,45
	Material Mineral			
SAF 3	5,94 ± 1,66	6,12 ± 1,67	6,36 ± 1,45	6,35 ± 1,58
CER 2	14,53 ± 3,24	8,43 ± 2,45	7,05 ± 1,18	10,18 ± 2,86
	Carbono Orgânico			
SAF 3	54,56 ± 4,56	54,45 ± 10,43	54,32 ± 8,76	54,32 ± 9,15
CER 2	49,58 ± 6,75	53,11 ± 6,78	53,91 ± 8,65	52,10 ± 9,14

Nota: Intervalo de confiança da média a 5% de probabilidade pelo teste T

Fonte: Da autora.

De forma geral, não houve diferenças significativas nos teores dos componentes estruturais da serapilheira entre as estações do ano. Com destaque apenas para a proteína, que apresentou teores maiores, no outono e a hemicelulose, no inverno. O teor mais elevado de proteína na estação outono pode estar relacionado ao maior teor de nitrogênio apresentado nesse mesmo período (TAB. 2, Capítulo 2). De acordo com Larcher (2000), antes da abscisão, até 60% da proteína das folhas podem ser recuperadas e dirigidas para os centros de atrações (sementes e partes jovens da porção aérea). Essa gradual degradação das proteínas foliares, em favor das partes remanescentes, tem um grande significado para a conclusão do ciclo de vida, para a preparação da planta antes da chegada das condições desfavoráveis e no balanço de biomassa do vegetal.

Entre os sistemas, os SAF's 1 e 2, do grupo Latossolo, apresentaram teores inferiores de proteína, em relação ao Cerrado 1 (área nativa adjacente). Em contrapartida, no Gleissolo, foi o SAF 3 que apresentou teores maiores de proteína, quando comparado com a área nativa. Em função do manejo feito pelos agricultores no SAF, há, na serapilheira, um maior aporte de folhas e partes novas da planta, o que pode explicar o maior teor de proteína no SAF 3, em relação à área de testemunha, onde não há interferência antrópica.

Carboidrato total, a hemicelulose, a celulose e o material mineral apresentaram teores mais elevados nos sistemas agroflorestais 1, 2 e 3, em comparação com os cerrados adjacentes. Esse resultado explica a importância do manejo realizado, ou seja, as desramas, pois a maior concentração de componentes de mais fácil decomposição possibilita maior rapidez no processo de ciclagem de nutrientes e, conseqüentemente, da liberação desses para as culturas de interesse, contribuindo na melhoria da produção.

As partes jovens das plantas são ricas em proteínas, enquanto que, à medida em que elas envelhecem, as frações celulose, hemicelulose e lignina aumentam (WAKSMAN, 1952). Os materiais mais facilmente lixiviáveis, como os açúcares e ácidos orgânicos, são os primeiros a serem decompostos, sendo que os compostos mais estáveis e resistentes, como a lignina e outros

compostos fenólicos, são degradados posteriormente (DELITTI, 1984). Essa inferência pode ser comprovada, ao analisar os teores de lignina (TAB. 1 e 2) dos Sistemas Agroflorestais 1, 2 e 3, estatisticamente menores aos encontrados nas áreas de vegetação nativa adjacentes 1 e 2, onde normalmente há, na serapilheira, materiais com teores elevados de compostos mais difíceis de serem decompostos pelos organismos do solo.

A velocidade com que um resíduo é consumido pela microbiota, depende da sua constituição química e das condições ambientais (SIQUEIRA; FRANCO, 1988) e são fatores relevantes para o estabelecimento, para a manutenção da cobertura vegetal para a formação de húmus, assim como para a disponibilização de nutrientes para o solo. Verifica-se que a fração ativa do resíduo, representada principalmente por açúcares, proteínas, amidos e celulose, é decomposta em menos de um ano e são os principais responsáveis pela liberação de nutrientes às plantas. Enquanto que outras frações, principalmente a lignina, resistem à decomposição e são as precursoras das substâncias húmicas do solo (SIQUEIRA; FRANCO, 1988).

Resultados obtidos por Carvalho *et al.* (2008; 2009), em estudos feitos em sistemas de plantio direto, mostraram que altos teores de lignina favorecem o estabelecimento de cobertura do solo, enquanto que teores mais baixos desses compostos resultam em decomposição acelerada, conseqüentemente, em ciclagem mais rápida de nutrientes. Apesar dos valores mais baixos encontrados para os teores de lignina nos sistemas agroflorestais em relação aos cerrados, são maiores que os encontrados por Carvalho *et al.* (2009), de 15% para plantas mais maduras. Os maiores teores de componentes de difícil decomposição podem conferir aos SAF's condições de garantir boa cobertura do solo durante o ano. Além disso, serapilheira rica em componentes simples, como o açúcar e amido, que são oxidados rapidamente no solo, forma uma camada incipiente de húmus, não contribuindo com a Capacidade de troca de Cátions (CTC) do solo (GLÓRIA, 1992). Esse autor vincula o aumento da CTC do solo à velocidade de decomposição das substâncias orgânicas do resíduo e aos produtos finais formados, sugerindo ser desejável o teor relativamente elevado de lignina e

celulose, compostos que tendem a sofrer oxidação mais lenta, contribuindo, assim, para a formação de matérias mais persistentes e que poderiam influenciar, de maneira mais duradoura, a CTC do solo.

4 CONCLUSÃO

A composição química dos Sistemas Agroflorestais apresenta maior concentração de componentes mais facilmente degradáveis o que pode contribuir para a maior velocidade da ciclagem de nutrientes.

CAPÍTULO 4 - ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS

RESUMO

Objetivou-se avaliar os atributos químicos do solo, ao longo das quatro estações do ano, em três Sistemas Agroflorestais no norte de Minas Gerais em comparação com o Cerrado adjacente. Consideraram-se dois grupos em função da classe de solo, sendo um em Latossolo (SAF 1, SAF 2 e Cerrado1) e outro em Gleissolo (SAF 3 e Cerrado 2). Foram coletadas 20 amostras compostas, 4 para cada um dos 5 tratamento, nas profundidades de 0-5 e 0-20 centímetros, em cada estação do ano. Foram determinados os teores de alumínio, de fósforo, de potássio, de cálcio, de magnésio, de amônio, de nitrato, de matéria orgânica, de boro e de zinco. Os teores de Al foram nulos em todos os sistemas e em todas as épocas do ano avaliadas. Para o Ca e Mg, não houve diferenças entre os sistemas e as estações. Já para o P, o período chuvoso apresentou valores superiores para esse nutriente. Não houve diferenças significativas entre os sistemas e as áreas de vegetação nativa quanto aos teores de NH_4^+ e de NO_3 . Para os micronutrientes, os teores de B e de Zn foram ligeiramente superiores nos SAF's em comparação com os Cerrados adjacentes. O manejo dos sistemas agroflorestais mantém e, ou melhora os atributos químicos do solo e propicia a manutenção da matéria orgânica do solo, proporcionando a melhora nas suas condições químicas.

