

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL  
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CASSILÂNDIA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E ESTOQUE DE CARBONO  
TOTAL NOS COMPARTIMENTOS DA MATÉRIA  
ORGÂNICA DO SOLO EM SISTEMA SILVIPASTORIL**

**JEFFERSON ROGÉRIO MARQUES DA SILVA**

CASSILÂNDIA – MS  
FEVEREIRO/2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL  
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CASSILÂNDIA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS E ESTOQUE DE CARBONO  
TOTAL NOS COMPARTIMENTOS DA MATÉRIA  
ORGÂNICA DO SOLO EM SISTEMA SILVIPASTORIL**

**JEFFERSON ROGÉRIO MARQUES DA SILVA**

**Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Simone Cândido Ensinas Maekawa**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Agronomia - Sustentabilidade na Agricultura, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia - Sustentabilidade na Agricultura.

CASSILÂNDIA – MS  
FEVEREIRO/2019

S58a Silva, Jefferson Rogério Marques

Atributos químicos e estoque de carbono total nos compartimentos da matéria orgânica do solo em sistema silvipastoril/ Jefferson Rogério Marques da Silva. – Cassilândia, MS: UEMS, 2019.

52p.

Dissertação (Mestrado) – Agronomia – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2019.

Orientadora: Prof. Dra. Simone Cândido Ensinas Maekawa.

1. Sistemas agroflorestais 2. Forragem 3. Substâncias húmicas I. Maekawa, Simone Cândido Ensinas II. Título

CDD 23. ed. - 631.4



Governo do Estado de Mato Grosso do Sul  
**Fundação Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul**  
PROPP - Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
UEMS - Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul - Sede Dourados  
UUCass - Unidade Universitária de Cassilândia  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
PGAC - Área de Concentração em Sustentabilidade na Agricultura



### CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO:** ATRIBUTOS QUÍMICOS E ESTOQUE DE CARBONO TOTAL NOS  
COMPARTILHAMENTOS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM  
SISTEMA SILVIPASTORIL.

**AUTOR(A):** JEFFERSON ROGÉRIO MARQUES DA SILVA  
**ORIENTADOR(A):** SIMONE CANDIDO ENSINAS MAEKAWA

Aprovado como parte das exigências para obtenção de MESTRE EM AGRONOMIA, Área de  
concentração: “Sustentabilidade na Agricultura”, pela Comissão Examinadora

\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Simone Candido Ensinas Maekawa  
Orientador(a)

\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Giselle Feliciani Barbosa

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Alan Mario Zuffo

Data da realização: 01 de fevereiro de 2019.

*“Se planejar para um ano, plante arroz!  
Se planejar para 10 anos, plante árvores!  
Se planejar para 100 anos, eduque as pessoas”.*  
(Provérbio Chinês).

## **DEDICATÓRIA**

Dedico ao meu filho José Augusto Costa Marques, que veio para me fortalecer, trazer felicidade e amadurecimento.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me guiar e iluminar meus pensamentos em todos os momentos, me amparando desde o meu egresso na Universidade até os dias de hoje, na conclusão deste mestrado;

Agradeço a minha mãe por ter-me concebido;

Agradeço a minha madrinha Aparecida Cláudia Ruas por me ajudar financeiramente, conselhos e incentivo para que eu estudasse, desde a minha primeira faculdade até hoje já no mestrado;

Agradeço a Suelem Pacheco Corassini, Eloir Salette Antunes Fernandes e ao José Pacheco Corassini que me apoiaram e me deram forças para que continuasse nos estudos;

Agradeço a minha esposa Fernanda de Araujo da Costa por estar sempre ao meu lado e também sempre me dando conselhos e sempre proferindo boas palavras;

Agradeço a Dona Carmen Nilda Ferreira por ter me acolhido como mãe nas horas que precisei.

Agradeço a minha tia Elisangela Ferreira Paulínia e ao meu tio Mario Antônio da Silva por terem cedido à moradia.

Agradeço aos alunos da agronomia que me ajudaram na pesquisa, em especial ao Paulo Gabriel Vechetin Barreta, Marina Chiquito Nanzer, Taine Pereira de Oliveira, Isabela Machado de Oliveira Lima e João Victor Oliveira Rezende.

Aos novos amigos e colegas que fiz durante esta jornada de dois anos de estudos;

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS/UCC) por ter aberto as portas para que pudesse realizar o meu mestrado;

A todos os funcionários da Instituição UEMS/UCC que em algum momento me ajudaram;

Agradeço à PIBAP, por ter me ajudado com a bolsa de estudos;

Agradeço a Agro-Pecuária Ouro Banco por ter cedido os sistemas para serem avaliados;

A todos os professores que transmitiram seus conhecimentos da melhor forma possível, contribuindo para o meu futuro profissional, ao ingressar como Mestre em Agronomia no meio acadêmico e científico;

Agradeço aos professores doutores Tiago Zoz e Fábio Steiner por terem me acolhido e por sempre me ajudarem;

Agradeço a professora doutora Giselle Feliciani Barbosa pelo apoio.

Em especial a ilustre professora doutora e minha orientadora Simone Cândido Ensinas Maekawa pela confiança e oportunidade, onde pude desfrutar de toda sua maestria no repasse de conhecimento, contribuindo efetivamente para o meu crescimento profissional;

Agradeço ao pesquisador Dr. Alan Mario Zuffo pelo apoio e ajuda durante esse período de estudos;

Enfim, a todos que contribuíram e torceram por mim, o meu muito obrigado.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS .....</b>	<b>10</b>
<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>12</b>
<b>CAPITULO 1. COMPONENTES DA ACIDEZ E TEORES DE FOSFORO E POTÁSSIO NO SOLO EM SISTEMA SILVIPASTORIL.....</b>	<b>13</b>
1.1 Introdução.....	14
1.2 Material e Métodos.....	16
1.3 Resultados e Discussão .....	20
1.4. Conclusões.....	25
1.5 Referências .....	25
<b>CAPITULO 2. ESTOQUE DE CARBÔNIO TOTAL NOS COMPARTIMENTOS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM SISTEMA SILVIPASTORIL .....</b>	<b>30</b>
2.1 Introdução.....	31
2.2 Material e Métodos.....	33
2.3 Resultados e Discussão .....	37
2.4. Conclusões.....	46
2.5 Referências .....	46

