

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS**  
**REGIONAL JATAÍ**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ATRIBUTOS QUÍMICOS, FÍSICOS E BIOLÓGICOS DE UM NEOSSOLO  
QUARTZARÊNICO SOB SISTEMAS AGROFLORESTAIS BIODIVERSOS**

**DRYELA RIBEIRO LEITE**  
**ENGENHEIRA FLORESTAL**

**Jataí – Goiás – Brasil**  
**Setembro de 2017**

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR  
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES  
NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

**1. Identificação do material bibliográfico:**     **Dissertação**     **Tese**

**2. Identificação da Tese ou Dissertação:**

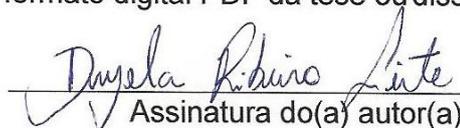
Nome completo do autor: Dryela Ribeiro Leite

Título do trabalho: Atributos químicos, físicos e biológicos de um Neossolo Quartzarênico sob sistemas agroflorestais biodiversos

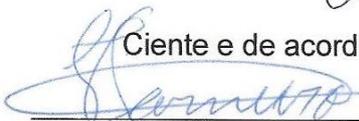
**3. Informações de acesso ao documento:**

Concorda com a liberação total do documento  SIM     NÃO<sup>1</sup>

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.

  
Assinatura do(a) autor(a)<sup>2</sup>

Ciente e de acordo:

  
Assinatura do(a) orientador(a)<sup>2</sup>

Data: 11/10/2017

<sup>1</sup> Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

<sup>2</sup> A assinatura deve ser escaneada.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS**  
**REGIONAL JATAÍ**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ATRIBUTOS QUÍMICOS, FÍSICOS E BIOLÓGICOS DE UM NEOSSOLO  
QUARTZARÊNICO SOB SISTEMAS AGROFLORESTAIS BIODIVERSOS**

**DRYELA RIBEIRO LEITE**

**ORIENTADOR: PROF. DR. LEANDRO FLÁVIO CARNEIRO**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Goiás  
– Campus Jataí, para obtenção  
do título de Mestre em  
Agronomia (Produção Vegetal)

**Jataí – Goiás - Brasil**

**Setembro de 2017**

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

DRYELA RIBEIRO LEITE – filha de Elson Alves Leite e Maria de Jesus Ribeiro Leite, nascida em Alto Araguaia (MT), em 17 de Maio de 1989. Concluiu o ensino fundamental na Escola Municipal Alcino Carneiro, no município de Alcinópolis (MS), em 2003 e o ensino médio na Escola Estadual Romilda Costa Carneiro, também no município de Alcinópolis (GO), no ano de 2006. Ingressou na Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior (FIMES), atualmente mantenedora do Centro Universitário de Mineiros (UNIFIMES), graduando-se em Engenharia Florestal no ano de 2011. Ingressou no Mestrado em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal, em Março de 2015, na Universidade Federal de Goiás - Regional Jataí, trabalhando com fertilidade do solo em sistemas agroflorestais biodiversos, seguindo a linha de pesquisa em Solos e Nutrição de Plantas.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Leite, Dryela Ribeiro

Atributos químicos, físicos e biológicos de um Neossolo Quartzarênico sob sistemas agroflorestais biodiversos [manuscrito] / Dryela Ribeiro Leite. - 2017.  
8, 81 f.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Flávio Carneiro; co-orientador Dr. Milton Parron Padovan; co-orientador Dr. Daniella Nogueira Moraes Carneiro.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Unidade Acadêmica Especial de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Agronomia, Jataí, 2017.

Bibliografia. Anexos.

Inclui tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Qualidade do solo. 2. Sistemas de uso da terra. 3. Diversidade ecológica. 4. Sustentabilidade. I. Carneiro, Leandro Flávio, orient. II. Título.

CDU 631/635



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
REGIONAL JATAÍ  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
PRODUÇÃO VEGETAL

**ATA DA REUNIÃO DA BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE DRYELA RIBEIRO LEITE.** Aos onze dias do mês de setembro do ano de dois mil e dezessete (11/09/2017), às 08h00 min, reuniu-se no Auditório da Pós-Graduação da Regional Jataí da UFG, a Banca Examinadora, composta pelos Professores Doutores: Leandro Flávio Carneiro, Carlos Ribeiro Rodrigues e José Hortêncio Mota, sob a presidência do primeiro, procederam na forma da resolução vigente a “Defesa de Dissertação” de DRYELA RIBEIRO LEITE, discente do PPGA, curso de Mestrado, área de concentração em Produção Vegetal. Prova oral versou sobre o tema de sua dissertação com o título: **“ATRIBUTOS QUÍMICOS, FÍSICOS E BIOLÓGICOS DE UM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO SOB SISTEMAS AGROFLORESTAIS BIODIVERSOS”**. A sessão foi aberta pelo Presidente da Banca Examinadora, que fez a apresentação formal dos membros da mesma. A palavra a seguir, foi concedida a autora da dissertação que, em 30 minutos procedeu a apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da Banca arguiu a examinanda, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. Tendo em vista a Resolução nº.1143/2013 do Conselho de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura (CEPEC), que regulamenta o Programa de Pós-Graduação em Agronomia e procedidas às correções recomendadas, a Comissão Examinadora emitiu seu parecer sobre a defesa realizada pela discente, considerando-a:  **APROVADA** ( ) **REPROVADA** por unanimidade a “Defesa de Dissertação” para fins da obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA, pela Universidade Federal de Goiás. Lembrando que o encerramento deste processo avaliativo se dará após a entrega da versão definitiva da dissertação com as devidas correções sugeridas pela Banca Examinadora, bem como a entrega do artigo científico ou comprovante de submissão do mesmo em periódico nacional e, ou, internacional, depois de procedidas as modificações sugeridas em detrimento da autorização do professor orientador Leandro Flávio Carneiro. Cumpridas as formalidades de pauta, às \_\_\_\_ horas, o Prof. Dr. Leandro Flávio Carneiro, Presidente da Banca Examinadora encerrou a sessão, e para constar, lavrou-se a presente Ata, assinada em quatro vias de igual teor.

Prof. Dr. Leandro Flávio Carneiro  
Presidente- REJ/UFG

Prof. Dr. Carlos Ribeiro Rodrigues  
Membro Externo – IF Goiano – Campus Rio Verde

Prof. Dr. José Hortêncio Mota  
Membro Interno REJ/UFG

*Erguei-vos e não temais... Se tiverdes fé como um grão de mostarda, direis a este monte: " Passa daqui para acolá ", E ele passará... Nada vos será impossível!*

*Jesus*

A Deus,

Pela vida, saúde e oportunidade de escrever cada capítulo de minha história, na qual sempre foi presença constante, me apoiando, orientando e protegendo, pois sem Ele nada seria possível...

Aos meus pais Elson e Maria,

Que muitas vezes desistiram de seus sonhos para que eu pudesse viver os meus. Obrigada pelo amor incondicional, incentivos e ensinamentos...

Ao meu maninho Natan,

Parceiro de vida e amigo querido...

Ao meu namorado Matheus,

Pelo amor, companheirismo e paciência...

**OFEREÇO E DEDICO**

## **AGRADEÇO**

Ao meu orientador, Professor Dr. Leandro Flávio Carneiro, por todo o aprendizado, orientação, conselhos e paciência no decorrer de todo o trabalho;

Ao Programa de Pós Graduação em Agronomia pela oportunidade;

A Universidade Federal de Goiás, Regional de Jataí pelo suporte;

A CAPES pela concessão da bolsa;

A Embrapa Agropecuária Oeste, na pessoa do Prof. Dr. Milton Parron Padovan, pela importante parceria na realização desse trabalho.

## Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	REVISÃO DE LITERATURA .....	11
2.1	SISTEMAS AGROFLORESTAIS BIODIVERSOS.....	11
2.2	NEOSSOLOS QUARTIZARÊNICOS .....	12
2.3	INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO .....	14
2.3.1	ATRIBUTOS QUÍMICOS .....	15
2.3.2	ATRIBUTOS FÍSICOS .....	15
2.3.3	ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS .....	17
2.4	ESTOCAGEM DE CARBONO PELO SOLO .....	19
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	29
4.1	ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO .....	29
4.2	ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO .....	39
4.3	ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS DO SOLO .....	44
4.4	ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO .....	47
5	VARIÁVEIS CANÔNICAS APLICADAS NO ESTUDO DE INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO	50
5.1	ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 0-50 CM .....	50
5.2	ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 0-50 CM .....	54
5.3	ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO (ESTABILIDADE DE AGREGADOS) NA PROFUNDIDADE DE 0-20 CM.....	57
5.4	ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 0-10 CM .....	60
6	CONCLUSÕES.....	63
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	64
8	ANEXOS.....	75

## ANEXOS

- Anexo 1. Quadro resumido da análise de variância dos atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico, em sistemas agroflorestais biodiversos, amostrados em diferentes profundidades ..... 75
- Anexo 2. Quadro resumido da análise de variância dos atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico, em diferentes sistemas agroflorestais biodiversos, amostrados em diferentes profundidades ..... 76
- Anexo 3. Quadro resumido da análise de variância dos atributos físicos (Estabilidade de agregados) de um Neossolo Quartzarênico, em diferentes sistemas agroflorestais biodiversos, amostrados em diferentes profundidades..... 76
- Anexo 4. Quadro resumido da análise de variância dos atributos biológicos de um Neossolo Quartzarênico, em diferentes sistemas agroflorestais biodiversos, amostrados em diferentes profundidades ..... 77
- Anexo 5. Quadro resumido da análise de variância do estoque de carbono em um Neossolo Quartzarênico, em diferentes sistemas agroflorestais biodiversos, amostrados em diferentes profundidades ..... 77
- Anexo 6. Autovalores e percentual da variância explicada de cada variável canônica relacionada as variáveis químicas do solo, na profundidade de 0-50 cm, nos sistemas de uso da terra estudados ..... 78
- Anexo 7. Importância relativa dos caracteres nas variáveis canônicas, destacando as variáveis químicas do solo, na profundidade de 0-50 cm ..... 78
- Anexo 8. Autovalores e percentual da variância explicada de cada variável canônica relacionada as variáveis físicas do solo, na profundidade de 0-50 cm, nos sistemas de uso da terra estudados..... 79
- Anexo 9. Anexo 9. Importância relativa dos caracteres nas variáveis canônicas, destacando as variáveis físicas do solo, na profundidade de 0-50 cm. .... 79
- Anexo 10. Autovalores e percentual da variância explicada de cada variável canônica relacionada as variáveis físicas do solo (Estabilidade de agregados), na profundidade de 0-20 cm, nos sistemas de uso da terra estudados. .... 80

Anexo 11. Importância relativa dos caracteres nas variáveis canônicas, destacando as variáveis físicas do solo (Estabilidade de agregados), na profundidade de 0-20 cm. .... 80

Anexo 12. Autovalores e percentual da variância explicada de cada variável canônica relacionada as variáveis microbiológicas do solo, na profundidade de 0-10 cm, nos sistemas de uso da terra estudados ..... 81

Anexo 13. Importância relativa dos caracteres nas variáveis canônicas, destacando as variáveis microbiológicas do solo, na profundidade de 0-10 cm81

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dados meteorológicos da região de Dourados – MS, referentes ao período de condução do estudo que compreendeu os anos de 2015 e 2016, nos quais foram realizadas duas avaliações consecutivas no espaço de um ano entre elas. Fonte: Guia Clima - Embrapa Agropecuária Oeste. .... 25

Figura 2. Dispersão gráfica dos escores de seis sistemas de uso da terra em relação às duas primeiras variáveis canônicas estabelecidas pela combinação linear de variáveis químicas do solo avaliadas na profundidade de 0-50 cm (a – 2015 e b – 2016); 1 - SAF1 0-5; 2- SAF2 0-5; 3 - SAF3 0-5; 4 - SAF4 0-5; 5 - RL 0-5; 6 - SPD 0-5; 7 - SAF1 5-15; 8 -SAF2 5-15; 9 - SAF3 5-15; 10 - SAF4 5-15; 11 - RL 5-15; 12 - SPD 5-15; 13 - SAF1 15-30; 14 - SAF2 15-30; 15 - SAF3 -30; 16 - SAF4 15-30; 17 - RL 15-30; 18 - SPD 15-30; 19 - SAF1 30-50; 20 - SAF2 30-50; 21 - SAF3 30-50; 22 - SAF4 30-50; 23 - RL 30-50; 24 - SPD 30-50..... 52

Figura 3. Dispersão gráfica dos escores de seis sistemas de uso da terra em relação às duas primeiras variáveis canônicas estabelecidas pela combinação linear de variáveis físicas do solo avaliadas na profundidade de 0-50 cm (a – 2015 e b – 2016); 1 - SAF1 0-5; 2- SAF2 0-5; 3 - SAF3 0-5; 4 - SAF4 0-5; 5 - RL 0-5; 6 - SPD 0-5; 7 - SAF1 5-15; 8 -SAF2 5-15; 9 - SAF3 5-15; 10 - SAF4 5-15; 11 - RL 5-15; 12 - SPD 5-15; 13 - SAF1 15-30; 14 - SAF2 15-30; 15 - SAF3 -30; 16 - SAF4 15-30; 17 - RL 15-30; 18 - SPD 15-30; 19 - SAF1 30-50; 20 - SAF2 30-50; 21 - SAF3 30-50; 22 - SAF4 30-50; 23 - RL 30-50; 24 - SPD 30-50..... 56

Figura 4. Dispersão gráfica dos escores de seis sistemas de uso da terra em relação às duas primeiras variáveis canônicas estabelecidas pela combinação linear de variáveis físicas do solo avaliadas na profundidade de 0-20 cm (a – 2015 e b – 2016); 1 - SAF1 0-10; 2 - SAF2 0-10; 3 - SAF3 0-10; 4 - SAF4 0-10; 5 - RL 0-10; 6 - SPD 0-10; 7 - SAF1 10-20; 8 - SAF2 10-20; 9 - SAF3 10-20; 10 - SAF4 10-20; 11 - RL 10-20; 12 - SPD 10-20..... 59

Figura 5. Dispersão gráfica dos escores de seis sistemas de uso da terra em relação às duas primeiras variáveis canônicas estabelecidas pela combinação linear de variáveis microbiológicas do solo avaliadas na profundidade de 0-10 cm (a – 2015 e b – 2016); 1 – SA SAF1; 2 – SAF2; 3 – SAF3; 4 – SAF4; 5 – RL e 6 – SPD. .... 61

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Análise granulométrica de um Neossolo Quartzarênico, em diferentes profundidades nos sistemas de uso da terra situados no Assentamento Lagoa Grande, Distrito de Itahum, Município de Dourados-MS ..... 24
- Tabela 2. Potencial hidrogeniônico (pH) e capacidade de troca de cátions (CTC) de um Neossolo quartzarênico sob sistemas biodiversos, área de cultivo de grãos e nativa, independentemente da profundidade amostrada..... 29
- Tabela 3. Teor de alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), saturação por alumínio (m), matéria orgânica do solo (MO) e teor de fósforo (P) de um Neossolo quartzarênico sob sistemas agroflorestais biodiversos, área de produção agrícola e nativa, em diferentes profundidades, no ano de 2015..... 30
- Tabela 4. Teor de alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), saturação por alumínio (m), matéria orgânica do solo (MO) e teor de fósforo (P) de um Neossolo quartzarênico sob sistemas agroflorestais biodiversos, área de produção agrícola e nativa, em diferentes profundidades, no ano de 2016..... 31
- Tabela 5. Teor de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (t) e saturação por bases (V) de um Neossolo quartzarênico sob sistemas agroflorestais biodiversos, área de produção agrícola e nativa, em diferentes profundidades, no ano de 2015 ..... 36
- Tabela 6. Teor de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (t) e saturação por bases (V) de um Neossolo quartzarênico sob sistemas agroflorestais biodiversos, área de produção agrícola e nativa, em diferentes profundidades, no ano de 2016 ..... 37
- Tabela 7. Macro e microporosidade do solo, volume total de poros, diâmetro médio ponderado via seca, índice de estabilidade de agregados, de um Neossolo quartzarênico sob sistemas biodiversos, área de cultivo de grãos e nativa, independentemente da profundidade amostrada ..... 40
- Tabela 8. Densidade e diâmetro médio ponderado via úmida, de um Neossolo quartzarênico sob sistemas agroflorestais biodiversos, área de produção agrícola e nativa, em diferentes profundidades ..... 42
- Tabela 9. Carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), respiração microbiana (RM), matéria orgânica (MO), quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) e quociente

microbiano (qMIC), de um Neossolo quartzarênico sob sistemas agroflorestais biodiversos, área de produção agrícola e nativa, na profundidade de 0-10cm 45

Tabela 10. Estoque de carbono (Mg/ha-1) de um Neossolo quartzarênico sob sistemas agroflorestais biodiversos, área de produção agrícola e nativa, em diferentes profundidades ..... 48

LEITE, Dryela Ribeiro. **Atributos químicos, físicos e biológicos de um Neossolo quartzarênico sob Sistemas Agroflorestais Biodiversos**

Jataí: UFG, 2017.

(Dissertação – Mestrado – Agronomia – Produção Vegetal)

**RESUMO** – A sustentabilidade da capacidade produtiva de um solo é decorrente do tipo de sistema de uso e manejo da terra, o que torna necessário a adoção de práticas e tecnologias que visem a continuidade da exploração de seus recursos de maneira racional e a longo prazo. Este trabalho objetivou avaliar os atributos do solo de um Neossolo quartzarênico e sua capacidade de sequestrar carbono sob sistemas biodiversos por dois anos consecutivos. Foram avaliados atributos químicos, físicos, biológicos e a capacidade de sequestro de carbono de seis diferentes sistemas de uso do solo: quatro Sistemas Agroflorestais, um sistema de plantio direto consolidado e uma área de floresta nativa em bom estado de conservação. As amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm e 30-50cm para as análises química, física e carbono no solo e na profundidade de 0-10cm para as análises microbiológicas. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de média Scott-Knott a 5%, e como análise complementar foi utilizada a técnica multivariada de análise canônica e o método de agrupamento de Tocher. O SAF4 foi o sistema que se apresentou mais promissor quanto as características avaliadas. O manejo desse sistema favoreceu a fertilidade do solo mesmo esse sendo extremamente arenoso e não comprometeu a estrutura do solo, proporcionou uma maior eficiência da biomassa microbiana, maior ciclagem de nutrientes, produção de matéria orgânica, humificação e capacidade de estocagem de carbono, sendo ainda o sistema que apresentou os melhores resultados para as características físicas do solo avaliadas.

**Termos de indexação:** Qualidade do solo; Sistemas de uso da terra; Diversidade ecológica; Sustentabilidade

## ABSTRACT

The sustainability of the productive capacity of a soil is due to the type of land use and management system, which makes it necessary to adopt practices and technologies that aim at the continuity of the exploitation of its resources in a rational and long term way. The objective of this work was to evaluate the soil attributes of a Neossolo Quartzarênico and its ability to sequester carbon under biodiverse systems for two consecutive years. Chemical, physical and biological attributes and carbon sequestration capacity of six different soil use systems were evaluated: four Agroforestry Systems, a consolidated no - tillage system and a native forest area in good conservation status. Soil samples were collected at depths of 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm and 30-50 cm for the chemical, physical and carbon analyzes in the soil and at depth of 0-10 cm for the microbiological analyzes. Data were submitted to analysis of variance and the Scott-Knott 5% mean test, and as a complementary analysis we used the multivariate canonical analysis technique and the Tocher grouping method. The SAF4 system was the system that presented the most promising as the characteristics evaluated. The management of this system favored soil fertility even though it was extremely sandy and did not compromise soil structure, provided greater efficiency of microbial biomass, increased nutrient cycling, organic matter production, humification and carbon storage capacity. the system that presented the best results for the physical characteristics of the soil evaluated.

**Keywords:** Soil quality; Land use systems; Ecological diversity; Sustainability

## 1 INTRODUÇÃO

Sendo o solo um recurso não renovável e um dos principais componentes do sistema produtivo, seu manejo merece atenção especial no contexto da sustentabilidade de um sistema que visa a continuidade da exploração de seus recursos naturais de maneira racional e a longo prazo.

Dentre os tipos de solo mais representativos do Cerrado brasileiro, estão os Neossolos Quartzarênicos, solos com baixa fertilidade natural e baixos teores de argila. Por serem arenosos apresentam limitações quanto ao armazenamento de água e predisposição a lixiviação e perda da matéria orgânica. Dessa forma, o uso sustentável desses solos depende do aporte contínuo de matéria orgânica.

Nesse contexto, a agrossilvicultura se mostra uma alternativa promissora. Os agroecossistemas são caracterizados principalmente pela combinar de forma deliberada espécies florestais com cultivos agrícolas e/ou atividades pecuárias em uma mesma área de forma simultânea ou sequencial produzindo grande quantidade de biomassa, favorecendo o acúmulo de matéria orgânica e carbono no solo (LIMA et al., 2010; ALTIERI, 2012; TEIXEIRA et al., 2014).

Nesses sistemas, o componente arbóreo proporciona diferentes extratos aéreo e subterrâneos, os quais ajudam a restaurar funções ecológicas importantes como o aumento da biodiversidade, fixação de carbono na biomassa vegetal e no solo e o aporte contínuo de matéria orgânica, que estimula a atividade microbiana e a ciclagem mais eficiente de nutrientes, além da redução de perdas por lixiviação e erosão, com consequente aumento da qualidade e resiliência do solo (HEID & PADOVAN, 2011; PADOVAN & PEREIRA, 2012).

A eficácia de um sistema em promover o aumento da qualidade do solo e o estoque de carbono no solo tende a se relacionar com a diversidade ecológica nele presente. Segundo Silveira et al. (2007), quanto mais dinâmico e biodiverso, maior o potencial de estocagem de carbono e estabilidade do sistema, ficando atrás apenas de sistemas naturais.

Sistemas onde há maior adição de resíduos e aporte de matéria orgânica no solo, tendem a apresentar maior capacidade de dreno do carbono atmosférico (COSTA et al., 2008). Os solos, as florestas, assim como os agroecossistemas podem atuar tanto como dreno ou fonte de CO<sub>2</sub>, em virtude do tipo de manejo

empregado e da finalidade de exploração (HOUGHTON, 2010). Sistemas com presença do componente arbóreo, diferentes estratos arbóreos e radiculares, maior presença de biodiversidade apresentam maior potencial de estocagem de carbono e estabilidade.