Palavras - chave: Atributos químicos. Matéria orgânica. Fertilidade do solo.

CHAPTER 4 - CHEMICAL ATTRIBUTES OF SOIL OF AGROFORESTRY SYSTEMS

ABSTRACT

It was aimed to assess soil chemical properties throughout the four year seasons in three Agroforestry Systems in North of Minas Gerais compared with the Adjacent Cerrado. It was considered two groups depending on the soil class, being one in Latosol (SA 1, SA 2 and Cerrado1) and other in Gleysol (SA 3 and Cerrado 2). Were collected 20 composited samples, 4 for each of the 5 treatment in depths of 0-5 and 0-20 cm in each year season. Were determined the contents of aluminum, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, ammonium, nitrate, organic matter, boron and zinc. The contents of Al were null in all systems and in all year seasons evaluated. For Ca and Mg there were no differences between the systems and seasons. As for the P the rainy season presented higher values for this nutrient. There were no significant differences between the systems and native vegetation areas in relation to the contents of NH_4^+ and NO_3^- . For the micronutrients the contents of B and Zn were slightly higher in the SAs in comparison to the adjacent Cerrados. The management of agroforestry systems maintains and, or improves soil chemical properties and propitiates the maintenance of soil organic matter, providing the improvement in their chemistry conditions.

Keywords: Chemical attributes. Organic matter. Soil Fertility.

1 INTRODUÇÃO

Possibilitar a existência de agroecossistemas sustentáveis é encontrar o ponto de equilíbrio entre a busca por semelhança com os ecossistemas naturais e a manutenção de uma produção economicamente eficiente. O desafio consiste em incorporar as características de resiliência, de estabilidade, de produtividade e de equilíbrio presente nos ecossistemas naturais. Segundo Gliessman (2000), apenas dessa forma é possível manter o equilíbrio dinâmico necessário para criar uma base ecológica sustentável nos agroecossistemas. Altieri (2002) compartilha desse pensamento, defendendo a ideia de que um elemento central na sustentabilidade de um agroecossistema é a manutenção de um rendimento que não decline ao longo do tempo, quando submetido às perturbações externas. Quanto mais parecido, em termos de estrutura e funções, é um agroecossistema do ecossistema natural, maiores são as possibilidades da produção agrícola ser sustentável.

A sustentabilidade da produção agrícola envolve o desenvolvimento de ferramentas e de técnicas que possibilitem planejar, construir e manejar agroecossistemas usados pelo homem, de forma a harmonizá-lo, em seu funcionamento, com os ecossistemas naturais e originais dos seus respectivos lugares (GOTSCH, 1995).

Estudos e discussões em torno dos Sistemas Agroflorestais (SAF's) evidenciam o papel importante desse sistema, no que se refere aos vários princípios da sustentabilidade. Esse aspecto está relacionado à diversidade de espécies e à conectividade entre os elementos que o compõem e que proporciona maior estabilidade e resiliência ao sistema. Esses fundamentos ecológicos se manifestam na prestação de serviços ambientais, como conservação do solo, armazenamento de carbono, conservação da biodiversidade e valorização da qualidade da água (NAIR, 2011).

A FAO (1984) reconhece uma série de vantagens na utilização dos SAF's, que, além da ciclagem de nutrientes e produção de serapilheira, reduz a evaporação da água do solo e aumenta o teor de matéria orgânica. Portanto, esse sistema enfatiza as funções ecológicas das plantas no sistema

solo-planta para a manutenção e a melhoria da fertilidade do solo (RODRIGUES, 2011). Outro aspecto relevante da sustentabilidade ecológica dos Sistemas Agroflorestais é o potencial de reduzir os riscos de erosão e desertificação, bem como a reabilitação de tais áreas degradadas por meio da conservação do solo e da água (NAIR, 2011).

Em um agroecossistema, o solo é a base e o ponto de equilíbrio do sistema (ALMEIDA, 2009). A qualidade do solo está relacionada à sua funcionalidade dentro dos ecossistemas naturais e manejados e significa a capacidade, desde sustentar a atividade biológica, promover o crescimento e a saúde das plantas e animais, e manter a qualidade ambiental (DORAN; PARKIN, 1994).

A perda da qualidade do solo provoca a redução da sua capacidade em exercer funções diversas, sendo que, quando não se tem uma boa estrutura e qualidade físico-química, a capacidade de manutenção de uma vegetação também se torna limitada e, com isso, a diversidade ambiental diminui (FAVERO, 2001). O estoque de carbono orgânico do solo sofre redução com o preparo, diminuindo, conseqüentemente, os nutrientes aderidos a esse, numa camada de 10 cm no solo (SHUKLA; LAL, 2005). Nessas circunstâncias, o manejo da matéria orgânica é essencial, considerando-se que ela responde por grande parte da capacidade de troca catiônica (CTC) do solo, favorecendo a retenção de cátions e a conseqüente redução de sua lixiviação (SILVA *et al.*, 2011).

Assim, os atributos químicos e físicos dos solos são indicadores de sustentabilidade sensíveis e frequentemente utilizados na comparação entre agroecossistemas e sistemas naturais (CARVALHO; GOERDET; ARMANDO, 2004; SILVEIRA *et al.*, 2007).

Diante disso, objetivou-se avaliar os atributos químicos do solo nas quatro estações do ano, em três Sistemas Agroflorestais, no Assentamento Agroextrativista Americana, norte de Minas Gerais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Assentamento Agroextrativista Americana, localizado no município de Grão Mogol, norte do estado de Minas Gerais, nas coordenadas geográficas 16 ° 17 ' 55 "S de latitude e 43 ° 17 ' 41" W de longitude, Bioma Cerrado. O assentamento abriga 75 famílias em uma área de aproximadamente 18 mil hectares, sendo que a maior parte dos assentados são originários da própria região e se autodenominam Geraizeiros.

No local de estudo, foram selecionados três Sistemas Agroflorestais distintos. Para a pesquisa, consideraram-se dois grupos de SAF's em função da classe de solo caracterizados no Capítulo 2. Para fins de comparação, foram avaliadas, duas áreas de vegetação nativa adjacente (testemunhas), denominadas Cerrado 1 e 2. No QUADRO 1 do Capítulo 2 estão listadas as espécies arbóreas e arbustivas nativas e as espécies introduzidas dos SAF's 1, 2 e 3 e dos Cerrados adjacentes 1 e 2.

