

GERMANA PLATÃO ROCHA

**ESTOQUE DE CARBONO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO NORTE
DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ciências Agrárias, 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: **Luiz Arnaldo Fernandes**

Montes Claros
2013

Rocha, Germana Platão.

R672e
2013

Estoque de Carbono em Sistemas Agroflorestais no Norte de Minas Gerais / Germana Platão Rocha. Montes Claros, MG: Instituto de Ciências Agrárias/UFMG, 2013.

66 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: Igo Fernando Lepsch, Christian Dias Cabacinha, Regynaldo Arruda Sampaio, Luiz Arnaldo Fernandes.

Inclui bibliografia: f: 62-66.

1. Carbono – Estoque. 2. Sistema Agroflorestal – Norte de Minas Gerais. Fernandes, Luiz Arnaldo. II. Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais. III. Título.

CDU: 631.95

GERMANA PLATÃO ROCHA

ESTOQUE DE CARBONO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO NORTE
DE MINAS GERAIS

Prof. Igor Fernando Lepsch
(USP)

Prof. Christian Dias Cabacinha
(UFMG)

Prof. Reginaldo Arruda Sampaio
(UFMG)

Prof. Luiz Arnaldo Fernandes
Orientador (UFMG)

Aprovada em 21 de dezembro de 2012.

Montes Claros
2013

AGRADECIMENTOS

Em especial, agradeço a Deus, por sua presença constante em minha caminhada.

Aos agricultores (as) do Norte de Minas Gerais por nos transmitirem, humildemente, tanta sabedoria e ensinamentos. Por se tornarem tão essenciais ao meu crescimento. E, principalmente, as agricultoras e aos agricultores do Projeto de Assentamento Americana, onde desenvolvi esta pesquisa, onde compartilhei momentos maravilhosos, onde dei ótimas risadas, dividi minhas angústias e troquei experiências inesquecíveis. Agradeço, particularmente, a Eley, ao Cido e aos seus filhos Miriam (Bia), Elias e Mariana (Mari), que me acolheram como filha e irmã em sua casa. Aos agricultores João Altino e Cristovino por não medirem esforços e nos ajudar em nossos trabalhos de campo e claro por compartilharem conosco incontáveis conhecimentos sobre seus Sistemas Agroflorestais e experiências de vida.

Aos amigos e amigas do Centro de Agricultura Alternativa (CAA-NM), responsáveis por serem a ponte que me conectou ao o povo tradicional do Norte de Minas Gerais e suas paisagens únicas.

Agradeço eternamente ao Núcleo de Agricultura Sustentável do Cerrado (NASCer), tão fundamental na minha formação profissional e intelectual, além de ter me concedido amigos e amigas que irei levar para sempre em meu coração e memória.

Ao professor Luiz Arnaldo o apoio, as conversas, os desabafos, os ensinamentos, a paciência infinita e por acreditar na minha capacidade em desenvolver este trabalho.

À minha amiga Natalinha que mesmo tão distante, foi essencial no desenvolvimento desta pesquisa, soube me apoiar carinhosamente nos momentos difíceis e ser minha leal companheira, acima de tudo.

Às companheiras de muitos trabalhos e diversões: Anna Crystina, Aldenir e Priscila, pelas ótimas risadas.

À minha amiga Muri e sua à família, por serem exemplo de força. Muri fez toda a diferença em minha vida nesses últimos anos.

E ao meu amor, Luciano, por me fazer uma pessoa melhor sempre, por não medir esforços para me apoiar e por ser meu companheiro dia após dia, jornada após jornada.

Dedico esse trabalho à minha família, ao pai Rocha e à minha mãe Lúcia pelo amor incondicional e ao meu irmão Pi meu exemplo de superação, e minha paixão.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 2 - ESTOQUE DE CARBONO NA BIOMASSA VEGETAL E NA SERAPILHEIRA DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO NORTE DE MINAS GERAIS

- Figura 1-** Localização do Projeto de Assentamento Americana, em Grão Mogol, norte do estado de Minas Gerais..... **22**
- Figura 2-** Esquema dos Sistemas Agroflorestais do cerrado **23**
- Figura 3-** a) Demarcação das áreas de estudo; b) Medição da altura dos indivíduos arbóreos com o auxílio de uma régua topográfica; c) Medição do diâmetro dos indivíduos arbóreos com o auxílio de uma fita métrica**25**
- Grafico 1-** Distribuição dos indivíduos por classes de diâmetros nas áreas de Sistema Agroflorestal e Vegetação Nativa adjacente no P.A. Americana, no município de Grão Mogol, norte do estado de Minas Gerais **37**
- Grafico 2-** Estratificação das áreas de SAF e Vegetação Nativa sob Latossolo e Gleissolo do P.A. Americana, município de Grão Mogol, norte do estado de Minas Gerais..... **38**
- Quadro 1-** Classificação sucessional das espécies registradas nas áreas de Vegetação Nativa (VN) adjacente no P.A. Americana, no município de Grão Mogol, norte do estado de Minas Gerais.....**32**
- Quadro 2-** Nome popular das espécies registradas nas áreas de Sistemas Agroflorestal e Vegetação Nativa do P.A. Americana, no município de Grão Mogol, norte do estado de Minas Gerais **33**

CAPÍTULO 3 - ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO NORTE DE MINAS GERAIS

- Figura 1-** Localização do Projeto de Assentamento Americana, município de Grão Mogol, norte do estado de Minas gerais **51**
- Figura 2-** Esquema dos Sistemas Agroflorestais do cerrado adjacente na área de estudo **52**

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2 - ESTOQUE DE CARBONO NA BIOMASSA VEGETAL E NA SERAPILHEIRA DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO NORTE DE MINAS GERAIS

- 1- Família, espécie e número de indivíduos/ha das espécies registradas nas áreas sob Latossolo no P.A. Americana, no município de Grão Mogol, norte do estado de Minas Gerais..... **29**
- 2- Família, espécie e número de indivíduos por hectare das espécies registradas nas áreas sob Gleissolo no P.A. Americana, no município de Grão Mogol, norte do estado de Minas Gerais **31**
- 3- Valores mínimos e máximos, média e intervalo de confiança, relativos à altura, ao diâmetro, à biomassa lenhosa e ao estoque de carbono das espécies arbóreas registradas nas áreas de Mata Nativa e SAF no P.A. Americana, no município de Grão Mogol, norte do estado de Minas Gerais **35**
- 4- Biomassa seca (BS), teor (COT) e estoque de carbono na serapilheira dos Sistemas Agroflorestais e das áreas de Vegetação Nativa do P.A. Americana, no município de Grão Mogol, norte do estado de Minas Gerais **39**

CAPÍTULO 3 - ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO NORTE DE MINAS GERAIS

- 1- Média e intervalo de confiança da densidade, teor e estoque de carbono do solo das áreas de Sistema Agroflorestal e Vegetação Nativa sob Latossolodo P.A Americana, no município de Grão Mogol, norte do Estado de Minas Gerais **55**
- 2- Média e intervalo de confiança da densidade, teor e estoque de carbono do solo das áreas de Sistema Agroflorestal e Vegetação Nativa sob Gleissolo do P.A Americana, no município de Grão Mogol, norte do Estado de Minas Gerais **56**

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – REFERENCIAL TEÓRICO	9
1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 Sistemas Agroflorestais.....	11
2.2 Sequestro de carbono em Sistemas Agroflorestais	12
2.3 Carbono estocado no solo e deposição de serapilheira em Sistemas Agroflorestais	14
CAPÍTULO 2 - ESTOQUE DE CARBONO NA BIOMASSA VEGETAL E NA SERAPILHEIRA DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO NORTE DE MINAS GERAIS	17
RESUMO.....	17
ABSTRACT	18
1 INTRODUÇÃO	19
2 MATERIAL E MÉTODOS	22
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4 CONCLUSÃO	45
CAPÍTULO 3 - ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO NORTE DE MINAS GERAIS	46
RESUMO.....	46
ABSTRACT	47
1 INTRODUÇÃO	48
2 MATERIAL E MÉTODOS	51
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4 CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS.....	62

CAPÍTULO 1 – REFERENCIAL TEÓRICO

1 INTRODUÇÃO

A concentração de gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera tem aumentado significativamente desde o início da Revolução Industrial. A utilização dos recursos naturais tais como carvão, petróleo e áreas florestadas, fez com que a quantidade de gases na atmosfera, principalmente o CO₂, aumentasse até os dias de hoje (IPCC, 2007).

Pesquisas evidenciam que sistemas naturais em todos os continentes estão sofrendo alterações devido às mudanças climáticas (IPCC, 2007). Tais alterações estão vinculadas em parte aos desmatamentos de sistemas florestais para o estabelecimento de sistemas agrícolas ou pastagens o que implica em transferência de carbono da biosfera para atmosfera, potencializando o aquecimento global (NOBRE; SAMPAIO; SALAZAR, 2007).

Atualmente, buscam-se práticas que visam à mitigação do aquecimento global, sem perder de vista a produção de alimentos e o desenvolvimento sustentável, como, por exemplo, o estabelecimento de sistemas de produção eficazes para o sequestro e o armazenamento de C na biomassa e no solo.

Os agroecossistemas representam uma opção para os agricultores não somente para proporcionar valor ecológico aos seus produtos e propiciar a captação de carbono como também para contar como uma fonte econômica que lhes permita integrar-se ao desenvolvimento sustentável de sua região. A produção em Sistemas Agroflorestais se torna uma opção a mais de geração de renda para os agricultores, pois esses podem vir a receber pelos serviços ambientais prestados, uma vez que eles conservam e desenvolvem sistemas produtivos responsáveis pela captura e pelo armazenamento de CO₂.

Do ponto de vista legal, os SAFs atendem aos requisitos da Constituição Federal de 1988, no seu artigo 5º, no que diz respeito a função social das propriedades rurais. Esses sistemas produtivos são uma alternativa para a recuperação e o uso de Áreas de Preservação Permanente

(APP), conforme resolução Conama 429, de 28 de fevereiro de 2011, que dispõe sobre metodologias de recuperação de APPs. Também pode 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.

Portanto, é importante que se desenvolvam mais pesquisas relacionadas ao potencial de sequestro e ao armazenamento de carbono em Sistemas Agroflorestais, pois esses, além serem um instrumento importante para mitigar os problemas do efeito estufa, podem atuar também como fonte de renda alternativa para os agricultores responsáveis por promover ações legítimas de preservação, de conservação, de recuperação e de uso sustentável de recursos naturais.

Dessa forma, a presente pesquisa teve como objetivo comparar os estoques de carbono armazenados na biomassa vegetal acima do solo, na serapilheira e no solo e realizar a caracterização florística e estrutural de três Sistemas Agroflorestais e de áreas de vegetação nativa próximas aos sistemas, no Projeto de Assentamento no município de Grão Mogol, norte do estado de Minas Gerais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistemas Agroflorestais

Os Sistemas Agroflorestais (SAF) são um sistema de uso da terra onde espécies florestais e não florestais são cultivadas simultaneamente com cultivos anuais ou perenes. Os Sistemas Agroflorestais frequentemente são admitidos como um das formas mais adequadas de desenvolvimento nos trópicos, junto com o manejo de florestas secundárias (capoeiras) e reflorestamentos (SANTOS; MIRANDA; TOURINHO, 2004). Segundo Smith *et al.* (1998), do ponto de vista ambiental e econômico esses sistemas surgem como instrumentos capazes de contribuir para a mitigação de gases do efeito estufa.

Os Sistemas Agroflorestais tornaram-se mundialmente conhecidos nas últimas décadas como uma abordagem integrada para o uso sustentável da terra por causa da sua forma de produção e de seus benefícios ambientais (NAIR; KUMAR; NAIR, 2009). Os manejos adotados nesses sistemas objetivam atingir o maior aproveitamento possível dos recursos locais com menores custos e o mínimo de intervenção para que o ecossistema não perca sua função e/ou estrutura (COGLIATTI, 2004).

No Brasil, a produção agrícola, a partir de Sistemas Agroflorestais está expandindo, bem como estudos sobre a dinâmica dos SAFs com ênfase na agricultura familiar (BRANCHER, 2010). Esses sistemas produtivos permitem a recuperação de áreas degradadas, a produção diversificada de cultivos (alimentares, madeireiros e medicinais), além de gerar serviços ambientais, como aumento de matéria orgânica no solo, conservação da biodiversidade e constituem importantes sistemas de sequestro de carbono (CO₂) da atmosfera (BOLFE; BATISTELLA; FERREIRA, 2011).

O uso de práticas de manejo agroflorestal aliado a práticas de conservação do solo, pode, potencialmente, mitigar e reduzir as emissões de carbono, sequestrando e fixando o maior tempo possível o carbono na biomassa vegetal e no solo. Em Sistemas Agroflorestais, o processo se logra

por meio da fotossíntese e no solo, por meio da decomposição e da mineralização da matéria orgânica (DIXON, 1995).

2.2 Sequestro de carbono em Sistemas Agroflorestais

O sequestro de carbono foi lançado na Convenção do Clima da ONU como um instrumento para limitar e/ou reduzir as emissões de Gases Efeito Estufa (GEE) dos países com metas de redução. É uma das modalidades dentro do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Protocolo de Kyoto para mitigar o aquecimento global. O conceito de sequestro de carbono refere-se à mitigação biológica, ou seja, à forma natural que as plantas usam para absorver o gás carbônico (CO₂) da atmosfera por meio da fotossíntese. O CO₂ que é fixado promove o crescimento da matéria lenhosa vegetal (KURZATKOWSKI, 2007).

As mudanças ocorridas em ecossistemas naturais, decorrentes de distúrbios naturais e antrópicos estão interferindo no fluxo natural do carbono na atmosfera. Em conformidade com Carvalho *et al.* (2010), estimativas apontam que as conversões de ecossistemas nativos para agroecossistemas, somadas à agricultura contribuem atualmente com aproximadamente 24% das emissões mundiais de CO₂. Entre os sistemas de uso da terra, os Sistemas Agroflorestais são aqueles que acumulam o maior ativo de biomassa (OSTERROHT, 2002) e, conseqüentemente, possuem o maior potencial de estoque de carbono, ficando atrás somente das florestas primárias e secundárias (NAIR; KUMAR; NAIR, 2004; SERRÃO, 1995).