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Médias dos valores de pH CaCl<sub>2</sub>, H+Al e Al<sup>3+</sup> em sistema silvipastoril (SS) em diferentes distâncias da linha de plantio, vegetação nativa (VN) e pastagem convencional (PC) com forragem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu. Bandeirantes-MS, 2017.....21
- Tabela 2.** Médias dos valores de fósforo (P), potássio (K) em sistema silvipastoril (SS) em diferentes distâncias da linha de plantio, vegetação nativa (VN) e pastagem convencional (PC) com forragem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu. Bandeirantes-MS, 2017.....24
- Tabela 3.** Médias dos teores de carbono orgânico total (COT), carbono orgânico associado aos minerais (COam), carbono orgânico particulado (COp) e porcentagem de COam e COp em áreas de vegetação nativa (VN), forragem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em pastagem convencional (PC) e em sistema silvipastoril (SS) em diferentes distâncias da linha de plantio. Bandeirantes-MS, 2017.....39
- Tabela 4.** Médias dos estoques de carbono orgânico total (COT), carbono orgânico associado aos minerais (COam), carbono orgânico particulado (COp) em áreas de vegetação nativa (VN), forragem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em pastagem convencional (PC) e em sistema silvipastoril (SS) em diferentes distâncias da linha de plantio. Bandeirantes-MS, 2017.....40
- Tabela 5.** Médias do somatório dos teores de carbono das substâncias húmicas (SHs), carbono na fração de ácido fúlvico (C-AF), carbono na fração de ácido húmico (C-AH), carbono na fração humina (C-Hum) e relação entre C-AH/C-AF em áreas de vegetação nativa (VN), forragem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em pastagem convencional (PC) e em sistema silvipastoril (SS) em diferentes distâncias da linha de plantio. Bandeirantes-MS, 2017.....42
- Tabela 6.** Médias do somatório dos estoques de carbono das substâncias húmicas (SHs), carbono na fração de ácido fúlvico (C-AF), carbono na fração de ácido húmico (C-AH), carbono na fração humina (C-Hum) em áreas de vegetação nativa (VN), forragem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em pastagem convencional (PC) e em sistema silvipastoril (SS) em diferentes distâncias da linha de plantio. Bandeirantes-MS, 2017.....43
- Tabela 7.** Médias dos teores de carbono lábil (CL), estoque de carbono lábil (ECL) e índice de manejo de carbono (IMC) em áreas de vegetação nativa (VN), forragem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em pastagem convencional (PC) e em sistema silvipastoril (SS) em diferentes distâncias da linha de plantio. Bandeirantes-MS, 2017.....45

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Pontos de coleta de solo em diferentes distâncias da linha de plantio do eucalipto no sistema silvipastoril.....	17
<b>Figura 2.</b> Área de vegetação nativa de cerrado.....	17
<b>Figura 3.</b> Área de pastagem convencional.....	18
<b>Figura 4.</b> Arranjo do sistema silvipastoril, 20 metros entre renques, 2 metros entre plantas e 1,5 metros entre fileiras.....	19
<b>Figura 5.</b> Pontos de coleta de solo em diferentes distâncias da linha de plantio do eucalipto no sistema silvipastoril.....	34
<b>Figura 6.</b> Área de vegetação nativa de cerrado.....	34
<b>Figura 7.</b> Área de pastagem convencional.....	35
<b>Figura 8.</b> Arranjo do sistema silvipastoril, 20 metros entre renques, 2 metros entre plantas e 1,5 metros entre fileiras.....	36

## LISTA DE ABREVIACOES E SÍMBOLOS

°C

ha

%

pH

CaCl<sub>2</sub>

Al<sup>3+</sup>

H+Al

K<sup>+</sup>

P

C

COT

COam

COp

CL

MOS

MO

FLL

FLO

CFG

C/N

SHs

C-AF

C-AH

C-Hum

IMC

ECL

PC

SS-2,5

SS-5,0

SS-7,5

SS-10

## INTRODUÇÃO GERAL

O Estado de Mato Grosso do Sul possui uma área de 13,135 milhões de hectares de pastagens cultivadas, onde uma de cada duas hectares encontra em algum processo de degradação (IBGE, 2017). Diante disso a produção pecuária tradicional gerou um grande passivo ambiental, e com isso novas discussões como preocupações com proteção ambiental a qualidade da carne, bem-estar animal, estão surgindo, sintonizados com sistemas de produção com base ecológica, como o sistema silvipastoril (VINHOLIS, 2010).

O sistema silvipastoril é um sistema que consiste em práticas de integração de árvores com pastagem, na mesma área por meio de conservação/manutenção de árvores já existentes no local, pela conservação de árvores que emergem de forma natural no meio da pastagem, ou pelo plantio de novos espécimes (PORFÍRIO-DA-SILVA, 2009).

Para Hudson (2010) definem o sistema silvipastoril como forma de obter variados produtos, dentre os quais podemos destacar a carne, o leite a madeira, e bem como produtos vegetais, realizando o uso sustentável da terra e dos recursos naturais, utilizando simultaneamente espécies florestais, agrícolas e principalmente na criação de animais como bovinos de corte e bovinos leiteiros. Outro importante fator no uso desse sistema está na recuperação de áreas de pastagens degradadas, bem como o reflorestamento nas propriedades produtoras (BOSI et al. 2013).

Outro benefício do sistema silvipastoril é a conservação do solo, onde contribuir para redução da erosão, aumento do aporte de matéria orgânica e conseqüentemente aumento da taxa de infiltração da água, melhoria da estrutura e aumento da ciclagem de nutrientes (ABEL et al., 1997). Estudos indicam que estes benefícios do sistema silvipastoril podem estar relacionados com a distância do tronco da árvore, o que irá influenciar nos maiores teores de matéria orgânica e acúmulo de nutrientes (BOUILLET et al., 2002; FARIA et al., 2009).

Estudos mostram que as raízes das árvores por serem mais profundas influenciam no beneficiamento das pastagens quanto à proteção de solo, à disponibilidade de nutrientes e também a reserva temporária de nutrientes, evitando a perda por erosão ou lixiviação, além de favorecer a atividade microbiana no solo, resultando no aumento da capacidade de sequestro de carbono (GATTO et al., 2010).

Melhorias significativas nas propriedades estruturais e químicas do solo são observadas em sistemas silvipastoris, devido às contínuas deposições de matéria orgânica no mesmo,

provenientes das árvores, gramíneas e dejetos animais, dispostos aleatoriamente na área (BALBINO et al., 2012).