Os SAF's e as suas respectivas áreas de vegetação nativas adjacentes foram avaliados ao final de cada estação do ano: outono (junho de 2011), inverno (setembro de 2011), primavera (dezembro de 2011) e verão (março de 2012).

Para a avaliação química do solo, foram coletadas 20 amostras compostas, sendo 4 para cada tratamento, formadas por 5 amostras simples, nas camadas de 0-5 e 0-20 centímetros de profundidade, em cada estação do ano. As análises foram feitas no Laboratório de Análises de Solo do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, seguindo a metodologia proposta pela Embrapa (1997). Foram determinados os valores de alumínio, de fósforo, de potássio, de cálcio, de magnésio, amônio, de nitrato, de matéria orgânica, de boro e de zinco.

Para cada variável foram calculados a média e o intervalo de confiança estimado pelo teste de T a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de alumínio (Al), em todas as estações, sistemas e profundidade foram nulos. Resultados que corroboram com os estudos de realizados por Iwata *et al.* (2012) e Salgado *et al.* (2006). Esses autores identificaram valores nulos ou muito baixos de Al em solos sob Sistemas Agroflorestais e áreas com vegetação nativa de Cerrado. A constante adição de resíduos orgânicos, depositados ou incorporados na superfície do solo, contribui para a diminuição da acidez e favorece a neutralização do Al por reações de complexação desse elemento pela matéria orgânica (MENDONÇA, 1995).

Os teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) não apresentam diferenças significativas entre as épocas do ano e entre os sistemas agroflorestais e suas respectivas áreas de vegetação nativa adjacente (TAB 1 e 2), sendo os valores de Ca e Mg classificados como altos, de acordo com Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999). Iwata *et al.* (2012) encontraram teores de Ca e Mg nos solos sob SAF's superiores aos da floresta nativa adjacente. Lima (2008) credita os altos teores desses nutrientes em solos sob SAF's à alta atividade de decomposição realizada pela biota do solo e aos elevados conteúdos de matéria orgânica que os sistemas em equilíbrio proporcionam.

TABELA 1

Média e intervalo de confiança dos teores de nutrientes do solo dos Sistemas Agroflorestais e do Cerrado adjacente na área de Latossolo

(Continua)

Sistemas	Latossolo			
	Outono	Inverno	Primavera	Verão
	-----cmolc dm-3 -----			
	Cálcio			
0-5 cm				
SAF 1	6,4 ± 1,7	5,8 ± 1,3	5,30 ±1,21	5,25 ±1,14
SAF 2	6,2 ± 1,4	5,6 ± 1,9	4,50 ±0,97	4,70 ±0,54
CER 1	6,3 ± 2,0	4,7 ± 0,9	3,85 ±0,54	4,75 ±1,31
0-20 cm				
SAF 1	5,1 ± 1,1	4,5 ± 0,9	3,55 ±0,57	4,10 ±0,65
SAF 2	5,4 ± 0,5	5,3 ± 0,5	4,05 ±0,94	4,20 ±0,28
CER 1	5,4 ± 0,6	3,6 ± 0,3	2,65 ±0,71	4,10 ±0,85
0-5 cm	Magnésio			
SAF 1	2,3 ± 0,8	2,5 ± 1,3	3,45 ±1,34	2,50 ±0,84
SAF 2	1,4 ± 0,6	1,8 ± 0,7	3,10 ±0,87	1,85 ±0,24
CER 1	3,3 ± 1,2	3,1 ± 0,9	2,60 ±1,12	2,45 ±0,65

(Continua)

Sistemas	Latossolo			
	Outono	Inverno	Primavera	Verão
	-----cmolc dm-3 -----			
0-5 cm	Magnésio			
0-20 cm				
SAF 1	2,2 ± 0,8	2,1 ± 0,3	2,35 ± 0,57	2,25 ± 0,87
SAF 2	3,2 ± 0,4	2,6 ± 0,3	2,25 ± 0,97	1,05 ± 0,65
CER 1	2,3 ± 0,3	1,7 ± 0,4	1,40 ± 0,24	2,05 ± 0,82
	-----mg dm-3 -----			
0-5 cm	Fósforo			
SAF 1	11,5 ± 3,6	9,7 ± 3,2	8,89 ± 3,5	11,5 ± 3,6
SAF 2	2,8 ± 1,1	3,2 ± 1,2	2,04 ± 0,9	2,8 ± 1,1
CER 1	1,7 ± 0,4	1,5 ± 0,9	1,44 ± 0,8	1,7 ± 0,4
0-20 cm				
SAF 1	6,5 ± 3,4	7,3 ± 2,5	5,99 ± 2,4	6,5 ± 3,4
SAF 2	2,4 ± 1,5	3,1 ± 1,1	2,17 ± 1,5	2,4 ± 1,5
CER 1	1,2 ± 0,8	1,3 ± 0,7	0,89 ± 0,4	1,2 ± 0,8
0-5 cm	Potássio			
SAF 1	139 ± 23,4	143 ± 23,4	148 ± 48,2	70 ± 21,3
SAF 2	171 ± 32,2	154 ± 23,7	121,5 ± 28,3	76 ± 18,3
CER 1	234 ± 45,6	219 ± 41,2	205,5 ± 51,2	87,5 ± 23,5
0-20 cm				
SAF 1	142 ± 23,5	123 ± 23,6	105,5 ± 24,3	60 ± 15,1
SAF 2	173 ± 38,9	156 ± 44,5	127,5 ± 34,1	61,5 ± 17,2
CER 1	117 ± 35,6	139 ± 34,5	142 ± 28,4	84 ± 28,4
0-5 cm	Boro			
SAF 1	0,2 ± 0,03	0,1 ± 0,02	0,1 ± 0,01	0,2 ± 0,05
SAF 2	0,3 ± 0,05	0,3 ± 0,09	0,2 ± 0,05	0,3 ± 0,04
CER 1	0,1 ± 0,03	0,2 ± 0,06	0,2 ± 0,04	0,3 ± 0,08
0-20				
SAF 1	0,3 ± 0,03	0,4 ± 0,03	0,3 ± 0,08	0,3 ± 0,06
SAF 2	0,2 ± 0,04	0,1 ± 0,04	0,2 ± 0,09	0,2 ± 0,05
CER 1	0,1 ± 0,02	0,2 ± 0,03	0,2 ± 0,05	0,2 ± 0,07
0-5 cm	Zinco			
SAF 1	1,2 ± 0,08	1,1 ± 0,06	1,3 ± 0,04	1,2 ± 0,09
SAF 2	1,5 ± 0,09	1,4 ± 0,09	1,3 ± 0,08	1,3 ± 0,11
CER 1	1,6 ± 0,11	1,4 ± 0,09	1,5 ± 0,06	1,3 ± 0,09
0-20 cm				
SAF 1	0,9 ± 0,06	1,0 ± 0,12	1,2 ± 0,09	1,1 ± 0,10
SAF 2	0,6 ± 0,05	0,5 ± 0,08	0,6 ± 0,04	0,5 ± 0,03
CER 1	1,0 ± 0,12	0,7 ± 0,08	0,6 ± 0,09	0,6 ± 0,06
	-----dag kg-1 -----			
0-5 cm	Matéria Orgânica			
SAF 1	5,8 ± 1,3	6,4 ± 2,1	7,38 ± 2,4	7,62 ± 1,9
SAF 2	8,1 ± 2,5	7,8 ± 1,8	8,17 ± 2,1	8,62 ± 2,6
CER 1	7,0 ± 2,6	6,4 ± 1,8	5,70 ± 1,5	6,90 ± 2,2
0-20 cm				
SAF 1	4,2 ± 1,1	5,4 ± 0,9	6,14 ± 1,7	6,44 ± 2,7
SAF 2	5,3 ± 1,5	5,9 ± 1,2	7,86 ± 2,8	7,25 ± 2,9
CER 1	6,2 ± 1,3	6,1 ± 0,6	5,09 ± 1,4	6,44 ± 1,5
0-5 cm	Amônio			
SAF 1	23,5 ± 8,2	24,5 ± 6,3	26,7 ± 6,8	28,3 ± 7,3
SAF 2	24,3 ± 7,6	23,6 ± 8,7	25,8 ± 6,5	26,8 ± 4,5
CER 1			24,6 ± 7,2	29,3 ± 7,3
	33,5 ± 8,2	27,9 ± 10,3		