Nesse sentido, os sistemas agroflorestais biodiversos podem contribuir para a sustentabilidade do sistema produtivo ao longo do tempo, uma vez que se trata de um sistema que apresenta uma ampla diversidade vegetal, elevada produção de massa para o solo, eficiência na ciclagem de nutrientes e supressão do uso de agrotóxicos e adubos químicos sintéticos, tornando-se um sistema autossuficiente (PADOVAN, 2014).

Sendo assim, para avaliação da qualidade do solo é necessário lançar mão de indicadores sensíveis às alterações provocadas pelo tempo de cultivo e práticas de manejo empregadas, em uma escala de tempo que permita essa observação, possibilitando, dessa forma, a tomada de decisão a tempo de corrigir falhas na condução da atividade produtiva, garantindo assim maior sustentabilidade do sistema.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos do solo de um Neossolo Quartzarênico Órtico Típico e sua capacidade de sequestrar carbono sob sistemas agroflorestais biodiversos por dois anos consecutivos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 SISTEMAS AGROFLORESTAIS BIODIVERSOS

O aumento da demanda pelo uso da terra gera uma pressão desordenada sobre os recursos naturais, principalmente sobre o solo. A remoção da cobertura vegetal em ecossistemas tropicais, naturalmente ácidos e pobres em sua maioria, leva a diminuição da matéria orgânica do solo (MOS) e conseqüentemente de sua fertilidade e capacidade produtiva.

Esse cenário cria a necessidade de novos modelos produtivos, mais sustentáveis, frente ao modelo atual. Nesse sentido a agrossilvicultura se mostra como umas das alternativas mais adequadas. Os sistemas produtivos passam a valorizar o componente arbóreo em seu arranjo e estruturação, formando agroecossistemas abertos, complexos e dinâmicos, onde a relação solo-água-planta-atmosfera acontece no meio com maior biodiversidade (HEID, 2011; PADOVAN & PEREIRA, 2012).

Esse modelo de produção deve ter em sua composição ao menos duas espécies vegetais ou animais, sendo obrigatória ao menos uma espécie lenhosa e perene em um sistema de cultivo cujo ciclo sempre será maior que um ano. A espécie lenhosa não precisa, necessariamente, ser de uso madeireiro, podendo ser utilizadas espécies frutíferas, devendo apenas atentar para o manejo correto da mesma. Os componentes que formam o sistema, podem ser arranjados no espaço, de forma misturada, em faixas ou em bordas, e no tempo, de modo simultâneo ou sequencial (LAMÔNICA & BARROSO, 2008).

A complexidade das interações entre seus diferentes componentes aliada ao arranjo, estruturação e diversidade do sistema, faz com que o mesmo apresente-se como o mais próximo a um ecossistema natural, e isso possibilita seu uso tanto na recuperação de áreas degradadas quanto como alternativa econômica geradora de renda (ALTIERI, 2009).

Os diferentes extratos presentes em um agroecossistema promovem maior cobertura do solo e produção de biomassa aérea e subterrânea o que imprime uma dinâmica de exploração do solo diferente. Os diversos sistemas radiculares,

propiciam maior eficiência de exploração do meio favorecendo as propriedades físico-químicas do solo, pois as condições de infiltração e retenção de água, e também o acúmulo de carbono e o aporte contínuo de matéria orgânica são estimulados, assim como a atividade microbiana, a ciclagem mais eficiente de nutrientes e a redução de perdas por lixiviação e erosão (PORTUGAL et al., 2008; DUBOIS, 2009).

As características apresentadas por esses sistemas produtivos estão fortemente relacionadas com a melhoria da qualidade do solo. Nesse sentido, Altieri (2009) e Caporal (2009) enfatizam que é fundamental primar pela complexidade ecológica dos agroecossistemas. Os autores salientam que, quanto mais diversificados e integrados forem os sistemas de cultivos, mais próximos estarão da sustentabilidade ambiental desejada e possível.

## **2.2 NEOSSOLOS QUARTIZARÊNICOS**

Os Neossolos Quartzarênicos (RQs) são um dos tipos de solos de maior representatividade na região do Cerrado, ocupando aproximadamente 15% ou 30 milhões de hectares da área desse bioma (Caetano et al., 2013).

Esses solos se originam de depósitos arenosos e apresentam textura de areia ou areia franca até 2 m de profundidade, com teor de argila inferior a 15% (Frazão et al., 2008), o que os torna solos muito homogêneos, onde a única diferença entre horizontes se dá pela presença de matéria orgânica no horizonte A que é seguido pelo horizonte C, não havendo formação do horizonte B devido ao alto teor de areia. Os poucos nutrientes que existem nos RQ estão concentrados na matéria orgânica, enquanto que a cor avermelhada é devido a hematita, presente na fração argila (Oliveira, 2009).

Nesse segmento, o solo encontrado nas áreas desse estudo, foi classificado como Neossolo quartzarênico órtico típico, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2013), como Arenosols de acordo com o sistema WRB/FAO (1998) e Entisols (Quartzipsamments) segundo o sistema americano de classificação de solos o Soil Taxonomy (1999).

Uma das principais limitações dos RQs ao cultivo é a condição de baixa fertilidade natural, marcada pelo baixo teor de nutrientes, a elevada acidez e a

predominância de argilas de baixa atividade (caulinitas e óxi-hidróxidos de Fe e Al), condições que determinam o comportamento destes solos com relação à capacidade de troca catiônica (CTC), capacidade de retenção de água e adsorção de fosfatos (Goedert, 1987). No entanto, desde que seja aplicados o manejo correto da adubação e correção do solo, essa condição de baixa fertilidade natural deixa de ser limitante, pois esses solos apresentam condições físicas favoráveis para a agricultura, o que tem permitido serem intensivamente explorados com culturas anuais, pastagens e mais recentemente com reflorestamentos.

Sendo o solo um dos principais, senão o principal componente do sistema produtivo, o seu manejo merece atenção especial no contexto da sustentabilidade. A substituição da vegetação nativa pelo cultivo do solo com diversos tipos de manejo, geralmente resulta na diminuição dos teores de carbono (C) e da fertilidade do solo (Lal, 2003), provocando impactos que variam de acordo com o manejo adotado refletido em diferentes manifestações de seus atributos, os quais poderão ser desfavoráveis à conservação do solo e a produção das culturas (Carneiro et al., 2009). Esse efeito é mais pronunciado nos RQs, onde a predisposição ao processo de lixiviação de cátions e perda de matéria orgânica do solo (MOS) é maior (Frazão, 2008).

Isso ocorre uma vez que a granulometria do solo influencia o teor de matéria orgânica, CTC, teores de P, K, Ca e Mg, retenção de água, quantidade de macro e microporos, dentre outras. Em solos arenosos são encontrados menores teores de matéria orgânica em relação à solos argilosos, devido a apresentarem maior aeração e temperatura, fatores estes que favorecem a degradação da matéria orgânica (Freitas et. al, 2014). Além disso, influencia também no processo de agregação das partículas do solo e conseqüentemente na proteção física e química da matéria orgânica, sendo que nos solos arenosos ocorre menor estabilidade deste carbono (Zinn et al., 2007a e 2007b).

Quando ocorre o aporte contínuo de MOS, conseqüentemente tem-se o aumento da CTC do solo (Barreto et al., 2008), e da fertilidade do solo, com maior disponibilidade de nutrientes para as plantas. Sendo assim, o uso sustentável desses solos depende da manutenção e/ou do aumento gradativo dos teores de MOS.

### 2.3 INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO

O solo é um recurso natural não renovável e isso por si só sustenta uma justificativa bastante razoável para se evitar a degradação do solo e consequente perda de sua qualidade produtiva.

Encontra-se na literatura várias definições sobre qualidade do solo. Larson & Pierce (1994), a definem como uma combinação de propriedades físicas, químicas e biológicas que fornece os meios para a produção vegetal e animal, para regular o fluxo de água no ambiente e para atuar como um filtro ambiental na atenuação e degradação de componentes ambientalmente danosos ou perigosos.

Doran & Parkin (1994), ressaltam o aspecto funcional do conceito, ao considerar a qualidade do solo como a capacidade deste de funcionar dentro dos limites do ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde de plantas e animais. A restauração da qualidade do solo após a ocorrência de processos de degradação relaciona-se diretamente com o restabelecimento dessas funções (KIMPE & WARKENTIN, 1998).

Ainda segundo os autores, a qualidade do solo cria condições propícias para o bom desenvolvimento das plantas e para a manutenção adequada da macro e microbiota do solo e pode ser mensurada quantificando-se atributos físicos, químicos e biológicos, que possibilitem o monitoramento de sua variação no tempo e no espaço, a médio e longo prazo.

Nesse sentido, há a necessidade de utilizar indicadores da qualidade do solo sensíveis ao manejo e que permita a verificação de alterações em tempo adequado ao refletirem a condição de sustentabilidade do ecossistema (DORAN & PARKIN, 1994). A quantificação das alterações nos atributos do solo, pode fornecer subsídios importantes para a definição de sistemas racionais de manejo, contribuindo assim para tornar o solo menos suscetível à perda de capacidade produtiva (NEVES et al., 2004).

### 2.3.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS

A condição química do solo afeta diretamente a relação solo-planta, qualidade da água, capacidade tamponante, disponibilidade de nutrientes e de água para as plantas e outros organismos, mobilidade de contaminantes entre outros (SANTANA & BAHIA FILHO, 1999).

Dentre os atributos químicos do solo, a MO é um dos melhores indicadores de qualidade do solo. Em solos naturalmente pobres, sua importância é ainda maior, pois o suprimento de nutrientes depende em grande parte da ciclagem de nutrientes decorrentes de processos essenciais envolvendo os ciclos biogeoquímicos e formação da serapilheira. Além disso, a MO está relacionada com inúmeras propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, apresentando alta susceptibilidade a alteração frente às práticas de manejo (REINERT et al., 2006).

A MO atua nas propriedades físicas do solo, fornecendo substâncias agregantes responsáveis por formar a bioestrutura do solo, sendo assim um dos fatores determinantes para a estruturação dos agregados (PRIMAVESI, 2002). Além disso, reduz a densidade do solo, o que favorece a infiltração de água e o desenvolvimento radicular, além de fornecer nutrientes às plantas.

A CTC de um solo é a capacidade que este apresenta em reter e disponibilizar nutrientes as plantas. Essa capacidade varia em função da disponibilidade de cargas negativas do solo, sejam estas dependes do pH ou permanentes (BARRETO et al., 2008). Sendo assim, a CTC é também um importante indicador de qualidade do solo.

Araújo et al. (2012) relata a acidez do solo, o conteúdo de nutrientes, de elementos fitotóxicos (como por exemplo o  $Al^{3+}$ ), saturações de bases (V%) e de alumínio (m) como outros importantes indicadores químicos.

### 2.3.2 ATRIBUTOS FÍSICOS

Os indicadores físicos da qualidade do solo relacionam-se com o arranjo das partículas sólidas e dos poros. A qualidade física ideal de um solo, é quando este apresenta boa taxa de infiltração, escoamento superficial, drenagem e baixa

erodibilidade, suprimento e armazenamento de água, nutrientes e oxigênio no solo de forma adequada, baixa resistência ao crescimento/desenvolvimento radicular e emergência de plântulas (DEXTER, 2004; GOMES & FILIZOLA, 2006).

A magnitude das alterações nas propriedades físicas do solo é dependente da sua textura e mineralogia, do manejo, tempo de uso e condições edafoclimáticas da região, características que influenciam a resistência e a resiliência do solo a determinada prática agrícola (SEYBOLD et al., 1999; TORRES et al., 2015).

A qualidade física do solo merece atenção especial, pois afeta de forma relevante a qualidade química e biológica. Toda e qualquer melhoria na qualidade física de um solo contribui para melhorar as condições químicas e biológicas (ARAÚJO et al., 2007). Os autores relatam ainda a importância da adoção de práticas de manejo que favoreçam a biologia do solo, pois são esses organismos os responsáveis pelas transformações físicas e químicas do solo, tornando-o apto a exercer suas funções.

A estrutura do solo sofre influência do clima, da atividade biológica e das práticas de manejo e influencia a disponibilidade de água e ar às raízes das plantas, e o desenvolvimento radicular (CRUZ et al., 2003).

A densidade do solo ( $D_s$ ) está relacionada com os fluxos de água ao longo do perfil do solo, pode ser utilizada na determinação da compactação, alterações estruturais e na porosidade do solo, pois é um atributo que avalia a relação entre o espaço vazio e sólido do solo (REICHARDT & TIMM, 2004).

O volume total de poros (VTP) depende da composição granulométrica e da estruturação do solo, sendo inversamente proporcional à densidade do solo. A porosidade de um solo pode ser dividida em macro e microporosidade. Os macroporos são responsáveis pela permeabilidade do solo a água, ou seja, são extremamente importantes na movimentação da água (infiltração, percolação e drenagem), nas trocas gasosas (oxigênio e dióxido de carbono) e no fornecimento de canais radiculares. Os microporos são poros capilares que estão associados com a retenção e armazenamento de água e umidade no solo.

O teor de macro e microporos de um solos está relacionado também com sua textura. Solos mais arenosos há predominância de macroporos e por isso apresentam maior capacidade de drenagem e aeração, enquanto que em solos mais

argilosos a proporção de microporos é bem maior, assim como a retenção de água e porosidade total, devido a formação de microagregados (KLEIN, 2005).

Segundo Da Ros et al. (1997), é possível manter e/ou recuperar as características físicas do solo, adotando-se práticas de manejo com menor revolvimento do solo e maior acúmulo de resíduos vegetais na sua superfície. Quanto maior e melhor for a cobertura do solo, por mais tempo permanecerão às condições de umidade, criando microambiente mais favorável às reações químicas, físicas e biológicas que ocorrem no solo, que por sua vez atuam no processo de agregação biológica, principalmente nos horizontes menos profundos (SANTOS et. al, 2007).

Nesse contexto, Borges et al. (2003) ressaltam que a influência da matéria orgânica na agregação do solo é um processo dinâmico. O aumento do aporte de material orgânico do solo, promove intensa atividade biológica, resultando na formação de produtos que aumentam a formação e estabilização dos agregados (LEITE et. al, 2005).

### **2.3.3 ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS**

Dentre todos os indicadores da qualidade do solo, a biomassa microbiana do solo (BMS) tem se mostrado a característica mais sensível a decorrentes do tipo de uso e manejo (TRANNIN et al., 2007).

A biomassa microbiana é responsável pela decomposição da matéria orgânica e fluxo de energia do solo, sendo assim fundamental para a ciclagem de nutrientes e ciclo do carbono (C) nos ecossistemas (GAMA-RODRIGUES & GAMA-RODRIGUES, 2008).

A biomassa microbiana, é a parte viva da matéria orgânica do solo e contém, em média, de 2 a 5 % do carbono orgânico, de 1 a 5 % do nitrogênio orgânico e de 2 a 20 % do fósforo orgânico (SMITH & PAUL, 1990). A BMS é composta por bactérias, fungos e representantes da microfauna, responsáveis por todos os processos que envolvem a decomposição da matéria orgânica. Além disso, é também fonte lábil de nutrientes da matéria orgânica.

O C microbiano por estar intimamente ligado a ciclagem de nutrientes e fluxo de energia no solo, é um indicador bastante sensível, pois sofre influência de fatores bióticos e abióticos, sendo muito utilizado para avaliar as alterações na MOS devido a rapidez com que responde as alterações no solo (DE-POLLI & GUERRA, 1999; RICE et al., 1996).

A respiração é utilizada como parâmetro para mensuração da atividade metabólica do solo. Sua avaliação se dá pela respiração microbiana (RM), quantificando-se a produção de CO<sub>2</sub> ou consumo de O<sub>2</sub> pelos microrganismos presentes em amostras de solo incubadas sem qualquer substrato e amostras nas quais foram adicionadas fontes de carbono orgânico. A taxa respiratória mensurada é considerada uma estimativa indireta da velocidade de decomposição da matéria orgânica ou de outro substrato no solo.

A atividade respiratória responde rapidamente a alterações ambientais que venham a afetar a atividade microbiana. Alta taxa respiratória pode indicar alta produtividade do ecossistema, disponibilização de nutrientes, mas também perda de carbono orgânico para a atmosfera devido a distúrbios ambientais, logo sua avaliação deve ser criteriosa (SILVA et al., 2007).

Sendo assim, desenvolveu-se um parâmetro de avaliação que permite o estudo dos efeitos antrópicos e ambientais sobre a atividade microbiana do solo, denominado quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>). O quociente metabólico tem por premissa a razão entre o teor de CO<sub>2</sub> produzido por unidade de C da biomassa microbiana por unidade de tempo e indica a eficiência de utilização da matéria orgânica pelos microrganismos do solo. Quanto mais alto o qCO<sub>2</sub>, maior necessidade de energia por parte dos microrganismos para se manterem.

Considerando que os indicadores biológicos são os mais sensíveis para observação precoce das alterações sofridas na qualidade do solo, eles configuram uma importante ferramenta na determinação do manejo e uso adequado da terra, possibilitando a tomada de decisão a tempo de corrigir falhas na condução da atividade produtiva, garantindo assim maior sustentabilidade do sistema.

## 2.4 ESTOCAGEM DE CARBONO PELO SOLO

A transformação de um sistema natural em áreas produtivas tem provocado impactos no ambiente que variam de acordo com o manejo do sistema produtivo e das práticas agrícolas adotadas (SILVA et al., 2007). De acordo com Zinn et al. (2005), essa transição influi diretamente sobre as taxas de adição e decomposição da MOS. Isso ocorre porque a manutenção de sistemas naturais depende do equilíbrio entre a vegetação e os processos biogeoquímicos do solo, enquanto que em sistemas agrícolas o aporte de resíduos, assim como a entrada e saída de C do solo é reflexo do uso e manejo do solo e também do tempo de cultivo e espécies utilizadas.

Sistemas onde há maior adição de resíduos e aporte de material orgânico no solo, tendem a apresentar maior capacidade de dreno do carbono atmosférico (COSTA et al., 2008). Os solos, as florestas, assim como os agroecossistemas podem atuar tanto como dreno ou fonte de CO<sub>2</sub>, em virtude do tipo de manejo empregado e da finalidade de exploração (HOUGHTON, 2010).

Nesse contexto, Carvalho et al. (2010), relatam que aproximadamente 24% das emissões globais de CO<sub>2</sub> tem origem nesse processo de transição entre ecossistema nativos para sistemas produtivos agropecuários. Corroborando com esse relato, Rangel et al. (2007) afirmam que o manejo inadequado do sistema produtivo, é responsável por 50% das perdas relativas ao estoque de carbono orgânico dos solos num período de 10 anos.

Nesse sentido, busca-se sistemas de produção que sejam eficazes em promover o aumento da qualidade do solo e a fixação e o armazenamento de carbono no solo, como os agroecossistemas, onde o componente arbóreo, as diferenças de estratos e sistemas radiculares, maior presença de biodiversidade conferem ao sistema maior potencial de estocagem de carbono e estabilidade do sistema, ficando atrás apenas de sistemas naturais (NAIR et al., 2004; SILVEIRA et al., 2007). Isso é possível, pois esses sistemas são os que mais se assemelham a um sistema natural, sendo capaz de reestabelecer importantes e complexas interações entre o solo, água, plantas e animais.

A estocagem de carbono refere-se a fixação biológica do CO<sub>2</sub> atmosférico pelas plantas, para realização da fotossíntese e no solo, através da decomposição e

humificação (DIXON, 1995). Segundo Carvalho et al. (2010), estima-se que o carbono do solo equivale a aproximadamente três vezes o teor de carbono estocados em reservatório biótico e duas vezes o teor de carbono atmosférico. Esse balanço dinâmico de C no solo depende da relação entre as adições de C fotossintetizado pelas plantas (parte aérea e raízes) e as perdas de C para a atmosfera resultantes da decomposição ou mineralização do C orgânico.

O carbono orgânico do solo está presente na matéria orgânica viva, constituída por microrganismos como fungos e bactérias (60-80% do C), macrorganismos como minhocas, ácaros, térmitas (15-30% do C) e também raízes (5- 10% do C), e na matéria orgânica morta, composta basicamente pela serapilheira (resíduos vegetais recém adicionados ao solo) e pelo húmus (80-90% do C). O húmus é composto por substâncias não húmicas como ácidos orgânicos (30% do C) e substâncias húmicas (70% do C) como os ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e huminas. A matéria orgânica viva corresponde a menos de 4% do carbono orgânico total enquanto que a matéria orgânica morta corresponde à aproximadamente de 98% do carbono orgânico total do solo (MACHADO, 2005).

Fatores como clima (temperatura e precipitação), espécies que compõem o sistema (relação C/N), fertilidade do solo (maior desenvolvimento das plantas, mais carbono a ser depositado no solo) e manejo empregado influem diretamente sobre quantidade e qualidade do carbono encontrado na vegetação. O mesmo ocorre com os processos envolvendo a transformação da serapilheira em húmus. Estes estão intimamente relacionados com o clima, tipo e qualidade da matéria orgânica e suas relações com os componentes minerais do solo, e ainda por sua localização no solo (MACHADO, 2005).

A fixação de carbono pelo solo é oriundo dos processos de humificação, agregação e sedimentação. Já os processos de erosão, decomposição, volatilização e lixiviação são os responsáveis pelas perdas de carbono no solo. A agregação do solo pode ser definida como a formação de torrões estáveis ao impacto da gota de chuva. Sua formação tem origem na união dos colóides do solo pela ação de hifas de fungos e substâncias orgânicas exudadas pelas raízes das plantas ou de produtos da decomposição da matéria orgânica que atuam como agente cimentante.

A dinâmica da matéria orgânica do solo de acordo com Zinn et al. (2005) está relacionada com agregação do solo, pois esse processo é o responsável pelo

acúmulo de MOS. O aumento na taxa de decomposição da MOS e das emissões de CO<sub>2</sub> é decorrente de sua exposição a ação microbiana devido ao rompimento dos macroagregados e redução de sua proteção física, processos esses condicionados pelo sistema de manejo do solo.

Sendo assim, o estoque de C no solo é influenciado pela estabilidade da matéria orgânica. Em ambientes tropicais e subtropicais, solos argilosos conferem maior estabilidade da MOS que solos arenosos (ROSCOE & BUURMAN, 2003). Dessa forma, a agregação do solo tem sido considerada um dos fatores mais importantes para a fixação de carbono no solo. Além disso, uma maior capacidade de fixação de carbono pelo solo leva a um aumento da sua qualidade e resiliência (LAL, 2008).