Atualmente, espera-se encontrar sistemas de produção eficazes no sequestro e posterior armazenamento de carbono na biomassa vegetal e no solo, em especial, sistemas cujos principais componentes florísticos são arbóreos devido ao seu rápido crescimento e à elevada produtividade (NAIR; KUMAR; NAIR, 2009). Essa demanda tem se intensificado a partir do último relatório do IPCC (2007), onde se destaca que atividades agrícolas, aliadas ao manejo de florestas podem reduzir de forma considerável as emissões de CO₂ e aumentar as remoções desse gás da atmosfera CO₂, com baixos

custos. Na avaliação do sequestro de CO₂ pelos Sistemas Agroflorestais, deve-se levar em consideração o ciclo do carbono nos sistemas e os seus reservatórios como solo, biomassa acima do solo e serapilheira (BRANCHER, 2010).

A estimativa de biomassa acima do solo e do carbono presente no solo é imprescindível aos estudos do balanço global de carbono (KETTERINGS; NOORDWIJK; AMBAGAU, 2001). Porém a dificuldade de se encontrar métodos rigorosos para a estimativa de carbono em Sistemas Agroflorestais compromete o entendimento do processo de conversão de CO₂ nesses ambientes (NAIR; KUMAR; NAIR, 2009; PAIVA; REZENDE; PEREIRA, 2011).

Para a estimativa da biomassa e do estoque de carbono presentes na parte aérea de um ecossistema, utiliza-se o método direto (destrutivo) ou o método indireto (não destrutivo). O método direto baseia-se na estimativa por meio da amostragem destrutiva. Esse método é mais acurado e eficaz, porém a sua complexidade pode tornar os trabalhos de campo mais demorados (SANTOS; MIRANDA; TOURINHO, 2004), uma vez que o método exige a seleção e a derrubada de árvores de uma área e posterior pesagem das mesmas (SOARES; LEITE; GORGENS, 2005). O método indireto é preferencialmente utilizado para facilitar o trabalho de campo e diminuir o custo de coleta de dados é um método mais ágil, pois não é necessário cortar, pesar e nem secar indivíduos arbóreos, pode amostrar uma área maior e maior número de indivíduos, pois utiliza variáveis mais facilmente obtidas no campo, como o diâmetro e a altura (SOARES; LEITE; GORGENS, 2005).

Porém esse método está sujeito a erros que nem sempre são mencionados nos trabalhos que o utilizam (SANTOS; MIRANDA; TOURINHO, 2004). O manejo de SAFs implica em um sistema produtivo diversificado que apresenta espécies com diferentes portes e densidades e constituição de estratos (DELLITI; MEGURA; PAUSAS, 2006), podendo essas características dificultarem generalizações de métodos indiretos

ocasionando erros de estimativas de biomassa acima do solo (NAIR; KUMAR; NAIR, 2009).

2.3 Carbono estocado no solo e deposição de serapilheira em Sistemas Agroflorestais

O carbono presente no solo é fundamental no equilíbrio do seu ciclo global, pois se estima que o carbono estocado no solo equivale a cerca de três vezes a quantidade de carbono no reservatório biótico e duas vezes a quantidade contida na atmosfera terrestre (CARVALHO *et al.*, 2010)

A intervenção humana nos ecossistemas naturais para a implantação de atividades agrícolas diminui os estoques de carbono orgânico dos solos, sendo que as perdas chegam a mais de 50% dos teores iniciais, em períodos relativamente curtos (menos de 10 anos), especialmente nos solos onde as práticas de manejo do solo são menos conservacionistas (RANGEL *et al.*, 2007).

Segundo Costa *et al.* (2008), sistemas produtivos que aumentem a adição de resíduos vegetais e a retenção de C no solo se constituem em alternativas importantes para aumentar a capacidade desses sistemas de dreno do carbono atmosférico. Os solos agrícolas podem atuar como dreno ou fonte de gases de efeito estufa (GEE), dependendo do sistema de manejo a que forem submetidos (IPCC, 2007). Em Sistemas Agroflorestais, o componente arbóreo, além de contribuir com a diminuição da erosão e da perda de água, ajuda na ciclagem de nutrientes e na manutenção de matéria orgânica, melhorando a estrutura do solo (CAMPANHA *et al.*, 2007).

Os estoques de matéria orgânica do solo (MOS) em qualquer agroecossistema são obtidos pela interação dos fatores que determinam a sua formação e aqueles que promovem a sua decomposição. A redução de matéria orgânica a partir de mudanças do uso do solo se deve em parte, ao aumento da erosão do solo, à aceleração da mineralização da matéria orgânica, à oxidação do carbono orgânico do solo e aos menores aportes

orgânicos em sistemas manejados comparativamente às florestas nativas (HOUGHTON; SKOLE; LEFKOWITZ, 1991; LEITE *et al.*, 2003).

Em sistemas agrícolas, a dinâmica da MOS pode ser influenciada não só pelo manejo, por meio da seleção de culturas e de formas de preparo do solo, mas também pela adição de materiais orgânicos que influem positivamente nos processos biológicos de decomposição e de mineralização da MOS (MACHADO, 2005).

De acordo com Machado (2005), o carbono orgânico do solo está presente na matéria orgânica viva, constituída por microrganismos (fungos e bactérias), macrorganismos (minhocas e ácaros) além das raízes, e na matéria orgânica morta, composta basicamente pela serapilheira, ou seja, resíduos vegetais.

A serapilheira é constituída por materiais vegetais depositados na superfície do solo, tais como folhas, cascas, ramos, troncos, gravetos, flores, inflorescências, frutos, sementes e fragmentos vegetais não identificáveis (CIANCIARUSO *et al.*, 2006). Constitui-se um importante compartimento florestal, principal responsável pela ciclagem dos nutrientes (SCHUMACHER *et al.*, 2004). Em ecossistemas florestais, a ciclagem de nutrientes ocorre principalmente por meio da deposição de serapilheira, que determina a quantidade de nutrientes liberados pela vegetação, enquanto a sua decomposição caracteriza o retorno efetivo desses nutrientes ao solo (TERROR; SOUSA; KOZOVITS, 2011).

Silveira *et al.* (2007) admitem que a presença do componente arbóreo e da biodiversidade constituinte de sistemas produtivos, como os SAFs, contribui significativamente no aporte de serapilheira e nutrientes no solo, além de conferir ao sistema maior estabilidade. Sistemas Agroflorestais se bem planejados podem aproximar-se ecologicamente de ecossistemas naturais, recuperando funções essenciais para a sustentabilidade como a ciclagem de nutrientes (ARATO *et al.*, 2003).

Diversos fatores podem influenciar a produção de serapilheira em Sistemas Agroflorestais, tais como, as condições climáticas, espécies que compõem o sistema, estrutura da vegetação, estágio sucessional da

vegetação local, características edáficas, grau de perturbação e manejo empregado (MACHADO, 2005; VIDAL *et al.*, 2007).

CAPÍTULO 2 - ESTOQUE DE CARBONO NA BIOMASSA VEGETAL E NA SERAPILHEIRA DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO NORTE DE MINAS GERAIS

RESUMO

Esta pesquisa apresenta a estimativa da biomassa vegetal (BV) acima do solo e estoque de carbono (EC) de três Sistemas Agroflorestais (SAF1, SAF2 e SAF3) e de duas áreas de vegetação nativa adjacentes, no Projeto de Assentamento (P.A.) Americana, município de Grão Mogol, norte do estado de Minas Gerais. As áreas de estudo foram divididas em cinco parcelas de 4 x 25 m, onde se desenvolveu o inventário florestal, que subsidiou a estimativa de BV. Foram analisados, também, a distribuição diamétrica e a estratificação vertical dos indivíduos registrados. Foram identificados 796 indivíduos/ha, com diâmetro medido a 1,30 m do solo (DAP) \geq a 5 cm. O estoque de carbono nos Sistemas Agroflorestais e em suas respectivas áreas de vegetação nativa é semelhante e contribui igualmente para a redução do carbono da atmosfera.

Palavras-chave: SAF. Cerrado. Biomassa. Carbono.

**CHAPTER 2 – CARBON STOCK IN THE VEGETABLE BIOMASS AND IN
THE LITTER OF AGROFORESTRY SYSTEMS IN NORTH OF MINAS
GERAIS**

ABSTRACT

This research presents an estimated vegetable biomass (VB) and above ground carbon stock (CS) three Agroforestry Systems (AFS1, AFS2 and AFS3) and of the two areas of adjacent native vegetation to Settlement Project (SP) American, city of Grão Mogol, north of Minas Gerais State. The study areas were divided into five plots of 4 x 25 m, where developed the forest inventory, which supported the estimation of VB. It was analyzed also the diameter distribution and vertical stratification of individuals recorded. They were identified 796 individuals / ha, with a diameter measured 1.30m of the soil (DBH) \geq 5 cm. The carbon stock in the Agroforestry Systems and in their respective areas of native vegetation is similar and also contributes equally to the reduction of carbon from the atmosphere.

Keywords: AFS. *Cerrado*. Biomass. Carbon.

1 INTRODUÇÃO

O aumento do sequestro de carbono é uma das metas da Convenção do Clima da ONU como um instrumento para limitar e/ou reduzir as emissões de Gases Efeito Estufa (GEE). É uma das modalidades dentro do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Protocolo de Kyoto, para mitigar o aquecimento global. O conceito de sequestro de carbono refere-se à mitigação biológica, ou seja, à forma natural que as plantas usam para absorver o gás carbônico (CO₂) da atmosfera, por meio da fotossíntese (KURZATKOWSKI, 2007).

Os aumentos globais da concentração de dióxido de carbono na atmosfera estão associados às mudanças de uso do solo, como a substituição de extensas áreas de florestas nativas por pastagens e sistemas agrícolas, envolvendo desmatamentos e queimadas (PAIVA; REZENDE; PEREIRA, 2011), que constitui a segunda maior causa do aumento da concentração de CO₂ atmosférico, ficando atrás somente das emissões ocasionadas pelo uso de combustíveis fósseis (IPCC, 2007).

O ciclo global do carbono está associado aos ecossistemas tropicais que emitem e absorvem CO₂ da atmosfera. Portanto, qualquer alteração nesses ecossistemas, decorrente de distúrbios naturais e antrópicos, ocasionará mudanças nos fluxos de carbono em níveis que variam com a intensidade do distúrbio (PAIVA; REZENDE; PEREIRA, 2011). O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro (KLINK; MACHADO, 2005) conseqüentemente, representa uma parcela significativa dos ecossistemas tropicais do planeta. Alterações ocorridas nesse bioma trouxeram grandes danos ambientais; entre eles, erosão dos solos, poluição de aquíferos, degradação de ecossistemas e desequilíbrios no ciclo do carbono, causando possivelmente modificações climáticas regionais (KLINK; MACHADO, 2005).

Os Cerrados atuam como reservatórios de carbono, ao absorverem o gás da atmosfera e fixá-lo na biomassa vegetal em forma de madeira, porém a retirada e a posterior queima dessa biomassa fazem com que o carbono retido seja liberado novamente (AREVALO; ALEGRE; VILCAHUAMAN,

2002). Portanto, é importante a adoção de manejos que potencializem a capacidade dos Cerrados em sequestrar carbono da atmosfera e o fixem pelo maior tempo possível na biomassa e no solo.

Além do manejo de florestas, o uso de Sistemas Agroflorestais (SAFs) contribui para o sequestro de carbono, pois a adoção desses sistemas diminui a pressão sobre florestas naturais, que são, segundo Montagnini e Nair (2004), os ecossistemas terrestres mais eficientes na fixação de carbono. Esses autores sustentam que Sistemas Agroflorestais bem manejados e sob práticas de conservação do solo podem contribuir em curto prazo para o armazenamento de carbono nas árvores e no solo. Conforme Dixon (1995), o uso da terra, a partir da implantação de Sistemas Agroflorestais bem manejados, pode estocar até 228 Mg ha⁻¹ de C, incluindo o retido no solo.

Portanto, o uso de Sistemas Agroflorestais, o manejo de florestas secundárias e reflorestamentos são alternativas viáveis do ponto de vista ambiental e econômico (SANTOS; MIRANDA; TOURINHO, 2004). O manejo de SAFs permite a recuperação de áreas degradadas, a produção diversificada de cultivos (alimentares, madeireiros e medicinais), além de gerar serviços ambientais, como o aumento de matéria orgânica do solo, a conservação da biodiversidade e o sequestro de carbono da atmosfera (BOLFE; BATISTELLA; FERREIRA, 2011).

A estimativa de biomassa em florestas fornece informações sobre o estoque de nutrientes retidos na vegetação, sendo de grande importância nas atividades de manejo florestal, no que se refere ao uso sustentável dos recursos naturais e também as questões de clima, nas quais a biomassa é usada para estimar o estoque de carbono (SANTOS; MIRANDA; TOURINHO, 2004). É necessário encontrar sistemas de produção potencialmente capazes de sequestrar carbono e armazená-lo na biomassa e no solo, principalmente sistemas que possuem árvores como seu principal componente florístico. Porém a falta de estudos relacionados à quantificação da biomassa total nos Cerrados, bem como de agroecossistemas, como os SAFs, compromete o

entendimento do processo de conversão de CO₂ nesses ambientes (PAIVA; REZENDE; PEREIRA, 2011).

Nesse sentido, neste capítulo, comparou-se a biomassa vegetal acima do solo e da serapilheira e os seus respectivos estoques de carbono e fez-se a caracterização estrutural e florística de três SAFs e duas áreas de vegetação nativa adjacentes, no Projeto de Assentamento Americana, situado no município de Grão Mogol, norte do estado de Minas Gerais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado no Projeto de Assentamento Agroextrativista Americana, localizado no município de Grão Mogol, norte do estado de Minas Gerais (FIG. 1), cujas coordenadas geográficas são 16° 17' 55" de latitude sul e 43° 17' 41" de longitude oeste, no bioma Cerrado. O assentamento abriga 75 famílias em uma área de aproximadamente 18 mil hectares, sendo que a maior parte dos assentados é originária da própria região e se autodenomina geraizeira (FERNANDES *et al.*, 2008).