(Conclusão)

Sistemas	Latossolo			
	Outono	Inverno	Primavera	Verão
0-5 cm	Amônio			
0-20 cm				
SAF 1	21,4 ±5,6	24,6 ±6,8	27,4 ±5,2	25,3 ±8,1
SAF 2	23,5 ±7,6	26,5 ±7,3	24,6 ±8,1	24,7 ±6,3
CER 1	22,8 ±8,1	23,6 ±7,1	21,7 ±7,2	22,6 ±7,5
0-5 cm	Nitrato			
SAF 1	22,4 ±5,6	23,5 ±3,5	24,6 ±8,2	33,5 ±6,3
SAF 2	26,7 ±7,1	21,5 ±7,5	26,7 ±7,5	34,6 ±8,4
CER 1	32,2 ±9,8	28,9 ±9,2	23,5 ±7,6	31,4 ±7,2
0-20 cm				
SAF 1	23,5 ±8,7	24,6 ±7,36	27,8 ±5,6	36,7 ±8,6
SAF 2	21,4 ±5,4	23,6 ±6,8	25,6 ±7,2	39,3 ±7,8
CER 1	25,4 ±6,4	21,5 ±9,2	26,4 ±4,6	33,5 ±11,2

Nota: Intervalo de confiança da média a 5% de probabilidade pelo teste T
Fonte: Da autora.

TABELA 2

Média e intervalo de confiança dos teores de nutrientes do solo dos Sistemas Agroflorestais e do Cerrado adjacente na área de Gleissolo

(Continua)

Sistemas	Gleissolo			
	Outono	Inverno	Primavera	Verão
	----- cmolc dm-3 -----			
0-5 cm	Cálcio			
SAF 3	3,3 ± 0,5	3,6 ± 0,4	4,3 ± 0,9	4,9 ± 1,3
CER 2	3,9 ± 0,5	3,5 ± 0,8	3,4 ± 1,1	4,4 ± 0,8
0-20 cm				
SAF 3	3,3 ± 0,9	3,1 ± 1,1	3,25 ± 1,2	3,8 ± 0,7
CER 2	3,9 ± 1,2	4,6 ± 0,9	2,25 ± 0,5	3,0 ± 0,9
0-5 cm	Magnésio			
SAF 3	2,9 ± 0,4	2,7 ± 0,5	2,35 ± 0,3	2,60 ± 0,5
CER 2	2,7 ± 0,3	1,9 ± 0,4	1,85 ± 0,5	2,65 ± 0,8
0-20 cm				
SAF 3	2,0 ± 0,6	2,3 ± 0,3	1,75 ± 0,8	1,45 ± 0,7
CER 2	1,7 ± 0,3	1,5 ± 0,2	1,50 ± 0,7	1,55 ± 0,6
0-5 cm	----- mg dm-3 -----			
	Fósforo			
SAF 3	2,5 ± 0,3	3,1 ± 0,5	3,75 ± 1,21	9,50 ± 3,42
CER 2	1,2 ± 0,9	1,2 ± 0,6	1,46 ± 0,84	2,06 ± 1,12
0-20 cm				
SAF 3	0,8 ± 0,1	1,0 ± 0,6	5,66 ± 1,25	8,32 ± 3,21
CER 2	0,6 ± 0,2	0,7 ± 0,4	1,42 ± 0,97	1,26 ± 0,52
0-5 cm	Potássio			
SAF 3	169 ± 46,7	175 ± 23,5	200,5 ± 51,2	272 ± 42,3
CER 2	529 ± 34,5	496 ± 45,6	478 ± 63,4	347 ± 51,7
0-20 cm				
SAF 3	168 ± 45,6	145 ± 24,5	205,5 ± 42,2	255,5 ± 36,8
CER 2	329 ± 34,6	345 ± 24,7	409,5 ± 68,7	314 ± 42,7
0-5	Boro			
SAF 3	0,4 ± 0,30	0,3 ± 0,11	0,2 ± 0,09	0,3 ± 0,04
CER 2	0,1 ± 0,09	0,3 ± 0,07	0,3 ± 0,04	0,4 ± 0,05
0-20 cm				
SAF 3	0,3 ± 0,08	0,3 ± 0,05	0,4 ± 0,08	0,3 ± 0,07
CER 2	0,5 ± 0,11	0,4 ± 0,09	0,5 ± 0,07	0,3 ± 0,05

(Conclusão)