Estudos sobre estoque de carbono do solo, realizados por Nair et al. (2011), relatam que sistemas de cultivo que valorizam espécies arbóreas em sua composição apresentam maior capacidade de estocar carbono, inclusive em maiores profundidades, que sistemas sem espécies arbóreas nas mesmas condições e que além disso, o teor de carbono orgânico no solo é relacionado com uma maior biodiversidade de espécies e densidade populacional.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no período compreendido entre os meses de Agosto de 2015 e Agosto de 2016, em seis diferentes sistemas de uso do solo sendo eles quatro Sistemas Agroflorestais (SAF1, 2, 3 e 4), um sistema de cultivo com culturas anuais (SPD) e uma área de floresta nativa (RL) em processo de regeneração natural, sendo este último utilizado como referência por se tratar de ambiente natural.

O SAF 1 tem quinze anos de idade e foi implantado em 2001, em local onde antes havia pastagem de *B.decumbens* durante mais de trinta anos, com indícios de degradação. O intuito era construção de quebra-ventos, sombra e produção de alimentos. Antes de sua instalação, foi realizada uma calagem em toda a área e posteriormente as mudas foram sendo plantadas utilizando uma mistura de esterco bovino, suíno e bagaço de cana nas covas. Atualmente, esse SAF apresenta grande diversidade de vegetação arbórea nativa para diversas finalidades e também frutíferas exóticas. Há também presença de espécies arbustivas como o cafeeiro entre outras e espécies herbáceas de hortaliças e plantas medicinais. No SAF, galinhas são criadas soltas. Há uma criação de suínos para consumo e uma apicultura com abelhas jataí e mosquitinhos. Houve retorno dos animais silvestres para a área, principalmente, dos representantes da avifauna.

O SAF 2 tem dez anos de idade e foi implantado em 2006, em local onde antes havia pastagem. O intuito era produção de quebra-ventos e sombra. Posteriormente pensou-se na produção de alimentos (fabricação de doces e geleias). O plantio das mudas foi realizado utilizando, nas covas, esterco bovino e húmus produzido na propriedade. Inicialmente, priorizou-se o plantio de espécies nativas, depois espécies frutíferas exóticas e nativas foram sendo introduzidas no sistema. Há também, várias espécies arbustivas e herbáceas, como hortaliças e plantas medicinais. Até o fechamento do sistema o guandu foi muito cultivado como adubo verde. A cerca de 7 anos foi introduzido no sistema várias mudas de pequi e de baru. Atualmente, esse SAF apresenta grande diversidade de espécies vegetais. Galinhas são criadas soltas no SAF. Houve retorno dos animais silvestres para a área, principalmente, dos representantes da avifauna.

O SAF 3 tem dezenove anos de idade e foi implantado em 1997, em local onde antes havia uma área de cultivo de feijão que seguia todo o protocolo de correção e fertilização necessários para a cultura. O intuito era produção de sombra e de alimentos. Antes de sua instalação, foi realizada uma calagem em toda a área e posteriormente as mudas foram sendo plantadas utilizando esterco bovino nas covas e nas entre linhas das árvores foi mantido o cultivo do feijão até fechamento do sistema. Atualmente, esse SAF apresenta diversidade mediana de espécies vegetais. Inicialmente priorizou-se espécies nativas e posteriormente foi-se introduzindo frutíferas exóticas. Cultivam-se abacaxi, hortaliças e plantas medicinais no SAF, assim como há a presença de galinhas e de animais silvestres, principalmente de representantes da avifauna, já tendo sido encontrados também tamanduás, tatus e até onças. Há relatos de que o solo vem adquirindo coloração mais escura com o passar dos anos.

O SAF 4 tem dezoito anos de idade e foi implantado em 1998, em local onde antes havia uma área de cultivo de abóboras. O intuito era produção de alimentos para consumo e posteriormente fabricação de doces e geleias para comercialização. Antes de sua instalação, foi realizada uma calagem em toda a área e posteriormente as mudas foram sendo plantadas utilizando cinzas e esterco bovino nas covas e nas entre linhas das árvores foi mantido o cultivo do feijão até fechamento do sistema. Atualmente, esse SAF apresenta boa diversidade de espécies vegetais. Inicialmente priorizou-se espécies frutíferas exóticas e posteriormente foi-se incrementando o sistema com frutíferas nativas. Cultivam-se hortaliças e plantas medicinais no SAF, assim como espécies arbustivas. Há a presença de galinhas e de animais silvestres, principalmente de representantes da avifauna, muitas espécies de insetos e abelhas e esporadicamente de veados, raposas, tamanduás, tatus, entre outros animais de médio porte. Há relatos de que o solo vem adquirindo coloração mais escura com o passar dos anos.

A área cultivada sob SPD, já apresenta um sistema consolidado, sendo cultivado a dez anos sob sucessão milho/feijão.

A área de floresta nativa (área de referência) é uma reserva legal isolada a 19 anos em processo de regeneração natural.

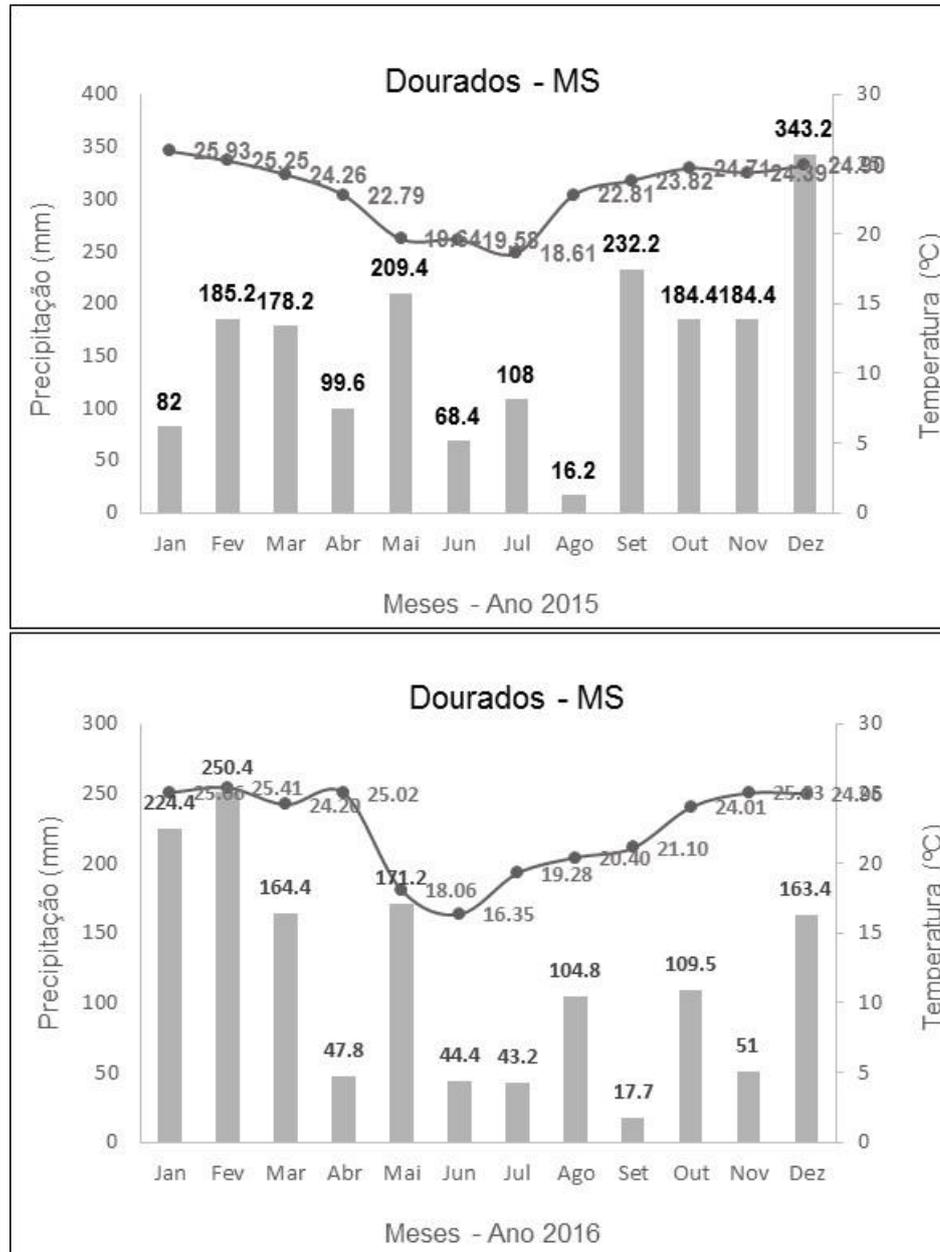
As áreas objeto desse estudo estão localizadas no Assentamento Lagoa Grande, Distrito de Itahum, Município de Dourados-MS, coordenadas 22° 13' 18" S e 54° 48' 23" W, e altitude média em torno de 430m.

O clima da região, segundo classificação climática de Köppen é do tipo Cwa, clima mesotérmico úmido com verões quentes e invernos secos (FIETZ & FISCH, 2008). O solo é classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico Típico de acordo com a classificação brasileira de solo da EMBRAPA (2013). A Tabela 1 apresenta a análise textural desse solo ao longo do perfil amostrado. As precipitações anuais são irregulares (Figura 1) variando de 1000 a 1500 mm (FIETZ & FISCH, 2008).

**Tabela 1.** Análise granulométrica de um Neossolo Quartzarênico, em diferentes profundidades nos sistemas de uso da terra situados no Assentamento Lagoa Grande, Distrito de Itahum, Município de Dourados-MS

<b>Profundidades</b>	<b>Areia</b>	<b>Silte</b>	<b>Argila</b>
	.....g kg <sup>-1</sup> .....		
<b>0-5</b>	862.27	38.27	99.46
<b>5-15</b>	845.60	38.27	116.13
<b>15-30</b>	845.60	38.27	116.13
<b>30-50</b>	812.27	54.93	132.80

A avaliação granulométrica apresenta os teores médios de areia, silte e argila de um Neossolo Quartzarênico.



**Figura 1.** Dados meteorológicos da região de Dourados – MS, referentes ao período de condução do estudo que compreendeu os anos de 2015 e 2016, nos quais foram realizadas duas avaliações consecutivas no espaço de um ano entre elas. Fonte: Guia Clima - Embrapa Agropecuária Oeste.

As amostras de solo foram coletadas para realização das análises químicas, físicas, microbiológicas e do estoque de carbono no solo. Em cada sistema foram abertas cinco trincheiras, ou seja, foram cinco amostragens por sistema. As

amostras para análise de atributos químicos foram coletadas nas profundidades de 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm e 30-50 cm, totalizando 120 amostras compostas e deformadas, configurando um delineamento estatístico inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 4x6 (seis sistemas de produção e quatro profundidades). As amostras foram secas ao ar, até massa constante, e passadas em peneira de 2 mm de abertura e, posteriormente, acondicionadas em recipiente plástico.

As avaliações químicas foram realizadas de acordo com a metodologia proposta por Claessen (1997). Foram determinados: (pH em H<sub>2</sub>O); teor de matéria orgânica (MO); teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e alumínio (Al) trocáveis; fósforo (P) disponível em Mehlich-1 e acidez potencial (H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>). A partir dessas determinações, calculou-se a soma de bases (SB), a capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTC (T)), capacidade de troca de cátions (Efetiva) (CTC efet. (t)), a saturação por bases (V%) e a saturação por alumínio (m%) do solo (RAIJ et al., 1996).

As amostras para as análises físicas foram coletadas com auxílio de anéis com volume conhecido (anéis de Kopeck), nas profundidades de 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm e 30-50 cm, totalizando 120 amostras com estrutura preservada, configurando um delineamento estatístico inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 4x6 (seis sistemas de produção e quatro profundidades). As amostras foram imediatamente acondicionadas em papel alumínio e sacos plásticos e, posteriormente, colocadas em caixas, para evitar a perda da estrutura do solo.

As avaliações físicas realizadas foram: textura do solo, densidade do solo (D<sub>s</sub>), porosidade total (P<sub>t</sub>), macroporosidade (macrop.) e microporosidade (microp.), obtidos pelo método da mesa de tensão (Classen, 1997), e estabilidade de agregados, obtida pelo índice diâmetro médio ponderado (DMP), cujos cálculos foram feitos seguindo a proposta de Kemper e Rosenau (1986). Para a análise de estabilidade de agregados, as amostras foram coletadas nas profundidade de 0-10cm e 10-20cm, configurando um esquema fatorial 2x6 (seis sistemas de produção e duas profundidades

As amostras para as análises microbiológicas foram coletas apenas na camada de 0-10 cm, passadas imediatamente em peneira de 2 mm de abertura, armazenadas em caixa térmica e levadas ao laboratório onde ficaram refrigeradas a 4 °C até a realização das análises seguintes análises: carbono da biomassa

microbiana, respiração microbiana do solo (RM), matéria orgânica do solo, carbono orgânico do solo, quociente metabólico ( $qCO_2$ ), quociente microbiano ( $qMIC$ ). As avaliações foram realizadas de acordo com (Classen, 1997).

Além disso, foi avaliado também o estoque de carbono no solo nos diferentes sistemas. As amostras foram coletadas nas profundidades de 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm, 30-50 cm e 0-50 cm, com o auxílio de uma espátula, coletando-se aproximadamente 500g de solo em cada profundidade, configurando um fatorial 4x6. Após serem devidamente armazenadas em saco plástico e identificadas, as amostras seguiram para o laboratório onde foram secas em estufa com circulação de ar a 40°C de acordo com a EMBRAPA (2005). Quando secas, as amostras passaram por um moinho de martelos, foram peneiradas e acondicionadas em sacos de papel. Na sequência as amostras foram maceradas em almofariz e pesadas em barquinhas de cerâmica, utilizando-se 200 a 300 mg de solo, para que o tempo de análise não seja muito longo e esteja o mais próximo do limite de detecção do equipamento. Feito isso, as amostras foram incineradas a uma temperatura de 900°C e os compostos produzidos pela combustão catalisados, assegurando que todo carbono presente nos gases produzidos seja convertido em  $CO_2$ , o qual é arrastado por ar sintético e quantificado por meio de Espectroscopia de Absorção no Infravermelho classificado pelo método de Carbono Orgânico Total - T.O.C (EMBRAPA,1997).

O estoque de carbono (EC) foi determinado utilizando-se a equação descrita por Szakacs (2003):

$$EC = C/100.\delta.p.100$$

Onde:

EC - equivale ao estoque de carbono ( $Mg\ ha^{-1}$ );

C - refere-se ao teor de carbono ( $dag\ kg^{-1}$ );

$\delta$  - corresponde à densidade do solo ( $g\ cm^{-3}$ ) e

p - representa a profundidade da camada de solo (cm).

Os dados foram submetidos à análise de variância e a teste de média, utilizando o teste Scott-Knott a 5 % e o programa estatístico ASSISTAT versão 7.7 (Silva, 2016).

Como análise complementar, foi utilizada a técnica multivariada por meio da análise canônica, envolvendo todas as variáveis em estudo, a partir da qual o conjunto de dados originais foi reduzido em combinações lineares, gerando os escores das duas primeiras variáveis canônicas que explicam acima de 70% da variação total dos dados originais (Cruz & Regazzi, 1994; Cruz, 2006). Além dessa técnica, foi ainda utilizado o método de agrupamento de Tocher, com o propósito de discriminar os tratamentos que apresentaram maior similaridade, e para agrupar os diferentes tipos de uso do solo, a matriz de distância generalizada de Mahalanobis. Os escores gerados pela análise canônica são projetados em gráficos bidimensionais e os grupos formados por meio do agrupamento de Tocher. As análises foram realizadas de acordo com Cruz & Regazzi (1994), utilizando-se o programa Genes (Cruz, 1997).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

A análise de variância mostra que os atributos químicos do solo apresentaram interação entre os fatores estudados, com exceção do pH e CTC, os quais foram influenciados pelos os fatores de forma isolada (Anexo 1).

Os valores mais baixos de pH foram encontrados na área de floresta nativa, os quais, sem exceção, apresentaram elevada acidez ( $\text{pH} < 5$ ), indicando a condição de acidez natural deste solo, também constatada pela presença de teores mais elevados de Al trocável (Tabelas 3 e 4).

**Tabela 2.** Potencial hidrogeniônico (pH) e capacidade de troca de cátions (CTC) de um Neossolo quartzarênico sob sistemas biodiversos, área de cultivo de grãos e nativa, independentemente da profundidade amostrada

Ano	Sistemas	pH CaCl <sub>2</sub>	CTC (T) cmolc.dm <sup>3</sup>
2015	SAF1	4.42 b	5.13 d
	SAF2	4.77 a	5.50 d
	SAF3	4.41 b	7.35 c
	SAF4	4.31 b	11.96 a
	RL	3.88 d	5.65 d
	SPD	4.17 c	9.39 b
2016	SAF1	4.15 a	6.31 d
	SAF2	4.16 a	5.31 e
	SAF3	4.10 a	7.51 c
	SAF4	4.12 a	12.37 a
	RL	3.92 b	5.31 e
	SPD	4.17 a	9.80 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. SAF – Sistema agroflorestal; SPD – sistemas de plantio direto e RL - reserva legal (floresta nativa).

**Tabela 3.** Teor de alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), saturação por alumínio (m), matéria orgânica do solo (MO) e teor de fósforo (P) de um Neossolo quartzarênico sob sistemas agroflorestais biodiversos, área de produção agrícola e nativa, em diferentes profundidades, no ano de 2015

<b>Sistemas</b>	<b>Al</b>	<b>H + Al</b>	<b>m</b>	<b>MO</b>	<b>P</b>
	.....cmolc.dm <sup>3</sup> .....			g/kg	mg.dm <sup>3</sup>
<b>Profundidade 0-5cm</b>					
<b>SAF1</b>	0.12 c	3.24 b	5.56 b	18.39 c	4.74 b
<b>SAF2</b>	0.08 c	3.58 b	2.02 b	18.37 c	7.36 a
<b>SAF3</b>	0.16 c	5.50 a	5.98 b	22.67 b	3.76 b
<b>SAF4</b>	0.54 b	6.72 a	2.84 b	35.27 a	6.62 a
<b>RL</b>	1.04 a	7.86 a	75.22 a	17,21 c	2.52 b
<b>SPD</b>	0.50 b	6.40 a	17.24 b	22.04 b	1.96 c
<b>Profundidade 5-15cm</b>					
<b>SAF1</b>	0.36 b	4.14 c	9.58 c	12.40 c	4.36 a
<b>SAF2</b>	0.12 b	3.50 c	3.94 c	14.28 b	2.80 b
<b>SAF3</b>	0.18 b	5.12 c	3.26 c	16.23 b	1.58 b
<b>SAF4</b>	0.62 a	9.92 a	19.78 b	24.27 a	2.16 b
<b>RL</b>	0.88 a	5.44 c	89.76 a	10.43 c	1.70 b
<b>SPD</b>	0.66 a	7.30 b	21.74 b	21.27 a	1.38 b
<b>Profundidade 15-30cm</b>					
<b>SAF1</b>	0.56 b	3.68 c	39.74 c	8.79 b	1.86 a
<b>SAF2</b>	0.16 c	2.88 c	12.06 d	8.82 b	0.88 a
<b>SAF3</b>	0.54 b	4.96 c	32.96 c	12.02 b	0.56 a
<b>SAF4</b>	1.58 a	10.56 a	60.16 b	18.69 a	1.38 a
<b>RL</b>	0.86 b	4.66 c	95.28 a	7.88 b	1.08 a
<b>SPD</b>	1.52 a	8.18 b	65.86 b	16.57 a	0.84 a
<b>Profundidade 30-50cm</b>					
<b>SAF1</b>	0.62 b	3.34 b	49.18 c	7.28 b	1.10 a
<b>SAF2</b>	0.42 b	3.12 b	50.98 c	7.17 b	0.56 a
<b>SAF3</b>	0.68 b	5.02 b	36.72 c	9.86 b	0.06 a
<b>SAF4</b>	1.74 a	9.80 a	84.50 b	14.51 a	0.82 a
<b>RL</b>	0.82 b	4.10 b	98.02 a	6.32 b	0.68 a
<b>SPD</b>	1.78 a	9.08 a	78.78 b	14.61 a	0.58 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. SAF – sistema agroflorestal; SPD – sistemas de plantio direto e RL - reserva legal (floresta nativa).

O teor de Al aumentou em profundidade nos tratamentos SAF4 e SPD, fato que corrobora com a redução do pH nessas camadas e que também foi observado por Zambrosi et al. (2007).

O tratamento SAF2, em 2015, e SAF4, em 2016, apresentaram teores muito baixos de saturação por alumínio, enquanto que, a RL foi o tratamento que apresentou teores muito elevados desse atributo (Tabelas 4 e 5). A acidez potencial (H+Al) mostrou-se elevada nos tratamentos RL > SAF4 > SPD > SAF3 na camada 0-5cm em 2015, característica essa que se manteve em 2016 com exceto para o SAF2 que apresentou valores médios.