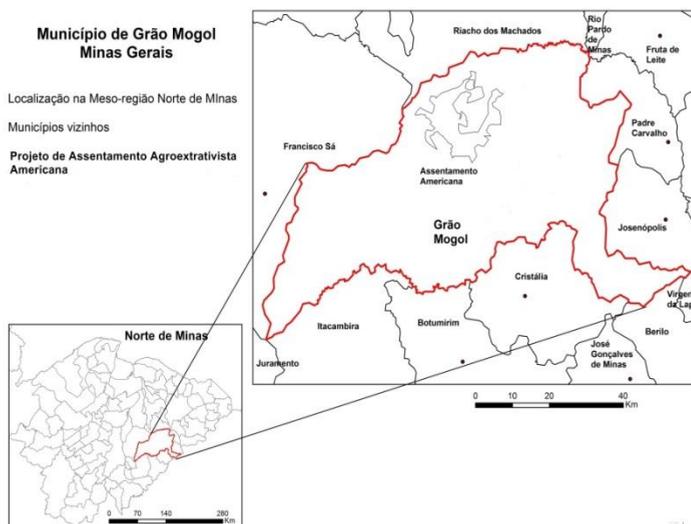


FIGURA 1 - Localização do Projeto de Assentamento Americana, em Grão Mogol, norte do estado de Minas Gerais

Fonte: Adaptada de CARVALHO, 2012.

No local de estudo, foram selecionados três Sistemas Agroflorestais distintos, que foram separados em dois grupos, 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, localizada na meia encosta, relevo suave ondulado com 2 a 5% de declividade, sob um Latossolo

Vermelho Amarelo (FIG. 2). Ambos os SAFs ocupam uma área aproximada de um hectare.

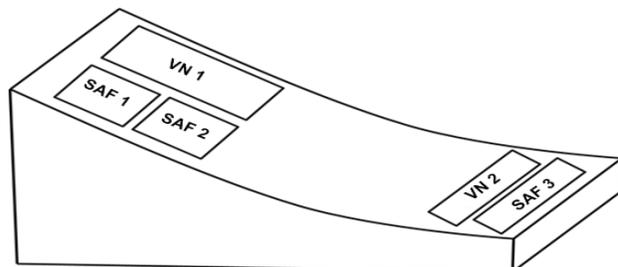


FIGURA 2 - Esquema dos Sistemas Agroflorestais do cerrado adjacente na área de estudo

Fonte: Da autora.

Na implantação desses sistemas, foram preservadas as espécies vegetais estratégicas, como, melíferas madeireiras, frutíferas e medicinais. Foram introduzidas novas espécies, de acordo com as características edafoclimáticas das áreas. Para fins de comparação, foi avaliada uma área de vegetação nativa adjacente (testemunha), denominada de VN 1. Na TAB. 1, são listadas as espécies arbóreas registradas nos SAFs 1 e 2 e na vegetação nativa adjacente.

O SAF 3 foi implantado também em 2003, em uma área de mata de galeria, na mesma encosta dos SAFs 1 e 2, numa antiga várzea de relevo plano com declividade menor de 2%, sob 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. Essa atividade ocorreu até o início da década de 1990, quando a área foi abandonada. Em 2003, quando o SAF 3 foi implantado, a espécie nativa predominante era o araçá (*Psidium firmum* O Berg.), que foi mantida em função do interesse comercial de seus frutos.

No SAF 3, as espécies introduzidas foram selecionadas, em função da tolerância à luminosidade e da fertilidade natural. Uma área de vegetação nativa adjacente, denominada VN 2, foi avaliada para fins de comparação. Na TAB. 2 são listadas as espécies do SAF 3 e da vegetação nativa adjacente.

Nos três SAFs estudados, o manejo das espécies arbóreas é realizado por meio de podas, para aumentar a disponibilidade de luz do sistema e

incorporar matéria orgânica ao solo. Tanto nas áreas de SAFs como nas áreas de vegetação nativa, os agricultores coletam frutos, sementes, óleos, cascas, produtos com fins medicinais e uma eventual extração de madeira para uso na propriedade. De modo geral, o SAF 3 apresenta uma cobertura vegetal em torno de 50% da área e o sub-bosque, relativamente aberto. Já os SAFs 1 e 2 apresentam uma cobertura vegetal mais densa. A idade desses SAFs é de 10 anos.

Coleta e análise de dados: inventário florestal e caracterização da vegetação lenhosa

Em cada área selecionada, foram locadas cinco parcelas iguais de 0,01 ha cada (4 x 25 m), delimitadas por estacas de madeira e barbante. Em cada uma das parcelas, foi realizado o inventário florestal da vegetação lenhosa, considerando-se apenas indivíduos vivos e mortos em pé, com o diâmetro tomado a 1,30 m do solo (DAP), das árvores com DAP maior ou igual a 5 cm. Mediu-se, também, a altura total (Ht) dos indivíduos com uma régua topográfica. Para obter o diâmetro, mediu-se, primeiro, a circunferência dos indivíduos, com o auxílio de uma fita métrica. Os valores da circunferência então foram divididos por $\pi = 3,14$, para estimar os diâmetros (FIG. 3).

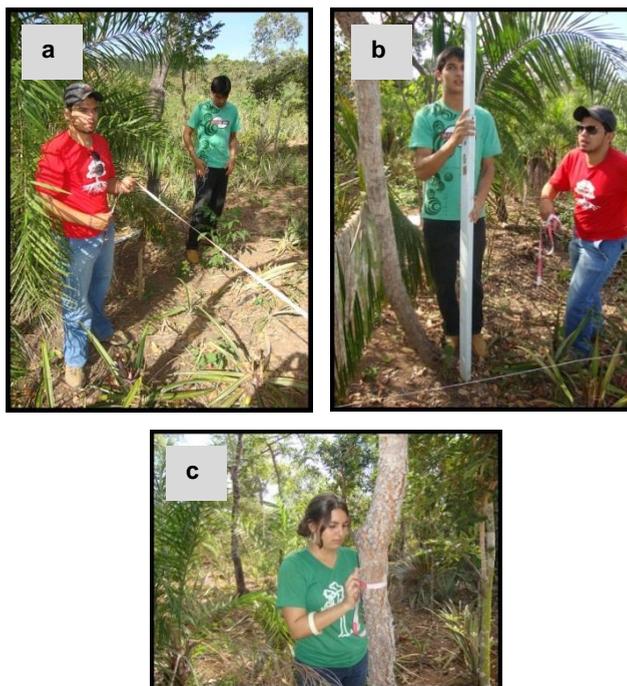


FIGURA 3 - a) Demarcação das áreas de estudo;
 b) Medição da altura dos indivíduos arbóreos com o auxílio de uma régua topográfica;
 c) Medição do diâmetro dos indivíduos arbóreos com o auxílio de uma fita métrica

Fonte: Da autora.

Os indivíduos inventariados eram marcados com fitas para que os mesmos não fossem medidos mais de uma vez. Para as árvores bifurcadas abaixo de 1,30 m do solo, mediram-se todos os fustes individualmente e, depois, obteve-se o DAP total por meio da equação:

$$\text{DAP médio} = \sqrt{(\sum \text{DAP}^2)}$$

Fez-se a distribuição dos diâmetros, em cada área de estudo, dos indivíduos registrados. Essa distribuição foi obtida a partir da fórmula de Spiegel (FELFILI; REZENDE, 2003):

$$nc = 1 + 3,3 \log(n)$$

Onde:

n = número de indivíduos.

$$IC = \frac{A}{nc}$$

Amplitude A = valor máximo – valor mínimo

Onde:

A = amplitude,

nc = número de classes,

ic = intervalo de classe.

A distribuição hipsométrica foi obtida pela mesma metodologia da distribuição diamétrica, considerando-se nesse caso, a variável altura.

A estratificação vertical foi definida a partir da variável altura (H) pela metodologia sugerida por Finol (1971). Primeiro, os indivíduos da população foram distribuídos em três estratos com limites definidos pela variabilidade dos dados da altura. O estrato (Hj) inferior foi composto pelos indivíduos que apresentaram altura total (H) menor que a altura média (Hm) menos uma unidade de desvio-padrão (Sh) das alturas: $H_j < (H_m - 1 Sh)$. O estrato (Hj) médio compreendeu os indivíduos cuja altura total estivessem compreendidos entre a média aritmética menos um desvio padrão e a média aritmética mais um desvio padrão: $(H_m - 1 Sh) \leq H_j \leq (H_m + 1 Sh)$. O estrato (Hj) superior foi composto pelos indivíduos com altura total superior à média aritmética mais um desvio padrão: $H_j > (H_m + 1 Sh)$.

Cada indivíduo foi identificado botanicamente ao nível espécie. Prosseguiu-se a identificação das famílias, segundo APG III (2009). A partir dos dados do inventário, foram determinados também o número de indivíduos de cada espécie por hectare (FELFILI; REZENDE, 2003). As espécies registradas nas áreas de vegetação nativa foram agrupadas de acordo com a sua classificação sucessional em pioneiras (PI), secundárias iniciais (SI), secundárias tardias (ST) e clímax (CI) (CABACINHA, 2008).

A biomassa vegetal (BV) e o estoque de carbono (EC) da vegetação arbórea foram calculados por meio do método indireto, devido à impossibilidade de derrubadas de árvores dos SAFs e das áreas de

vegetação nativa adjacente. O método indireto é mais ágil quando comparado ao método direto, pois não precisa derrubar, pesar e nem secar nenhum indivíduo; pode amostrar uma área maior e maior número de árvores, uma vez que utiliza variáveis facilmente obtidas em campo para a quantificação da biomassa, como DAP e Ht (SANTOS; MIRANDA; TOURINHO, 2004). A biomassa vegetal e o estoque de carbono foram expressos em megagrama por hectare, utilizando-se equações desenvolvidas por Scolforo e Oliveira (2008) para a vegetação de cerrado do município de Grão Mogol, norte do estado de Minas Gerais, como segue:

$$\ln(BV) = -10,22346863236 + 2,4684541946 * \ln(DAP) \\ + 0,4000186998 * \ln(HT)$$

$$R^2 = 97,14\%$$

$$Syx = 55,51$$

$$\ln(EC) = -11,3062230312 + 2,4702408600 * \ln(DAP) + \\ 0,5837634842 * \ln(HT)$$

$$R^2 = 95,77\%$$

$$Syx = 32,19\%$$

Onde:

DAP = diâmetro medido a 1,30 m do solo,

Ht = altura total,

BV = biomassa vegetal,

EC = estoque de carbono.

Esta equação considera todos os indivíduos lenhosos com diâmetro da base, tomado a 1,30 m do solo, igual ou superior a 5 cm.

Para a determinação do carbono estocado na serapilheira depositada no horizonte O do solo, foram coletadas 2 amostras aleatórias em cada uma das parcelas, totalizando 10 amostras por área de estudo. Nas parcelas, um quadrante de 0,5 m x 0,5 m foi lançado aleatoriamente duas vezes. A serapilheira presente dentro do quadrante foi coletada e o seu peso fresco total, registrado, em 0,25 m². Dessa amostra, retirou-se uma subamostra que foi seca em estufa de circulação forçada de ar a 75°C até obter o peso seco constante (AREVALO; ALEGRE; VILCAHUAMAN, 2002). Em seguida, foi

determinado o teor de carbono total pelo método Walkley-Black (TEDESCO *et al.*, 1995). Para estimar a biomassa seca da serapilheira em megagramas por hectare e o estoque de carbono, utilizou-se as seguintes equações:

$$BS \left(\frac{\text{Mg}}{\text{ha}} \right) = \left(\frac{\text{PSM}}{\text{PFM}} \right) * \text{PFT} * 0,04$$

$$EC \left(\frac{\text{Mg}}{\text{ha}} \right) = BS * X/100$$

Onde:

BS = biomassa seca,

PSM = peso seco da amostra,

PFM = peso fresco da amostra,

PFT = peso fresco total por metro quadrado,

0,04 = fator de conversão,

EC = estoque de carbono,

X = teor de carbono total.

Para cada área estudada, calcularam-se a média e o intervalo de confiança, utilizando-se o teste *t* de Student a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No levantamento florístico, foram amostrados em média 796 indivíduos/ha incluindo as áreas de Vegetação Nativa e Sistemas Agroflorestais (TAB. 1 e 2). Os indivíduos estão distribuídos em 22 famílias. As famílias que apresentaram maior número de espécies foram Fabaceae, Anacardiaceae e Bignoniaceae.

As espécies que apresentaram maior número de indivíduos/ha nas áreas sob o Latossolo (TAB. 1) foram: SAF 1 – *Astronium fraxinifolium* Schott & Spreng (Gonçalo), *Mangifera indica* L. (Manga), *Musa paradisiaca* L (Banana), *Machaerium opacum* Vogel (Jacarandá), *Magonia pubescens* A. St. - Hil (Tingui bola); SAF 2 – *Astronium fraxinifolium* Schott & Spreng (Gonçalo), *Handroanthus ochracea* (Cham.) Standl (Ipê amarelo), *Vitex montevidensis* Cham. (Maria preta), *Brosimum gaudichaudii* Trécul (Salva vida), *Magonia pubescens* A. St. - Hil. (Tingui bola), *Qualea grandiflora* Mart. (Pau terraço); VN 1 – *Syagrus flexuosa* (Mart.) Becc. (Coco vassoura), *Magonia pubescens* A. St. - Hil. (Tingui bola), *Neea theifera* Oerst. (Pau sapo), *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. (Aroeirinha), *Tabebuia rosea-alba* (Ridl.) Sandwith (Ipê branco).