No entanto, na região são poucos os estudos sobre os benefícios do sistema silvipastoril e de como a distância de amostragem da linha de plantio das árvores poderá influenciar nos atributos do solo. Diante do assunto abordado, o presente trabalho objetivou avaliar os componentes da acidez e teores de fósforo e potássio, estoque de carbono orgânico total e nos compartimentos da matéria orgânica do solo em sistemas silvipastoris, além de avaliar a variação espacial destes atributos, para que possa ter maiores informações sobre o assunto, e contribuir para o desenvolvimento de sistemas de produção agrícola sustentáveis.

## CAPITULO 1. COMPONENTES DA ACIDEZ E TEORES DE FÓSFORO E POTÁSSIO NO SOLO EM SISTEMA SILVIPASTORIL

**RESUMO:** O sistema silvipastoril destaca-se devido seus benefícios ambientais e econômicos, porém trabalhos avaliando os componentes da acidez do solo e teores de fósforo (P) e potássio (K) são poucos. O objetivo deste trabalho foi avaliar se a efeito dos componentes da acidez e teores de P e K no solo em sistema silvipastoril e compara-los com pastagem convencional e vegetação nativa de cerrado. Os sistemas avaliados foram: sistema silvipastoril (SS), pastagem convencional (PC) e vegetação nativa de cerrado (VN), no SS tratamentos foram representados por quatro pontos de coletas das amostras de solo: 2,5, 5,0, 7,5 e 10,0 m de distância da linha de plantio do eucalipto e em cada ponto foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm. Os atributos químicos avaliados foram: acidez ativa (pH) em  $\text{CaCl}_2$ , acidez potencial ( $\text{H}^+\text{Al}$ ), alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), P e K. Para pH os maiores valores foram encontrados na PC e no SS nas distâncias de 2,5 e 10,0 metros (SS-2,5 e SS-10,0 m). Para o atributo  $\text{H}^+\text{Al}$ , nas três camadas, a vegetação nativa obteve maiores valores com 7,29; 10,01 e 9,76  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ . Para teores de  $\text{Al}^{3+}$ , os maiores valores na camada 0-10 cm foram constatados no SS de 5,0 e 7,5 m (SS-5,0) (0,48  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) e SS-7,5 (0,50  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), na camada de 10-20 cm, foram a VN (0,55  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) e o SS-7,5 (0,58  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) e para a camada de 20-30 cm, VN (0,55  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), PC (0,45  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), no SS-5,0 (0,48  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) e SS-7,5 (0,63  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ). Os maiores valores de P nas camadas 0-10 e 10-20 foram encontrados no SS-2,5 (6,05  $\text{mg dm}^{-3}$ ), e na camada 20-30 cm, no SS-2,5 (6,13  $\text{mg dm}^{-3}$ ) e SS-7,5 (5,75  $\text{mg dm}^{-3}$ ). Para o K os maiores teores foram verificados na VN em todas as camadas avaliadas. Os atributos químicos do solo foram influenciados de acordo com o gradiente de distância das árvores, onde a menor acidificação do solo foi verificada no sistema silvipastoril a 2,5 e 10 m de distância.

**Palavra chaves:** Fertilidade, Sistema agroflorestais, Gradiente de distância, Forragem.

## COMPONENTES DA ACIDEZ E TEORES DE FÓSFORO E POTÁSSIO NO SOLO EM SISTEMA SILVIPASTORIL

**ABSTRACT:** The silvopastoral system stands out due to its environmental and economical benefits, but studies evaluating the components of soil acidity and phosphorus (P) and potassium (K) are few. The objective of this work was to evaluate the effects of composting of soil acidity and P and K content in the silvopastoral system and comparing it with conventional pasture and native cerrado vegetation. The systems evaluated were: silvopastoral system (SS), conventional pasture (PC) and native vegetation of cerrado (VN), in the SS treatments were represented by four collection points of the soil samples: 2,5, 5,0, 7, 5 and 10.0 m from the eucalyptus planting line and at each point soil samples were collected in the 0-10, 10-20 and 20-30 cm layers. The chemical attributes evaluated were: active acidity (pH) in  $\text{CaCl}_2$ , potential acidity (H+Al), aluminum ( $\text{Al}^{3+}$ ), P and K. For pH the highest values were found in PC and SS at distances of 2.5 and 10.0 meters (SS-2.5 and SS-10.0 m). For the H+Al attribute, in the three layers, the native vegetation obtained higher values with 7.29; 10.01 and 9.76  $\text{cmolc dm}^{-3}$ . For  $\text{Al}^{3+}$  contents, the highest values in the 0-10 cm layer were found in the SS of 5,0 and 7,5 m (SS-5,0) (0,48  $\text{cmolc dm}^{-3}$ ) and SS-7,5 ( 0.50  $\text{cmolc dm}^{-3}$ ) in the 10-20 cm layer were the VN (0.55  $\text{cmolc dm}^{-3}$ ) and the SS-7.5 (0.58  $\text{cmolc dm}^{-3}$ ) and to the layer of 20-30 cm, VN (0.55  $\text{cmolc dm}^{-3}$ ), PC (0.45  $\text{cmolc dm}^{-3}$ ), SS-5.0 (0.48  $\text{cmolc dm}^{-3}$ ) and SS-7.5 , 63  $\text{cmol} / \text{dm}^{-3}$ ). The highest P values in the 0-10 and 10-20 layers were found in SS-2,5 (6.05  $\text{mg dm}^{-3}$ ), and in the 20-30 cm layer in SS-2,5 (6,13  $\text{mg dm}^{-3}$ ) and SS-7.5 (5.75  $\text{mg dm}^{-3}$ ). For the K, the highest contents were verified in the VN in all the evaluated layers. Soil chemical attributes were influenced according to the distance gradient of the trees, where the lowest soil acidification was verified in the silvopastoral system at 2.5 and 10 m distance.

**Key words:** Fertility, Agroforestry system, Distance gradient, Forage.

### 1.1 Introdução

A sustentabilidade de um sistema de cultivo se torna um fator de grande importância, quando é colocada como estudo central nos sistemas de manutenção e produção agropecuários, agindo esta como barreira para que não ocorra uma degradação a longo prazo dos recursos naturais aos quais a produção agropecuária é dependente (BERNARDINO; GARCIA, 2009).

O sistema silvipastoril é uma das modalidades de sistemas agroflorestais que se destaca, pois possibilita o uso da terra com atividades silviculturais e pecuárias consorciadas para aumentar a eficiência produtiva e sustentável dos seus componentes (ANDRADE et al., 2003).