**Tabela 4.** Teor de alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), saturação por alumínio (m), matéria orgânica do solo (MO) e teor de fósforo (P) de um Neossolo quartzarênico sob sistemas agroflorestais biodiversos, área de produção agrícola e nativa, em diferentes profundidades, no ano de 2016

<b>Sistemas</b>	<b>Al</b>	<b>H + Al</b>	<b>m</b>	<b>MO</b>	<b>P</b>
	.....cmol <sub>c</sub> .dm <sup>3</sup> .....			g/kg	mg.dm <sup>3</sup>
<b>Profundidade 0-5cm</b>					
<b>SAF1</b>	0.46 b	5.94 b	27.56 b	16.47 c	3.34 a
<b>SAF2</b>	0.24 b	4.74 c	15.13 b	13.58 c	4.63 a
<b>SAF3</b>	0.42 b	6.17 b	20.01 b	21.81 b	2.70 b
<b>SAF4</b>	0.38 b	8.75 a	8.89 b	37.52 a	4.30 a
<b>RL</b>	0.96 a	5.81 b	86.97 a	12.33 c	1.36 b
<b>SPD</b>	0.54 b	6.78 b	20.61 b	23.48 b	1.46 b
<b>Profundidade 5-15cm</b>					
<b>SAF1</b>	0.54 b	5.43 c	33.57 b	15.28 c	3.13 b
<b>SAF2</b>	0.40 b	4.47 d	26.19 b	11.86 d	2.14 b
<b>SAF3</b>	0.54 b	6.48 c	27.00 b	16.62 c	1.90 b
<b>SAF4</b>	0.98 a	10.24 a	28.03 b	29.42 a	5.15 a
<b>RL</b>	0.92 a	5.65 c	90.74 a	10.07 d	1.04 b
<b>SPD</b>	0.78 a	7.77 b	28.68 b	20.61 b	1.19 b
<b>Profundidade 15-30cm</b>					
<b>SAF1</b>	0.62 c	4.98 c	43.94 c	9.60 b	5.28 a
<b>SAF2</b>	0.44 c	3.99 c	32.95 c	9.20 b	2.13 b
<b>SAF3</b>	0.78 b	6.02 b	46.64 c	13.03 b	1.47 b
<b>SAF4</b>	1.54 a	10.59 a	57.01 b	20.98 a	1.96 b
<b>RL</b>	0.88 b	4.77 c	93.51 a	8.22 b	0.66 b
<b>SPD</b>	1.40 a	9.38 a	58.56 b	17.68 a	0.83 b

**Profundidade 30-50cm**

<b>SAF1</b>	0.54 c	4.39 c	44.61 d	8.11 b	2.54 a
<b>SAF2</b>	0.52 c	3.82 c	45.48 d	8.09 b	1.68 a
<b>SAF3</b>	0.88 b	5.87 b	61.85 c	10.54 b	0.93 a
<b>SAF4</b>	1.66 a	10.64 a	67.33 c	18.52 a	1.70 a
<b>RL</b>	0.80 b	4.64 c	94.36 a	7.34 b	0.45 a
<b>SPD</b>	1.64 a	9.57 a	75.82 b	15.30 a	0.50 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. SAF – sistema agroflorestal; SPD – sistemas de plantio direto e RL - reserva legal (floresta nativa).

A CTC potencial (T) (Tabela 3) variou entre os níveis médio e bom (Ribeiro et. al, 1999). Os maiores valores foram encontrados no sistema SAF4, seguido pelo SPD e SAF3.

A CTC efetiva (t) obteve melhores índices nas camadas mais superficiais do solo, onde o tratamento SAF4 foi o de maior destaque seguido pelo SAF3 e SPD. Em maiores profundidades os valores da t variaram entre baixo e médio. Os teores de matéria orgânica variaram entre sistemas e profundidades. Os maiores valores de MO foram encontrados na profundidade de 0-5cm no SAF4 (35,27 g/kg<sup>-1</sup> e 37,52 g/kg<sup>-1</sup>), valor considerado médio.

No geral, os valores de pH em todos os tratamentos avaliados, são considerados agronomicamente baixos (Ribeiro et al., 1999). Baixos valores de pH já eram esperados por serem solos naturalmente ácidos, com altos teores de alumínio e saturação por alumínio (m), e acidez potencial, ao longo de todo o perfil do solo analisado. A acidez do solo influencia diretamente o desenvolvimento das culturas, contribuindo para a diminuição da produtividade, uma vez que o pH controla a solubilidade dos nutrientes do solo, influenciando a absorção dos mesmos pela planta. Além disso, em condições de acidez a atividade da microbiota do solo, assim como a população de microrganismo é reduzida, afetando a decomposição da matéria orgânica (Brito, 2010).

Diferentemente do observado neste trabalho, Mantovanelli et. al, (2015) avaliando atributos do solo sob diferentes usos na região de Humaitá, Amazonas, encontraram diferenças significativas nos índices de pH entre ambientes anteriormente cultivados quando comparados à área de vegetação natural decorrente do manejo que essas áreas sofreram ao longo de anos de uso, tais como práticas de calagem, adubações periódicas e preparo do solo.

Carneiro et al. (2009), analisando vários tipos de solos, em áreas sob vegetação de cerrado, observaram maiores teores de  $Al^{3+}$ , em comparação às áreas manejadas, em razão do baixo pH e da não correção e adubação do solo, originalmente distrófico.

O aumento do Al trocável no SAF4 e SPD pode ser explicado pelo fato de essas áreas apresentarem maiores teores de MOS o que favorece o processo de quelação, ou seja, a complexação de metais e conseqüente formação de quelatos, os quais quando ligados às frações menos recalcitrantes, como por exemplo, em frações de ácidos fúlvicos e de baixo peso molecular são solúveis na solução do solo e tendem a descer no perfil do solo (Vezzani et al., 2008). Os tratamentos SAF1, SAF2 e SAF3 apresentaram os menores valores para o atributo em questão em todas as profundidades estudadas.

Além disso, no SPD devido calagem em cobertura, os valores de Al trocável são menores na superfície. Isso ocorre porque em sistemas de plantio direto, apesar de a acidificação ser mais intensa na superfície do solo (Ciotta et al., 2002), a aplicação superficial de calcário, promove a formação de uma frente de alcalinização descendente a partir da superfície, minimizando a acidificação onde esta é mais intensa (Amaral, 1998). Os compostos orgânicos oriundos da decomposição da matéria orgânica e dos resíduos vegetais que acumulam na superfície do solo podem complexar parte do Al tóxico (Franchini et al., 1999), e ainda formar complexos orgânicos hidrossolúveis entre Ca e Mg com ligantes orgânicos (Miyazawa et al., 1993), o que facilita a descida desses cátions no perfil do solo (Franchini et al., 1999).

Esses fatores favorecem a permanência do Al na solução do solo, pois com a elevação do pH o Al é precipitado em formas insolúveis no solo (Raij, 2011). A acidez potencial (H+Al) foi maior nas áreas cujos solos apresentaram maiores teores de Al e MOS, e baixos valores de pH. A acidez potencial está diretamente relacionada à MOS, pois quanto maior o teor de MOS, maior e a quantidade de cargas negativas e maior são os pontos de adsorção de H+Al, os quais tem preferência de ligação (série liotrópica) e conseqüentemente maior será a resistência do solo em variar o pH (maior poder tampão).

O poder tampão da acidez potencial geralmente cresce com a elevação dos teores de carbono orgânico, principalmente em solos onde a matéria orgânica é

responsável pela manutenção do equilíbrio entre as formas adsorvidas e solúveis de  $H^+$  (Serrat, Krieger e Motta, 2006).

O maior valor de MO, encontrado no SAF4, pode ser explicado pelo aporte contínuo de carbono pela biomassa vegetal, maior conteúdo de serapilheira que possui uma elevada quantidade de matéria orgânica na fração livre leve, ou seja, pouco modificada e humificada (Madari et al., 2010). SAF1 e SAF2 apresentaram valores baixos de MOS. Menores valores para matéria orgânica do solo, demonstra que o manejo efetuado nestas áreas proporcionou expressiva redução com as práticas do passado perdas de carbono orgânico e menor aporte de material orgânico.

De acordo com Bayer e Mielniczuk (2008), sob vegetação natural a matéria orgânica do solo se encontra estável e, quando submetida ao uso agrícola, pode ocorrer redução acentuada no seu conteúdo, principalmente quando utilizados métodos de preparo com intenso revolvimento do solo e sistemas de cultura com baixa adição de resíduos.

Na profundidade 5-15cm apenas o SAF4 apresentou valor de MO considerado médio, os demais tratamentos apresentaram valores baixos. Em maiores profundidades todos os tratamentos avaliados apresentaram baixos valores de MO. No entanto os tratamentos SAF4, SAF3 e SPD foram os que apresentaram valores mais elevados de MO em todas as profundidades avaliadas. Esses resultados se devem ao fato de o SAF4, dentre os todos os sistemas avaliados, apresentar uma maior diversidade de espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas, que levam esse sistema o mais próximo de um sistema natural cuja diferenças de estratos e sistemas radiculares propiciam um maior aporte de C e matéria orgânica no sistema.

O SPD, por ser um sistema já consolidado, caracteriza-se pela formação de um ambiente orgânico que favorece a preservação da umidade e da fertilidade do solo, devido ao maior aporte de fitomassa na superfície e a redução no uso de implementos agrícolas para o preparo do solo, aumentando a quantidade de MO e diminuindo a decomposição do material orgânico protegido fisicamente no interior dos agregados do solo (Jantalia et al., 2007).

As características do manejo dos solos e das culturas no sistema plantio direto provocam diferentes alterações no perfil do solo que influem na dinâmica da

acidez e da disponibilidade dos nutrientes, proporcionando um aumento do teor e da qualidade da matéria orgânica e da concentração dos nutrientes a partir da superfície do solo. O aumento gradual da matéria orgânica altera o pH do solo, a toxidez por Al e a dinâmica dos nutrientes (Anghinoni, 2007).

É importante ressaltar que comparando os valores obtidos para CTC nos tratamentos SAF4 e RL, em apenas 18 anos, o primeiro obteve valores superiores ao dobro do valor encontrado na área referência RL refletindo claramente maior fertilidade em um solo extremamente arenoso. Essa diferença se deve ao manejo do sistema produtivo, baseado na política de aporte contínuo de matéria orgânica e carbono no sistema, podendo estar relacionada também à presença dos diferentes extratos radiculares que atuam na melhoria da ciclagem dos nutrientes.

Com melhor distribuição dos nutrientes nos SAF's ao longo do perfil associada à atuação conjunta da reciclagem de nutrientes pelas raízes das árvores das camadas mais profundas do solo, para a superfície, potencializado pelo manejo do sistema, ocorre dinamização da atuação da biota do solo para disponibilização de nutrientes, em função do incremento periódico de matéria orgânica de qualidade diferenciada (Peneireiro, 1999). Além disso, a troca de cátions em solos com maiores teores de MOS, tal como nos SAF's, também é influenciada pelo alto poder de reatividade da MOS, diretamente relacionada aos diversificados radicais orgânicos que a mesma possui.

Notadamente, os teores de P disponível estão muito baixos (Ribeiro et al., 1999) em todos os tratamentos estudados (Tabela 4 e 5), com exceção dos tratamentos SAF2 e SAF4 cujos resultados mostram valores muito bons desse elemento e SAF1 que mostrou valores médios na avaliação de 2015, embora tenha havido redução desses valores em 2016. O menor revolvimento do solo, a permanência de resíduos vegetais e a adição de materiais orgânicos sobre o solo podem favorecer a manutenção e o acúmulo do fósforo orgânico e lábil (Matos et al., 2006).

Os resultados para Ca, Mg, K, SB e V seguiram o mesmo padrão em ambas as avaliações para todos os tratamentos e profundidades avaliados (Tabelas 6 e 7).

**Tabela 5.** Teor de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (t) e saturação por bases (V) de um Neossolo quartzarênico sob sistemas agroflorestais biodiversos, área de produção agrícola e nativa, em diferentes profundidades, no ano de 2015

<b>Sistemas</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>K</b>	<b>SB</b>	<b>t</b>	<b>V</b>
	.....cmol <sub>c</sub> .dm <sup>3</sup> .....					%
<b>Profundidade 0-5cm</b>						
<b>SAF1</b>	2.28 b	0.66 b	0.16 b	3.10 b	2.90 b	53.34 a
<b>SAF2</b>	2.26 b	0.46 b	0.12 b	2.86 b	3.26 b	51.76 a
<b>SAF3</b>	2.28 b	0.58 b	0.16 b	3.04 b	4.00 b	37.58 b
<b>SAF4</b>	4.22 a	1.12 a	0.74 a	6.60 a	6.74 a	53.48 a
<b>RL</b>	0.14 c	0.12 c	0.10 b	0.36 c	1.40 c	3.74 c
<b>SPD</b>	2.32 b	0.46 b	0.14 b	2.76 b	3.26 b	30.22 b
<b>Profundidade 5-15cm</b>						
<b>SAF1</b>	1.28 b	0.38 b	0.10 b	2.12 a	2.10 b	41.48 a
<b>SAF2</b>	2.32 a	0.46 b	0.06 b	2.84 a	2.94 a	39.96 a
<b>SAF3</b>	1.78 a	0.80 a	0.10 b	2.48 a	3.16 a	29.16 b
<b>SAF4</b>	2.14 a	0.52 b	0.20 a	3.16 a	3.72 a	20.36 b
<b>RL</b>	0.00 c	0.06 c	0.04 b	0.10 b	0.98 c	1.90 c
<b>SPD</b>	1.98 a	0.38 b	0.10 b	2.28 a	3.02 a	26.88 b
<b>Profundidade 15-30cm</b>						
<b>SAF1</b>	0.60 a	0.26 a	0.04 b	0.84 a	1.50 b	18.84 b
<b>SAF2</b>	1.22 a	0.34 a	0.04 b	1.78 a	1.94 a	33.68 a
<b>SAF3</b>	0.62 a	0.50 a	0.04 b	1.18 a	1.94 a	26.32 a
<b>SAF4</b>	0.64 a	0.20 b	0.14 a	1.06 a	2.64 a	10.52 c
<b>RL</b>	0.00 a	0.00 b	0.00 b	0.02 b	0.88 b	0.90 c
<b>SPD</b>	0.70 a	0.12 b	0.04 b	0.82 a	2.40 a	8.72 c
<b>Profundidade 30-50cm</b>						
<b>SAF1</b>	0.48 a	0.18 a	0.00 b	0.68 a	1.24 b	14.14 b
<b>SAF2</b>	0.92 a	0.22 a	0.00 b	1.14 a	1.56 b	25.64 a
<b>SAF3</b>	0.26 a	0.28 a	0.04 a	0.64 a	1.44 b	16.70 b
<b>SAF4</b>	0.20 a	0.04 b	0.08 a	0.28 a	2.02 a	2.66 c
<b>RL</b>	0.00 a	0.00 b	0.00 b	0.00 a	0.82 b	0.40 c
<b>SPD</b>	0.38 a	0.08 b	0.00 b	0.48 a	2.26 a	5.30 c

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. SAF – Sistema agroflorestal; SPD – sistemas de plantio direto e RL - reserva legal (floresta nativa).

**Tabela 6.** Teor de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (t) e saturação por bases (V) de um Neossolo quartzarênico sob sistemas agroflorestais biodiversos, área de produção agrícola e nativa, em diferentes profundidades, no ano de 2016

<b>Sistemas</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>K</b>	<b>SB</b>	<b>t</b>	<b>V</b>
	.....cmol <sub>c</sub> .dm <sup>3</sup> .....					%
<b>Profundidade 0-5cm</b>						
<b>SAF1</b>	0.88 c	0.21 c	0.10 b	1.19 c	2.16 b	15.48 c
<b>SAF2</b>	1.05 c	0.21 c	0.09 b	1.36 c	1.60 c	22,45 b
<b>SAF3</b>	1.10 c	0.47 b	0.15 b	1.44 c	2.86 b	20,54 b
<b>SAF4</b>	2.97 a	0.76 a	0.14 a	4.83 a	4.77 a	33,01 a
<b>RL</b>	0.03 d	0.05 d	0.05 b	0.14 d	1.10 c	2,40 d
<b>SPD</b>	1.71 b	0.40 b	0.09 b	2.20 b	2.74 b	22,07 b
<b>Profundidade 5-15cm</b>						
<b>SAF1</b>	0.69 b	0.19 b	0.06 b	0.95 c	1.88 c	14,41 b
<b>SAF2</b>	0.91 b	0.20 b	0.09 b	1.20 c	1.60 c	21,04 a
<b>SAF3</b>	0.99 b	0.47 a	0.13 b	1.34 c	2.12 c	16,63 b
<b>SAF4</b>	1.53 a	0.47 a	0.45 a	2,69 a	3.67 a	18,34 a
<b>RL</b>	0.01 c	0.03 c	0.04 b	0,09 c	1.01 d	1,63 c
<b>SPD</b>	1.63 a	0.27 b	0.07 b	1,99 b	2.77 b	20,47 a
<b>Profundidade 15-30cm</b>						
<b>SAF1</b>	0.53 a	0.19 a	0.04 b	0,77 a	1.39 b	16,08 b
<b>SAF2</b>	0.71 a	0.19 a	0.03 b	1,06 a	1.41 b	22,54 a
<b>SAF3</b>	0.47 a	0.29 a	0.14 b	0,89 a	1.67 b	13,04 b
<b>SAF4</b>	0.58 a	0.25 a	0.26 a	1,26 a	2.80 a	10,39 c
<b>RL</b>	0.01 b	0.02 b	0.03 b	0,06 b	0.94 b	1,25 d
<b>SPD</b>	0.83 a	0.11 b	0.05 b	1,001 a	2.40 a	9,62 c
<b>Profundidade 30-50cm</b>						
<b>SAF1</b>	0.45 a	0.17 a	0.03 b	0,67 a	1.21 b	15,40 a
<b>SAF2</b>	0.47 a	0.14 a	0.02 b	0,51 a	1.17 b	19,33 a
<b>SAF3</b>	0.26 a	0.18 a	0.04 b	0,54 a	1.42 b	7,66 b
<b>SAF4</b>	0.34 a	0.17 a	0.23 a	0,88 a	2.54 a	6,12 b
<b>RL</b>	0.004 b	0.02 a	0.02 b	0,04 b	0.84 b	1,007 c
<b>SPD</b>	0.42 b	0.05 a	0.04 b	0,52 a	2.16 a	5,18 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. SAF – sistema agroflorestal; SPD – sistemas de plantio direto e RL - reserva legal (floresta nativa).

As bases trocáveis apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos avaliados, sendo que o SAF4 mostrou-se bastante superior em relação aos demais tratamentos na camada mais superficial.

Conforme o avanço da profundidade no perfil do solo, a concentração de Ca, Mg, K, SB e V foram diminuindo (Figura 3). Essa característica mostra que fertilidade desse solo concentra-se na camada mais superficial devido ao aporte de material orgânico ou fertilização química, no caso da área de cultivo agrícola, e por ser um solo arenoso, o material orgânico é decomposto mais rapidamente e os nutrientes disponibilizados para a planta (Barreto et. al, 2006).

De modo geral, os sistemas de cultivo do solo exibiram teores mais elevados de P, K, Ca e Mg, em relação a floresta nativa, devido, provavelmente, a correção do solo praticada antes da implantação dos sistemas. O acúmulo de nutrientes em superfície pode ser explicado, possivelmente, pela deposição de grande quantidade de resíduos sobre o solo.

A soma de bases seguiu o mesmo comportamento das bases trocáveis, onde o SAF4 se destacou por apresentar valor de  $6,60 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , valor esse considerado por Ribeiro et. al, (1999) como muito bom ( $> 3,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ). Em contrapartida, o tratamento RL foi o que atingiu os piores índices ( $0,36 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), e os demais tratamentos variaram entre os níveis médios (SAF3) e bom (SAF2, SPD e SAF1). Os valores encontrados para saturação por bases foram considerados muito baixos para os tratamentos RL (3,74 %) e SPD (30,22 %). O maior valor foi obtido no SAF4 (53,48%), embora este tratamento, assim como, SAF1, SAF3 e SAF4 apresente valores considerados baixos. Comparativamente com 2015, as avaliações realizadas em 2016 mostram uma redução nos valores de todos os atributos analisados como pode ser observado na Tabela 6.

A base da fertilidade dos solos tropicais, naturalmente pobres em nutrientes, especialmente dos solos que apresentam um caráter arenoso, é a MOS. Importantíssimos processos ambientais estão diretamente relacionados com a MO, como ciclagem e retenção de nutrientes, agregação do solo e dinâmica da água, atividade da microbiota do solo. Sendo assim, a sustentabilidade de um sistema produtivo está intrinsecamente relacionada com sua manutenção. Sistemas que primam pelo aporte de MOS, aliado a uma maior diversidade, apresentam uma

maior CTC, SB, maiores teores de P e pH, maior complexação do Al trocável e menor saturação por alumínio.

## **4.2 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO**

Os resultados revelam que houve interação entre os tipos de uso da terra e os atributos físicos do solo apenas para os atributos densidade do solo (Ds) e diâmetro médio ponderado em base úmida (DMPu), tendo todos os demais apresentado efeito isolado dos fatores (Anexos 2 e 3).

Os resultados obtidos para macroporosidade (MAP), microporosidade (MIP) e volume total de poros (VTP) estão descritos na Tabela 8. Observou-se que os maiores valores de macroporosidade, tanto em 2015 quanto em 2016, foram encontrados na RL, enquanto que o SAF4 apresentou os menores valores para essa característica. No geral, o volume de microporos em todos os sistemas avaliados foi superior ao de macroporos, evidenciando que nestes solos a porosidade é constituída predominantemente por poros pequenos. A porosidade total do solo foi significativamente maior no SAF4 e SPD que apresentaram menor macroporosidade.

**Tabela 7.** Macro e microporosidade do solo, volume total de poros, diâmetro médio ponderado via seca, índice de estabilidade de agregados, de um Neossolo quartzarênico sob sistemas biodiversos, área de cultivo de grãos e nativa, independentemente da profundidade amostrada

Ano	Sist	Macro	Micro	Vol total	DMPs	IEA	DMPu	Ds
		.....cm <sup>3</sup> .cm <sup>3</sup> .....		poros	.....mm.....		g.cm <sup>3</sup>	
2015	SAF1	16.32 b	23.92 d	40.24 c	3.48 d	0.88 b	-	-
	SAF2	16.64 b	23.25 d	39.90 c	3.97 c	0.88 b	-	-
	SAF3	15.77 b	25.80 c	41.57 b	4.58 b	0.94 a	-	-
	SAF4	11.57 c	36.87 a	48.45 a	5.13 a	0.94 a	-	-
	RL	24.27 a	18.45 e	42.72 b	2.92 e	0.95 a	-	-
	SPD	14.22 b	34.22 b	48.45 a	4.43 b	0.94 a	-	-
2016	SAF1	19.4 a	20.78 d	40.20 b	3.73 c	0.81 d	3.03 c	1.48 a
	SAF2	18.69 a	21.33 d	40.02 b	3.81 c	0.83 c	3.19 c	1.49 a
	SAF3	13.94 b	26.69 c	40.63 b	4.50 b	0.85 c	3.86 b	1.48 a
	SAF4	13.64 b	35.77 a	49.42 a	4.91 a	0.93 a	4.61 a	1.41 b
	RL	19.82 a	21.46 d	41.29 b	3.10 d	0.90 b	2.81 c	1.41 b
	SPD	14.33 b	34.11 b	48.44 a	4.56 b	0.95 a	4.38 a	1.40 b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. SAF – sistema agroflorestal; SPD- área de cultivo agrícola e RL- reserva legal (floresta nativa)

De acordo com Araújo et al. (2004), um solo apresenta condições ideais de aeração para o desenvolvimento das plantas quando a macroporosidade é superior a 10%. Um solo cuja porcentagem de macroporos seja inferior a esse valor apresenta difusão de oxigênio insuficiente para atender a demanda respiratória das raízes e o adequado crescimento e atividade de micro-organismos.