TABELA 1

Família, espécie e número de indivíduos/ha das espécies registradas nas áreas sob Latossolo no P.A. Americana, no município de Grão Mogol, norte do estado de Minas Gerais

(Continua)

Família/espécie	N° indiv.ha ⁻¹		
	SAF1	SAF2	VN1
Anacardiaceae			
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott & Spreng.	100	100	20
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	-	-	80
<i>Mangifera indica</i> L.	80	20	-
Annonaceae			
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	20	-	-
<i>Annona muricata</i> L.	20	-	-
Bignoniaceae			
<i>Handroanthus ochracea</i> (Cham.) Standl.	-	60	-
<i>Tabebuia aurea</i> (Silvia Manso) Benth. & Hook. F. ex S. Moore	-	20	40
<i>Tabebuia rosea-alba</i> (Ridl.) sandwith	-	-	80
Bixaceae			

Família/espécie	(Conclusão)		
	N° indiv.ha ⁻¹		
	SAF1	SAF 2	VN1
<i>Bixa orellana</i> L.	40	-	-
Bombacaceae			
<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl	-	-	60
Caricaceae			
<i>Carica papaya</i>	20	-	-
Combretaceae			
<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler	40	-	40
<i>Terminalia argentea</i> Mart. & Succ.	-	20	-
Euphorbiaceae			
<i>Jatropha curcas</i> L.	20	-	-
Fabaceae			
<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakole	80	-	-
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	-	20	-
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	-	20	-
<i>Hymenaea courbaril</i> (Hayne) Y.T. Lee & Langenh.	20	-	-
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. Ex Hayne	20	-	-
<i>Leucaena leucocaephala</i> (Lam.) R. de Wit.	40	-	-
<i>Machaerium opacum</i> Vogel	60	-	100
<i>Machaerium scleroxylon</i> Tul.	20	-	-
Lamiaceae			
<i>Vitex montevidensis</i> Cham.	-	60	-
Loganiaceae			
<i>Strychnus pseudo-quina</i> St. GH	20	-	-
Malpighiaceae			
<i>Malpighia emarginata</i> Sessé & Moc. Ex Dc.	20	-	-
Moraceae			
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	20	60	-
Musaceae			
<i>Musa paradisiaca</i> L.	80	-	-
Myrtaceae			
<i>Eugenia dysenterica</i> Mart. ex DC.	40	40	40
Nictaginaceae			
<i>Neea theifera</i> Oerst.	-	-	80
Palmaceae			
<i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc.	40	-	360
Rubiaceae			
<i>Tocoyena brasiliensis</i> Mart.	-	-	20
Rutaceae			
<i>Citrus limon</i> (L.) Burm, f.	20	-	-
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.	20	-	20
Sapindaceae			
<i>Magonia pubescens</i> A. St. – Hil	120	60	140
Tiliaceae			
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	20	20	-
Vochysiaceae			
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	-	60	40
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	20	-	-
Total de indivíduos	1000	560	1120

Notas: SAF = Sistema Agroflorestal, Vn= Vegetação Nativa

Fonte: Da autora

O número de espécies registradas nos SAFs 1 e 2 foram 25 e 13 espécies, respectivamente; já na VN 1, registraram-se 14 espécies. Nessa

área sob Latossolo, a implantação dos SAFs preservou e contribuiu para o enriquecimento de uma quantidade considerável de indivíduos e de espécies arbóreas, em relação à vegetação nativa adjacente (TAB. 1).

Nas áreas sob o Gleissolo, que são áreas que tiveram a sua vegetação nativa suprimida para o cultivo do arroz no passado, a quantidade de indivíduos registrados é inferior à quantidade encontrada nas áreas sob Latossolo. No SAF 3, ocorrem 440 indivíduos.ha⁻¹, que pertencem apenas a duas espécies arbóreas: *Psidium firmum* O Berg. (Araçá) e *Psidium guayava* L. (Goiaba) (TAB .2). Na Vegetação Nativa 2, ocorrem 860 indivíduos.ha⁻¹, distribuídos em 11 diferentes espécies arbóreas, sendo as mais abundantes a *Psidium firmum* O Berg. (Araçá) e a *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl.(Aroeirinha). Por ser uma área sob regeneração, há uma menor riqueza de espécies no SAF 3, comparativamente aos SAFs 1 e 2, onde a vegetação nativa foi manejada para a implantação de sistemas produtivos.

TABELA 2

Família, espécie e número de indivíduos por hectare das espécies registradas nas áreas sob Gleissolo no P.A. Americana, no município de Grão Mogol, norte do estado de Minas Gerais

Família/espécie	N° indiv.ha ⁻¹	
	SAF3	VN 2
Anacardiaceae		
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	-	420
<i>Tapirira guianensis</i> Albl.	-	20
Bignoniaceae		
<i>Tabebuia rosea-alba</i> (Ridl.) sandwith	-	40
Fabaceae		
<i>Senna spectabilis</i> (W. Schrad.) H. S. Irwin & Barneby	-	20
Malpighiaceae		
<i>Byrsonima intermediata</i> A. Juss.	-	60
Myrtaceae		
<i>Psidium</i> sp.	-	20
<i>Psidium firmum</i> O Berg.	180	260
<i>Psidium guayava</i> L.	260	-
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.	-	20
Total de indivíduos	440	860

Nota: SAF = Sistema Agroflorestral, Vn= Vegetação Nativa

Fonte: Da autora.

A classificação sucessional das espécies registradas nas áreas de mata nativa mostrou que, das 14 espécies presentes na Vegetação Nativa 1, 42,85% pertencem à categoria das pioneiras; 14,28%, à categoria das secundárias iniciais; 21,42%, à categoria das secundárias tardias, 14,28%, à categoria clímax, sendo que uma espécie (*Syagrus flexuosa* (Mart.) Becc) não foi classificada nas categorias de sucessão (QUADRO 1). Para a área de Vegetação Nativa 2, das 8 espécies registradas, 50% das espécies registradas pertencem à categoria das pioneiras; 37,5%, à categoria das secundárias iniciais e 12,5%, a categoria das secundárias tardias.

QUADRO 1

Classificação sucessional das espécies registradas nas áreas de Vegetação Nativa (VN) adjacente no P.A. Americana, no município de Grão Mogol, norte do estado de Minas Gerais

Família/espécie	Categorias de sucessão	
	VN1	VN2
Anacardiaceae		
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott & Spreng.	ST	-
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	Pi	Pi
<i>Tapirira guianensis</i> Albl.	-	Pi
Bignoniaceae		
<i>Tabebuia aurea</i> (Silvia Manso) Benth. & Hook. F. ex S. Moore	Pi	-
<i>Tabebuia rosea-alba</i> (Ridl.) Sandwith	ST	ST
Bombacaceae		
<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl	Cl	-
Combretaceae		
<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler	Pi	-
Fabaceae		
<i>Machaerium opacum</i> Vogel	Pi	-
<i>Senna spectabilis</i> (W. Schrad.) H. S. Irwin & Barneby	-	Pi
Malpighiaceae		
<i>Byrsonima intermediata</i> A. Juss.	-	SI
Myrtaceae		
<i>Eugenia dysenterica</i> Mart. ex DC.	SI	-
<i>Psidium firmum</i> O. Berg.	-	SI
<i>Psidium</i> sp.	-	SI
Nyctaginaceae		
<i>Neea theifera</i> Oerst.	Cl	-
Palmaceae		
<i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc.	SC	-
Rubiaceae		
<i>Tocoyena brasiliensis</i> Mart.	ST	-
Rutaceae		
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.	Pi	Pi
Sapindaceae		
<i>Magonia pubescens</i> A. St. - Hil	Pi	-
Vochysiaceae		
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	SI	-

Notas: Cl = clímax; Pi = pioneira, SI=secundária inicial, ST=secundária tardia, SC= sem classificação

Fonte: Da autora.

De acordo com os resultados do levantamento florístico, as áreas de Vegetação Nativa encontra-se em estágio inicial de sucessão florestal, devido à maior ocorrência de plantas pioneiras nessas áreas. As espécies pioneiras necessitam de clareira natural para se desenvolverem. As sementes germinam apenas em áreas com dossel completamente aberto, ou seja, recebendo radiação direta em pelo menos parte do dia (MACIEL *et al.*, 2003). Distúrbios, como desmatamento e queimadas ocasionais a que as áreas estão sujeitas, podem explicar essas características. Entretanto, segundo Carvalho e Marques (2008), as características estruturais do Cerrado, uma vegetação esparsa, mais aberta e com maior incidência de luz, dificultam o estabelecimento de classes e estádios sucessionais mais avançados com a mesma precisão que em outras formações, como mata atlântica e amazônica. No QUADRO 2 encontra-se a relação de nomes populares comumente utilizados pelas famílias do Assentamento Americana.

QUADRO 2

Nome popular das espécies registradas nas áreas de Sistemas Agroflorestal e Vegetação Nativa do P.A. Americana, no município de Grão Mogol, norte do estado de Minas Gerais

(Continua)

Espécie	Nome popular
<i>Malpighia emarginata</i> Sessé & Moc. Ex Dc.	Acerola
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	Açóita-cavalo
<i>Psidium firmum</i> O Berg.	Araçá
<i>Psidium sp.</i>	Araçá vermelho
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	Aroeirinha
<i>Musa paradisiaca</i> L.	Banana
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	Cabeúna
<i>Eugenia dysenterica</i> Mart. ex DC.	Cagaita
<i>Terminalia argentea</i> Mart. & Succ.	Capitão do cerrado
<i>Tabebuia aurea</i> (Silvia Manso) Benth. & Hook. F. ex S. Moore	Caraíba
<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler	Castanheta
<i>Vitex montevidensis</i> Cham.	Maria-preta
<i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc.	Coco vassoura
<i>Psidium guayava</i> L.	Goiaba
<i>Astroniun fraxinifolium</i> Schott & Spreng.	Gonçalo
<i>Annona muricata</i> L.	Graviola
<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl	Imbiruçu paulista
<i>Handroanthus ochracea</i> (Cham.) Standl.	Ipê amarelo

(Conclusão)

Espécie	Nome popular
<i>Tabebuia rosea-alba</i> (Ridl.) sandwith	Ipê branco
<i>Machaerium opacum</i> Vogel	Jacarandá
<i>Hymenaea courbaril</i> (Hayne) Y.T. Lee & Langenh.	Jatobá
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. Ex Hayne	Jatobá do campo
<i>Leucaena leucocaeophala</i> (Lam.) R. de Wit.	Leucena
<i>Citrus limon</i> (L.) Burm, f.	Limão
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.	Mamacadela
<i>Carica papaya</i> L.	Mamão
<i>Mangifera indica</i> L.	Manga
<i>Tocoyena brasiliensis</i> Mart.	Marmelada
<i>Byrsonima intermediata</i> A Juss.	Murici de jacu
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	Panã
<i>Senna spectabilis</i> (W. Schrad.) H. S. Irwin & Barneby	Pau de são João
<i>Machaerium scleroxylon</i> Tul.	Pau-ferro
<i>Neea theifera</i> Oerst.	Pau-sapo
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	Pau-terra
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Pau-terrão
<i>Jatropha curcas</i> L.	Pinhão manso
<i>Strychnus pseudo-quina</i> St. GH	Quina de papagaio
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	Salva vida
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	Sucupira
<i>Magonia pubescens</i> A. St. - Hil	Tingui bola
<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakole	Unha d'anta
<i>Bixa orellana</i> L.	Urucum

Fonte: Da autora.

O SAF 2 apresentou maior média de Ht, em relação ao SAF 1 e a VN 1, porém o SAF 1 obteve maior média de DAP quando comparado ao SAF 2 e a VN 1. Para as áreas sob Gleissolo o SAF 3 apresentou menor média de Ht e DAP que a VN 2 adjacente (TAB. 3).

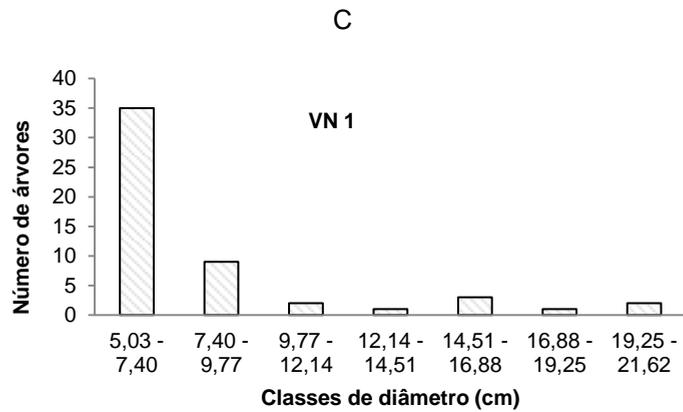
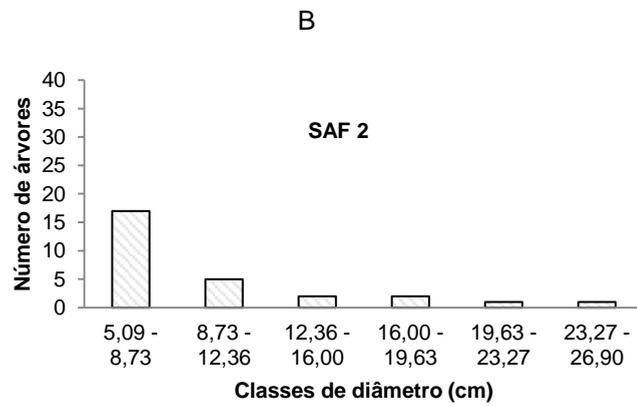
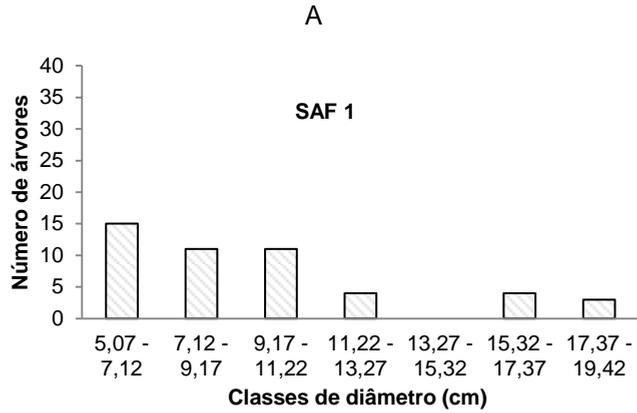
TABELA 3

Valores mínimos e máximos, média e intervalo de confiança, relativos à altura, ao diâmetro, à biomassa lenhosa e ao estoque de carbono das espécies arbóreas registradas nas áreas de Mata Nativa e SAF no P.A. Americana, no município de Grão Mogol, norte do estado de Minas Gerais

		SAF 1	SAF 2	VN 1	SAF 3	VN 2
HT (m)	IC	± 0,93	± 0,73	± 0,42	± 1,12	± 0,80
	Média	4,32	5,33	4,45	2,7	5,56
Dap (cm)	IC	± 1,87	± 3,00	± 0,71	± 1,52	± 2,11
	Média	9,26	9,01	7,94	7,05	9,33
BS (Mg. ha ⁻¹)	IC	± 4,51	± 4,25	± 1,45	± 0,93	± 4,08
	Média	8,84	6,83	5,56	1,7	8,51
Est. de carbono (Mg. ha ⁻¹)	IC	± 2,09	± 2,03	± 0,72	± 0,43	± 2,03
	Média	1,98	1,77	1,94	0,34	2,15

Notas: SAF = Sistema Agroflorestal; VN = Vegetação Nativa; HT = altura total; DAP = diâmetro; BS = biomassa seca; Est. de carbono = estoque de carbono; IC = intervalo de confiança estimado pelo teste de t a 5% de probabilidade
Fonte: Da autora.