Além de ser um sistema conservacionista, este pode ser utilizado para a recuperação de áreas de forragens degradadas e, também, para aumentar a produtividade, uma vez que, além de produzir carne e/ou leite, pode produzir madeira. Além disso, proporciona melhorias químicas, físicas e biológicas no solo; entre elas, destacam-se a redução de erosão, o aumento de matéria orgânica, a maior taxa de infiltração de água no solo e a ciclagem de nutrientes. Além disso, as plantas arbóreas adultas favorecem um microclima que contribui para o conforto térmico dos animais (PORFIRIO-DA-SILVA et al., 2009).

No que se refere aos atributos químicos do solo, o componente arbóreo em um sistema silvipastoril exerce influência na ciclagem de nutrientes, adicionando nutrientes ao ecossistema, por meio da deposição de biomassa da parte aérea e da rizo ciclagem, contribuindo assim, para um enriquecimento mineral do solo (CARVALHO et al., 2002)

Quando comparado aos sistemas de produção convencionais que utilizam somente lavouras ou pastagens, o sistema silvipastoril promove alterações na qualidade física e proporciona melhorias nos atributos químicos do solo (LOSS et al., 2014). De acordo com Reis (2007), quando relacionado aos atributos químicos do solo, os sistemas silvipastoris influenciam no aumento do pH, e dos teores de magnésio, cálcio e saturação de bases e reduz o teor de alumínio das camadas superficiais do solo. Quando coletadas amostras de solo sob copas de árvores dentro do sistema silvipastoril, há maior teores de fósforo, potássio e outros nutrientes que quando comparadas a amostras coletadas em áreas de pastagens convencionais (DURR; RANGEL, 2002).

A distância em que são coletadas as amostras de solo em relação as copas das árvores dentro do sistema silvipastoril, é um fator de grande importância quando se é estudado os atributos químicos do solo. Segundo Faria et al. (2009), quando utilizadas espécies arbóreas de eucaliptos os teores de fósforo, potássio, cálcio e alumínio são reduzidos e os teores de magnésio e pH aumentam de acordo com o aumento na distância entre os troncos na direção de linha e entrelinha. De acordo com Pezzoni et al. (2012) os teores de potássio são maiores nas áreas de proximidade aos troncos das árvores. Em contrapartida a essas afirmações, Taufner (2013) observou em seus estudos que não há benefício algum dos atributos químicos do solo em relação a distância das copas das árvores, afirmando ser necessária uma avaliação a longo prazo para se chegar a resultados conclusivos sobre a importância da arborização no sistema de produção silvipastoril.

Conforme observado, ainda são poucos os estudos encontrados na literatura atual sobre as alterações causadas aos atributos químicos do solo em relação a distância existente entre a

copa das árvores no sistema silvipastoril, fazendo com que sejam necessários estudos que possam contribuir em conhecimentos sobre a importância da variação espacial horizontal aos atributos químicos do solo em sistema silvipastoril.

Sendo assim o presente trabalho teve como objetivo avaliar os componentes da acidez e teores de fósforo e potássio do solo sob o sistema silvipastoril em função de amostragens em diferentes distâncias da copa das árvores e compará-lo com sistema convencional de pastejo e vegetação nativa de cerrado.

## **1.2 Material e Métodos**

O trabalho foi desenvolvido no ano de 2017 na propriedade da Agropecuária Ouro Branco Ltda, localizada no município de Bandeirantes, Mato Grosso do Sul, (Rod. BR 163, Km 567), com altitude média de 630 m. Com clima, segundo Köppen (1948) classificado como tropical chuvoso (Aw) apresentando precipitação média de 1275 mm e temperatura média de 23,1°C. O solo da área é classificado como Neossolo Quartzarênico (SANTOS et al., 2013) e apresenta uma textura arenosa na camada de 0-20 cm com 100 g kg<sup>-1</sup> de argila, 850 g kg<sup>-1</sup> de areia e 50 g kg<sup>-1</sup> de silte, já na camada de 20-40 cm, 100 g kg<sup>-1</sup> de argila, 875 g kg<sup>-1</sup> de areia e 25 g kg<sup>-1</sup> de silte.

Os tratamentos foram representados pelo sistema silvipastoril (SS) onde foram coletadas amostras de solo nas distâncias de: 2,5, 5,0, 7,5 e 10 m da linha de plantio do eucalipto (Figura 1), por uma área de vegetação nativa de cerrado (VN) (Figura 2) sem a interferência antrópica e pelo sistema de pastejo convencional (PC) (Figura 3).



**Figura 1.** Pontos de coleta de solo em diferentes distâncias da linha de plantio do eucalipto no sistema silvipastoril.



**Figura 2.** Área de vegetação nativa de cerrado.



**Figura 3.** Área de pastagem convencional.

O sistema silvipastoril avaliado apresentava 120 hectares, foi implantado na primavera/verão de 2015/2016, sem correção de solo, utilizando eucalipto híbrido urograndis clone I-144, dispostos de forma homogênea em estandes com três fileiras Leste/Oeste, a 20 m de distância, com 2,0 m entre plantas e 1,5 m entre fileiras (Figura 4). O sistema foi instalado em área de *Urochloa brizantha* cv. BRS Marandu. Na área foram colocadas novilhas Nelores com aproximadamente 300 kg de peso vivo e 26 meses de idade, em pastoreio extensivo.

A pastagem convencional também possuía 120 hectares, sem correção de solo, com as mesmas forragens de *Urochloa brizantha* cv. BRS Marandu, tempo de formação e taxa de lotação, porém, com ausência do componente arbóreo. Todos estes sistemas avaliados estavam localizados na mesma propriedade.



**Figura 4.** Arranjo do sistema silvipastoril, 20 metros entre renques, 2 metros entre plantas e 1,5 metros entre fileiras.

As amostras de solo foram coletadas no ano de 2017, cada sistema foi subdividido em quatro áreas que corresponderam às repetições. Em cada repetição, foi realizada a coleta de solo nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm foram coletadas 4 amostras simples para compor uma amostra composta. Todas as amostras foram devidamente identificadas e armazenadas em sacos plásticos e levadas para o Laboratório de Solos da Unidade Universitária de Cassilândia, pertencente à Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, onde foram realizadas as análises dos atributos químicos do solo.