Portanto, o valor de macroporosidade para os solos de todos os sistemas estudados encontra-se acima dessas condições ideais, o que sugere que estes solos apresentam condições satisfatórias de aeração para o desenvolvimento das culturas ali implantadas. Cabe ressaltar que esta observação não é válida para todas as culturas, uma vez que existem plantas que são tolerantes a baixos níveis de aeração do solo.

Uma maior proporção de microporos nestes tipos de solos mais arenosos poderá, dentro de certos limites, melhorar a distribuição e dimensão dos poros adequados para a entrada, movimento e retenção de água e ar para atender às necessidades das culturas. Essa característica pode ser observada no SAF 4 que

apresenta uma maior capacidade de retenção de água (maior microporosidade), sem contudo, comprometer a aeração devido ao maior volume total de poros.

Ribeiro et al. (2007), ao determinarem a distribuição de poros em seis classes de solos em amostras com estrutura indeformada, verificaram maior diversidade de tamanho de poros em Neossolo Quartzarênico. Para os autores, apesar deste solo ser particularmente arenoso a pequena quantidade de argila encontrada para o mesmo apresentou elevado grau de flocculação. Essa característica sugere que a fração areia fina e silte desse solo tendem a se arranjar de forma a estabelecerem um contato face a face, gerando uma estrutura mais adensada, na qual ocupam os espaços formados pela areia mais grossa, fazendo com que predominem no solo poros pequenos. Em profundidade, o comportamento dos microporos, assim como do VTP, seguiram o padrão anteriormente descrito para o MAP.

O volume total de poros foi maior na área onde a macroporosidade foi menor. Neste sentido, o aumento da densidade do solo acarreta a diminuição dos macroporos e o acréscimo da matéria orgânica auxilia na melhor estruturação e aumenta a porosidade total do solo, caso encontrado neste estudo (Kato et al., 2010).

A estabilidade de agregados foi avaliada pelo diâmetro médio ponderado (DMP) e índice de estabilidade de agregados (IEA) apresentados nas Tabelas 7 e 8. A maior porcentagem de agregados com maiores diâmetros (> 2,00 mm) foi observada no SAF4, seguido pelo SAF3 e SPD tanto para o DMPs quanto para o DMPu e IEA. Observou-se que os agregados estáveis de maior diâmetro (> 2mm) foram encontrados, de forma constante em todos os sistemas estudados e profundidades avaliadas. Os solos com agregados estáveis de maior tamanho são considerados solos estruturalmente melhores e mais resistentes ao processo erosivo, pois a agregação facilita a aeração do solo, as trocas gasosas e a infiltração de água (Dexter, 1988; Zalamena, 2008).

**Tabela 8.** Densidade e diâmetro médio ponderado via úmida, de um Neossolo quartzarênico sob sistemas agroflorestais biodiversos, área de produção agrícola e nativa, em diferentes profundidades, no ano de 2015

Sistemas	.....Densidade (g.cm <sup>3</sup> ).....				.....DMPu (mm).....	
	Profundidades (cm)					
	0-5	5-15	15-30	30-50	0-10	10-20
<b>SAF1</b>	1.41 a	1.50 a	1.53 a	1.54 a	3.05 d	3.13 b
<b>SAF2</b>	1.39 a	1.53 a	1.57 a	1.54 a	3.67 c	3.36 b
<b>SAF3</b>	1.46 a	1.52 a	1.52 a	1.50 a	4.44 b	4.16 a
<b>SAF4</b>	1.49 a	1.46 b	1.42 b	1.41 b	5.08 a	4.59 a
<b>RL</b>	1.35 b	1.44 b	1.46 b	1.47 b	2.96 d	2.60 c
<b>SPD</b>	1.27 b	1.38 b	1.47 b	1.44 b	3.77 c	4.56 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. SAF – sistema agroflorestal; SPD- área de cultivo agrícola e RL- reserva legal (floresta nativa)

A agregação do solo pode sofrer alterações temporárias ou permanentes em função das práticas de manejo (Portugal et al., 2010; Ribon et al., 2014). Dessa forma, o cultivo de espécies diferentes e práticas de manejo que adicionem matéria orgânica nos solos contribuem para o rearranjo das partículas do solo, promovendo neste a melhoria da qualidade de agregação (Ribon et al., 2014), o que corrobora com os resultados encontrados nesse estudo.

Isso pode ser explicado pelo fato de que a MO atua como substância ligante estabilizante na formação dos agregados (Braida et al., 2011). Ainda de acordo com os autores, o crescimento radicular das plantas produz um adensamento no solo, favorecendo a aproximação das partículas, fator este que é potencializado em sistemas que apresentam uma maior diversidade de espécies. Além disso, há também a liberação de exsudados orgânicos das raízes, produção de polissacarídeos pelos microrganismos e produção de micélio de fungos que atuam na agregação e estabilidade dos agregados do solo, sendo esses dois últimos favorecidos em sistemas que potencializam a produção de MO.

Brady e Weil (1999) relatam que exsudados de raízes e de microrganismos são resistentes a dissolução em água, o que favorece a manutenção da estabilidade dos agregados por períodos superiores a um ano.

A diminuição da densidade do solo em profundidade, no SAF4, está diretamente relacionada com a agregação do solo. Nesse sistema, conforme a densidade diminui tem-se o aumento da estabilidade dos agregados do solo. Além

disso, verificou-se um menor valor de Ds em 2015 no SAF4 (1,41 kg dm<sup>-3</sup>) em comparação com 2016 SAF4 (1,49 kg dm<sup>-3</sup>).

Nas duas camadas mais profundas do solo, com exceção do SAF4, todos os demais tratamentos apresentaram valores de Ds superiores em relação à camada superficial, situação já esperada devido ao elevado acúmulo de biomassa vegetal na superfície do solo. Para o sistema SPD, com a consolidação do sistema de plantio direto, ocorreu aumento nos teores de C orgânico nas camadas superficiais (0-5 cm) e, com isso, a diminuição na densidade do solo (Tabela 8).

Mesmo havendo alteração da densidade do solo (Ds) em relação à vegetação floresta nativa, os valores encontrados foram menores que o nível crítico (1,80 kg dm<sup>-3</sup>) para o crescimento radicular em solos arenosos (Reichert et al. (2003), embora esse valor não possa ser generalizado.

Não há diferença estatística quanto a Ds entre os sistemas agroflorestais avaliados na camada mais superficial do solo (Tabela 9). Da mesma forma, os sistemas RL e SPD não diferenciam entre si, mas apresentam os menores valores para essa característica, evidenciando, assim, que não houve modificação dessa variável física, apesar do tráfego de maquinários agrícolas a que o SPD foi exposto ao longo de anos de uso.

Carvalho et al. (2004) também constataram, ao pesquisar os efeitos do manejo na Ds, que o solo sob SAF de seis anos de implantação apresentou menor Ds que a área de referência, no caso, um cerrado nativo. Os autores atribuíram os resultados à maior atividade biológica no solo sob SAF, refletindo na sua agregação.

As características físicas de um solo estão sob influência direta do tipo de uso e manejo empregado no solo. Um solo considerado ideal para cultivo, além das questões relacionadas com a manutenção de sua fertilidade, deve apresentar baixa resistência ao desenvolvimento radicular das plantas, boa aeração ao longo do seu perfil, boa capacidade de infiltração e retenção de água, qualidades essas que só são obtidas quando as práticas de manejo preconizam pela sustentabilidade do sistema. Como pôde ser observado nesse estudo, sistemas que utilizam uma diversidade maior de espécies ao mesmo tempo que tem animais integrados no mesmo espaço, cultivados com o mínimo de revolvimento do solo, aporte contínuo de material orgânico sobre o solo, estruturalmente são mais estáveis, apresentam menor propensão a erosão, mesmo que este seja um solo arenoso.

### 4.3 ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS DO SOLO

Os atributos microbiológicos do solo, apresentaram resultado significativo pelo teste F, com exceção do quociente metabólico ( $qCO_2$ ) como mostra o Anexo 3.

Os teores de carbono da biomassa microbiana do solo (BMS) aumentaram em 2016 quando comparado com 2015 em todos os sistemas avaliados exceto no SAF4 e SPD onde ocorreu o inverso (Tabela 10). Os resultados da respiração microbiana (RM) mostram um aumento significativo na taxa de respiração da BM no SAF1 e RL em 2016. Já o quociente metabólico ( $qCO_2$ ) não diferiu estatisticamente entre os sistemas avaliados. O teor de MOS foi superior no SAF4 seguido pela RL e SAF3 e menor no SPD em 2015, havendo uma diminuição nos teores de MO em todos os sistemas agroflorestais em 2016, enquanto que na RL e SPD esses teores se elevaram nesse ano. O valor mais expressivo para o  $qMIC$  foi encontrado na SAF1 enquanto que os demais sistemas não diferiram entre si para esse atributo.

Uma vez que a microbiota do solo é considerada a principal responsável pela decomposição dos compostos orgânicos, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia do solo, a biomassa microbiana e sua atividade têm sido apontadas como as características mais sensíveis às alterações na qualidade do solo, causadas por mudanças de uso e práticas de manejo (Trannin et al., 2007). Ela é fundamental na manutenção e produtividade de vários ecossistemas naturais e de muitos agroecossistemas, os quais dependem, em grande parte, de processos mediados pelos microrganismos.

Geralmente, sistemas de cultivo apresentam menores conteúdos de carbono microbiano em relação a um ambiente natural (Leite et al., 2003; Mercante et al., 2008). Logo, esse resultado pode ser explicado pelo aporte contínuo e mais intenso de material orgânico e também está relacionado com a qualidade do material que servirá de aporte para acúmulo ou perda do CO (Nair et al., 2011).

A qualidade do material aportado aliada à influência de diversos fatores sobre a microbiota do solo e sobre a taxa de decomposição, fazem com que o teor de MO possa variar para uma mesma produção. Dessa forma, deve-se considerar as características intrínsecas do substrato (qualidade), como alto teor de lignina e alta

relação C/N (Coleman et al., 1989) e características externas, tais como baixa temperatura, deficiência em água, falta de aeração, elementos tóxicos e baixos teores de nutrientes no solo (Resende et al., 2007), que inibem a ação dos microrganismos, podendo favorecer acúmulo de matéria orgânica.

**Tabela 9.** Carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), respiração microbiana (RM), matéria orgânica (MO), quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) e quociente microbiano (qMIC), de um Neossolo quartzarênico sob sistemas agroflorestais biodiversos, área de produção agrícola e nativa, na profundidade de 0-10cm

Ano	SIST	C-BMS	RM	MO	qCO <sub>2</sub>	qMIC
		mg/g	mg/g ss/dia	g/kg	mg/kg	%
2015	SAF1	145.72 b	15.59 b	16.67 c	48.72 a	1.51 b
	SAF2	164.89 b	16.02 b	15.17 c	44.10 a	1.85 a
	SAF3	150.05 b	17.51 b	20.91 b	49.65 a	1.23 b
	SAF4	245.67 a	22.74 a	31.55 a	37.09 a	1.35 b
	RL	162.05 b	12.42 b	21.52 d	32.50 a	2.37 a
	SPD	271.42 a	23.98 a	12.17 b	37.44 a	2.18 a
2016	SAF1	332.29 a	26.14 a	12.58 c	34.51 a	4.60 a
	SAF2	187.50 c	11.77 c	17.53 c	26.35 a	1.94 b
	SAF3	167.77 c	13.39 c	15.99 c	33.49 a	1.90 b
	SAF4	175.61 c	15.91 c	20.01 b	38.03 a	1.52 b
	RL	239.16 b	20.18 b	34.50 a	36.19 a	1.22 b
	SPD	226.29 b	16.04 b	23.56 b	29.30 a	1.66 b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. SAF – sistema agroflorestal; SPD - área de cultivo agrícola e RL- reserva legal (floresta nativa)

Segundo Mendes et al. (1999), quando uma área perde sua vegetação nativa para dar lugar aos cultivos agrícolas, ocorre uma queda acentuada nos níveis da biomassa ao longo dos anos, devido a crescente demanda energética da microbiota em adaptação às novas condições e à redução nas adições de matéria orgânica. Conforme a capacidade de deposição for aumentada pelo crescimento da cultura ou por práticas culturais, novo equilíbrio, com teores mais elevados de biomassa microbiana, tende a ocorrer.

Valores mais elevados de BMS indicam que os nutrientes ficam imobilizados temporariamente, o que resulta em menores perdas de nutrientes no sistema solo-planta (Roscoe et al., 2006). Sendo assim, práticas como a adubação verde, a

compostagem, a incorporação de resíduos vegetais, a diversificação de culturas e o mínimo revolvimento do solo favorecem a manutenção da umidade criando condições mais favoráveis para a biomassa microbiana.

A biomassa microbiana por ser a parte viva e ativa da MOS, controla funções importantíssimas no solo. É a responsável pela decomposição e acúmulo de MO, por transformações que envolvem os nutrientes minerais, atuando ainda como um sistema de reserva e de ciclagem de nutrientes dentro do sistema (Smith e Paul, 1990). Sendo assim, quanto maior a BMS, maior a capacidade desse solo em estocar e ciclar nutrientes (Stenberg, 1990), característica essa que pode ser atribuída aos sistemas SAF1, SAF4, RL e SPD do presente estudo.

A respiração basal/microbiana (RM) representa a oxidação da matéria orgânica por organismos aeróbios do solo, ou seja, consiste na medida da produção de CO<sub>2</sub> resultante da atividade metabólica de micro e macrorganismos e raízes do solo (Parkin et al., 1996) e o quociente metabólico ( $qCO_2$ ) expressa o consumo de energia pela BM na utilização do substrato (Odum, 1969).

A taxa de respiração microbiana mostrou-se mais elevada em 2016 nos sistemas SAF1 e RL enquanto que os valores desse atributo nos demais tratamentos diminuíram. Vale ressaltar, no entanto, que mesmo nos sistemas com as mais altas taxas de RM, os valores de  $qCO_2$  não diferiram dos demais tratamentos, o que demonstra uma maior eficiência da BM na utilização dos recursos do ecossistema.

Uma elevada taxa de respiração, geralmente está associada à maior atividade biológica, e conseqüentemente com a quantidade de C lábil no solo. No entanto, essa condição nem sempre indica condições desejáveis: a curto prazo pode significar liberação de nutrientes para as plantas e, a longo prazo, perda de C orgânico do solo para a atmosfera (Parkin et al., 1996). Dessa forma, elevados valores de RM podem indicar tanto situações de distúrbio quanto de alto nível de produtividade do sistema (Islam & Weil, 2000).

Quando a biomassa microbiana se torna mais eficiente, menos CO<sub>2</sub> é perdido e mais carbono é incorporado à biomassa microbiana, resultando em menores valores de  $qCO_2$  (Cunha et al., 2011). A substituição da vegetação acelera a decomposição dos resíduos vegetais e, assim, o valor do quociente metabólico aumenta (Silva et al., 2007). De acordo com Tótola & Chaer (2002), um baixo  $qCO_2$

indica economia na utilização de energia e um ambiente mais estável ou mais próximo do seu estado de equilíbrio. O contrário, indica alguma condição de estresse ou de distúrbio.

Da mesma forma que nesse estudo, D'Andréa et al. (2002), também não encontraram diferenças no  $qCO_2$  em sistema de plantio direto e plantio convencional quando comparados com o cerrado nativo.

Para o  $qMIC$ , relação que expressa quanto do carbono orgânico do solo está imobilizado na biomassa microbiana, a maior eficiência na utilização do C no SAF1 corrobora com o fato de esse sistema também ter apresentado uma elevada taxa de RM e um baixo  $qCO_2$ . Além disso, uma maior diversidade química da MO nesse sistema poderia favorecer os organismos cujos metabolismos sejam mais econômicos e dessa forma, uma quantidade menor de C passa a ser utilizada no metabolismo energético da microbiota e mais C é fixado nas células da BM.

De acordo com Gama-Rodrigues & Gama-Rodrigues (2008), em solos com matéria orgânica de baixa qualidade nutricional, a biomassa microbiana encontra-se sob estresse e é incapaz de utilizar totalmente o C orgânico e, nesse caso, o  $qMIC$  tende a diminuir. Assim, os menores valores observados para essa característica podem indicar uma condição de estresse nesses sistemas.

Alvarenga et al. (1999) obtiveram valores de  $qMIC$  que variaram de 3,08 % no Cerrado até 1,34 % em pasto nativo, estando de acordo com a percentagem proposta por Jenkinson & Ladd (1981), que consideram normal que 1 a 4 % do C total do solo corresponda ao componente microbiano.

#### **4.4 ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO**

O tipo de sistema de uso da terra e manejo utilizado nas diferentes áreas e o aprofundamento do perfil do solo, como mostra o Anexo 4, tem influência direta no estoque atual de carbono no solo. Os resultados indicam que as concentrações de C diminuíram com a profundidade avaliada. Tal fato já foi apontado por diversas pesquisas sobre C (Cerri et. al, 2004; Silva et. al, 2014).

Os teores de C em todos os sistemas de uso e profundidades avaliadas, encontram-se na Tabela 11. Os resultados mostram que os valores de C decrescem ao longo do perfil do solo, característica proporcionada pela MOS que se encontra

mais concentrada na superfície, devido ao aporte contínuo de material orgânico, com evidente diminuição nas camadas mais profundas.

**Tabela 10.** Estoque de carbono (Mg/ha-1) de um Neossolo quartzarênico sob sistemas agroflorestais biodiversos, área de produção agrícola e nativa, em diferentes profundidades

Ano	Sistemas	Profundidades				
		0-5	5-15	15-30	30-50	0-50
2015	SAF1	7.44 b	10.85 d	11.74 c	13.03 c	50.74 d
	SAF2	7.37 b	12.68 c	12.07 c	12.91 c	53.13 d
	SAF3	9.55 b	14.23 c	15.91 b	17.12 b	66.06 c
	SAF4	15.24 a	20.57 a	23.10 a	23.75 a	97.01 a
	RL	6.73 b	8.67 d	10.05 c	10.84 c	43.68 e
	SPD	8.16 b	17.00 b	21.32 a	24.42 a	75.12 b
2016	SAF1	6.68 a	13.29 b	12.72 b	14.24 b	53.21 d
	SAF2	5.86 a	10.50 b	12.03 b	13.71 b	46.31 d
	SAF3	9.82 a	14.60 b	17.02 b	17.26 b	67.09 c
	SAF4	15.78 a	24.61 a	25.55 a	29.50 a	109.17 a
	RL	5.17 a	8.27 b	9.67 b	12.36 b	38.97 e
	SPD	9.97 a	17.44 a	21.03 a	23.59 a	78.49 b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. SAF – sistema agroflorestal; SPD- área de cultivo agrícola e RL- reserva legal (floresta nativa)

O solo é considerado o maior reservatório de carbono do planeta (Garcia-Oliva & Maser, 2004), sendo este estocado em diversas formas orgânicas (Amundson, 2001), que vão desde a liteira recém incorporada até compostos humificados. O maior estoque de carbono foi observado, em todas as profundidades avaliadas, no SAF4, o que diferiu esse sistema de todos os demais quanto a sua capacidade em estocar carbono que é duas vezes maior que a do sistema RL.

Isso pode ser explicado pela maior deposição e diversidade de materiais orgânicos na superfície do solo com diferentes taxas de decomposição, maior volume de raízes que crescem nesta camada, produtos de uma maior diversidade de espécies e estratos arbóreos e radiculares no sistema. Esses fatores juntos, aliados a elevada atividade da microbiota do solo, propiciam a melhoria da fertilidade do solo com conseqüente estocagem do carbono.

Esse resultado contradiz o encontrado por Souza et al. (2006), estudando as alterações no C orgânico total em um Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso do solo, onde não foi encontrada diferença significativa

entre o conteúdo de C na camada até 10cm do solo sob Cerrado e áreas cultivadas a mais de 10 anos com soja, milho ou pastagem.

Os menores valores de C foram encontrados na RL em todas as profundidades, o que mostra o potencial dos sistemas produtivos que primam pela sustentabilidade em estocar C em escala até superior que ecossistemas nativos. Uma possível explicação seria a qualidade do material orgânico depositado e mantido na área dos SAFs e SPD.

A relação entre agregação do solo e teores de C foram evidenciadas em trabalho de Costa Junior (2008) avaliando o estoque de C e N e agregação do solo sob diferentes sistemas de manejo agrícola no Cerrado. O autor observou que 80% do teor de C no solo foram provenientes das classes de agregados > 2mm em todas as camadas de solo avaliadas, enfatizando a relação entre os agregados do solo e a proteção da MOS.

A área de cultivo agrícola, nas profundidades 15-30cm e 30-50cm, não diferiu do SAF4 quanto aos teores de C nessas camadas. Isso pode ser atribuído à ausência de operações de cultivo no SPD já consolidado resulta em menor taxa de decomposição, favorecendo a manutenção e acúmulo da MOS. Dessa forma, o fluxo de substrato e energia para os organismos do solo é contínuo o que pode levar ao aumento dos estoques de C no solo.

## 5 VARIÁVEIS CANÔNICAS APLICADAS NO ESTUDO DE INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO

Os resultados das análises relacionadas aos atributos químicos, físicos e microbiológicos, são apresentados e discutidos, separadamente, de modo que a correlação existente entre as diferentes profundidades e variáveis analisadas e suas influências nas características do solo sejam explicadas de forma mais coerente.

### 5.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 0-50 CM

A análise canônica dos atributos químicos do solo sob diferentes sistemas de usos e manejo do solo para o RQ, mostra que a primeira e a segunda variável canônica (VC) acumularam juntas 74,75% e 77,64% da variabilidade dos dados nas avaliações de 2015 e 2016, representando de forma satisfatória a variabilidade contida no conjunto de variáveis analisadas (Anexo 6).

De acordo com Cruz & Regazzi (1994), esse resultado é satisfatório para avaliação dos atributos químicos por meio da dispersão gráfica dos escores em relação à primeira e segunda variáveis canônicas que associada ao método de agrupamento de Tocher evidenciou a formação de quatro diferentes grupos no primeiro ano de estudo, número que foi reduzido para três no segundo ano de estudo (Figura 6 (a) e (b)).