As áreas de estudo apresentaram uma tendência em concentrar indivíduos na primeira classe de distribuição de diâmetros (GRAF. 1). Esses resultados demonstram que essas áreas são compostas basicamente por indivíduos jovens e de menor diâmetro. Os Sistemas Agroflorestais apresentaram distribuição semelhante à encontrada nas áreas de vegetação nativa. Esse fato evidencia que o manejo aplicado nessas áreas está contribuindo para manter a estrutura dos sistemas próxima àquela da vegetação nativa. Porém, no SAF 3, não se observou a mesma tendência de distribuição, quando comparado as demais áreas. Talvez as perturbações sofridas pela área no passado justifiquem a distribuição de diâmetro apresentada pelo SAF 3. Desmatamentos, retirada de alguns dos maiores indivíduos em um abate seletivo, ou então espécies que potencialmente podem atingir um maior porte terem sido restringidas por incêndios esporádicos são fatos que podem explicar a estrutura (FELFILI *et al.*, 2002) do SAF 3.



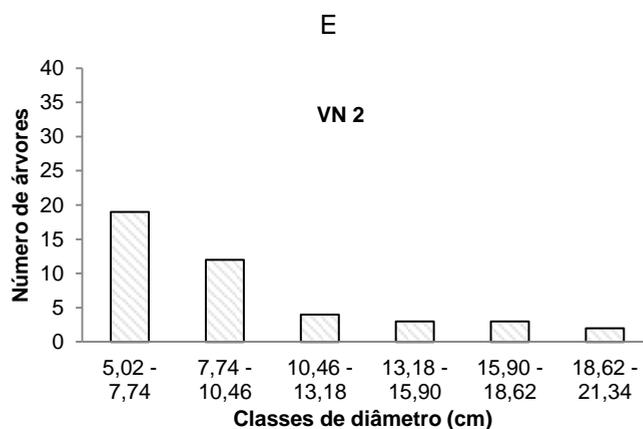
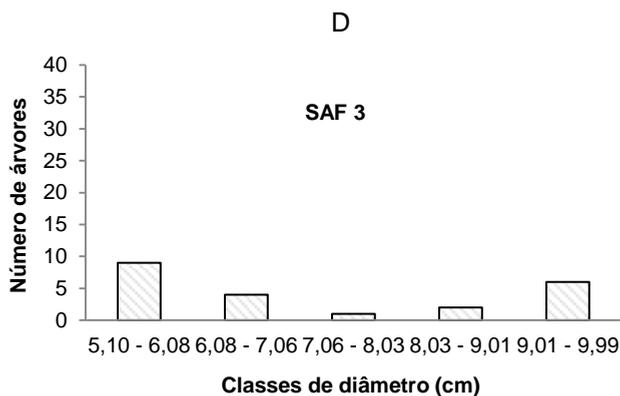


GRAFICO 1 - A, B, C, D, E - Distribuição dos indivíduos por classes de diâmetros nas áreas de Sistema Agroflorestal e Vegetação Nativa adjacente no P.A. Americana, no município de Grão Mogol, norte do estado de Minas Gerais

Fonte: Da autora.

As alturas nas áreas sob Latossolo variaram 1,55 a 2,45; 2,46 a 5,55; 5,56 a 9,65 metros nos estratos inferior, médio e superior, respectivamente (GRAF. 2). Já nas áreas sob Gleissolo as alturas variaram de 3,80 a 4,65; 4,66 a 6,65; 6,66 a 8,00 metros nos metros nos estratos inferior, médio e superior, respectivamente.

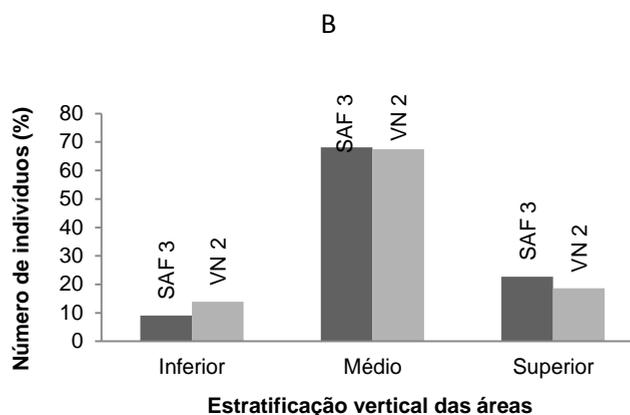
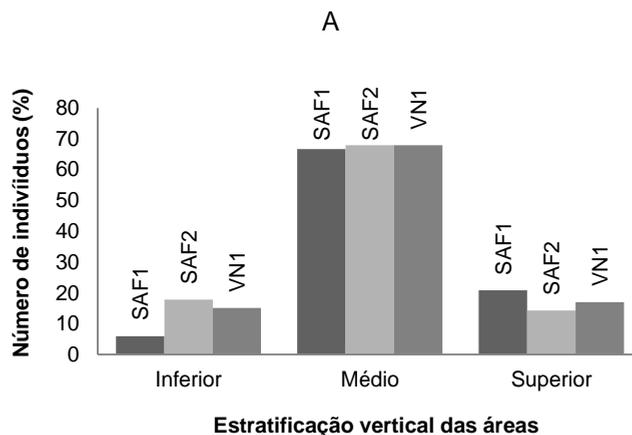


GRAFICO 2- A, B: Estratificação das áreas de SAF e Vegetação Nativa sob Latossolo e Gleissolo do P.A Americana, Município de Grão Mogol, norte do estado de Minas Gerais

Fonte: Da autora.

O estrato médio apresentou maior porcentagem de indivíduos tanto para as áreas sob Latossolo quanto para as áreas sob Gleissolo. Segundo Scolforo e Oliveira (2008), com o estudo da estratificação vertical, é possível analisar o estágio de desenvolvimento da floresta, com base na distribuição dos indivíduos nos diferentes estratos, juntamente com os dados obtidos na distribuição diamétrica. O número pouco expressivo de indivíduos no estrato

superior pode indicar que essa vegetação não forma um dossel regular, além de demonstrar que as áreas estudadas apresentam-se em estágio inicial de sucessão (FIDELIS; GODOY, 2003). Contudo Fidelis e Godoy (2003) admitem também, que a maior concentração de indivíduos arbóreos no estrato médio é resultado da própria genética de plantas do Cerrado, que apresentam pequeno porte.

O carbono estocado na serapilheira variou de 3,38 a 5,31 Mg.ha⁻¹, sendo que, para as áreas sob Latossolo, o SAF 1 e a VN1 apresentaram valores de estoque semelhantes e superiores ao encontrado no SAF 2. Esse resultado sugere que Sistemas Agroflorestais podem estocar carbono em quantidades similares aquela de áreas de vegetação nativa.

Para as áreas sob Gleissolo, a VN 2 apresentou maior estoque de carbono, em relação ao SAF 3 (TAB. 4). As características inerentes a vegetação do SAF 3 podem ter influenciado o baixo valor de estoque de carbono da serapilheira, em relação ao VN 2. O SAF 3 possui 50% do número de indivíduos registrados no VN 2, esperando-se, então, que a quantidade de material depositado no solo desses sistema também seja menor.

TABELA 4

Biomassa seca (BS), teor (COT) e estoque de carbono na serapilheira dos Sistemas Agroflorestais e das áreas de Vegetação Nativa do P.A. Americana, no município de Grão Mogol, norte do estado de Minas Gerais

		SAF 1	SAF 2	VN 1	SAF 3	VN 2
BS (Mg.ha ⁻¹)	IC	± 6,19	± 2,16	± 3,91	± 4,26	± 3,26
	Média	10,21	8,85	9,75	6,34	9,22
Teor de COT (g/kg)	IC	±315,38	±135,59	±217,44	±356,47	±189,80
	Média	520,08	542,37	542,56	533,12	539,05
Est. de carbono (Mg.ha ⁻¹)	IC	± 3,22	± 1,20	± 2,12	± 2,26	± 1,75
	Média	5,31	4,8	5,29	3,38	4,97

Notas: SAF = Sistema Agroflorestal; VN = Vegetação Nativa; IC = intervalo de confiança; estimado pelo texto t a 5% de probabilidade

Fonte: Da autora.

A serapilheira que acumula nos solos sob florestas e agroecossistemas provém do balanço entre a queda de folhas e a taxa de decomposição (GAMA-RODRIGUES; GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2008). Segundo Ruthner e Sevegnani (2012), o maior acúmulo de serapilheira na superfície do solo se deve à menor taxa de decomposição e/ou à maior entrada de material sobre o solo.

Froufe, Rachwal e Seoane (2011) encontraram valores de estoque de carbono variando de 1,61 a 5,95 Mg.ha⁻¹, em diferentes sistemas de produção. Esses autores encontraram valores significativamente maiores de estoque de carbono em Sistemas Agroflorestais e áreas de vegetação nativa (capoeira), quando comparado às áreas de pastagem e à agricultura convencional. Ruthner e Sevegnani (2012), estudando o estoque de carbono na serapilheira de uma Floresta Ombrófila Densa, encontraram valores de estoque de carbono entre 3,85 a 4,20 Mg.ha⁻¹, valores esses bastante semelhantes aos estimados na presente presente.

Agroecossistemas de florestas tropicais normalmente apresentam produção contínua de material formador de serapilheira no decorrer do ano, cuja quantidade produzida nas diferentes épocas do ano depende do tipo de vegetação considerado e das variações climáticas (BRANCHER, 2010). Em conformidade com Vidal *et al.* (2007), há diversos fatores que podem influenciar a produção de serapilheira, tais como: clima, fertilidade do solo, composição de espécies da comunidade, estrutura e estágio sucessional da floresta, bem como perturbações antropogênicas no seu entorno.

Apesar dos valores distintos de estoque de carbono na serapilheira entre as áreas estudadas, percebe-se que os valores dos Sistemas Agroflorestais foram iguais aos valores encontrados nas áreas de vegetação nativa. A estrutura de Sistemas Agroflorestais muito se assemelha à estrutura da vegetação natural. O manejo adotado nesses sistemas otimiza o processo de ciclagem de nutrientes e carbono, uma vez que a interferência na vegetação nativa é mínima, quando comparado a outros sistemas produtivos (GAMA-RODRIGUES; GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2008), ou seja, as

atividades desenvolvidas nos Sistemas Agroflorestais estão mantendo, ao máximo, as características do ecossistema local.

Para as áreas sob Latossolo o SAF1, SAF 2 e VN 1 alcançaram valores semelhantes para biomassa seca e estoque de carbono (TAB. 4). Os resultados obtidos na presente pesquisa para o estoque de carbono são inferiores àqueles obtidos por Paiva, Rezende e Pereira (2011). Esses autores encontraram um estoque de carbono médio de $8,60 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ acima do solo de um cerrado *sensu strictu*. É importante ressaltar que os diâmetros medidos por esses autores durante o inventário florestal foram medidos a 0,30 m do solo. A 0,30 cm do solo, o fuste possui maior diâmetro, quando comparado ao diâmetro do fuste coletado a 1,30 m do solo, como utilizado na presente pesquisa, fato que interfere nos valores finais de estoque de carbono. Rezende *et al.* (2006), ao estudarem uma área de cerrado *sensu strictu*, obtiveram valor médio de estoque de carbono ($4,93 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$), próximo ao que foi registrado nas áreas de SAF e vegetação nativa da presente pesquisa, esses autores também mediram os diâmetros dos indivíduos arbóreos a 0,30 m do solo.

Ao estimarem o estoque médio de carbono da parte aérea de uma monocultura de *Eucalyptus grandis*, Paixão *et al.* (2006) encontraram um valor de carbono de $47,7 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, superior ao do presente estudo. Os autores Ribeiro *et al.* (2009) também encontraram valor médio superior ($83,34 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de carbono estocado em um Floresta Madura da Mata Atlântica, no município de Viçosa-MG.

No caso de florestas para produção de carvão, por exemplo, apesar de acumularem biomassa de forma muito rápida e de armazenarem consideráveis quantidades de carbono, a sua posterior queima é responsável por devolver à atmosfera o carbono armazenado durante o crescimento das árvores (MURILLO, 1997). Esse autor considera inapropriadas as comparações entre florestas artificiais e naturais. Se por um lado as florestas artificiais fixam mais carbono, principalmente nos primeiros anos após a sua implantação, as naturais o retêm em forma permanente e em grande quantidade, além dessas prestarem serviços ambientais de alta qualidade,

como a preservação da biodiversidade (SANTOS; MIRANDA; TOURINHO, 2004), da fauna e da flora local, dos aquíferos e dos solos, além de contribuírem para o equilíbrio do ciclo de carbono e do clima (KLINK; MACHADO, 2005).

Quando se compara o bioma Cerrado com outros biomas, também são observadas quantidades significativamente diferentes quanto à biomassa produzida na parte aérea da vegetação. Matos e Kirchner (2008), ao compararem a biomassa aérea vegetal produzida em florestas amazônicas com a produzida em ambientes savânicos, verificaram que, em uma Floresta Amazônica, a produção da biomassa aérea foi de $402,92 \text{ Mg.ha}^{-1}$, em contrapartida, para a Floresta Savânica, a produção de biomassa aérea foi de $227,38 \text{ Mg.ha}^{-1}$, praticamente metade do que foi observado na primeira. De um modo geral, o cerrado é caracterizado por espécies vegetais de menor porte, porém que investem boa parte dos fotoassimilados na produção de um sistema radicular mais espesso e profundo capaz de absorver água e nutrientes que supram a planta em períodos de seca (PAIVA; REZENDE; PEREIRA, 2011). Portanto, nota-se, que no caso dos cerrados, uma considerável parte de sua biomassa concentra-se abaixo do solo.