Os atributos químicos determinados foram acidez do solo (pH em  $\text{CaCl}_2$ ), alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), acidez total a pH 7,0 ( $\text{H}+\text{Al}$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ) e fósforo (P). No laboratório as amostras foram separadas pelos tratamentos e expostas abertas na bancada. Após serem secas ao ar, as amostras foram peneiradas em peneiras de malha de inox de 2,0 mm, sendo denominadas TFSA (Terra Fina Seca ao Ar). A determinação dos atributos químicos do solo foi realizada de acordo com Claessen (1997).

Para a determinação do pH em  $\text{CaCl}_2$ , utilizou-se  $10 \text{ cm}^3$  de TFSA que foi colocada em um recipiente individual. Nesse recipiente contendo o solo, foi adicionado 25 mL de  $\text{CaCl}_2$  a  $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  e as amostras foram levadas no agitador horizontal por 15 minutos. Após agitadas as amostras foram deixadas em repouso por 30 minutos e por fim, foi realizada a leitura dos resultados no pHmêtro de bancada BEL W3B.

Para a determinação do H+Al, utilizou-se as mesmas amostras que foram utilizadas anteriormente adicionando-se 5 mL da solução tampão de SMP. As amostras foram agitadas por 30 minutos e posteriormente deixadas em repouso por 1 hora e assim realizadas a leitura no pHmêtro.

A extração do Al foi realizada utilizando-se 5 cm<sup>3</sup> de TFSA e 50 mL de solução de KCl a 1,0 mol L<sup>-1</sup> as amostras foram agitadas por 20 minutos e deixadas em repouso por 16 horas. Decorrido este período para determinação do alumínio foi pipetado 20 mL do sobrenadante e adicionadas três gotas do indicador azul de bromotimol. Em seguida foi realizada a titulação com NaOH a 0,025 mol L<sup>-1</sup>.

Para extração do fósforo e potássio foi cachimbado 10 cm<sup>3</sup> de TFSA e adicionado 100 mL da solução de Mehlich 1 (HCl a 0,5 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 0,025 mol L<sup>-1</sup>), feito isso, as amostras foram agitadas por 5 minutos e em seguida deixadas em repouso por 16 horas. Após o repouso, foi pipetado 1 mL do sobrenadante e adicionado 10 mL de água destilada e realizada a leitura do potássio no fotômetro de chama. Para a leitura do fósforo, foram pipetados 2,5 mL do sobrenadante e adicionados: 2,5 mL de água destilada + 5 mL do reagente de trabalho, sendo feito a leitura no espectrofotômetro com comprimento de onda 660 nm.

Os resultados foram submetidos à verificação de normalidade dos dados e quando houve necessidade os dados foram transformados em  $1/\sqrt{x}$  e  $\sqrt{x}$  em seguida à análise de variância e quando houve significância, as médias dos tratamentos foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

### **1.3 Resultados e Discussão**

Quando analisamos os valores de pH (CaCl<sub>2</sub>) obtidos nas camadas de análise de 0-10 cm verificou se que os sistemas que destacaram negativamente foram o sistema de pastagem convencional (PC) e o sistema silvipastoril (SS) com as distâncias de 2,5 e 10,0 m, onde foram observados os seguintes valores de pH respectivamente 4,57; 4,65 e 4,54, respectivamente (Tabela 1).

**Tabela 1.** Médias dos valores de pH CaCl<sub>2</sub>, H+Al e Al<sup>3+</sup> em sistema silvipastoril (SS) em diferentes distâncias da linha de plantio, vegetação nativa (VN) e pastagem convencional (PC) com forragem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu. Bandeirantes-MS, 2017.

Tratamentos	pH (CaCl <sub>2</sub> )	H+Al ----- (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) -----	Al <sup>3+</sup>
<b>0-10 cm</b>			
VN	4,39 b	7,29 a	0,28 b
PC	4,57 a	3,99 c	0,25 b
SS-2,5	4,65 a	4,65 c	0,30 b
SS-5,0	4,27 b	5,18 b	0,48 a
SS-7,5	4,20 b	5,60 b	0,50 a
SS-10,0	4,54 a	4,46 c	0,28 b
Teste F	3,5144*	16,1395**	6,7132**
CV (%)	4,32	11,24	24,81
<b>10-20 cm</b>			
VN	4,29 b	10,01 a <sup>1</sup>	0,55 a
PC	4,22 b	4,39 c	0,40 b
SS-2,5	4,42 a	4,86 c	0,40 b
SS-5,0	4,19 b	5,40 b	0,40 b
SS-7,5	4,09 b	5,87 b	0,58 a
SS-10,0	4,48 a	4,66 c	0,28 b
Teste F	4,5062**	49,7706**	2,9311*
CV (%)	3,16	3,91	30,04
<b>20-30 cm</b>			
VN	4,23 b	9,76 a <sup>1</sup>	0,55 a
PC	4,16 b	4,47 c	0,45 a
SS-2,5	4,57 a	4,43 c	0,28 b
SS-5,0	4,16 b	5,48 b	0,48 a
SS-7,5	4,07 b	5,93 b	0,63 a
SS-10,0	4,45 a	4,68 c	0,38 b
Teste F	5,1452**	22,2652**	4,1111*
CV (%)	4,01	5,85	26,72

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott e Knott, a 5% de probabilidade.

Nas camadas de 10-20 e 20-30 cm não houve diferença significativa entre os tratamentos SS-2,5 e SS-10, que apresentaram os maiores valores de pH diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 1). Esses resultados se assemelham em partes aos verificados por Faria et al. (2009), os quais verificaram em estudos com eucalipto, que os valores de pH tendem a aumentar significativamente à medida que aumenta as distâncias da entre linha do eucalipto. Este fato, está relacionado a chuva que provoca a lavagem das folhas e troncos e o escorrimento dos compostos orgânicos e minerais para o solo, e conseqüentemente pode ocasionar maior acidez próximo das árvores. Adicionalmente, Marques Filho et al. (2017) ao comparar o pastagem convencional com forragem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu com sistema silvipastoril em consórcio com *Urochloa brizantha* cv. Marandu com seis anos nas mesmas

distâncias de coletas das amostras de solo deste estudo verificaram acidez elevada no solo e não constatarem efeito significativo para o pH do solo entre os tratamentos.