Sistemas	Gleissolo			
	Outono	Inverno	Primavera	Verão
0-5 cm	----- mg dm ⁻³ -----			
0-5 cm	Zinco			
SAF 3	1,0 ± 0,2	1,2 ± 0,3	1,1 ± 0,5	1,0 ± 0,9
CER 2	0,9 ± 0,1	0,9 ± 0,1	1,2 ± 0,6	1,1 ± 0,6
0-20 cm	----- dag kg ⁻¹ -----			
SAF 3	0,6 ± 0,09	0,5 ± 0,10	1,0 ± 0,06	1,1 ± 0,18
CER 2	0,4 ± 0,03	0,6 ± 0,06	0,8 ± 0,09	1,2 ± 0,25
0-5 cm	Matéria orgânica			
SAF 3	5,4 ± 0,8	5,7 ± 1,1	7,89 ± 2,4	6,3 ± 2,4
CER 2	6,6 ± 1,4	7,1 ± 1,3	9,14 ± 2,6	7,98 ± 2,8
0-20 cm	----- mg dm ⁻³ -----			
SAF 3	4,1 ± 1,2	4,5 ± 2,1	7,52 ± 1,5	7,1 ± 2,4
CER 2	5,4 ± 1,2	5,6 ± 1,5	7,13 ± 2,6	7,73 ± 2,2
0-5 cm	Amônio			
SAF 3	38,4 ± 6,5	43,1 ± 14,2	53,2 ± 14,6	67,9 ± 9,3
CER 2	26,7 ± 7,5	35,6 ± 8,9	42,5 ± 16,7	51,2 ± 8,2
0-20 cm	----- mg dm ⁻³ -----			
SAF 3	39,3 ± 6,8	36,8 ± 10,3	39,6 ± 11,2	52,5 ± 18,7
CER 2	32,4 ± 12,3	31,5 ± 8,7	36,8 ± 9,2	48,6 ± 12,3
0-5 cm	Nitrato			
SAF 3	34,5 ± 9,8	31,5 ± 6,5	32,4 ± 6,3	34,3 ± 8,2
CER 2	33,4 ± 11,2	34,2 ± 8,2	34,5 ± 8,2	33,6 ± 6,4
0-20 cm	----- mg dm ⁻³ -----			
SAF 3	31,6 ± 8,5	30,6 ± 6,4	31,2 ± 7,2	32,6 ± 7,2
CER 2	23,4 ± 7,5	24,8 ± 7,2	25,6 ± 6,5	25,7 ± 8,1

Nota: Intervalo de confiança da média a 5% de probabilidade pelo teste T

Fonte: Da autora.

Em função da vegetação nativa do local de estudo ser o Cerrado *strictu sensu*, esperavam-se solos com elevados teores de alumínio e baixos teores de cálcio e magnésio. No entanto, como discutido anteriormente, os teores de alumínio foram nulos e os de Ca e Mg elevados (TAB. 1). Uma outra explicação para os nulos teores de Al e altos de Ca e Mg, é o material de origem dos solos e o enriquecimento por nutrientes devido aos processos de deposição e adição de nutrientes de áreas de maior altitude, adjacentes ao local de estudo. A geologia superficial local é constituída de recobrimento de material argilo-arenoso, provavelmente do Terciário, sobre rochas predominantemente quartzíticas do Pré-Cambriano, com relevo ondulado, forte ondulado e montanhoso (EMBRAPA, 1997).

Para os teores de fósforo (P), de modo geral, foram médios nos SAF's e baixos nos solos sob vegetação nativa de Cerrado (TAB. 1), de acordo com

a classificação de Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999). Em relação às épocas de avaliação, observaram-se maiores teores desse nutriente no período chuvoso (primavera e verão). Resultado oposto ao encontrado por Iwata *et al.* (2012), onde houve uma redução desse elemento no mesmo período de avaliação para Sistemas Agroflorestais do sul do Piauí.

Segundo Lima (2008), os maiores teores de nutrientes nos SAF's em relação à vegetação nativa adjacente são devido à maior atividade da biota do solo e à deposição de matéria orgânica nesses sistemas. Corroborando esse autor, Iwata *et al.* (2012) argumentam que maiores teores de P em SAF's podem ser atribuídos ao contínuo aporte de serapilheira, como consequência da ação de sistemas radiculares diversificados e da maior eficiência na ciclagem de nutrientes.

Para o Potássio (K), os teores encontrados, independentemente da época do ano, são classificados como altos, tanto nos solos sob SAF's quanto na vegetação nativa, de acordo com Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999). Em relação às épocas de avaliação, verificou-se uma diminuição nos teores desse elemento na estação mais úmida do ano, no verão, em ambos os grupos de solos analisados (TAB. 1). Esses menores teores no período chuvoso podem ser atribuídos ao fato do K ser um elemento que não está associado a nenhum componente estrutural do tecido vegetal e encontrar-se na forma iônica (BARTZ, 1998; MARSCHNER, 1995). Por essa razão, esse elemento pode ser facilmente extraído dos tecidos das plantas, tanto pela água da chuva quanto pela própria umidade do solo (BOER *et al.*, 2007) e perdido por lixiviação.

O nitrogênio é o elemento mais dinâmico no solo e, na forma iônica, se encontra tanto como cátions (NH_4^+) quanto como ânio (NO_3^-). Na presente pesquisa não houve diferenças significativas entre os SAF's e as suas respectivas áreas de vegetação nativa adjacentes, tanto para os teores de N-amônio quanto para N-nitrato no solo (TAB. 1). Esses resultados podem indicar que os SAF's, com dez anos de implantação, encontram-se em equilíbrio quanto à ciclagem de nutrientes. Segundo Maia e Xavier (2008), os sistemas mais conservacionistas, como os Sistemas Agroflorestais, que priorizam o aporte de resíduos orgânicos e a menor mobilização do solo, têm-

se mostrado eficientes em manter e, às vezes, elevar os teores de N dos solos.

Em relação às épocas de avaliação, observaram-se maiores teores de N-amônio no verão, enquanto os de nitrato não tiveram influência da estação do ano (TAB. 1). Os maiores teores de N-amônio no verão podem ser atribuídos a maior deposição de serapilheira na estação da primavera, que antecede a de verão e ao processo de mineralização. O nitrogênio orgânico constituinte do material vegetal depositado é mineralizado pelos microrganismos do solo. No processo de mineralização, o nitrogênio orgânico é convertido na sua forma inorgânica, sendo o primeiro produto dessa transformação no solo o íon amônio. Entretanto, o amônio sofre uma rápida oxidação até nitrato, realizada pelos microrganismos nitrificantes (PAUL; CLARK, 1989).

Quanto aos micronutrientes, foram avaliados somente o boro (B) e o zinco (Zn), que são os elementos que têm limitado a produção agrícola em solos sob Cerrado, altamente intemperizados (CARMO *et al.*, 2012). De forma geral os teores tanto de Zn quanto de B foram classificados como médios (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999).

Os SAF's 1, 2 e 3 apresentaram teores ligeiramente inferiores de Zn quando comparados aos dos Cerrados 1 e 2 (TAB. 1), exceto no outono. O Zn, encontrado na forma catiônica na solução do solo, pode formar complexos com radicais orgânicos (FURTINI NETO *et al.*, 2001), diminuindo a sua disponibilidade. Portanto, esses resultados, possivelmente, podem estar relacionados aos elevados teores de matéria orgânica dos solos (TAB. 1). Carmo *et al.* (2012) encontraram teores de zinco superiores em sistemas agroflorestal e mata nativa, quando comparados com sistema de cultivo convencional do sul de Minas Gerais.