No ano de 2015, o primeiro grupo foi formado pelos seguintes sistemas de uso da terra:

- SAF1 nas profundidades (prof) 0-5, 5-15, 15-30, e 30-50;
- SAF2 nas prof 0-5, 5-15, 15-30 e 30-50;
- SAF3 nas prof 0-5, 5-15, 15-30 e 30-50;
- RL na prof 0-5; e
- SPD nas prof 0-5, 5-15 e 15-30;

O segundo grupo foi formado pelo sistema:

- RL nas prof 5-15, 15-30 e 30-50;

O terceiro grupo foi formado pelos sistemas:

- SAF4 nas prof 15-30, 30-50, SPD 30-50;

O quarto e último grupo foi formado pelo sistema:

- SAF4 nas prof 0-5 e 5-15.

Em 2016 o método de agrupamento de Tocher mostrou a formação de dos seguintes grupos - Grupo 1 formado pelos sistemas:

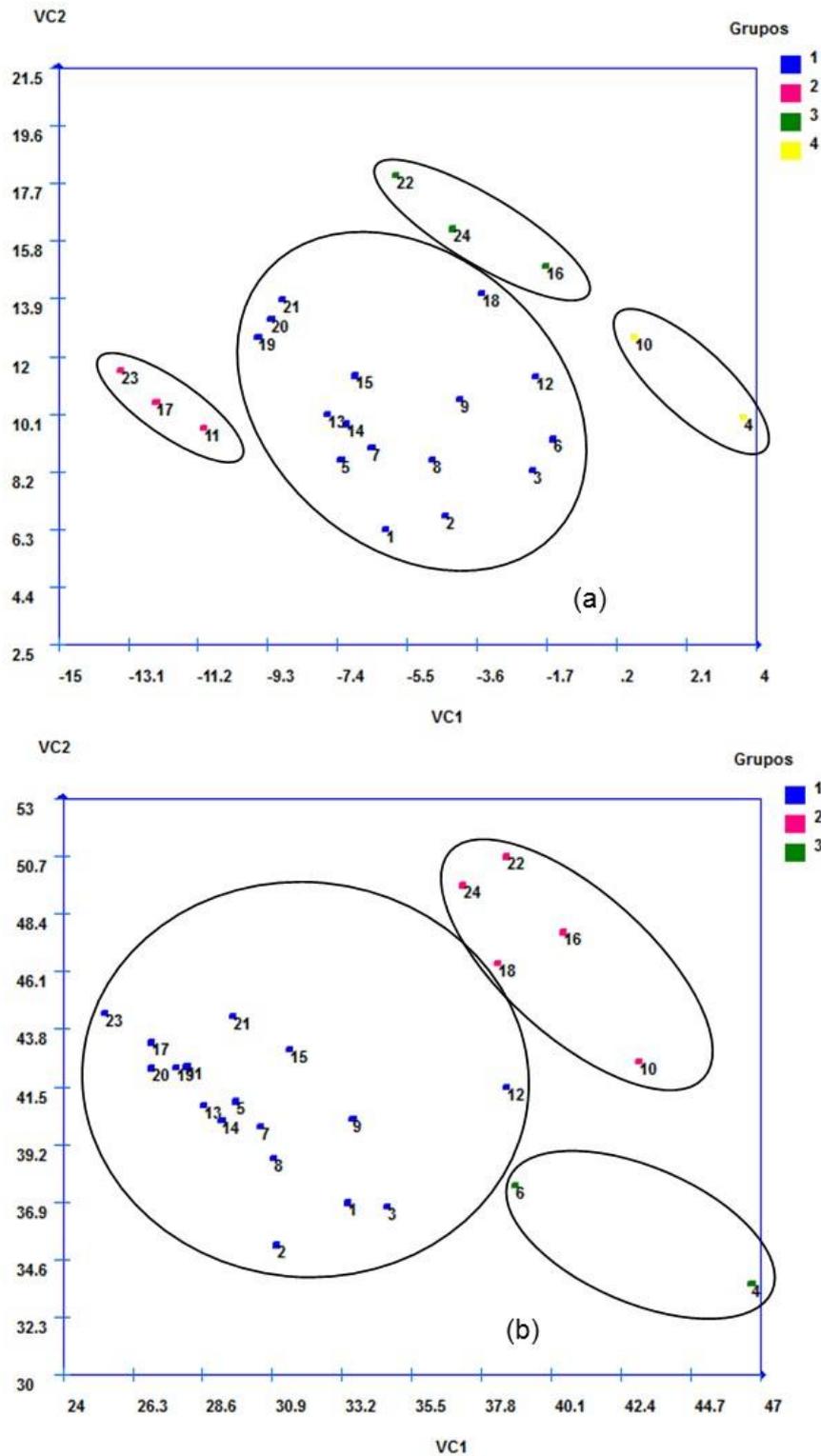
- SAF1 nas prof 0-5, 5-15, 15-30 e 30-50;
- SAF2 nas prof 0-5, 5-15, 15-30 e 30-50;
- SAF3 nas 0-5, 5-15, 15-30 e 30-50;
- RL nas prof 0-5, 5-15, 15-30 e 30-50; e
- SPD na prof 5-15;

Grupo 2 formado pelos sistemas:

- SAF4 nas prof 5-15, 15-30, 30-50;
- SPD na prof 30-50;

Grupo 3 formado pelos sistemas:

- SAF4 na prof 0-5 e SPD na prof 0-5.



**Figura 2.** Dispersão gráfica dos escores de seis sistemas de uso da terra em relação às duas primeiras variáveis canônicas estabelecidas pela combinação linear de variáveis químicas do solo avaliadas na profundidade de 0-50 cm (a – 2015 e b – 2016); 1 - SAF1 0-5; 2- SAF2 0-5; 3 - SAF3 0-5; 4 - SAF4 0-5; 5 - RL 0-5; 6 - SPD 0-5; 7 - SAF1 5-15; 8 - SAF2 5-15; 9 - SAF3 5-15; 10 - SAF4 5-15; 11 - RL 5-15; 12 - SPD 5-15; 13 - SAF1 15-30; 14 - SAF2 15-30; 15 - SAF3 -30; 16 - SAF4 15-30; 17 -

RL 15-30; 18 - SPD 15-30; 19 - SAF1 30-50; 20 - SAF2 30-50; 21 - SAF3 30-50; 22 - SAF4 30-50; 23 - RL 30-50; 24 - SPD 30-50

Os agrupamento gerados mostram que os tratamentos que compõem cada um dos grupos apresentaram comportamento semelhante quando considerado o conjunto das variáveis em estudo ao longo do perfil analisado, fato também determinado pelo teste de médias e que deixa evidente as similaridades entre os sistemas e também entre sistemas nas diferentes profundidades avaliadas.

Em ambas as avaliações os agrupamentos formados pelo SAF4 deixaram claro que esse sistema se diferencia de todos os demais SAFS, uma vez que ele não se agrupou com nenhum outro, apresentando similaridades apenas com o sistema SPD. Isso se deve ao fato de esse sistema ter apresentado teores de MO, CTC e bases trocáveis muito superiores aos demais sistemas, inclusive que a área de referência (RL). Além disso, nota-se também que esse sistema apresentou agrupamentos distintos quando considerada a profundidade amostrada, ficando as camadas mais superficiais em um grupo diferente das camadas mais profundas.

Os resultados nos dois períodos analisados demonstram o impacto que a agricultura de base ecológica promoveu neste solo. A adoção de um sistema conservacionista de produção possibilitou o resgate da fertilidade desse solo o que pode ser comprovado pelos valores dos atributos químicos avaliados que se mostram bastante similares ou até mesmo superiores aos encontrados na área referência.

A similaridade das áreas cultivadas com a área de referência mostra que apesar da fragilidade dos RQs, esses solos quando cultivados de forma sustentável apresentam boa capacidade de resiliência.

As cargas de cada variável canônica em relação às variáveis químicas avaliadas na profundidade de 0-50 cm encontram-se no Anexo 6, com destaque para as variáveis mais importantes, aquelas que representam a maior porcentagem de variação em VC1 e VC2.

As variáveis de menor importância, ou seja, aquelas que pouco contribuem para realçar a diversidade entre os sistemas, são teor de alumínio, teor de fósforo e saturação por bases (2015) e pH em água, fósforo e magnésio (2016). Isso mostra que os atributos mencionados pouco contribuem para discriminar os tipos de manejo

e uso do solo, corroborando outros estudos que evidenciam maior discriminação pelos atributos biológicos (Maluche-Baretta et al., 2006).

## 5.2 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 0-50 CM

A análise canônica dos atributos físicos do solo sob diferentes sistemas de usos e manejo do solo para o RQ revela que as duas primeiras VC foram consideradas as mais importantes, uma vez que juntas foram responsáveis por expressar de forma fidedigna 98,63% e 98,78% da variação total dos dados originais nos dois períodos analisados (Anexo 7).

Sendo assim, a avaliação dos atributos físicos do solo foi feita por meio da dispersão gráfica dos escores em relação à primeira e segunda VC. O agrupamento de Tocher evidenciou a formação de sete diferentes grupos no primeiro ano de estudo e seis grupos no segundo ano de estudo (Figura 7 (a) e (b)).

No ano de 2015 (primeira avaliação), o primeiro grupo foi formado pelos sistemas:

- SAF1 nas prof 5-15, 30-50;
- SAF2 nas prof 5-15, 15-30 e 30-50;
- SAF3 nas prof 0-5, 5-15 e 15-30;

O segundo grupo foi formado pelo sistema:

- RL nas prof 5-15, 15-30 e 30-50;

O terceiro grupo foi formado pelos sistemas:

- SAF4 nas prof 0-5, 5-15, 15-30, 30-50; e
- SPD nas prof 15-30 e 30-50;

O quarto grupo foi formado pelos sistemas:

- SAF1 na prof 0-5; e
- SAF2 na prof 0-5;

O quinto grupo foi formado por:

- SPD nas prof 0-5 e 5-15;

O sexto grupo formado de forma independente pelo:

- SAF3 na prof 30-50;

E o sétimo e último grupo, também formado de modo independente pela:

- RL na prof 0-5.

Na segunda avaliação realizada no ano de 2016, os agrupamentos gerados foram os seguintes:

Grupo 1 formado pelos sistemas:

- SAF1 nas prof 0-5, 5-15, 15-30 e 30-50;
- SAF2 nas prof 0-5, 5-15, 15-30 e 30-50; e
- RL nas prof 0-5 e 30-50;

Grupo 2 formado pelos sistemas:

- SAF4 na prof 0-5, 5-15, 15-30 e 30-50; e
- SPD na prof 15-30;

O grupo 3 formado pelo:

- SAF3 na prof 0-5, 5-15 e 15-30;

O grupo 4 foi formado por:

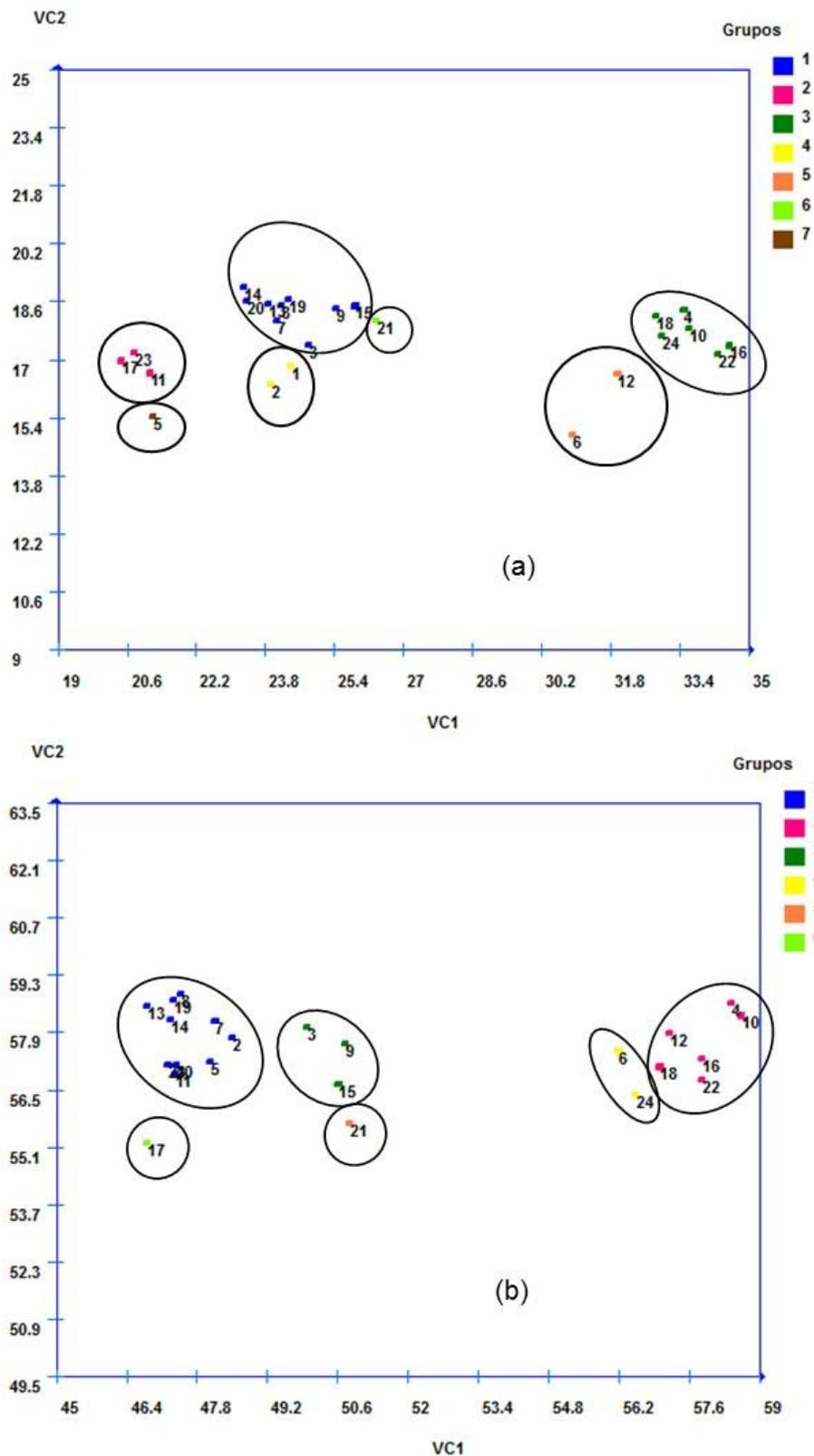
- SPD na prof 0-5 e 30-50;

Grupo 5, independente, formado por:

- SAF3 na prof 30-50

Grupo 6, independente, e formado por:

- RL na prof 15-30;



**Figura 3.** Dispersão gráfica dos escores de seis sistemas de uso da terra em relação às duas primeiras variáveis canônicas estabelecidas pela combinação linear de variáveis físicas do solo avaliadas na profundidade de 0-50 cm (a – 2015 e b – 2016); 1 - SAF1 0-5; 2- SAF2 0-5; 3 - SAF3 0-5; 4 - SAF4

0-5; 5 - RL 0-5; 6 - SPD 0-5; 7 - SAF1 5-15; 8 -SAF2 5-15; 9 - SAF3 5-15; 10 - SAF4 5-15; 11 - RL 5-15; 12 - SPD 5-15; 13 - SAF1 15-30; 14 - SAF2 15-30; 15 - SAF3 -30; 16 - SAF4 15-30; 17 - RL 15-30; 18 - SPD 15-30; 19 - SAF1 30-50; 20 - SAF2 30-50; 21 - SAF3 30-50; 22 - SAF4 30-50; 23 - RL 30-50; 24 - SPD 30-50

Seguindo o mesmo padrão de agrupamento ocorrido nos atributos químicos, o SAF4 nos dois períodos avaliados mostrou similaridades apenas com o sistema SPD, diferenciando-se de todos os demais também no que se refere as características físicas do solo. Esse resultado pode ser explicado em função da porosidade do solo encontrada nesses dois sistemas de uso da terra. Em ambos, o volume de macro e microporos e também o volume total de poros foi similar e significativamente superior que o encontrado nos demais sistemas estudados.

As variáveis índice de estabilidade de agregados e diâmetro médio ponderado em base úmida, foram as que menos contribuíram para revelar as diferenças entre os sistemas estudados no ano de 2015, enquanto que no ano de 2016 a variável índice de estabilidade de agregados foi considerada a de menor expressividade.

### **5.3 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO (ESTABILIDADE DE AGREGADOS) NA PROFUNDIDADE DE 0-20 CM**

A análise canônica dos atributos físicos do solo, referentes a estabilidade de agregados, sob diferentes sistemas de usos e manejo do solo para o RQ mostra que 96,60% e 92,94% da variabilidade contida nas variáveis originais foram expressas de forma satisfatória pelas duas primeiras VC, na primeira e segunda avaliação, respectivamente.

Logo, a avaliação desses atributos foi realizada por meio da dispersão gráfica dos escores em relação às variáveis canônicas. O agrupamento de Tocher evidenciou a formação de sete diferentes grupos no primeiro ano de estudo e seis grupos no segundo ano de estudo (Figura 7 (a) e (b)).

Na primeira avaliação realizada no ano de 2015, o agrupamento revelou a formação dos seguintes grupos:

Grupo 1 formado por:

- SAF3 na prof 0-10 e 10-20;

- SAF4 na prof 10-20; e
- SPD na prof 10-20;

Grupo 2 formado por:

- SAF2 na prof 0-10; e
- SPD na prof 0-10;

Grupo 3 formado pelo sistema:

- SAF1 nas prof 0-10 e 10-20;

Grupo 4 formado pelo sistema:

- RL nas prof 0-10 e 10-20;

Grupo 5 formado de forma independente por:

- SAF2 na prof 10-20;

Grupo 6, independente, formado pelo:

- SAF4 na prof 0-10.

Os agrupamentos formados pelos sistemas estudados na segunda avaliação realizada em 2016 foram:

Primeiro grupo formado pelos sistemas:

- SAF1 nas prof 0-10 e 10-20; e
- SAF2 nas prof 0-10 e 10-20;

Segundo grupo formado pelo sistema:

- RL nas prof 0-10 e 10-20;

Terceiro grupo formado pelo:

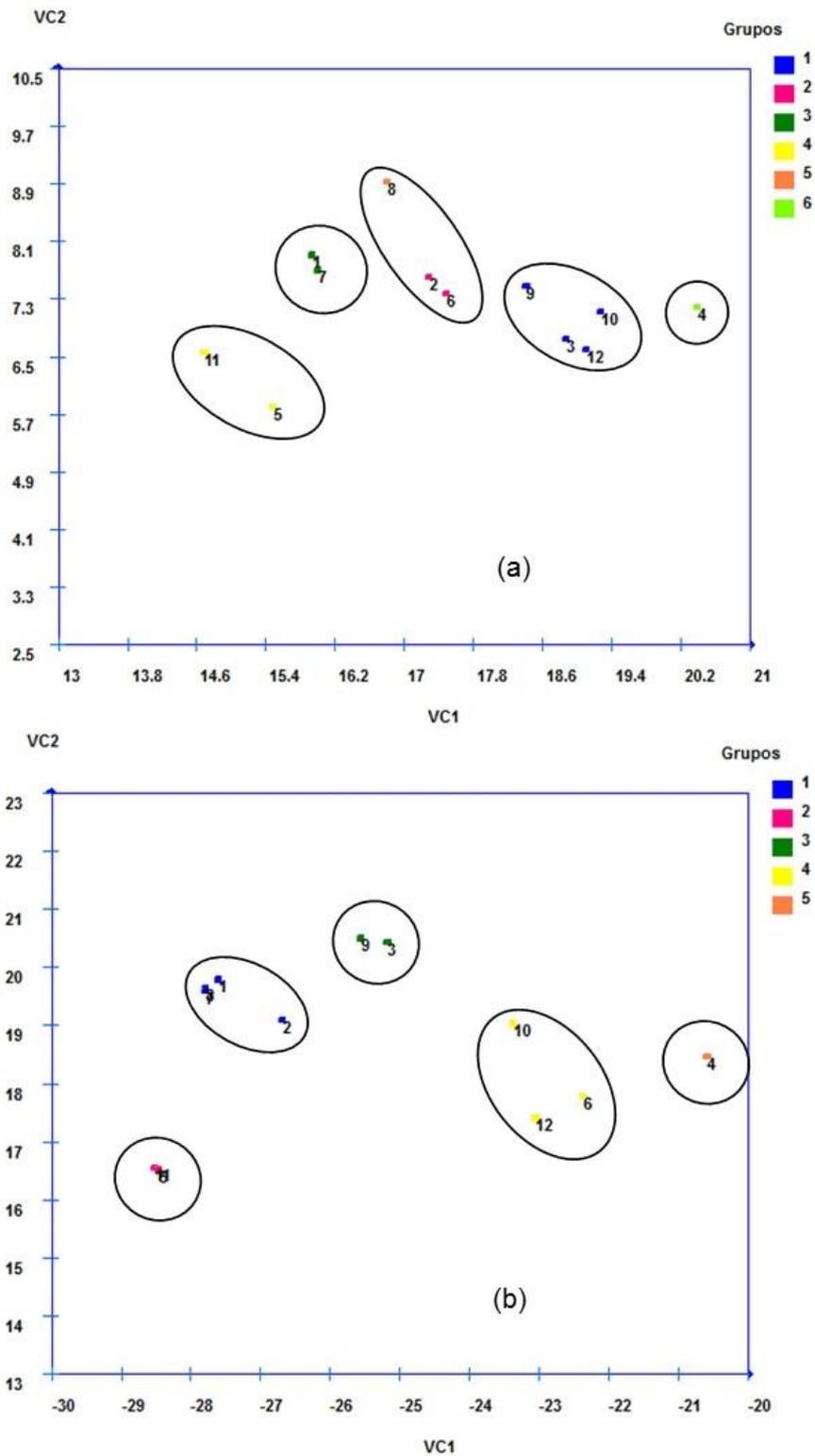
- SAF3 nas prof 0-10 e 10-20;

Quarto grupo formado pelos sistemas:

- SPD nas prof 0-10 e 10-20; e
- SAF4 na prof 10-20 e

Quinto e último grupo, independente, formado por:

- SAF4 na prof 0-10.



**Figura 4.** Dispersão gráfica dos escores de seis sistemas de uso da terra em relação às duas primeiras variáveis canônicas estabelecidas pela combinação linear de variáveis físicas do solo avaliadas na profundidade de 0-20 cm (a – 2015 e b – 2016); 1 - SAF1 0-10; 2 - SAF2 0-10; 3 - SAF3 0-10; 4 - SAF4 0-10; 5 - RL 0-10; 6 - SPD 0-10; 7 - SAF1 10-20; 8 - SAF2 10-20; 9 - SAF3 10-20; 10 - SAF4 10-20; 11 - RL 10-20; 12 - SPD 10-20.