No entanto, apesar das diferenças estatísticas para o valor de pH entre os tratamentos com maiores valores para SS-2,5 e SS-10, os resultados observados são classificados como baixos de acordo com Ribeiro et al. (1999), sendo possível dizer que tanto o sistema silvipastoril quanto a pastagem convencional não contribuíram para a diminuição da acidez do solo. Como o sistema silvipastoril tem apenas dois anos, e este não se apresenta estabilizado, avaliações com maior tempo de implantação do sistema podem culminar em resultados mais conclusivos em relação a variação dos atributos químicos do solo sobre a distância entre as copas do eucalipto.

Para o atributo acidez potencial (H+Al), nas três camadas de coleta, os solos da vegetação nativa destacaram significativamente em relação aos demais tratamentos com os valores de 7,29; 10,01 e 9,76  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ , respectivamente. Estes valores são considerados altos e muito altos (RIBEIRO et al., 1999). No PC, SS-2,5 e SS-10, foram encontrados os menores valores de H+Al, se diferenciando estatisticamente dos outros tratamentos (Tabela 1).

Os elevados resultados obtidos de H+Al nos solos sob VN são simplesmente em função da alta intemperização do solo, com ausência de correção e baixa fertilidade natural. De acordo com Carvalho et al., (2015), em um Neossolo Quartzarênico sob a vegetação nativa do Cerrado, registrou acidez elevada e baixos níveis de bases trocáveis, o que reflete em fertilidade baixa de origem. Segundo Theodoro et al. (2003) estudando Latossolo Vermelho Distrófico sob mata nativa, observou que estes solos são de origem distróficas, predominando no solo os cátions  $\text{H}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$ , resultante da perda das bases presentes por lixiviação oriundas das altas precipitações ao longo dos anos.

Os valores de acidez potencial são considerados médios (RIBEIRO et al., 1999), nos tratamentos PC, SS-2,5 e SS-10 tem relação direta com a acidez ativa. Sendo que quando o valor do pH está abaixo de 5,5, há uma concentração de  $\text{H}^+$  superior, tendo estes sido absorvidos nos colóides do solo. Por esse fato, os íons de  $\text{H}^+$  obtidos por covalência se unem aos colóides negativos e aos compostos de alumínio, tornando ainda maior a acidez potencial não trocável do solo.

Diante disto, nos tratamentos PC, SS-2,5 e SS-10,0 como os valores de pH são maiores na camada de 0-10 cm, estes apresentaram uma acidez potencial menor. Fato este explicado por Frazão et al. (2008), onde, em áreas com acidez potencial alta apresentam baixos teores de bases trocáveis e conseqüentemente maior acúmulo de  $\text{H}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$ .

Com relação ao teor de alumínio, os maiores valores foram constatados no SS-5,0 e SS-7,5 na camada de 0-10 cm, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 1). Tais valores, são considerados baixos conforme Ribeiro et al. (1999). Na camada de 10-20 cm, a VN e o SS-7,5 apresentaram maiores teores. Na camada de 20-30 cm, os teores foram superiores estatisticamente nas áreas de VN, PC, no SS-5,0 e SS-7,5 sendo estes valores considerados como médios (RIBEIRO et al., 1999). Em geral estes resultados relacionam-se aos menores níveis de pH dos tratamentos.

De acordo com Faria et al. (2009) a quantidade de alumínio trocável ( $Al^{3+}$ ) é favorecido pelo valor mais baixo do pH, sendo que em solos que apresentam acidez considerável ocorre maior solubilização do alumínio. Freire et al. (2007) também constataram que elevados teores de alumínio trocável ocorrem em áreas com baixos valores de pH, uma vez que, o alumínio ao sofrer hidrólise libera  $H^+$  na solução do solo e contribui para o aumento da acidez. A falta de calagem e gessagem do solo nas áreas de vegetação nativa resultam nos altos teores de alumínio no solo, que além de tudo é complementada pela origem distrófica desse solo (OLIVEIRA et al., 2017). Para Carneiro et al. (2009) quando se trabalha com solos do tipo Latossolo Vermelho Distrófico e Neossolo Quartzarênico Órtico é possível observar que níveis de  $H^+Al$  e  $Al^{3+}$  são maiores em solos de áreas sob vegetação nativa de Cerrado que se comparados com sistemas diferentes de uso e manejo.

Para os teores de fósforo no solo, constatou-se maiores médias no SS-2,5, entretanto, nas camadas 0-10 e 10-20 cm não houve diferença estatística em relação aos outros tratamentos. Somente na camada 20-30 cm foi observada diferença significativa, e o maior valor foi encontrado no tratamento SS-2,5 estatisticamente igual ao SS-7,5 (Tabela 2).

**Tabela 2.** Médias dos valores de fósforo (P), potássio (K) em sistema silvipastoril (SS) em diferentes distâncias da linha de plantio, vegetação nativa (VN) e pastagem convencional (PC) com forragem de *Urochloa brizanthacv.* Marandu. Bandeirantes-MS, 2017.

<b>Tratamentos</b>	<b>P mg dm<sup>-3</sup></b>	<b>K (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>)</b>
<b>0-10 cm</b>		
VN	4,48	0,20 a <sup>1</sup>
PC	3,83	0,03 b
SS-2,5	6,05	0,07 b <sup>1</sup>
SS-5,0	3,47	0,02 b
SS-7,5	4,46	0,02 b
SS-10,0	5,51	0,03 b
<b>Teste F</b>	2,6509 <sup>ns</sup>	7,3767**
<b>CV (%)</b>	26,01	28,19
<b>10-20 cm</b>		
VN	4,75	0,10 a <sup>1</sup>
PC	3,22	0,01 b
SS-2,5	5,65	0,05 b
SS-5,0	3,63	0,03 b
SS-7,5	5,24	0,02 b
SS-10,0	5,43	0,03 b
<b>Teste F</b>	2,0686 <sup>ns</sup>	7,6060**
<b>CV (%)</b>	14,08	23,23
<b>20-30 cm</b>		
VN	3,87 b <sup>1</sup>	0,05 a <sup>2</sup>
PC	3,19 b	0,01 c
SS-2,5	6,13 a	0,03 b
SS-5,0	2,76 b	0,03 b
SS-7,5	5,75 a	0,02 b
SS-10,0	4,11 b	0,02 b
<b>Teste F</b>	3,1648*	8,2594**
<b>CV (%)</b>	15,70	18,92

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott e Knott, a 5% de probabilidade.