Semelhantemente aos teores de nutrientes, a matéria orgânica do solo não foi influenciado pela época de amostragem (TAB. 1). Os teores de matéria orgânica nos SAF's e nas áreas de Cerrado são classificados como bons ou muito bons, de acordo com Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999).

A presença de componentes florestais arbóreos nos Sistemas Agroflorestais, adicionados por uma grande biodiversidade de espécies,

propicia a decomposição contínua de resíduos vegetais, o que facilita a manutenção da matéria orgânica do solo (OELBERMANN *et al.*, 2006; SMILEY; KRUSCHEL, 2008).

Ao comparar uma área de pastagem com uma área de floresta nativa, quanto ao teor e à distribuição no perfil do solo de MOS, Santos *et al.* (2010) observaram maior teor e melhor distribuição na floresta nativa. A manutenção dos teores de MOS ao longo do tempo evidencia que os Sistemas Agroflorestais estão em equilíbrio de deposição e incorporação da matéria orgânica, assemelhando-se a uma área de vegetação nativa.

A similaridade dos resultados, quanto à concentração de nutrientes entre os Sistemas Agroflorestais e as suas respectivas áreas de vegetação nativa adjacente, denota equilíbrio dos SAF's, calcado na diversidade dos seus componentes e no arranjo estrutural que o aproxima de uma área nativa. Dias *et al.* (2002) concluiu que, em função dos SAF's se aproximarem mais dos sistemas naturais, na ocorrência de estresse causado ou não por diferenças climáticas, a resiliência do sistema permitirá o restabelecimento da capacidade de suporte de nutrientes aos níveis aceitáveis, semelhantes às áreas de vegetação nativa. Essa potencial resiliência e equilíbrio se deve também ao manejo adotado pelos agricultores, como a cobertura vegetal permanente, capinas e desrama.

4 CONCLUSÃO

Os Sistemas Agroflorestais apresentam fertilidade do solo similar às das áreas de vegetação nativa adjacentes.

REFERÊNCIAS

- ABBOT, J.; GUIJT, I. **Changing views on change**: participatory approaches to monitoring the environment (sarl working paper series - draft document). London: International Institute for Environment and Development, 1999.
- AERTS, R. Nutrient resorption from senescing leaves of perennial: are there general patterns. **Journal of Ecology**, [S.l.], v. 84, n. 3, p. 597-608, 1996.
- ALMEIDA, L. G. F. **Caracterização do solo com diferentes usos e composição florística no Vale do Mucuri, MG**. 2009. 55f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Vale do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2009.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. 468 p.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. Guaíba: Agropecuária, 2002.
- ANDERSON, J. D.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility**: a handbook of methods. 2. ed. Wallingford: CAB Internacional, 1996. 171 p.
- ANDRADE, A. G.; COSTA, G. S.; FARIA, S. M. Deposição da Serapilheira em Povoamentos de *Mimosa caesalpinhiifolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holosericea* com quatro anos de idade em Planossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.], v. 24, p. 777-785, 2000.
- ANDRADE, A. G.; TAVARES, S. R. L.; COUTINHO H. L. C. A contribuição da serapilheira para a recuperação de áreas degradadas e para a manutenção da sustentabilidade de sistemas agroecológicos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 24, n. 220, p. 55-63, 2003.
- ANDRADE, A. G.; CABALLERO, S. S. U.; FARIA, S. M. **Ciclagem de nutrientes em Ecossistemas Florestais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 22 p.
- 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**, [S.l.], v. 27, p. 715-721, 2003.
- ASSIS, R. L. Agroecologia: visão histórica e perspectivas no Brasil. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (Ed.). **Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológica, 2005.

BARTZ, H. Dinâmica dos nutrientes e adubação em sistema de produção sob plantio direto. In: FRIES, M. R. (Ed.). **Plantio direto em solos arenosos: alternativas de manejo para a sustentabilidade agropecuária**. Santa Maria: Pallotti, 1998.

BERGAMASCO, S. M.; NORDER, L. A. C. **O que são Assentamentos Rurais**. São Paulo: Brasiliense, 1996.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, J. B. P.; BARROSO, A. L.; FILHO, A. C.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p. 1269-1276, set. 2007.

BURESH, R. J.; ROWE, E. C.; LIVESLEY, S. J.; CADISH, G.; MAFONGOVA, P. Opportunities for capture of deep soil nutrients. In: NOORDWIJK, M. V. (Ed.). **Below ground interactions in tropical agroecosystems: concepts and models with multi-plant components**. Wallingford: [s.n.], 2004.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia e enfoque científico e estratégico. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, n. 2, p. 13-16, abri./jun., 2002.

CARMO, D. L.; NANNETTI, D. C.; LACERDA, T. M.; NANNETTE, A. N.; SANTO, D. J. E. Micronutrientes em solos e folha de cafeeiro sob sistema agroflorestral no sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 76-83, jan./abr. 2012.

CARVALHO, A. M.; BUSTAMANTE, M. M. C.; ALCÂNTARA, F. A.; RESCK, I. S.; LEMOS, S. S. Characterization by solid-state CPMAS ¹³C NMR spectroscopy of decomposing plant residues in conventional and no tillage systems in central Brazil. **Soil and Tillage Research**, [S.l.], v. 102, p. 144-150, 2009.

CARVALHO, A. M.; BUSTAMANTE, M. M. C.; SOUZA JUNIOR, J. G. A.; VIVALDI, L. J. Decomposição de resíduos vegetais em Latossolo sob cultivo de milho e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2831-2838, 2008.

CARVALHO, I. S. H. Desenvolvimento e gestão ambiental para assentamentos rurais no Cerrado. In: ENCONTRO DA ANPPAS, 3., 2006, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: [s.n.], 2006.

CARVALHO, R.; GOERDET, W. J.; ARMANDO, M. S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestral. **Revista Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF. v. 39, n. 11, 2004.

CAVENESE, F. A.; KURTZ, W. B. Agroforestry adoption and risk perception by farmers in Senegal. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 21, p. 11-25, 1993.

DELITTI, W. B. C. **Aspectos comparativos da ciclagem de nutrientes minerais na mata ciliar, no campo cerrado e na floresta implantada de Pinus elliotii Engelm. var.elliotii (Mogi-Guaçu, SP)**. 1984. 298 f. Tese (Doutorado em Ecologia Vegetal) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

DEPONTI, C. M. **Indicadores de sustentabilidade em contextos de desenvolvimento rural local**. 2002. Monografia (Especialização em Economia Rural) – Programa de Pós-Graduação em Economia Rural, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

DIAS, H. C. T.; FIGUEIRA, M. D.; SILVEIRA, V; FONTES, M. A. L.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; SCOLFORO, J. R. S. Variação temporal de nutrientes na serapilheira de um fragmento de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, MG. **Cerne**, [S.l.], v. 2, p.1-17, 2002.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BZEDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994.