Em relação a estabilidade de agregados, os sistemas foram agrupados seguindo o padrão de resultados obtido pelo teste de médias. Os sistemas que apresentaram maior porcentagem de agregados com diâmetros maiores formaram o grupo 1 na avaliação de 2015 e no grupo 4 na avaliação de 2016.

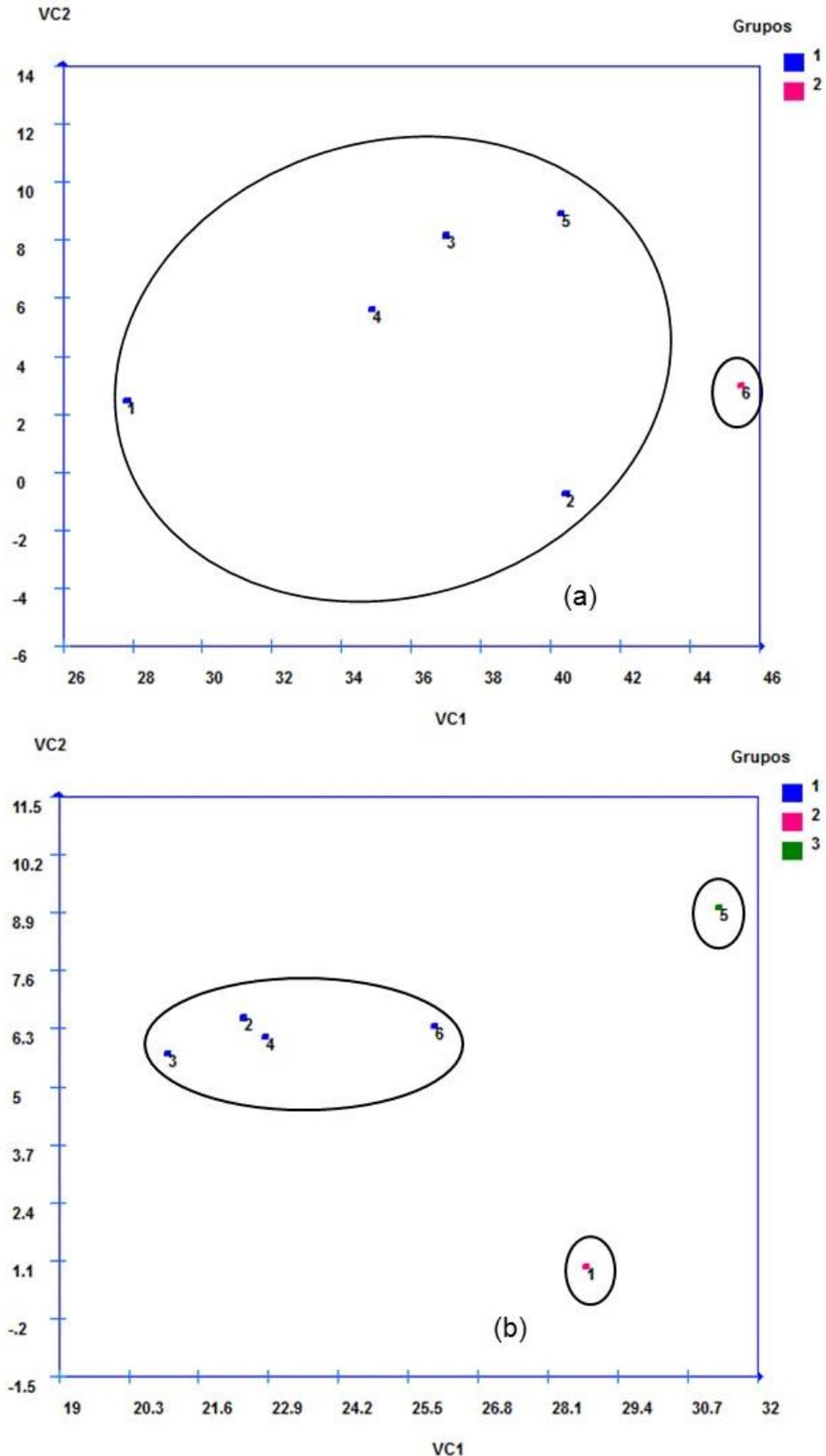
Dentre as variáveis analisadas, as de menor importância em contribuição para realçar as similaridades entre os sistemas de uso da terra na primeira avaliação foram densidade, macroporosidade e volume total de poros e densidade na segunda avaliação.

#### **5.4 ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 0-10 CM**

A análise canônica dos atributos microbiológicos do solo informa que a primeira e a segunda VC corresponderam respectivamente em 2015 e 2016 a 98,26% e 97,59% da variabilidade total desses atributos na profundidade de 0-10 cm. Esse resultado possibilitou o estudo dos atributos microbiológicos do solo por meio da dispersão gráfica bidimensional dessas duas variáveis.

O agrupamento gerado pelo método de otimização de Tocher mostrou a formação de dois grupos no primeiro ano de avaliação, sendo o primeiro formado pelos SAFs 1, 2, 3, 4 e SPD e o segundo pela RL, e de três grupos no segundo ano de avaliação, sendo eles formados pelos SAFs 2, 3, 4 e RL no primeiro grupo, SAF1 no segundo grupo e SPD no terceiro grupo (Figura 9 (a) e (b)).

Na primeira avaliação, a formação do grupo independente RL reflete as características biológicas distintas da área de referência quando comparada com os sistemas de cultivo. Essas diferenças são destacadas por menores níveis de biomassa microbiana, o que significa uma menor capacidade desse solo em estocar e ciclar nutrientes, embora esse área também tenha apresentado elevadas taxas de respiração microbiana e um baixo valor de quociente metabólico, o que indica economia na utilização de energia e um ambiente mais equilibrado. Essas condições também foram evidenciadas no teste de médias aplicado a esses.



**Figura 5.** Dispersão gráfica dos escores de seis sistemas de uso da terra em relação às duas primeiras variáveis canônicas estabelecidas pela combinação linear de variáveis microbiológicas do solo avaliadas na profundidade de 0-10 cm (a – 2015 e b – 2016); 1 – SA SAF1; 2 – SAF2; 3 – SAF3; 4 – SAF4; 5 – RL e 6 – SPD.

Na segunda avaliação, ocorre uma mudança no cenário de agrupamentos formados pelos sistemas estudados. A área de referência RL, antes formando um grupo independente, passa a fazer parte de um grupo composto também por SAF2, 3 e 4. Já os sistemas SAF1 e SPC passam a integrar grupos independentes.

Os agrupamentos formados nos dois períodos avaliados demonstram a evolução ocorrida nos sistemas SAF1, SPC e RL. É notória a similaridade dos sistemas de cultivo com a área referência tendo como base os atributos biológicos avaliados.

As variáveis biológicas consideradas de menor importância, que pouco contribuem para realçar a diversidade entre os tipos de manejo e uso do solo, são respiração microbiana, quociente metabólico e quociente microbiano. Esse resultado reflete claramente a importância da MO e da BM do solo que juntas foram responsáveis por 70,19% de toda a variação existente entre os sistemas.

A sensibilidade os atributos biológicos em evidenciar os impactos do tipo de manejo ao qual o sistema produtivo é incorporado está diretamente relacionada com teor e a qualidade da MOS.

## 6 CONCLUSÕES

- O SAF4 foi o sistema que se apresentou mais promissor quanto as características avaliadas. O manejo desse sistema favoreceu a fertilidade do solo mesmo esse sendo extremamente arenoso e não comprometeu a estrutura do solo.

- O sistema SAF4 apresentou maior eficiência da biomassa microbiana na utilização dos recursos, maior ciclagem de nutrientes, produção de matéria orgânica, humificação e capacidade de armazenamento de C no solo;

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTIERI, M. A. Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. 5. ed., Porto Alegre: **Editora da UFRGS**, 2009.

Altieri, M. Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável. 3. ed. Rio de Janeiro: **Expressão Popular**, 2012. 400 p.

ALVARENGA, M.I.N.; SIQUEIRA, J.O. & DAVIDE, A.C. Teor de carbono, biomassa microbiana, agregação e micorriza em solos de cerrado com diferentes usos. **Ciência e Agrotecnologia**, v.23, n.3, p.617-625, 1999.

AMARAL, A.S. Reaplicação do calcário em sistema plantio direto consolidado. **Tese de mestrado**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. 102p.

AMUNDSON, R. The carbon budget in soils. **Annual Review of Earth and Planetary Science**, Palo Alto, v. 26, p. 535-562, 2001.

ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do solo. Viçosa-MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2007. p. 873-928.

ARAÚJO, E.A. KER, J.C. NEVES, J.C.L. LANI, J.L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v.5, n.1, p.187-206, 2012.

ARAÚJO, M. A.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.2, p.337-345, 2004.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1099-1108, 2007.

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

BARRETO, A.C.; FREIRE, M.B.G.; NACIF, P.G.S.; ARAÚJO, Q.R.; FREIRE, F.J.; INÁCIO, E.S.B. Fracionamento químico e físico do carbono orgânico total em um solo de mata submetido a diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p: 1471-1478, 2008.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A.; DIECKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil and Tillage Research**, v. 86, n. 2, p. 237-245, Apr. 2006.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P. & CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais & subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p. 7-18.

BORGES, J. R.; PAULETTO, E. A.; SOUSA, R. O. de.; GOMES, A. da S.; SILVA, J. B. da; & LEITZKE, V. W. Agregação de um Gleissolo submetido a sistemas de cultivo e culturas. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 9, n. 4, p. 389-395, out-dez, 2003.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. The nature and properties of soils. 12th ed. New Jersey: **Prentice Hall**. 1999. p. 152-200.

BRAIDA, J.A.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J. A. & REICHERT, J. M. Matéria orgânica e seu efeito na física do solo. In: FILHO, O.K.et al.(Org.).Tópicos em ciência do solo. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.VII, p.222-227, 2011.

BRITO, M. T. L. Avaliação espacial de atributos químicos do solo no semiárido. **Monografia** - Patos, PB: UFCG, CSTR, 2010.

CAETANO, J. O.; BENITES, V. M.; SILVA, G. P.; SILVA, I. R.; ASSIS, R. L.; CARGNELUTTI FILHO, A. dinâmica da matéria orgânica de um Neossolo Quartzarênico de Cerrado convertido para cultivo em sucessão de soja e milheto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37:1245-1255, 2013.

CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J. & NICOLODI, R. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19:121-125, 1995.

CAPORAL, F. R. Agroecologia: uma nova ciência para apoiar a transição de agriculturas mais sustentáveis. Brasília: **Edição do Autor**, 2009.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n. 1, p. 147-157, 2009.

CARNEIRO, M. A.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**,v.33:147-157, 2009.

CARVALHO, J.L.N. et al. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.277-289, 2010.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J.; ARMANDO, M. S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**., Brasília, v.39, n.11, p.1153-1155, nov. 2004.

CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C.; PAUSTIAN, K.; BERNOUX, M.; MELLILO, J. M. Combining soil C and N spatial variability and modeling approaches for measuring and monitoring soil carbon sequestration. **Journal of Environmental Management**, New York, v. 33, p. 274-288. 2004.

CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTOURA, S.M.V.; ALBUQUERQUE, J.A. & WOBETO, C. Acidificação de um Latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26:1055-1064, 2002.

CLAESSEN, M. E. E. (Org.). Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. **rev. atual**. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212 p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).

COLEMAN, D.C.; OADES, J.M. & UEHARA, G. Dynamics of organic matter in tropical ecosystems. **Niftal Project**, University Hawai Press, 1989.

COSTA JUNIOR, C. Estoque de carbono e nitrogênio e agregação do solo sob diferentes sistemas de manejo agrícola no Cerrado, em Rio Verde (GO). **Dissertação de Mestrado**. Piracicaba, 2008.

COSTA, F.S.; ZANATTA, J.A. & BAYER, C. Emissões de gases de efeito estufa em agroecossistemas e potencial de mitigação. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, **Gênesis**, 2008. p.545-559.

CRUZ, A.C.R.; PAULETO, E.A.; FLORES, C.A.; SILVA, J.B. Atributos físicos e carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.1105-1112, 2003.

CRUZ, C.D. & REGAZZI, A.J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, MG, **Universidade Federal de Viçosa**, 1994. 394p.

CRUZ, C.D. Programa GENES – Aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG, **Universidade Federal de Viçosa**, 1997. 442p.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, P. B. DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. A.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. II - Atributos biológicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35:603-611, 2011.

D' ANDRÉA, A. F. Atributos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo no Sul de Goiás. 2001. 104 p. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

D'ANDREA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J.O. & CARNEIRO, M.A.C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na Região do Cerrado do Sul do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26:913-923, 2002.

DA ROS, C.O.; SECCO, D.; FLORIN, J.E.; PETRERE, C.; CADORE, M.A. & PASA, L. Manejo do solo a partir de campo nativo: Efeito sobre a forma e estabilidade da

estrutura ao final de cinco anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21:241-247, 1997.

DE-POLLI, H. & GUERRA, J.G.M. C, N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, **Gênese**, 1999. p.389-412.

DEXTER, A.R. Advances in characterization of soil structure. **Soil Till. Res.**, 11:199-238, 1988.

DEXTER, A.R. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. **Geoderma**, 120:201-214, 2004.

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

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W. et al. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison: **Soil Science Society of America**, 1994. p.3-21.

DUBOIS, J. C. L. Sistemas agroflorestais na Amazônia: avaliação dos principais avanços e dificuldades em uma trajetória de duas décadas. In: PORRO, R. (Ed.). **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. cap. 6, p. 171-218.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3 ed., . rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cerrados Informa**. Manejo adequado do solo e sequestro de Carbono. Planaltina- DF. 2005.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212 p.

FIETZ, C.R.; FISCH, G.F. O clima da região de Dourados, MS. Dourados: **Embrapa Agropecuária Oeste**, 2008. 32 p.

FRANCHINI, J. C.; GONZALEZ-VILA, F. J.; CABRERA, F.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Rapid transformations of plant water-soluble organic compounds in relation to cation mobilization in a acid Oxisol. **Plant Soil**, v.31, p.55- 63, 2001.

FRANCHINI, J.C.; MIYASAWA, M.; PAVAN, M.A. & MALAVOLTA, E. Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 34:2267-2276, 1999.

FRAZÃO, L. A.; PÍCCOLO, M. C.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**., Brasília, v.43, n.5, p.641-648, maio 2008.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L.S. da; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A. de O. (Ed.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2.ed. rev. e atual. Porto Alegre: **Metrópole**, 2008. p.159-170.

GARCIA-OLIVA, F.; MASERA, O. R. Assessment and measurement issues related to soil carbon sequestration in land-use, land-use change, and forestry (LULUCF) projects under the Kyoto Protocol. **Climatic Change, Germany**, v. 5, p. 347-364, 2004.

GOEDERT, W.J. Management of acid tropical soils in the savannas of South America. In: IBSRAM (International Board for Soil Research and Management). **Management of acid tropical soils for sustainable agriculture: proceedings of an IBSRAM inaugural workshop**. Bangkok, Thailand, 1987. p. 109-27.

GOMES, M. A. F.; FIZIOLA, H. F. Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola. **EMBRAPA Meio Ambiente**. Jaguariúna, 2006.

HEID, D. M. Sustentabilidade de uso da terra em sistemas de produção em Mato Grosso do Sul. Dissertação de Mestrado. Dourados, MS, 2011. 95 f.

HOUGHTON, R. A. How well do we know the flux of CO<sub>2</sub> from land-use change. Tellus Series B-Chemical and Physical Meteorology, Estocolmo, v. 62B, p. 337-351, 2010.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agric. Ecosys. Environ.**, 79:9-16, 2000.

ISSSWG RB. International Society of Soil Science Working Group RB. World Reference Base for Soil Resources: Introduction. Leuven: Acco: ISRIC, Rome: FAO, 1998. 79 p.

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

JANTALIA, C. P.; RESCK, D. V. S.; ALVES, B. J. R.; ZOTARELLI, L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Tillage effect on C stocks of a clayey Oxisol under a soybean-based crop rotation in the Brazilian Cerrado region. **Soil & Tillage Research**, v.95, n.1, p.97-109, 2007.

JENKINSON, D. S. & LADD, J. M. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E. A. & LADD, J. N., eds. **Soil biochemistry**. New York, Marcel Dekker, 1981. V. 5, p. 415-471.

KATO, E.; RAMOS, M. L. G.; VIEIRA, D. F. A.; MEIRA, A. D.; MOURÃO, V. C. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Latossolo Vermelho-Amarelo do cerrado, sob diferentes coberturas vegetais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 5, p. 732-738, 2010.

KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Agregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. Methods of soil analysis, Part 1. Physical and mineralogical methods. 2. ed. 1986. p.425-441. (**Agronomy Monograph**, 9).

KIMPE, C.R. & WARKENTIN, B.P. Soil functions and the future of natural resources. In.: BLUME, H.P.; EGER, H.; FLEISHHAUER, E.; HEBEL, A.; REIJ, C. & STEINER, K.G., eds. Towards sustainable land use – Furthering cooperation between people and institutions. **Advances Geoecol.**, 31:3-10, 1998.

KLEIN, V. A. Propriedade do solo e manejo da água em ambientes protegidos com cultivo de morangueiro e figueira. Passo Fundo: **Ed. UPF**, 2005. 61p.

LAL, R. Global potential of soil carbon sequestration to mitigate the greenhouse effect. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.22, p.151- 184, 2003.

LAMÔNICA, K. R.; BARROSO, D. G. Sistemas Agroflorestais – Aspectos básicos e recomendações. Niterói : Programa Rio Rural, 2008. **Manual Técnico 7**.

LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Ed.). Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Madison: **Soil Science Society of America**, 1994. p. 37-52. (SSSA Special Publication, 35).

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** 27: 821-832, 2003.

LEITE, L. F. C.; AZEVEDO, D. M. P. de & NETO, M. L. T. Solos coesos dos Tabuleiros Costeiros maranhenses: características físicas sob sistema de preparo convencional e floresta nativa. In: XV REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA. Santa Maria: UFSM, 2004 (**Anais CDROOM**).

LIMA, S. S.; LEITE, L. F. C.; AQUINO, A. M.; OLIVEIRA, FRANCISCO DAS CHAGAS; CASTRO, A. A. J. F. Estoques da serrapilheira acumulada e teores de nutrientes em Argissolo sob manejo agroflorestal no norte do Piauí. **Revista Árvore**, v.34, p.75-84, 2010.

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.

MADARI, B. E.; CUNHA, T. J. F.; NOVOTNY, E. H.; MILORI, D. M. B. P.; MARTIN NETO, L.; BENITES, V. M.; COELHO, M. R.; SANTOS, G. A. Matéria Orgânica dos Solos Antrópicos da Amazônia (Terra Preta de Índio): Suas Características e Papel na Sustentabilidade da Fertilidade do Solo. In: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. (Org.). **As Terras Pretas de Índio da Amazônia: Sua Caracterização e Uso deste Conhecimento na Criação de Novas Áreas**. 1 ed. Manaus, AM: Editora da Universidade Federal do Amazonas / Embrapa CPAA, 2010, p. 172-188.

MALAVOLTA, E. Noções gerais sobre o solo. In: Manual de química agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo. São Paulo, 1976. p. 121-157.

MANTOVANELLI, B. C.; SILVA, D. A. P.; CAMPOS, M. C. C.; GOMES, R. P.; SOARES, M. D. R.; SANTOS, L. A. C. Avaliação dos atributos do solo sob diferentes usos na região de Humaitá, Amazonas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 2, p. 122-130, 2015.

MATOS, E.S. et al. Formas de fósforo no solo em sistemas de milho exclusivo e consorciado com feijão sob adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.625-632, 2006.

MEDRADO, M. J. S. Sistemas agroflorestais: aspectos básicos e indicações. In: GALVÃO, A. P. M. (Org.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologias; Colombo, PR: Embrapa Floresta, 2000. p. 269-312.

MENDES, I. C.; VIVALDI, L.; RIBEIRO, J. A.; VARGAS, M. A. T.; RIBEIRO, F. J. Biomassa -C e atividade microbiana em solos do bioma cerrado sob vegetação nativa. Brasília, DF: **Embrapa-CPAC**, 1999. v. 4.

MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F.; FRANCELINO, C. S. F.; CAVALHEIRO, J. C. T.; OTSUBO, A. A. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 34, n. 4, p. 479-485, 2008.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. & CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17:411-416, 1993.

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.

NAIR, P. K. R.; TONUCCI, R. G.; GARCIA, R.; NAIR, V. D. Silvopasture and carbono sequestration with special reference to the Brazilian Savanna (Cerrado). In: KUMAR, B. M.; NAIR, P. K. R. **Carbon sequestration potential of agroforestry systems**. 1. ed. New York: Springer Science, 2011. v. 8, p. 145-162.

NEVES, C. M. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; MACEDO, R. L. G.; TOKURA, A. M. Estoque de carbono em sistema agrossilvopastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região Noroeste do estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 5, p. 1038-1046, 2004.

NEVES, C.M.N. das; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; CARDOSO, E.L.; MACEDO, R.L.G.; FERREIRA, M.M.; SOUZA, F.S. de. Atributos indicadores da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril no noroeste do Estado de Minas Gerais. **Scientia Forestalis**, n.74, p.45-53, 2007.

ODUM, E. P. The strategy of ecosystem development. **Science**, 164:262-270, 1969.

OLIVEIRA, G. C. Solos da região dos cerrados: reconhecimento na paisagem, potencialidades e limitações para uso agrícola. **UFLA**, Lavras-MG, 2009.

PADOVAN, M. P. Sistemas agroflorestais biodiversos. In: PADOVAN, M. P.; PEZARICO, C. R.; OTSUBO, A. A. Tecnologias para a agricultura familiar. Dourados, MS: **Embrapa Agropecuária Oeste**, Dourados, MS, 2014.

PADOVAN, M. P.; PEREIRA, Z. V. Sistemas Agroflorestais Diversificados. **A Lavoura**, Rio de Janeiro, n. 690, p. 15-18, 2012.

PARKIM, T. B.; DORAN, J. W.; FRANCO-VIZCAINO, E. Field and laboratory tests of soil respiration. In: DORAN, J. W & JONES, A. J., eds. Methods for assessing soil quality. Madison, WI, **Soil Science Society of America**, 1996. P. 231-246. (Special Publication, 49)

PAVINATO, P. S. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.911-920, 2008.