Delitti, Megura e Pausas (2006) admitem que os diferentes valores de biomassa entre ecossistemas distintos são atribuídos à variação da própria estrutura, pois são fisionomias distintas com porte e densidade de árvores diferentes. Esses autores também relacionam as diferenças de biomassa e estoque de carbono dentro de uma mesma fisionomia às variações edafoclimáticas e às características inerentes à flora local.

Apesar de quantidades significativas de carbono na biomassa aérea, de modo geral, as maiores quantidade de carbono do planeta estão estocadas nos solos. Paiva, Rezende e Pereira (2011), ao contabilizarem o total de biomassa em um cerrado *sensu strictu*, notaram que 88% da biomassa estão presentes no solo desse ecossistema.

Nos SAFs 1 e 2 o manejo adotado contribuiu para que os valores de carbono sequestrado pelos sistemas, ficassem próximos aos valores encontrados na área de Vegetação Nativa 1 (TAB. 4). Nesses SAFs, são

realizadas podas anuais da vegetação arbórea, com o objetivo de aumentar a incidência de luz para as culturas anuais, como feijão, milho e mandioca, além de contribuir com a reposição de matéria orgânica no sistema. No SAF 3 e na VN 2, onde a vegetação arbórea nativa é de baixo porte e constituída, em sua maior parte por *Psidium firmum* O Berg. Observou-se diferenças significativas para o estoque de carbono (TAB. 4).

Kurzatkowski (2007), ao comparar o sequestro de carbono em quatro SAFs, observou que o SAF com menor potencial de sequestro de carbono possuía maior número de espécies de baixo porte, como pinhão-manso (*Jatropha curcas* L) e araçá (*Psidium firmum* O Berg). Segundo o autor, os estoques de carbono estimado variaram de 161 a 53 Mg.ha⁻¹, sendo os maiores valores obtidos no SAF com maior quantidade de espécies de grande porte, como: cedro rosa (*Cedrela fissilis* Vell.), baru (*Diptery xalata*), jambo (*Syzygium sp.*) e tamarindo (*Tamarindus indica*).

Santos, Miranda e Tourinho (2004) analisaram o estoque de carbono em sete Sistemas Agroflorestais das várzeas do rio Juba (Pará) com cerca de 12 anos de implantação e média de estoque de carbono total de 134 Mg.ha⁻¹. Esses autores observaram que os SAFs que apresentaram espécies arbóreas com menores DAP e Ht tiveram menor biomassa e estoque de carbono. A diferença do estoque de carbono obtida por Santos, Miranda e Tourinho (2004) em relação ao encontrado na presente pesquisa se deve ao fato de que esses autores pesquisaram Sistemas Agroflorestais manejados em uma Floresta Tropical Úmida que se caracteriza pela alta taxa de produtividade biológica com grande acúmulo de carbono (SANTOS; MIRANDA; TOURINHO, 2004).

Os valores de estoque de carbono encontrado nos três SAFs ficaram abaixo do valor médio (50 Mg.ha⁻¹) encontrado por Montagnini e Nair (2004), em Sistemas Agroflorestais de regiões tropicais. A diferença de estoque de carbono entre os sistemas estudados e a literatura pode estar relacionada, em parte, à grande variação existente entre equações que normalmente são usadas para estimar o estoque de carbono da biomassa aérea (BRANCHER, 2010). Além disso, variações edafoclimáticas, composição florística e

constituição de estratos são fatores que determinam diferenças de biomassa e estoque de carbono mesmo dentro de uma mesma fisionomia (DELITTI; MEGURA; PAUSAS, 2006).

Segundo Nair, Kumar e Nair (2009), o potencial de estoque de carbono em Sistemas Agroflorestais advém da combinação de informações sobre o carbono da parte aérea e do solo e também das ações exercidas nas áreas por meio do tempo, porém a forma como esses fatores são considerados ainda não é bem rigorosa. Esses autores salientam as dificuldades metodológicas para estimar a biomassa e o carbono e que, sob condições variáveis essas dificuldades se agravam pela ausência de estimativas confiáveis obtidas em áreas de Sistemas Agroflorestais.

4 CONCLUSÃO

- Os Sistemas Agroflorestais em relação ao Cerrado adjacente possuem número de indivíduos e de espécies nativas arbóreas que contribuem para o enriquecimento da biodiversidade local.

- O estoque de carbono nos Sistemas Agroflorestais e em suas respectivas áreas de Vegetação Nativa adjacentes são semelhantes e contribuem igualmente para a redução do carbono da atmosfera.

CAPÍTULO 3 - ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO NORTE DE MINAS GERAIS

RESUMO

A presente pesquisa teve como objetivo determinar o estoque de carbono orgânico no solo de três Sistemas Agroflorestais (SAF 1, SAF 2 e SAF 3) comparativamente a duas áreas de vegetação nativa (VN 1 e VN 2). Os SAFs 1 e 2 estão localizados em um Latossolo e o SAF 3 e em um Gleissolo. Em cada Sistema Agroflorestal e áreas de vegetação nativa adjacente, foram instaladas cinco parcelas iguais de 0,01 ha cada (4 x 25 m). Nessas parcelas, foram coletadas e analisadas amostras de solo das camadas de 0-10cm; 10-20cm e 20-40cm de profundidade. No grupo do Latossolo, o estoque de carbono nos SAF 1 e SAF 2 foi similar e maior, respectivamente, que na área de vegetação nativa adjacente (VN 1). No grupo do Gleissolo, a área de vegetação nativa adjacente (VN 2) apresentou maior estoque de carbono que o SAF 3, evidenciando que o uso das terras antes da implantação dos Sistemas Agroflorestais e o manejo dos mesmos interferiram no estoque de carbono do solo.

Palavras-chave: SAF. Cerrado. Solo. Carbono. Vegetação nativa.

CHAPTER 3 - CARBON STOCK IN THE SOIL OF AGROFORESTRY SYSTEMS IN NORTH OF MINAS GERAIS

ABSTRACT

The present research aimed to determine the stock of organic carbon in the soil of three Agroforestry Systems (AFS1, AFS2 and AFS3) compared to two areas of native vegetation (NV 1 and NV 2). The AFSs1 and 2 are located in an Oxisol and AFS 3 and a Gleysoil. In each Agroforestry System and adjacent areas of native vegetation were installed five equal installments of 0,01 ha each (4 x 25 m). In those samples were collected and analyzed soil samples from depths of 0-10cm; 10-20cm and 20-40cm deep. In the Oxisol group, the carbon stock in the AFS 1 and AFS 2 was similar and higher, respectively, than in the area of native vegetation adjacent (NV 1). In the group Gleysoil, the area of native vegetation adjacent (NV 2) showed higher carbon stock than AFS3, showing that the use of the land before the implementation of Agroforestry Systems and management thereof interfered in the stock of soil carbon.

Keywords: AFS. *Cerrado*. Soil. Carbon. Native vegetation.

1 INTRODUÇÃO

Dentre os gases causadores do efeito estufa, dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O), o CO_2 de origem antrópica é responsável por 80% do aquecimento global (YU, 2004). É crescente a concentração de dióxido de carbono na atmosfera nas últimas décadas, principalmente, devido à queima de combustíveis fósseis, à atividade industrial, à conversão de ecossistemas naturais em áreas agrícolas e o manejo inadequado do solo (PAIVA; FARIA, 2007).

Estimativas demonstram que as conversões de ecossistemas nativos para agroecossistemas, somadas à agricultura, contribuem com aproximadamente 75% do total de emissões de CO_2 no Brasil (CARVALHO *et al.*, 2010). O uso reduzido de combustíveis fósseis, a diminuição nas taxas de desmatamento e de queima de material vegetal, práticas adequadas de uso solo e a adoção de estratégias que maximizem o sequestro de carbono no solo e na vegetação são estratégias essenciais para mitigar a emissão de gases do efeito estufa (CARVALHO *et al.*, 2010).

Nas últimas décadas, a substituição de extensas áreas da cobertura original do Cerrado para produções agrícolas, envolvendo desmatamento e queimadas, vem ocorrendo num ritmo acelerado e, certamente, todo esse processo de substituição da vegetação tem contribuído para o aumento da quantidade de CO_2 na atmosfera (NAIR; KUMAR; NAIR, 2004). A ocupação do bioma Cerrado foi acompanhada da intensa utilização de seus recursos naturais nos diversos ciclos econômicos, em detrimento de estoques de madeira nativa, do ambiente edáfico e da conservação hídrica das microbacias (FROUFE; RACHWAL; SEOANE, 2011). A existência de cobertura vegetal nativa, comumente considerada como um empecilho ao desenvolvimento agrícola, promoveu quadros alarmantes de desmatamento (FROUFE; RACHWAL; SEOANE, 2011) no Cerrado.

Manejos inadequados do solo em sistemas agrícolas atuam modificando tanto a entrada, quanto a saída de carbono do solo para atmosfera (RANGEL *et al.*, 2007). Segundo esses autores, isso ocorre em

função da produção diferenciada de resíduos, da baixa diversidade de espécies, do uso de insumos externos, dos procedimentos de colheita, dos métodos adotados no preparo do solo e do manejo de restos culturais no sistema.

Tem sido crescente o interesse no estudo do comportamento dos solos, quanto à sua capacidade de armazenar ou perder C, nas diversas condições de manejo existentes. Em solo sob vegetação natural, a preservação da MO tende a ser máxima, pois o revolvimento do solo é mínimo, sendo portanto o aporte de carbono nas florestas mais elevado do que em áreas cultivadas. Nessas áreas, os teores de MO, via de regra, diminuem, já que as frações orgânicas são mais expostas ao ataque de microrganismos, em função do maior revolvimento e da desestruturação do solo (RANGEL *et al.*, 2007).

É notável a necessidade de se encontrar sistemas de produção potencialmente capazes de sequestrar carbono e armazená-lo na biomassa e no solo. Sistemas de manejo que promovam o incremento de resíduos vegetais e a retenção de C no solo são alternativas importantes no aumento da capacidade de dreno de carbono atmosférico e na mitigação do aquecimento global (COSTA *et al.*, 2008).

Durante as últimas três décadas, Sistemas Agroflorestais tornaram-se reconhecidos mundialmente como uma abordagem integrada para o uso sustentável da terra, por causa da sua produção e dos benefícios ambientais. O recente reconhecimento como uma ferramenta de mitigação de gases do efeito de estufa no âmbito do Protocolo de Quioto ganhou atenção como uma estratégia para o sequestro de carbono (NAIR; KUMAR; NAIR, 2009). No manejo dos SAFs adota-se o plantio de espécies florestais e não florestais simultaneamente, em associações planejadas com cultivos anuais ou perenes e/ou pastagem. Esses sistemas possuem considerável produção de biomassa e conseqüente acúmulo de carbono, que favorecem a sustentabilidade do ambiente. Portanto, são alternativas viáveis do ponto de vista ambiental e econômico (FROUFE; RACHWAL; SEOANE, 2011; NAIR; KUMAR; NAIR, 2004). Sistemas Agroflorestais frequentemente são admitidos

como uma das formas mais adequadas de desenvolvimento dos trópicos úmidos em conjunto com o manejo de florestas secundárias (capoeiras) e os reflorestamentos (KURZATKOWSKI, 2007).

O conhecimento dos estoques de C em sistemas naturais e agroecossistemas na região dos Cerrados é importante para o desenvolvimento de práticas que estabeleçam manejos sustentáveis, bem como para analisar o papel do solo como fonte ou dreno de CO₂ da atmosfera. Nesse contexto, esta pesquisa teve como objetivo determinar o estoque de carbono orgânico no solo de Sistemas Agroflorestais, comparativamente ao ecossistema natural.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido no Projeto de Assentamento Agroextrativista Americana localizado no município de Grão Mogol, norte do estado de Minas Gerais (FIG. 1), entre os meses de janeiro e setembro de 2012, cujas coordenadas geográficas são $16^{\circ} 17' 55''$ S de latitude e $43^{\circ} 17' 41''$ W de longitude. Esta região apresenta uma vegetação nativa de Cerrado *Sensu Stricto*. O assentamento abriga 75 famílias em uma área de aproximadamente 18 mil hectares sendo a maior parte dos assentados originários da própria região, autodenominados geraizeiros (FERNANDES *et al.*, 2008).

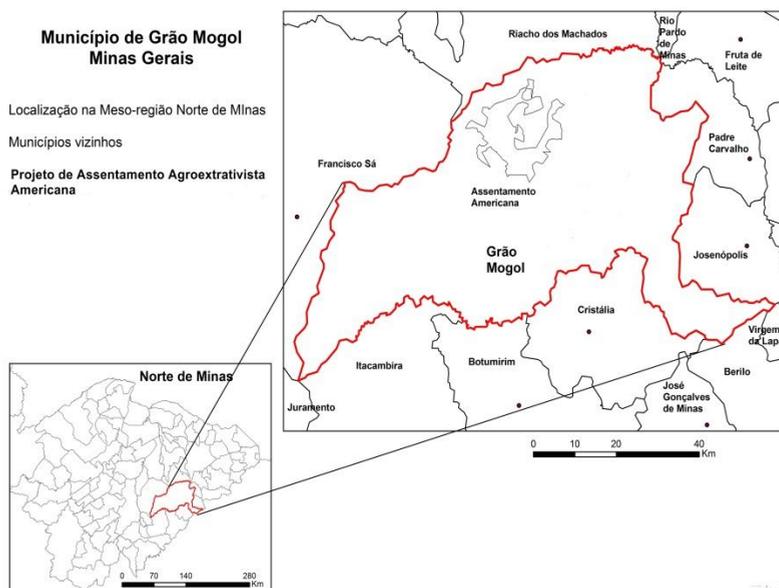


FIGURA 1- Localização do Projeto de Assentamento Americana, município de Grão Mogol, norte do estado de Minas gerais
Fonte: Adaptado de CARVALHO, 2012.