Os níveis de P apresentados são considerados muito baixos, o que indica deficiência de fósforo característicos dos solos do cerrado, por conta de uma maior fixação deste pelos coloides do solo. De acordo com Marques Filho et al. (2017) não são apresentadas diferenças estatísticas significativas para o P entre o SS e o PC obedecendo as distâncias de 2,5; 5,0; 7,5 e 10 m na linha de plantio. Esses resultados corroboram aos obtidos por Morinigo et al. (2017). Sendo estes resultados obtidos, pela baixa mobilidade desses nutrientes no solo (RIBEIRO et al., 1999).

Com relação ao potássio, os maiores teores foram verificados na VN em todas as camadas avaliadas diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 2). Apesar de não

apresentar diferenças estatísticas, o SS-2,5 na camada 0-10cm, proporcionou teores maiores de K em relação ao SS nas outras distâncias de coleta e ao PC. O acúmulo de potássio em áreas de VN está associado à maior adição dos resíduos vegetais e ao equilíbrio presente no solo, o que resulta em constante liberação de nutrientes para o solo via ciclagem da matéria orgânica. Costa et al. (2005) verificou que 50% do K presente na serapilheira é liberado de forma rápida para o solo.

A tendência de maior acúmulo de P e K próximo da copa das árvores na camada superficial, pode ser atribuída à maior deposição de serapilheira nessa localização, de modo que as espécies que promovam maior deposição de folhas e frutos são capazes de aumentar os teores destes nutrientes (TANGA et al., 2014).

#### **1.4. Conclusões**

O gradiente de distância das árvores influenciou nos componentes da acidez do solo, de modo que, a menor acidificação do solo foi verificada no sistema silvipastoril a 2,5 e 10 m de distância das árvores. Para o teor de fósforo, o sistema silvipastoril a 2,5 e 7,5 m de distância das árvores apresentou maior teor deste nutriente na camada de 20-30 cm e para o potássio a vegetação nativa apresentou teores maiores que os demais tratamentos.

O sistema silvipastoril com dois anos de implantação ainda não foi capaz de influenciar os teores de fósforo e potássio, tornando-se necessários estudos ao longo do tempo, uma vez que, se tratam de sistemas bastantes complexos e cultivados em solos com baixa fertilidade natural.

#### **1.5 Referências**

ABEL, N.; BAXTER, J.; CAMPBELL, A.; CLEUGH, H.; FARGHER, J.; LAMBECK, R.; PRINSLEY, R.; PROSSER, M.; REID, R.; REVELL, G.; SCHMIDT, C.; STIRZAKER, R.; THORBURN, P. Design principles for farm forestry: a guide to assist farmers to decide where to place trees and farm plantations on farms. Barton, A. C. T.: **Rural Industries Research and Development Corporation**, Canberra, 102 p, 1997.

ANDRADE, C.; GARCIA, R.; COUTO, L.; PEREIRA, O. G.; SOUZA, A. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com o *Stylosanthes guianensis* cv. mineirão e eucalipto em sistema silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1845-1850, 2003.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; OLIVEIRA, P.; GALERANI, P. R.; VILELA, L. Agricultura sustentável por meio da integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF). **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 1, n. 138, p. 1-18, 2012.

BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R. Sistemas Silvistoris, **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 60, n. 1, p. 77-87, 2009.

BOSI, C.; PEZZOPANE, J. R. M.; SENTELHAS, P. C.; NICODEMO, M. L. F.; SANTOS, P. M.; CRUZ, P. G.; PARMEJANI, R. S. Dinâmica da água no solo em sistema silvipastoril. XII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia: **Anais...** Belém do Pará: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, v1, 2013. Disponível em: <<http://www.sbagro.org.br/bibliotecavirtual/arquivos/3344.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2015.

BOUILLET, J.; LACLAU, J. P.; ARNAUD, M.; M'BOU, A. T.; SAINT-ANDRÉ, L.; JOURDAN, C. Changes with age in the spatial distribution of roots of eucalyptus clone in congo impact on water and nutrient uptake. **Forest Ecology and Management**, França, v. 171, n. 1, p. 43-57, 2002.

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**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 147-157, 2009.

CARVALHO, M. M.; BOTREL, M. A. Arborização de pastagens: um caminho para a sustentabilidade de sistemas de produção animal a pasto. In: FORRAGICULTURA EPASTAGENS: TEMAS EM EVIDÊNCIA, 3., 202, Lavras. **Anais...** Lavras: Editora UFLA, 2002, p. 31-76.

CARVALHO, R. P.; DANIEL, O.; DAVIDE, A. C.; SOUZA, F. R. Atributos físicos e químicos de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 1, p. 148-159, 2015.

CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. revisão atualizada. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997, 212 p.

COSTA, G. S.; RODRIGUES, A. C. G.; CUNHA, G. M. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte fluminense. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 563-570, 2005.

DURR, P. A.; RANGEL, J. Enhanced forage production under Samaneasaman in a subhumid tropical grassland. **Agroforestry Systems**, Paris, v. 54, n. 1, p. 99-122, 2002.

FARIA, G. E.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. N.; SILVA, I. R. Características químicas do solo em diferentes distâncias do tronco de eucalipto e em diferentes profundidades. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 799-810, 2009.

FRAZÃO, L. A.; PÍCCOLO, M. C.; FEIGL, B. J. 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, 2008.

FREIRE, F. J.; FREIRE, M. B. G.; ROCHA, A. T.; OLIVEIRA, A. C. Gesso mineral do Araripe e suas implicações na produtividade agrícola na cana-de açúcar no Estado de Pernambuco, Brasil. **Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, v. 4, n. 1, p. 199-213, 2007.

GATTO, A.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; SILVA, I. R.; LEITE, H. G.; LEITE, F. P.; VILLANI, E. M. A. Estoque de carbono no solo e na biomassa em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1069-1079, 2010.

HUDSON, L. S. Sustentabilidade na pecuária - **O potencial de geração de renda do sistema silvipastoril e os benefícios para o meio ambiente**, 2010. Disponível em: < <http://www.beefpoint.com.br/radares-tecnicos/sistemas-deproducao/sustentabilidade-na-pecuaria-o-potencial-de-geracao-de-renda-dosistema-silvipastoril-e-os-beneficios-para-o-meio-ambiente-59936> >. Acesso em: 20 jan. 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Censo Agropecuário, 2017**. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html> >. Acesso em: 20 jan. 2019.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. México: Fundo de Cultura Económica, 1948. 478p.