PENEIREIRO, F. M. Sistemas agroflorestais dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso. **Dissertação Mestrado**. Piracicaba: ESALQ, 1999. 149p.

PORTUGAL, A. F.; JUCKSCH, I.; SCHAEFER, C. E. G. R.; WENDLING, B. Determinação de estoques totais de carbono e nitrogênio e suas frações em sistemas agrícolas implantados em argissolo Vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2091-2100, 2008.

PORTUGAL, A. F.; JUNCKSH, I.; SCHAEFER, C. E. R. G.; NEVES, J. C. D. L. Estabilidade de agregados em argissolo sob diferentes usos, comparado com mata. **Revista Ceres**, v.57, p.545-553, 2010.

PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo: **Nobel**, 2002, 549 p.

RAIJ, B. VAN. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba: **International Plant Nutrition Institute**. 2011. 420 p.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31:1609-1623, 2007.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. Solo planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações. Barueri: **Manole**, 2004. 524 p.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. & BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**., 27:29-48, 2003.

REINERT, D. J.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M.; SUZUKI, L.E.A.S. Qualidade física dos solos. In: Reunião brasileira de manejo e conservação do solo e da água, 16, 2006. **Anais...** Aracaju: SBCS, 2006.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B. & CORRÊA, G.F. Pedologia: Base para distinção de ambientes. 5.ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2007. 322p.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a aproximação. Viçosa, MG: **Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais**, 1999. 359p.

RIBEIRO, K. D. et al. Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1167-1175, 2007.

RIBON, A. A.; CENTURION, J. F.; CENTURION, M. A. P. da C.; FERNANDES, K. L.; HERMÓGENES, V. T. L. Alterações na estabilidade de agregados de latossolo e argissolo em função do manejo, na entrelinha da seringueira (*Hevea brasiliensis*). **Revista Árvore**, v.38, p.1065-1071, 2014.

RICE, C.W.; MOORMAN, T.B. & BEARE, M. Role of microbial biomass carbon and nitrogen in soil quality. In: DORAN, J.W. & JONES, A.J., eds. Methods for assessing soil quality. Madison, **Soil Science Society of America**, 1996. p.203-215. (SSSA Special Publication, 49)

ROSCOE, R. et al. Biomassa microbiana do solo: fração mais ativa da matéria orgânica. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; SALTON, J.C. (Ed.). **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. p. 163-198.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P. Tillage effects on soil organic matter in density fractions of a Cerrado Oxisol. **Soil and Tillage Research**. Amsterdam, v. 70. p. 107-119, 2003.

SANTANA, D.P.; BAHIA FILHO, A.F.C. Indicadores de qualidade do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., Brasília, DF. **Anais...**Planaltina: EMBRAPA-CPAC/SBCS, 1999. (CD-ROM).

SANTOS, G.G.; SILVEIRA, P. M. da; MARCHÃO, R. L. & BECQUER, T. Estabilidade de agregados em sistema de plantio direto sob diferentes culturas de cobertura em um latossolo do Cerrado. In: **XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**. Gramado-RS, 2007 (Anais CD-ROOM).

SERRAT, B. M.; KRIEGER, K. I.; MOTTA, A. C. V. Considerações sobre interpretação de análise de solos (com exemplos). In: LIMA, M. R. de. (ed.). **Diagnóstico e recomendações de manejo do solo: aspectos teóricos e metodológicos**. Curitiba: UFPR, 2006. p. 125-142.

SEYBOLD, C.A.; HERRICK, J.E. & BREJDA, J.J. Soil resilience: a fundamental component of soil quality. **Soil Science**., 164:224- 234, 1999.

SEYBOLD, C.A.; MAUSBACH, M.J.; KARLEN, D.L. & ROGERS, H.H. Quantification of soil quality. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; FOLLET, R.F. & STEWART, B.A., eds. **Soil processes and the carbon cycle**. Boca Raton, CRC Press, 1998. p.387-404.

Silva FAS, Azevedo CAV (2016). The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *Afr. J. Agric. Res.* Vol. 11(39), pp. 3733-3740, 29 September. DOI: 10.5897/AJAR2016.11522

SILVA, EDMILSON EVANGELISTA et al. Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO<sub>2</sub>). Seropédica-RJ: **Comunicado Técnico Embrapa**, 2007.

SILVA, S. M.; BRITO, M.; SALOMÃO, G. B.; CARNEIRO, L. F.; PEREIRA, Z. V.; PADOVAN, M. P. Estoque de Carbono no solo em sistemas de restauração ambiental na Região Sudeste do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. **AGROECOL**, 2014. Dourados, MS.

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.

SMITH, J.L. & PAUL, E.A. The significance of soil microbial biomass stimulations. In.: BOLLAG, J.M. & STOTSKY, G. **Soil biochemistry**. New York, Marcel Dekker, 1990. p. 357- 398.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SILVA, C. A.; BUZETTI, S. Alterações nas frações do carbono em um neossolo quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 28, n. 3, p. 305-311, July/Sept., 2006.

SZAKÁCS, G. G. J. Sequestro de carbono nos solos - avaliação das potencialidades dos solos arenosos sob pastagens, Anhembí. **Dissertação de Mestrado**. Piracicaba, 2003. 126p.

TEIXEIRA, V. M.; PEREIRA, E. S.; FARIA, G. da S.; BRITO, J. P.; ROCHA, M. S.; SILVA, H. F. Agroecologia: uma estratégia sustentável para a conservação dos recursos hídricos na agricultura familiar em Rondônia. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, Rondônia, AM, v. 2, n. 1, p. 100-111, 2014.

TORRES, J. L. R.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, M. G.; ASSIS, R. L. Atributos indicadores da qualidade do solo numa área sob plantio direto a doze anos. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.6, n.2, p.123-133, Abr./Jun. 2015.

TÓTOLA, M.R. & CHAER, G.M. Microorganismos e processos microbiológicos como indicadores de qualidade dos solos. In: ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V. & COSTA, L.M., eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v.2. p.195-276.

TRANNIN, I.C. de B.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M. de S. Características biológicas do solo indicadoras de qualidade após dois anos de aplicação de bio-sólido industrial e cultivo de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1173-1184, 2007.

USDA – Soil Survey Staff. Soil Taxonomy – a basic system of soil classification for making and interpreting soil survey. 2 ed., Washington: USDA. 1999. 871 p.

VEZZANI, F. M., et. al. Matéria orgânica e qualidade do solo. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P. & CAMARGO, F.A.O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: **Ecosistemas tropicais & subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p. 483-493.

ZALAMENA, J. Impacto do uso da terra nos atributos químicos e físicos de solos do rebordo do Planalto – RS. **Dissertação de Mestrado**, Santa Maria, 2008. 79 f.

ZAMBROSI, F. C. B.; ALLEONI, L. R. F.; CAIRES, E. F. Teores de alumínio trocável e não trocável após calagem e gessagem em Latossolo sob sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 3, p. 487-495, 2007.

ZINN, Y. L.; LAL, R.; BIGHAM, J. M.; RESCK, D. V. S. Edaphic controls on soil organic carbon retention in the Brazilian Cerrado: soil structure. **Soil Science Society of America Journal**, v. 71, n. 4, p. 1215-1224, 2007a.

ZINN, Y. L.; LAL, R.; BIGHAM, J. M.; RESCK, D. V. S. Edaphic controls on soil organic carbon retention in the Brazilian Cerrado: texture and mineralogy. **Soil Science Society of America Journal**, v. 71, n. 4, p. 1204-1214, 2007b.

ZINN, Y.L.; LAL, R. & RESCK, D.V.S. Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. **Soil Till. Res.**, 84:28-40, 2005.

## 8 ANEXOS

**Anexo 1.** Quadro resumido da análise de variância dos atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico, em sistemas agroflorestais biodiversos, amostrados em diferentes profundidades

Ano de 2015															
FV	GL	MOS	pH água	pH CaCl <sub>2</sub>	Al	Ca	Mg	H + Al	K	P	SB	CTC	CTCef	m	V
		g/kg	.....cmol.c.dm <sup>3</sup> .....						mg.dm <sup>3</sup>	.....cmol.c.dm <sup>3</sup> .....		...%...			
		QM	QM	QM	QM	QM	QM	QM	QM	QM	QM	QM	QM	QM	QM
<b>Sist (S)</b>	5	477.13**	1.27**	1.74**	2.96**	7.88**	0.60**	36.56**	0.17**	253.85**	15.56**	146.00**	32.47**	14477.47 **	3194.57 **
<b>Prof (P)</b>	3	893.06**	0.64**	0.84**	3.04**	22.57**	1.13**	0.22ns	0.27**	328.95**	41.46**	35.72**	47.74**	15287.54 **	4398.04 **
<b>S x P</b>	15	21.01*	0.18ns	0.24ns	0.52**	1.78**	0.14**	2.41**	0.05**	81.60**	4.19**	2.84ns	4.45**	698.81**	322.18 **
<b>CV (%)</b>		20.88	7.35	10.00	37,00	42,98	48,64	30.08	49,18	41,4	40,21	17.07	29.67	27,36	33,46
Ano de 2016															
<b>Sist (S)</b>	5	826.47 **	3.81 **	0.17 **	1.82 **	4.29 **	0.37 **	98.73 **	0.14 **	26,54 **	11,63 **	158.43 **	15.35 **	9860.55 **	877,18 **
<b>Prof (P)</b>	3	550.99 **	4.48 **	0.19 **	1.63 **	5,69 **	0.30 **	0.54 ns	0.03 **	14,63 **	10,39 **	11.85 **	5.69 **	7486.72 **	576,39 **
<b>S x P</b>	15	29.08 *	0.90 ns	0.04 ns	0.35 **	0.94 **	0.05 **	3.32 **	0.01 **	4,10 **	2,12 **	1.86 ns	0.60 **	484.99 **	125,63 *
<b>CV (%)</b>		24.44	3.71	5.14	27.16	36,45	43,70	15.68	50,02	58,83	32.63	13.87	25.24	29.17	27,41

\*\* - Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade; \* - Significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade; n.s. – não significativo.

**Anexo 2.** Quadro resumido da análise de variância dos atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico, em diferentes sistemas agroflorestais biodiversos, amostrados em diferentes profundidades

FV	GL	Ds	Microp	Macrop	V.T.P
		g.cm <sup>3</sup>	.....cm <sup>3</sup> .cm <sup>3</sup> .....	.....cm <sup>3</sup> .cm <sup>3</sup> .....	
		QM	QM	QM	QM
<b>Sist. (S)</b>	3	0,0433 **	991,03 **	361,36 **	307,59 **
<b>Prof. (P)</b>	4	0,0607**	7,30 *	64,75 **	30,21 **
<b>S x P</b>	4	0,0105 **	3,85 ns	16,62 ns	10,55 ns
<b>CV (%)</b>		4.59	5,67	18.83	5.84
<b>Ano de 2016</b>					
<b>Sist. (S)</b>	3	0.03 **	914.22 **	174.75 **	381.47 **
<b>Prof. (P)</b>	4	0.01 *	0.94 ns	8.08 ns	4.90 ns
<b>S x P</b>	4	0.01 ns	3.30 ns	9.48 ns	8.70 ns
<b>CV (%)</b>		5.57	6.32	21.09	6.53

\*\* - Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade; \* - Significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade; n.s. – não significativo.

**Anexo 3.** Quadro resumido da análise de variância dos atributos físicos (Estabilidade de agregados) de um Neossolo Quartzarênico, em diferentes sistemas agroflorestais biodiversos, amostrados em diferentes profundidades

<b>Ano de 2015</b>					
FV	GL	DMPu	DMPs	IEA	
		.....mm.....	.....mm.....		
		QM	QM	QM	
<b>Sist. (S)</b>	5	6,13 **	6,37 **	0,009 **	
<b>Prof. (P)</b>	1	0,14 ns	0,03 ns	0,003 ns	
<b>S x P</b>	5	0,55 *	0,40 ns	0,002 ns	
<b>CV (%)</b>		12.31	11.06	5.34	
<b>Ano de 2016</b>					
<b>Sist. (S)</b>	5	5.58 **	4.48 **	0.03 **	
<b>Prof. (P)</b>	1	0.79 **	0.47 *	0.003 ns	
<b>S x P</b>	5	0.13 ns	0.06 ns	0.001 ns	
<b>CV (%)</b>		8.95	7.81	4,32	

\*\* - Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade; \* - Significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade; n.s. – não significativo.

**Anexo 4.** Quadro resumido da análise de variância dos atributos biológicos de um Neossolo Quartzarênico, em diferentes sistemas agroflorestais biodiversos, amostrados em diferentes profundidades

		<b>Ano de 2015</b>				
<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>C-BMS</b> mg/g	<b>RM</b> mg/g ss/dia	<b>M_O</b> g/kg	<b>qCO<sub>2</sub></b> mg/kg	<b>qMIC</b> %
		<b>QM</b>	<b>QM</b>	<b>QM</b>	<b>QM</b>	<b>QM</b>
<b>Sist. (S)</b>	5	14697.24 **	99.30 **	231.51 **	242.11 ns	1.06 **
<b>CV (%)</b>		22.18	17.52	11.88	32.24	25.16
		<b>Ano de 2016</b>				
<b>Sist. (S)</b>	5	18757.91 **	135.76 **	297.29 **	95.95 ns	7.57 **
<b>CV (%)</b>		15.42	17.45	16.22	24.98	28.50

\*\* - Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade; \* - Significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade; n.s. – não significativo.

**Anexo 5.** Quadro resumido da análise de variância do estoque de carbono em um Neossolo Quartzarênico, em diferentes sistemas agroflorestais biodiversos, amostrados em diferentes profundidades

		<b>Ano de 2015</b>	
<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>EC (t/ha)</b>	
		<b>QM</b>	
<b>Sist. (S)</b>	5	1402.39**	
<b>Prof. (P)</b>	3	15476.23**	
<b>S x P</b>	15	245.52**	
<b>CV (%)</b>		17.33	
		<b>Ano de 2016</b>	
<b>Sist. (S)</b>	5	2299.70 **	
<b>Prof. (P)</b>	3	15941.93 **	
<b>S x P</b>	15	414.28 **	
<b>CV (%)</b>		26.15	

\*\* - Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade; \* - Significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade; n.s. – não significativo.

**Anexo 6.** Autovalores e percentual da variância explicada de cada variável canônica relacionada as variáveis químicas do solo, na profundidade de 0-50 cm, nos sistemas de uso da terra estudados

<b>Autovalores – Extração das Variáveis Canônicas</b>				
<i>Número de variáveis</i>	<i>Autovalores</i>	<i>% da variância explicada</i>	<i>Autovalores acumulados</i>	<i>% da variância explicada acumulada</i>
<b>2015</b>				
1	16,48	49,74	16,48	49,74
2	8,29	25,01	24,77	74,75
3	4,75	14,33	29,52	89,09
4	1,51	4,57	31,03	93,66
<b>2016</b>				
1	32,46	50,11	32,46	50,11
2	17,82	27,52	50,28	77,64
3	7,17	11,08	57,45	88,72
4	2,85	4,40	60,30	93,12

**Anexo 7.** Importância relativa dos caracteres nas variáveis canônicas, destacando as variáveis químicas do solo, na profundidade de 0-50 cm

<b>Variáveis</b>	<b>2015</b>		<b>2016</b>	
	<b>V 1 (0-5 cm)</b>	<b>V 2 (0-5 cm)</b>	<b>V 1 (0-5 cm)</b>	<b>V 2 (0-5 cm)</b>
<b>pH H<sub>2</sub>O</b>	-1.9943696	<b>.093389</b>	<b>1.1816618</b>	.6343653
<b>pH CaCl<sub>2</sub></b>	2.1177423	<b>.7555668</b>	-.3816591	<b>.9214311</b>
<b>Al<sup>3+</sup></b>	2.4633423	<b>1.1022131</b>	<b>2.4591349</b>	.9314774
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>.2933094</b>	-.729916	.4680527	<b>.1789179</b>
<b>Mg<sup>2+</sup></b>	-.3632552	<b>-.2103861</b>	.0701251	<b>.1005124</b>
<b>H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup></b>	<b>-.952219</b>	-3.6104694	<b>-1.3378519</b>	-.2968599
<b>K<sup>+</sup></b>	.3128384	<b>-.1261085</b>	.3094267	<b>.138485</b>
<b>P</b>	-.2963063	<b>-.1512517</b>	-.3454366	<b>-.1558947</b>
<b>SB</b>	<b>2.472748</b>	.5103324	.9184239	<b>-.3269954</b>
<b>T</b>	.9733804	<b>2.6503328</b>	<b>1.8134066</b>	.3314419
<b>t</b>	<b>-1.2135962</b>	<b>-.7741345</b>	-.6571329	<b>-1.1879127</b>
<b>m%</b>	-1.9938409	<b>-.4409447</b>	-.9068795	<b>.5490477</b>
<b>V%</b>	-1.1680024	<b>-1.4500053</b>	-.1915433	<b>-.0546161</b>
<b>EC</b>	-.2540664	<b>.837739</b>	<b>-.6775663</b>	1.2809677

Al<sup>3+</sup> - alumínio; Ca<sup>2+</sup> - cálcio; Mg<sup>2+</sup> - magnésio; H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup> - acidez potencial; K<sup>+</sup> - potássio; P - fósforo; SB – soma de Bases; T – capacidade de troca de cátions (a pH 7,0); t - capacidade de troca de cátions (Efetiva); m% - saturação por alumínio; V% - saturação por bases; EC – estoque de carbono no solo.

**Anexo 8.** Autovalores e percentual da variância explicada de cada variável canônica relacionada as variáveis físicas do solo, na profundidade de 0-50 cm, nos sistemas de uso da terra estudados.

<b>Autovalores – Extração das Variáveis Canônicas</b>				
<i>Número de variáveis</i>	<i>Autovalores</i>	<i>% da variância explicada</i>	<i>Autovalores acumulados</i>	<i>% da variância explicada acumulada</i>
<b>2015</b>				
1	23,52	94,18	23,52	94,18
2	1,11	4,45	24,63	98,63
<b>2016</b>				
1	21,33	94,92	21,33	94,92
2	0,86	3,85	22,19	98,78

**Anexo 9.** Anexo 9. Importância relativa dos caracteres nas variáveis canônicas, destacando as variáveis físicas do solo, na profundidade de 0-50 cm.

<b>Variáveis</b>	<b>2015</b>		<b>2016</b>	
	<b>V 1 (0-5 cm)</b>	<b>V 2 (0-5 cm)</b>	<b>V 1 (0-5 cm)</b>	<b>V 2 (0-5 cm)</b>
<b>Ds</b>	<b>.0743473</b>	.8171053	1.0396516	<b>2.2839779</b>
<b>Macro</b>	<b>.2462482</b>	-.1162605	<b>42043.4881506</b>	96975.4654053
<b>Micro</b>	<b>1.0792208</b>	.0576929	20159.3661261	<b>46496.2570624</b>
<b>VTP</b>	.203754	<b>-.096198</b>	-33688.744932	<b>-77706.260569</b>

Ds - densidade; Macro - macroporosidade; Micro - microporosidade; VTP – volume total de poros.

**Anexo 10.** Autovalores e percentual da variância explicada de cada variável canônica relacionada as variáveis físicas do solo (Estabilidade de agregados), na profundidade de 0-20 cm, nos sistemas de uso da terra estudados.

<b>Autovalores – Extração das Variáveis Canônicas</b>				
<i>Número de variáveis</i>	<i>Autovalores</i>	<i>% da variância explicada</i>	<i>Autovalores acumulados</i>	<i>% da variância explicada acumulada</i>
<b>2015</b>				
1	3,09	80,36	3,09	80,36
2	0,62	16,24	3,71	96,60
<b>2016</b>				
1	7,16	73,20	7,16	73,20
2	1,93	19,74	9,09	92,94

**Anexo 11.** Importância relativa dos caracteres nas variáveis canônicas, destacando as variáveis físicas do solo (Estabilidade de agregados), na profundidade de 0-20 cm.

<b>Variáveis</b>	<b>2015</b>		<b>2016</b>	
	<b>V 1 (0-5 cm)</b>	<b>V 2 (0-5 cm)</b>	<b>V 1 (0-5 cm)</b>	<b>V 2 (0-5 cm)</b>
<b>DMPu</b>	<b>-.5463203</b>	-3.6932021	<b>4.0825751</b>	-2.5527404
<b>DMPs</b>	<b>1.5144164</b>	3.6944171	<b>-2.8313527</b>	2.8357489
<b>IEA</b>	.39201	<b>.241176</b>	-1.4343102	<b>.4145845</b>

DMPu – diâmetro médio ponderado base úmida; DMPs – diâmetro médio ponderado base seca; IEA – índice de estabilidade de agregados.

**Anexo 12.** Autovalores e percentual da variância explicada de cada variável canônica relacionada as variáveis microbiológicas do solo, na profundidade de 0-10 cm, nos sistemas de uso da terra estudados

<b>Autovalores – Extração das Variáveis Canônicas</b>				
<i>Número de variáveis</i>	<i>Autovalores</i>	<i>% da variância explicada</i>	<i>Autovalores acumulados</i>	<i>% da variância explicada acumulada</i>
<b>2015</b>				
1	17,30	87,93	17,30	87,93
2	2,03	10,32	19,33	98,26
<b>2016</b>				
1	16,20	68,41	16,20	68,41
2	6,90	29,17	23,10	97,59

**Anexo 13.** Importância relativa dos caracteres nas variáveis canônicas, destacando as variáveis microbiológicas do solo, na profundidade de 0-10 cm

<b>Variáveis</b>	<b>2015</b>		<b>2016</b>	
	<b>V 1 (0-5 cm)</b>	<b>V 2 (0-5 cm)</b>	<b>V 1 (0-5 cm)</b>	<b>V 2 (0-5 cm)</b>
<b>CBMS</b>	-5673482	<b>1.0176717</b>	1.4285823	<b>-.5905624</b>
<b>RM</b>	.6460546	<b>.513179</b>	.4949997	<b>-.4739493</b>
<b>MO</b>	<b>120.294193</b>	251.0191291	<b>1.5978307</b>	1.3693986
<b>qCO<sub>2</sub></b>	<b>-119.2295062</b>	-251.5134357	<b>-.7092551</b>	.3567288
<b>qMIC</b>	-1.2075534	<b>.3849272</b>	<b>1.113147</b>	.9547018

CBMS – carbono da biomassa microbiana; RM – respiração microbiana; MO – matéria orgânica; qCO<sub>2</sub> – quociente metabólico; qMIC – quociente microbiano.