Na área amostrada, onde foi anteriormente realizado o inventário florestal da vegetação lenhosa com diâmetro mínimo do tronco de 5 cm a

1,30 m do solo, foram selecionados três Sistemas Agroflorestais (SAF), separados em dois grupos, em função da classe de solo. Os SAFs (SAF 1, 2 e 3) estudados foram implantados no ano de 2003, em uma área cujo bioma é o de Cerrado, sendo a vegetação nativa dos SAFs 1 e 2 a de cerrado *sensu strictu* denso e a do SAF 3 de mata de galeria. Os SAFs 1 e 2 se localizam sob um Latossolo Vermelho Amarelo, ao passo que o SAF 3 está situado sob um Gleissolo. Ambos os SAFs ocupam uma área aproximada de um hectare. Na implantação desses sistemas, as famílias geraizeiras preservaram espécies vegetais úteis, como: melíferas, madeireiras, frutíferas e medicinais (FIG. 2).

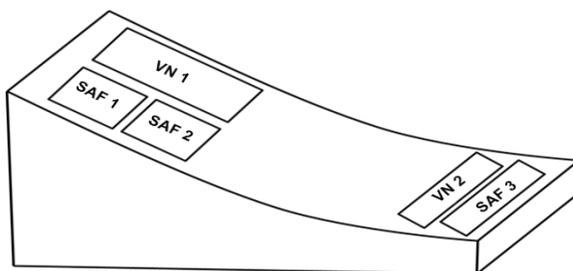


FIGURA 2- Esquema dos Sistemas Agroflorestais do cerrado adjacente na área de estudo
Fonte: Adaptado de FERNANDES, 2011

Os SAFs são manejados por meio de podas que ocorrem entre os meses de setembro e outubro, e capinas. Além de ocorrerem coletas de produtos como madeira, frutas e plantas medicinais, seja para o consumo da família ou a venda em mercados locais, espécies de interesse são introduzidas nos sistemas, com a finalidade de enriquecê-los. As espécies plantadas atendem às características inerentes a cada sistema, como a fertilidade do solo, a capacidade hídrica e a incidência de luz.

Para fins de comparação, foram avaliadas duas áreas de vegetação nativa adjacentes (testemunha), uma sob Latossolo, denominada VN1 e uma sob Gleissolo, denominada VN 2.

No início da década de 1980, a área sob o Gleissolo foi drenada e a sua vegetação nativa, suprimida, para o plantio de arroz. Essa atividade

ocorreu até o início da década de 1990, quando a área foi abandonada. O SAF 3 se difere dos demais SAFs, por possui uma vegetação menos densa. Isso se deve ao manejo desenvolvido nessa área, que prioriza uma maior incidência de luz, para que haja o plantio e o desenvolvimento de espécies anuais, como feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), arroz (*Oryza sativa* L.) e milho (*Zea mays* L.).

Em cada Sistema Agroflorestal e áreas de Vegetação Nativa adjacente, foram instaladas cinco parcelas iguais de 0,01 ha cada (4 x 25 m). Nessas parcelas, foram coletadas e analisadas amostras compostas de solo em camadas de diferentes profundidades. A coleta de solo para a determinação de carbono foi realizada nos horizontes minerais, com o auxílio de um trado manual. As coletas foram feitas nas camadas de 0-10 cm; 10-20 cm e 20-40 cm de profundidade (AREVALO; ALEGRE; VILCAHUAMAN, 2002).

As amostras compostas de solo foram acondicionadas em sacos plásticos identificados com o local e a profundidade da coleta e posteriormente encaminhadas para o Laboratório de Análise de Solos do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais.

Para as análises físicas, foram coletadas amostras de solo com estrutura indeformada em cada área de estudo nas profundidades estabelecidas, utilizando-se um cilindro volumétrico. A densidade aparente, a porosidade volumétrica e o carbono orgânico total foram determinados, conforme metodologia apresentada pela Embrapa (1997).

O carbono no solo foi determinado, segundo as equações propostas por Arevalo, Alegre e Vilcahuaman (2002):

(1) porosidade volumétrica do solo:

$$\mathbf{PVS \text{ (Mg. ha}^{-1}\text{)} = dap * PS * 10.000}$$

(2) carbono orgânico total do solo:

$$\mathbf{COS \text{ (Mg. ha}^{-1}\text{)} = (PVS * Clab\%) / 100}$$

Em que:

PS = espessura da camada de coleta do solo em cm,

Clab% = teor de carbono orgânico total da análise,

Dap = densidade aparente.

Para cada SAF respectivo Cerrado nativo adjacente, calcularam-se a média e o intervalo de confiança, utilizando o teste t de Student a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas TAB. 1 e 2 são apresentados os valores de teor de carbono orgânico (COS), densidade e estoque de carbono (EC) dos solos dos Sistemas Agroflorestais (SAF 1,2 e 3) e das respectivas áreas de vegetação nativa adjacentes (VN 1 e 2).

TABELA 1

Média e intervalo de confiança da densidade, teor e estoque de carbono do solo das áreas de Sistema Agroflorestal e Vegetação Nativa sob Latossolodo P.A Americana, no município de Grão Mogol, norte do Estado de Minas Gerais

Variável	Camada (cm)	Latossolo		
		SAF1	SAF2	VN 1
COS (g/kg)	0 a 10	41,4 ± 5,52	50,01 ± 7,00	40,10 ± 2,83
	10 a 20	27,8 ± 4,24	48,6 ± 2,83	27,80 ± 4,24
	20 a 40	20,6 ± 4,24	31,2 ± 4,24	21,50 ± 2,83
Densidade (Mg/m ³)	0 a 10	1,12 ± 0,13	1,16 ± 0,12	1,13 ± 0,21
	10 a 20	1,19 ± 0,14	1,21 ± 0,14	1,20 ± 0,17
	20 a 40	1,20 ± 0,14	1,19 ± 0,103	1,21 ± 0,13
Est. de Carbono (Mg.ha ⁻¹)	0 a 10	46,29 ± 5,01	57,83 ± 9,23	45,33 ± 3,76
	10 a 20	33,26 ± 6,11	58,61 ± 5,13	33,51 ± 7,06
	20 a 40	49,26 ± 8,43	74,14 ± 8,33	52,11 ± 8,06
Total est. de carbono (Mg.ha⁻¹)		129	190	131

Nota: COS = carbono orgânico

Fonte: Da autora.

TABELA 2

Média e intervalo de confiança da densidade, teor e estoque de carbono do solo das áreas de Sistema Agroflorestal e Vegetação Nativa sob Gleissolo do P.A Americana, no município de Grão Mogol, norte do Estado de Minas Gerais

Variável	Camada (cm)	Gleissolo	
		SAF3	VN 2
COS (g/kg)	0 a 10	38,70 ± 4,24	50,00 ± 7,07
	10 a 20	26,00 ± 4,24	38,70 ± 2,83
	20 a 40	12,30 ± 2,83	23,60 ± 2,83
Densidade (Mg/m ³)	0 a 10	1,11 ± 0,18	1,13 ± 0,16
	10 a 20	1,18 ± 0,14	1,20 ± 0,14
	20 a 40	1,20 ± 0,21	1,19 ± 0,22
Est. de Carbono (Mg.ha ⁻¹) ¹⁾	0 a 10	42,87 ± 3,07	56,38 ± 9,72
	10 a 20	30,77 ± 0,11	46,50 ± 5,04
	20 a 40	29,4 ± 5,74	56,05 ± 4,73
Total est. de carbono (Mg.ha⁻¹)		103	159

Nota: COS = carbono orgânico

Fonte: Da autora.

Os maiores teores de carbono orgânico do solo (COS) foram encontrados na camada superficial (0 a 10 cm de profundidade), independentemente da classe e uso do solo (TAB. 5). Resultados semelhantes foram encontrados por Corazza (1999), ao estudarem a acumulação de carbono orgânico, em diferentes sistemas de manejo. Esses autores verificaram que, do total de COS acumulado até a profundidade de 100 cm, cerca de um terço (6 – 30 Mg.ha⁻¹ de COS) encontrava-se na camada superficial. Essa tendência, segundo ainda esses autores, é em função da deposição de matéria orgânica e da posterior decomposição na superfície do solo das áreas estudadas. Segundo Machado *et al.* (2005), aproximadamente 98% do carbono orgânico total do solo estão presentes na matéria orgânica morta, que é composta, essencialmente, pelos resíduos vegetais recém adicionados ao solo

Para o grupo do Latossolo o SAF 2 apresentou maior teor de COS (50,01 ± 7,00 g/kg) quando comparado ao SAF 1 e ao VN 1 (TAB. 5), ao

passo que no grupo do Gleissolo o VN 2 apresentou um teor de COS (50, 01 \pm 7,00g/kg) superior ao SAF3 (TAB. 6).

O menor teor de COS no SAF 3 (38,70 \pm 4,24 g/kg) em relação a vegetação nativa pode ser justificado pelo fato dessa área possuir uma menor quantidade de indivíduos arbóreos e, conseqüentemente, a quantidade de matéria orgânica depositada sob o solo ser inferior às demais áreas. Segundo Costa *et al.* (2008), a adição diferenciada de resíduos vegetais em um sistema pode afetar, significativamente, os teores de carbono orgânico no solo. Além disso, a vegetação da área do SAF 3 foi suprimida no passado para o plantio de culturas anuais.

Os teores de COS na camada superficial encontrados na presente pesquisa, independentemente da classe e do uso de solo, são classificados como altos, de acordo com Ribeiro *et al.* (2009) e são maiores que aqueles observados por Barreto *et al.* (2008), em solos de Mata Atlântica, plantio de cacau e pastagem (teores médios de COS de 26,82 g/kg) e por Costa *et al.* (2008), em sistema de plantio direto (27,8 g/kg) e plantio convencional (36,1 g/kg). Por outro lado, Paiva, Rezende e Pereira (2011) encontraram valores de COS (40,30 \pm 8,67 g/kg) no solo de um cerrado *sensu stricto* significativamente maiores na camada de 10-20 cm, quando comparado à camada superior. Esses autores atribuem essa diferença, em parte, à ciclagem e à rizodeposição das raízes de espécies vegetais presente no bioma Cerrado, as quais apresentam uma elevada biomassa subterrânea, quando comparada à parte aérea. Plantas nativas do cerrado investem boa parte dos fotoassimilados para a produção de um sistema radicular mais espesso e profundo como forma de garantir a absorção de água e nutrientes, sobretudo no período de estiagem (PAIVA; FARIA, 2007).

O SAF 2 apresentou maiores valores para EC (190,58 Mg.ha⁻¹) quando comparado ao SAF 1 e a área de vegetação nativa adjacente nas três camadas analisadas. Por outro lado, não houve diferença significativa entre o SAF 2 e o VN 1 quanto ao estoque de carbono. As áreas dos SAFs 1 e 2, antes da implantação dos Sistemas Agroflorestais eram cobertas por uma vegetação nativa densa de cerrado, que foi raleada para o cultivo das

espécies anuais, bem como para a introdução de espécies arbóreas exóticas e nativas, de usos múltiplos. Esses resultados evidenciam que o manejo desenvolvido nas áreas dos Sistemas Agroflorestais tem contribuído para a estabilidade do carbono no sistema e, no caso do SAF 2, proporcionou aumento das quantidades de carbono em relação à área de vegetação nativa.

Segundo Paula e Valle (2007), a máxima conservação das características da vegetação natural e o mínimo revolvimento do solo nos Sistemas Agroflorestais contribuem para a preservação da matéria orgânica do solo e para aumento do aporte de carbono. Assim, o manejo adequado dos SAFs permite um incremento de estoque de carbono, devido ao aumento da eficiência, em diversos estratos arbóreos, da fotossíntese, que gera ganhos de produtividade e diminui, significativamente, as emissões de CO₂, em comparação a outros sistemas de cultivo e a ecossistemas florestais (FROUFE; RACHWAL; SEOANE, 2011).

Barreto *et al.* (2008) quantificaram os estoques de carbono em um solo submetido a diferentes usos e encontraram maiores estoques de carbono na camada de 0-10 cm profundidade, indicando, segundo os autores, que o EC não foi alterado quando a mata foi submetida a raleamento para a implantação de cultivo de cacau ou pastagem. Esses resultados esses que corroboram com os encontrados no presente trabalho para o grupo do Latossolo.

Dessa forma, segundo Froufe, Rachwal e Seoane (2011) é importante aliar práticas agrícolas à manutenção da capacidade produtiva do solo, para reduzir novos desmatamentos para a ampliação da fronteira agrícola. Os SAFs, por apresentarem diversidade horizontal e vertical, tendem a proporcionar estoques de carbono similares a ambientes naturais de alta biodiversidade (FROUFE; RACHWAL; SEOANE, 2011). Do ponto de vista conservativo, por sua complexidade, além de possuírem potencial de sequestro de carbono similar ou até mesmo superior às áreas de cerrado nativo, esses Sistemas Agroflorestais apresentam-se como uma alternativa importante para aliar a produção de alimentos e de produtos madeireiros e

não madeireiros a baixos impactos sobre a vegetação nativa. Os menores valores de EC no SAF 3 podem ser explicados pelo histórico dessa área. No início da década de 1980 essas áreas sob Gleissolo foram drenadas e a sua vegetação nativa, suprimida, para o plantio de arroz e, após serem abandonadas, ocorreu a regeneração da vegetação nativa arbórea, constituída basicamente por araçazeiros (*Psidium firmum* O Berg.) e goiabeiras (*Psidium guajava* L.), que, em função do interesse comercial das famílias de assentados, foram preservados quando da implantação do SAF 3, no ano de 2003. O manejo adotado para o SAF3, utilizando uma menor densidade de indivíduos, se deve a necessidade de se ter áreas com maior incidência de luz, para que se possa plantar espécies anuais mais exigentes em luz, como milho e feijão.

De acordo com Rangel e Silva (2007), a conversão de ecossistemas naturais em sistemas agrícolas pode ocasionar reduções drásticas nos estoques de carbono orgânico na ordem de 50% nos primeiros 20 cm de solo e de até 20% na camada de 0 a 100 cm de profundidade. Na presente pesquisa, a diferença média de EC na camada de 0 a 40 cm de profundidade entre o VN 2 e o SAF 3 foi de 55,89 Mg.ha⁻¹, que corresponde a uma redução de 35%.