DUARTE, L. M. G. Globalização, agricultura e meio ambiente: o paradoxo do desenvolvimento dos cerrados. In: DUARTE, L. M. G.; BRAGA, M. L. S. **Tristes cerrados: sociedade e biodiversidade** Brasília. [s.L.]: Paralelo 15, 1998.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997

FAETY, P. Análisis económico de la sustentabilidad agrícola. **Agroecología y Desarrollo**, Santiago, n. 7, p. 32-41, 1994.

FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. **Consulta de expertos sobre La avance de La agrofloresteriaem zona áridas e semiaridas da america latina ey caribe**. Santiago: FAO, 1995.

FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. **Sistemas agroflorestais em América Latina y el Caribe**. Santiago, 1984. 118 p.

FAVERO, C. **Uso e degradação de solos na microrregião de Governador Valadares, Minas Gerais**. 2001. 68 F. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

FEIDEN, A. Agroecologia: introdução de conceitos. In: AQUINO, A. M. (Ed.). **Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológica, 2005.

FERNANDES, L. A.; LOPES, P. S. N.; D'ANGELO, S.; DAYRELL, C. A.; SAMPAIO, R. A. Relação entre o conhecimento local, atributos químicos e físicos do solo e uso das terras. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, 2008.

FERRAZ, J. M. G. **As Dimensões da Sustentabilidade e seus Indicadores**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003.

FRASER, E. D. G.; DOUGILL, A. J.; MABEE, W. E.; REED, M.; MCALPENE, P. Bottom up and top down: Analysis of participatory processes for sustainability indicator identification as a pathway to community empowerment and sustainable environmental management. **Journal of Environmental Management**, [S.l.], v. 78, 2005.

FOREST STEWARDSHIP COUNCIL. **Princípios e critérios para o manejo de florestas**. Brasília: [s.n.], 1996.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo**. Lavras: FAEPE, 2001.

GLIESSMAN, S. R.; **Field and laboratory investigations in agroecology**. [S.l.]: Boca Raton, 2000.

GLORIA, N. A. **Resíduos industriais como fonte de matéria orgânica**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrárias, 1992.

GONZALES, M. I. M.; GALLARDO, J. F. El efect ohojarasca: uma revision. **Anales de edafologia y agrobiologia**, Madrid, v. 41, n. 5/6, p. 1129-1157, 1982.

GOTSCH, E. **Break-through in agriculture**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1995.

GRADISKI, L. N. **Parâmetros florísticos e fitossociológicos da regeneração natural em áreas de empréstimo na Ilha da Madeira-RJ, sob diferentes medidas biológicas**. 2002. 83 f. Monografia (Especialização em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

GRANATSTEIN, D.; BEZDICEK, D. F. The need for a soil quality index: Local and regional perspectives. **America Journal of Alternative Agriculture**, [S.l.], v. 7, p. 12-16, 1992.

HREN, B. J.; BARTOLOMEO, N.; SIGNER, M. **Monitoring sustainability in your community**. Gaithersburg: IWLA, 1995. 20 p.

IKPE, F. N.; OWOEYE, L. G.; GICHURU, M. P. Nutrient recycling potential of *Tephrosia candida* in cropping systems of southeastern Nigeria. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, [S.l.], v. 67, p.129-136, 2003.

IWATA, B. F.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJOS, A. S. F.; NUNES, L. A. P. L.; GEHRING, C.; CAMPOS, L. P. Sistemas Agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho Amarelo do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, [S.l.], v. 16, n. 7, p. 730-738, 2012.

JOSE, S. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. **Agroforest systems**, [S.l.], v. 76, 2009.

KETTERINGS, Q. M.; VANNOORDWIJK, M.; BIGHAM, J. M. Soil phosphorus availability after slash and burn fires of different intensities in rubber agroforests in Sumatra, Indonesia. **Agriculture, Ecosystems and Environments**, [S.l.], v. 92, p. 37-48, 2002.

KONIG, 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**, [S.l.], v. 72, p. 45-52, 2002.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos Editora, 2000.

LEITE, F. L.; CALDAS, M. M.; SIMMONS, C.; PERS, S. G.; ALDRICH, S.; WALKER, R. T. **The social viability and environmental sustainability of direct action land reform settlements in the Amazon**. [S.l.]: Environ Dev Sustain, 2011.

LEKHA, A.; GUPTA, S. R. **Decomposition of *Popolu* sand *Leucaena* leaf litter in an agroforestry system**. Environmental Science and Foresty, Suracuse, v. 15, p. 97-108. 1989.

LEWIS, T. E. **Selecting and testing indicador of forest health**. México: Forest Service, 1995.

LIMA, S. S. **Impacto do manejo agroflorestal sobre a dinâmica de nutrientes e a macrofauna invertebrada nos compartimentos serapilheira-solo em área de transição no norte do Piauí**. 2008. 76 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2008.

LIMA, S. S.; LEITE, L. F. C.; AQUINO, A. M.; OLIVEIRA, F. C.; CASTRO, A. A. J. F. Serapilheira e teores de nutrientes em Gleissolo sob diferentes manejos no norte do Piauí. **Revista Árvores**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 75-85, 2010.

LIMON, J. A. G.; FERNANDEZ, G. S. Empirical evaluation of agricultural sustainability using composite indicators. **Ecological Economics**, [S.l.], v. 69, 2009.

MAC DICKEN, K. G.; VERGARA, N. T. **Agroforestry**: Classification and management. New York: John Wiley & Sons, 1990. 382 p.

MACEDO, R. L. G. **Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais**. Lavras: FAEPE, 2000.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S. Frações de nitrogênio em Luvissoles sob sistemas agroflorestais e convencional no semiárido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.], v. 32, p. 381-392, 2008.

MALAVOLTA, E. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agron. Ceres, 1980. 251 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1995.

MARTIUS, C.; HÖFER, H.; GARCIA, M. V. B.; RÖMBKE, J.; HANAGARTH, W. Litter fall, litter stocks and decomposition rates in rainforest and agroforestry sites in central Amazonia. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, [S.l.], v. 68, p.137-154, 2004.

MARZALL, K. **Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas**. 1999. 190 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

MASON, C. F. **Decomposição**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1980.

MCNEELY, J. A.; SCHROTH, G. Agroforestry and biodiversity conservation: traditional practices, present dynamics, and lessons for the future. **Biodiversity and Conservation**, [S.l.], v. 15, 2005.

MENDONÇA, E. S. Oxidação da matéria orgânica e sua relação com diferentes formas de alumínio de Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.], v. 19, p.925-30, 1995.

MENDOZA, A. M.; PRABYU, R. Qualitative multi criteria approaches aches to assessing indicators of sustainable Forest resource management. **Forest Ecology and Management**, [S.l.], v. 50, p. 85-92, 2003.

MONTAGNINI, F.; JORDAN, C. Recycle de nutrientes. In: GUARIGUATA, M. R.; KATTAN, G. H. (Ed.). **Ecología y conservación de bosques neotropicales**. Catago: LUR, 2002. cap. 13.

MONTEIRO, M. T. **Carbono, Nitrogênio e Atividade da Biomassa Microbiana**: Indicadores da Qualidade do Solo e da Serapilheira em Sítios Florestais do Norte Fluminense. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2001.

NAIR, P. K. R. Agroforestry systems and environmental quality: introduction. **Journal of Environmental Quality**, [S.l.], v. 40, 2011.

OELBERMANN, M.; VORONEY, R. P.; THEVATHASAN, N. V.; GORDON, A. M.; KASS, D. C. L.; SCHLONVOIGT, A. M. Soil carbon dynamics and residue stabilization in a Costa Rican and southern Canadian alley cropping system. **Agroforestry System**, [S.l.], v. 68, p. 27-36, 2006.

PAUL, E. A; CLARK, F. E. **Soil microbiology and biochemistry**. San Diego: Academic Press. 1989. 275 p.

PENEIREIRO, F. M. **Sistemas Agroflorestais dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso**. 1999. 138 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

PEREIRA, M. G.; MENEZES, L. F. T.; SCHULTZ, N. Aporte e decomposição da serapilheira na floresta atlântica, Ilha da Marambaia, Mangaratiba, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 4, p. 443-454, out./dez., 2008.

POLYAKOVA, O.; BILLOR, N. Impact of deciduous tree species on litterfall quality, decomposition rates and nutrient circulation in pine stands. **Forest Ecology and Management**, [S.l.], v. 253, n. 3, p.11-18, 2007.

PRABHU, R. E. Potencial de los indicadores: indicadores con sensibilidad social. **Revista Forestal Centro americana**, Turrialba, v. 6, p. 29-52, 2000.

REED, M. S.; DOUGILL, A. J.; BAKER, T. R. Participatory indicator development: what can ecologists and local communities learn from each other? **Ecological Applications**, [S.l.], v. 18, n. 5, 2008.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. A. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5º Aproximação**. Viçosa: [s.n.], 1999.

RODRIGUES, A. C. G. Soil organic matter, nutrient cycling and biological dinitrogen - fixation in agroforestry systems. **Agroforest Systems**, [S.l.], v. 81, 2011.

SALGADO, B. G.; MACEDO, R. L. G.; ALVARENGA, M. I. N.; VENTURIN, N. Avaliação da fertilidade dos solos de sistemas agroflorestais com cafeeiro (*Coffea arábica* L.) em Lavras – MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 343-349, 2006.

SANDERS, D. W. International activities in assessing and monitoring soil degradation. **American Journal of Alternative Agriculture**, [S.l.], v. 7, p. 17-24, 1992.

SANTANA, D. P.; BAHIA FILHO, A. C. Qualidade do solo: uma visão holística. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, [S.l.], v. 27, p. 15-18, 2002.

SANTANA, J. A. 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 Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2005.

SANTOS, J. T.; ANDRADE, A. P.; SILVA, I. F.; SILVA, D. S.; SANTOS, E. M.; SILVA, A. P. G. Atributos físicos e químicos do solo de áreas sob pastejo na microrregião do Brejo Paraibano. **Ciência Rural**, [S.l.], v. 40, n. 12, dez. 2010.

SAUER, S. **Reforma agrária e geração de empregos no meio rural**. São Paulo: ABET, 1998.

SCHROTH, G., SINCLAIR, F. **Trees crops and soil fertility: concepts and research methods**. Wallingford: [s.n.], 2003.

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**, [S.l.], v. 28, n.1, p. 29-37, 2004.

SEASTEDT, T. R. The role of microarth opods in decomposition and mineralization processes. **Annual review of entomology**, [S.l.], v. 29, p. 25-46. 1984.

SHERWOOD, S.; UPHOFF, N. Soil health: Research, practice and policy for a more regenerative agriculture. **Applied Soil Ecology**, [S.l.], v. 15, p. 85-97, 2000.

SHUKLA, M. K.; LAL, R. Erosional effects on soil organic carbon stock in an on-farm study on Alfisols in west central Ohio. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 81, n. 2, p. 173-181, Apr. 2005.

SILVA, C. M.; **Agricultura alternativa e sustentabilidade: o caso do Assentamento Novas Vidas em Ocara, Ceará**. 2004. 101 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2004.

SILVA, D. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; OLIVEIRA, A. H.; SOUZA, F. S.; MARTINS, S. G.; MACEDO, R. L. G. Atributos do solo em sistemas

agroflorestais, cultivo convencional e floresta nativa. **Revista de Estudos Ambientais**, [S.l.], v. 13, n. 1, p. 77-86, jan./jun. 2011.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C.; **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002.

SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N.; FERREIRA, M. M. Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo da bacia do alto do Rio Grande – MG. **Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 719-730, jul./ago., 2005.

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

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotechnology do solo: fundamentos e as Perspectivas**. Brasília: Ministério da Educação, 1988.

SMILEY, G. L.; KROSCHER, J. Temporal change in carbon stocks of cocoa-gliricidia agroforests in Central Sulawesi, Indonesia. **Agroforestry System**, [S.l.], v. 73, p. 219-231, 2008.

SOARES, J. L. N. **Modelo Agroecológico de Desenvolvimento Rural para os Projetos de Reforma Agrária no Cerrado**. Belém: [s.n.], 2005.

SPAVOREK, G. **A qualidade dos assentamentos da reforma agrária brasileira**. São Paulo: Páginas & Letras, 2003.

TILMAN, D.; CASSMAN, K. G.; NAYLOR, M. R.; POLASKY, S. **Agricultural sustainability and intensive production practices**. *Nature*, [S.l.], v. 418, p.671-677, 2002.

TOLEDO, L. O.; PEREIRA, M. G.; MENEZES, C. E. G. Produção e transferência de nutrientes em florestas secundárias localizadas na região de Pinheiral, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, p. 9-16, 2002.

TSUKAMOTO FILHO, A. de A.; MACEDO, R. L. R. G. Potencial de estabelecimento de *Euterpe edulis* Martius em sistemas agroflorestais na região de Lavras – Minas Gerais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS, 5., 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: [s.n.], 1999.

VOHLANDA, K.; SCHROTH, 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**, [S.l.], v.13, n.1, p. 57-68, 1999.

WAKSMAN, S. **Principles of soil microbiology**. 2. ed. Baltimore: Williams, 1952.