O manejo do sistema e a baixa diversidade de espécies presentes no grupo do Gleissolo explicam o menor estoque de carbono no solo do SAF3. Segundo Froufe, Rachwal e Seoane (2011), quanto maior a diversidade de espécies em um ecossistema, maior será o potencial de estoque de carbono, devido à otimização da fotossíntese das diferentes espécies que compõem o ecossistema. A maior exposição do solo a fatores externos (luz, vento, chuva), em função da cobertura vegetal menos densa do SAF 3 também contribui para o menor EC nesse sistema. Em conformidade com Campanha *et al.* (2007), a maior exposição do solo aos fatores externos acelera a taxa de decomposição da matéria orgânica do sistema. Rangel e Silva (2007) admitem que o aumento do estoque de carbono em solos pode estar associado a dois fatores principais: proteção física dos compostos orgânicos contra a decomposição microbiana, favorecida pela oclusão do carbono nos

agregados do solo e proteção química dos compostos orgânicos, por meio da interação desses com os minerais e cátions do solo, o que dificulta a sua decomposição.

A adequada concepção e gestão dos Sistemas Agroflorestais pode aumentar o acúmulo de taxas de biomassa, tornando os SAFs eficazes sumidouros de carbono. É importante que o manejo de Sistemas Agroflorestais inclua práticas de conservação do solo, pois essas podem aumentar, a curto prazo, o carbono armazenado na biomassa vegetal e no solo. Os SAFs, se estabelecidos em áreas degradadas ou em locais isentos de espécies arbóreas, como áreas de pastagem, podem sequestrar quantidades consideráveis de carbono (NAIR; KUMAR; NAIR, 2004).

Segundo Rodrigues *et al.* (2007), os SAFs são uma alternativa para a recuperação de áreas de Reserva Legal em propriedades rurais, principalmente aquelas de pequenos agricultores familiares em que as terras são escassas, desde que não se pratique o corte raso. Além da função ambiental, os SAFs exercem função no fornecimento de bens econômicos de forma sustentável, sendo a sua maior ou menor viabilidade econômica dependente da intensificação do manejo da área para a produção agrícola e de preços satisfatórios para a venda no mercado (RODRIGUES *et al.*, 2007).

4 CONCLUSÃO

O estoque de carbono em Sistemas Agroflorestais quando implantados em áreas de vegetação sem histórico de uso é semelhante aos estoques encontrados em áreas de vegetação nativa. O uso de terras para fins agrícolas antes da implantação dos Sistemas Agroflorestais interfere na produção de biomassa e no estoque de carbono acima do solo.

REFERÊNCIAS

APG III. An update of Angiosperm Phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants. **Botanical Journal of the Linnean Society**, [S.l.], v. 161, n. 2, p. 105-121, 2009.

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**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 715-721, 2003.

AREVALO, L. A.; ALEGRE, J. C.; VILCAHUAMAN, L. J. M. Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 16., 2009, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: [s.n.], 2009.

BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; FONSECA, S. Atividade microbiana, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em plantações de eucalipto, em sequência de idades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 611-619, 2008.

BOLFE, E. L.; BATISTELLA, M.; FERREIRA, M. C. Correlação entre o carbono de Sistemas Agroflorestais e índices de vegetação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011.

BRANCHER, T. **Estoque e ciclagem de carbono de Sistemas Agroflorestais em Tomé-açu, na Amazônia Oriental**. 2010. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ecossistemas Amazônicos e Uso da Terra) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

CAMPANHA, M. M.; SANTOS, H. S. S.; FREITAS, G. B.; MARTINEZ, H. E. P. M.; BOTERO, C. J.; GARCIA, S. L. Análise comparativa das características da serapilheira e do solo em cafezais (*Coffea arábica* L.) cultivados em Sistemas Agroflorestais e em monocultura, na Zona da Mata MG. **Revista Árvores**, Viçosa, v.31, 2007.

CARVALHO, A. R.; MARQUES, S. Diversidade e índice sucessional de uma vegetação de cerrado sensu stricto na Universidade Estadual de Goiás-UEG, Campus de Anápolis. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 81-90, 2008.

CARVALHO, I. S.H. **Assentamento Americana e Grupo Agroextrativista do Cerrado: uma experiência agroecológica no Norte de Minas**. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, p.132, 2012.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N. S.; MELLO, C. R.; CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 277- 289, 2010.

CIANCIARUSO, M. V.; PIRES, J. S. R.; SILVA, R. E. F. L.; DELITTI, W. B. C. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerrado na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, [S.l.], v. 20, n. 1, p. 49-59. 2006.

COGLIATTI, C. L. Quantificação da biomassa e do Carbono em *Rhizophora mangle*, *Avicennia shaueriana* e *Laguncularia racemosa* no manguezal da laguna de Itaipu, Niterói – RJ. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, 6., 2004, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: INPA, 2004.

CORAZZA, E. J. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, p. 425-432, 1999.

COSTA, F. S.; BAYER, C.; ZANATTA, J. A.; MIELICZUCK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.], v. 32, p. 323-332, 2008.

CABACINHA, C. D. **Caracterização estrutural e física de fragmentos de mata de galeria na alta bacia do rio Araguaia**. Teses (Doutorado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal de Goiás, Goiania, 2008.

DELITTI, W. B. C.; MEGURA, M.; PAUSAS, J. G. Biomass and mineralomass estimates in a “cerrado” ecosystem. **Revista Brasileira de Botânica**, [S.l.], v. 29, p. 531-540, 2006.

DIXON, R. K. Sistemas agroflorestales y gases invernadores. **Agrofloresteria em las Américas**, [S.l.], v. 2, p. 22-27, 1995.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: [s.n.], 1997.

FELFILI, J. M.; NOGUEIRA, P. E.; SILVA JÚNIOR, M. C.; MARIMON, B. S.; DELITTI, W. Composição florística e fitossociologia do cerrado sentido Restrito no município de Água Boa – MT. **Acta Botânica Brasileira**, [S.l.], v. 16, n. 1, p.103-112, 2002.

FELFILI, J. M.; REZENDE, R. P. Conceitos e métodos em fitossociologia. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal. **Comunicações Técnicas Florestais**, [S.l.], v. 5, n. 1, p.1-68, 2003.

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 de Ciência do Solo**, [S.l.], v. 32, p. 1355-1365, 2008.

FIDELIS, A. T.; GODOY, S. A. P. Estrutura de um cerrado *strico sensu* na gleba cerrado pé-de-gigante, Santa Rita Do Passa Quatro, SP. **Acta Botânica Brasílica**, [S.l.], v. 17, n. 4, p. 531-539, 2003.

FINOL, H. Nuevos parâmetros a considerar-se em el análises estructural de las selvas virgenes tropicales. **Revista Forestal Venezolana**, [S.l.], v. 14, n. 21, p. 24-42, 1971.

FROUFE, L. C. M.; RACHWAL, M. F. G; SEOANE, C. E.S. Potencial de Sistemas Agroflorestais multiestrata para sequestro de carbono em áreas de ocorrência de Floresta Atlântica. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S.l.], v. 31, n. 66, p. 143-154, jun. 2011.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E.; BARROS, N. F. Balanço de carbono e nutrientes em plantio puro e misto de espécies florestais nativas no sudeste da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1165-1179, 2008.

HOUGHTON, R. A.; SKOLE. D. L.; LEFKOWITZ, D. S. Changes in the landscape of Latin America between 1850 and 1985. II Net release of CO₂ to the atmosphere. **Forest Ecology and Management**, [S.l.], v. 38, p. 173-199, 1991.

IPCC. **Contribution of working group in to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

KETTERINGS, Q. M.; COE, R.; NOORDWIJK, M.; AMBAGAU, Y.; PALM, C. A. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. **Forest Ecology and Management**, [S.l.], v. 146, p.199-209, 2001.

KLINK, C. A.; MACHADO, R B. A conservação do cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, [S.l.], v. 1, p 147-155, jul. 2005.

KURZATKOWSKI, D. Potencial do sequestro de carbono nos Sistemas Agroflorestais: análise dos quatro sistemas implantados no município de Pium – To. **Revista Carbono Social**, [S.l.], v. 1, p 75-80, 2007.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L.; MACHADO, P. L. O. A.; GALVÃO, J. C. C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com

adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, 2003.

MACHADO, P. L. O. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Química Nova**, [S.l.], v. 28, n. 2, p. 329-334, 2005.

MACIEL, M. N. M.; WATZLAWICK, L. F.; SCHOENINGER, E. R.; YAMAJI, F. M. Ecological classification of arboreal species. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 1, n. 2, p. 69-78, jun. 2003.

MATOS, F. D. A.; KIRCHNER, F. F. Estimativa de biomassa da floresta ombrófila densidade terra firme na Amazônia central com o satélite Ikonos II. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 1, 2008.

MONTAGNINI, F.; NAIR, P. K. R. Carbon sequestration: an underexploited environmental benefit of agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, [S.l.], v. 61, p. 281-295, 2004.

MURILLO, M. A. Almacenamiento y fijación de Carbono em ecosistemas forestales. **Revista Forestal Centro Americana**, [S.l.], v. 6, p. 9-12, 1997.

NAIR, P. K. R.; KUMAR, B. M.; NAIR, V. D. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, [S.l.], v.172, p. 10-23, 2009.

NAIR, P. K. R.; KUMAR, B. M.; NAIR, V. D. Carbon sequestration: an underexploited environmental benefit of agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, [S.l.], v. 61, p. 281-295, 2004.

NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. Mudanças climáticas e Amazônia. **Ciência e Cultura**, [S.l.], v. 59, n. 3, p. 22-27, 2007.

OSTERROOHT, M. Manejo de SAF's. **Agroecologia Hoje**, [S.l.], v. 15, p.12-13, 2002.

PAIVA, A. O.; REZENDE, A. V.; PEREIRA, R. S. Estoque de carbono em cerrado sensu stricto do Distrito Federal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, p. 527-538, 2011.

PAIVA, O. A.; FARIA, G. E. Estoques de carbono do solo sob cerrado sensu stricto no Distrito Federal Brasil. **Revista Tropica Ciências Agrárias e Biológicas**, [S.l.], v. 1, p. 59- 65, 2007.

PAIXÃO, F. A.; SOARES, C. P. B.; JACOVINE, L. A. G.; SILVA, M. L.; LEITE, H. G.; SILVA, G. F. Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 411-420, 2006.

PAULA, T. A.; VALLE, C. M. Quantificação do estoque de carbono no solo e a mitigação da mudança climática. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 2., 2007, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: [s.n.], 2007.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoque de Carbono e Nitrogênio e Frações Orgânicas de Latossolo Submetido a Diferentes Sistemas de Uso e Manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1609-1623, 2007.

REZENDE, A.V.; VALE, A. T.; SANQUETTA, C. R.; FILHO FIGUEIREDO, A. Comparação de modelos matemáticos para estimativa do volume, biomassa e estoque de carbono da vegetação lenhosa de um cerrado sensu stricto em Brasília, DF. **Scientia Forestalis**, n.71. p. 65-76. 2006.

RIBEIRO, S. C.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V.; SOUZA, A. L.; NARDELLI, A. M. B. Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma floresta madura no município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 917-926, 2009.

RODRIGUES, E. R.; CULLEN, L.; BELTRAME, T. P.; MOSCOGLIATO, A. V.; SILVA, I. C. Avaliação econômica de Sistemas Agroflorestais implantados para recuperação de reserva legal no Pontal do Paranapanema, São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 941-948, 2007.

RUTHNER, R. R.; SEVEGNANI, L. Teores de carbono armazenado no solo e na serapilheira sob floresta ombrófila densa de terras baixas e submontanha do Vale do Itajaí, SC. **Revista Científica Semana Acadêmica**, [S.l.], v. 1, 2012.

SANTOS, S. R. M.; MIRANDA, I. S.; TOURINHO, M. M. Estimativa de biomassa de Sistemas Agroflorestais das várzeas do rio Juba, Cametá, Pará. **Acta Amazônica**, [S.l.], v. 34, p 1-8, 2004.

SCOLFORO, J. R.; OLIVEIRA, A. D. **Inventário florestal de Minas Gerais: equações de volume peso de matéria seca e carbono para diferentes fisionomias da flora nativa**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2008.

SCHUMACHER, M. V.; KONIG, F. G.; KLEINPAUL, J. J. Quantificação de carbono orgânico na serapilheira, sub-bosque e solo de uma Floresta de *Pinus elliottii* Engelm. aos 36 anos, em Santa Maria, RS. In. SANQUETTA, C.R. et al (eds.). **Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba, p. 125-132, 2004.

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

SERRÃO, E.A. Desenvolvimento agropecuário e florestal na Amazônia: proposta para o desenvolvimento científico e tecnológico. In: Costa, J.M.M. (org.). Amazônia. **Desenvolvimento econômico, desenvolvimento sustentável e sustentabilidade de recursos naturais - Pará**. NUMA/UFPA, Belém. p.57-104. 1995.

SMITH, N.; DUBOIS, J.; CURRENT, E.; LUTZ, E.; CLEMENT, C. Experiências Agroflorestais na Amazônia Brasileira: Restrições e Oportunidades. **Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil**, Brasília. p. 146. 1998.

SOARES, C. P. B.; LEITE, H. G.; GORGENS, E. B. Equações para estimar o estoque de carbono no fuste de árvores individuais e em plantios comerciais de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 5, 2005.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. Análise de solos, plantas e outros materiais. Porto Alegre: UFRG, Departamento de Solos/ Faculdade de Agronomia, **Boletim Técnico**, [S.l.], n. 5, 1995.

TERROR, V. L.; SOUSA, H. C.; KOZOVITS, A. R. Produção, decomposição e qualidade nutricional da serapilheira foliar em uma floresta paludosa de altitude. **Acta Botanica Brasilica**, [S.l.], v. 25, n. 1, p. 113-121, 2011.

VIDAL, M. M.; PIVELLO, V. R.; MEIRELLES, S. T.; METZGER, J. Produção de serapilheira em floresta Atlântica secundária numa paisagem fragmentada (Ibiúna, SP): importância da borda e tamanho dos fragmentos. **Revista Brasileira de Botânica**, [S.l.], v. 30, n. 3, p. 521-532, 2007.

YU, C. M. **Seqüestro Florestal de carbono no Brasil - dimensões políticas socioeconômicas e ecológicas**. 156 f. 2004. Tese - (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba, 2004.