LOSS, A.; RIBEIRO, E. C.; PEREIRA, M. G.; COSTA, E. M. Atributos físicos e químicos do solo em sistema de consórcio e sucessão de lavoura, forragem e silvipastoril em Santa Teresa, ES. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 5, p. 1347-1357, 2014.

MARQUES FILHO, W. C.; BARBOSA, G. F.; CARDOSO, D. L.; FERREIRA, A. D.; PEDRINHO, D. R.; BONO, J. A. M.; SOUZA, C. C.; FRAINER, D. F. Productive sustainability in a silvopastoral system. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 33, n. 1, p. 10-18, 2017.

MORINIGO, K. P. G.; GUIMARÃES, N. F.; STOLF, R.; SAIS, A. C.; SOUZA, M. D. B.; GALLO, A. S.; FONTANETTI, A. Efeitos da distribuição de árvores sobre atributos do solo em cafeeiro sombreado. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 4, p. 517-525, 2017.

OLIVEIRA, T. P.; ENSINAS, S. C.; BARBOSA, G. F.; NANZER, M. C.; BARRETA, P. G. V. Atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 4, n. 1, p. 72-78, 2017.

PEZZONI, T; VITORINO, T. A. C; DANIEL, O; LEMPP, B. Influência de *Pterodone marginatus* Vogel sobre atributos físicos e químicos do solo e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* Stapf em sistema silvipastoril. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 2, p. 293-301, 2012.

PORFIRIO-DA-SILVA, V.; MEDRADO, M. J. S.; NICODEMO, M. L. F.; DERETI, R. M. **Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo**. Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 49 p.

REIS, G. L. **influência de um sistema silvipastoril estabelecido nobioma cerrado sobre a ciclagem de nutrientes, atributosdo solo, da forrageira e do armazenamento de carbono**. 2007. 102f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

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

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. (ed.). 2013. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. edição revisada e ampliada. Brasília: Embrapa, 353 p.

TANGA, A. A.; ERENDO, T. F.; LEMMA, B. Effect of three tree species microclimate and soil a melioration in the central refvalley of Ethiopia. **Journal of Soil Science and Environmental Management**, North hagen, v. 5, n. 5, p. 62-71, 2014.

TAUFNER, G. A. **Atributos físicos e químicos do solo em sistema silvipastoril**. 2013. 73p. Dissertação (Mestrado em Agricultura tropical) – Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2013.

THEODORO, V. C. A.; ALVARENGA, M. I. N.; GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, C. A. S. Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1039-1047, 2003.

## **CAPITULO 2. CARBONO ORGÂNICO TOTAL E NOS COMPARTIMENTOS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM SISTEMA SILVIPASTORIL**

**RESUMO:** Em sistemas de produção agrícola a matéria orgânica do solo (MOS) é de suma importância na hora de se avaliar a qualidade do solo. Diante disso, o trabalho teve como objetivos quantificar os teores e estoques de carbono orgânico total (COT) e nos compartimentos da matéria orgânica do solo em um sistema silvipastoril (SS) com diferentes distâncias e compará-lo com sistema de pastagem convencional (PC) e área de vegetação nativa de cerrado (VN). Os sistemas avaliados foram: SS, PC e VN, no SS tratamentos foram representados por quatro pontos de coletas das amostras de solo: 2,5, 5,0, 7,5 e 10 m de distância da linha de plantio do eucalipto e em cada ponto foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm. Realizou-se a determinação do COT, carbono orgânico associado aos minerais (COam), carbono orgânico particulado (COp), carbono lábil (CL) e carbono nas frações das substâncias húmicas do solo. Foram calculados também o índice de manejo de carbono (IMC), somatório das substâncias húmicas (SHs). Os resultados foram submetidos à análise de variância e quando significativa, as médias dos tratamentos foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). Para COT, COam e COp os melhores valores foram encontrados na VN na camada de 0-10 cm, já na camada 10-20 cm a VN obteve os maiores valores apenas para COT e COam e os sistemas silvipastoris em todas as distâncias avaliadas obteve os melhores valores para COp. Para somatória das substâncias húmicas (SHs) e carbono na fração ácido fúlvico (C-AF) a VN obteve os melhores valores para todas camadas estudadas. A VN por ser um sistema estável, de modo geral obteve melhores índices quando avaliados os valores de COT e frações da matéria orgânica do solo, tornando-se necessários mais estudos ao longo do tempo, uma vez que, se tratam de sistemas bastante complexos.

**Palavras-chave:** húmina, substâncias húmicas, sistemas conservacionistas.

## **CARBONO ORGÂNICO TOTAL E NOS COMPARTIMENTOS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM SISTEMA SILVIPASTORIL**

**ABSTRACT:** In agricultural production systems soil organic matter (SOM) is of paramount importance when assessing soil quality. The objective of this study was to quantify total organic carbon (TOC) and soil organic matter compartments in a silvopastoral system (SS) with different distances and to compare it with the conventional pasture system (PC) and native vegetation area of cerrado (VN). The evaluated systems were: SS, PC and VN, in the SS treatments were represented by four points of collection of the soil samples: 2.5, 5.0, 7.5 and 10 m distance from the eucalyptus planting line and in soil samples were collected at 0-10, 10-20 and 20-30 cm layers. TOC, organic carbon associated with minerals (COam), particulate organic carbon (COp), labile carbon (LC) and carbon in the fractions of soil humic substances were determined. The carbon management index (BMI), sum of the humic substances (SHs), were also calculated. The results were submitted to analysis of variance and when significant, the means of the treatments were grouped by the Scott-Knott test ( $p \leq 0.05$ ). For COT, COam and COp the best values were found in the VN in the 0-10 cm layer, already in the layer 10-20 cm the VN obtained the highest values only for TOC and COam and the silvopastoral systems at all distances evaluated obtained the best values for COp. For sum of the humic substances (SHs) and carbon in the fulvic acid fraction (C-AF) the VN obtained the best values for all studied layers. The VN, being a stable system, generally obtained better indexes when evaluating the TOC values and fractions of the organic matter of the soil, making more studies necessary over time, since these are very complex systems.

**Key words:** humus, humic substances, conservation systems.

### **2.1 Introdução**

Alternativas sustentáveis têm sido buscadas para recuperação das pastagens da produtividade, à exemplo o sistema silvopastoril (SS). Segundo Bernadino e Garcia (2009) para que um sistema de produção agropecuário seja sustentável é preciso levar em consideração que toda produção ao longo do tempo esteja sempre em manutenção, sem que ocorra o desgaste ou esgotamento dos recursos naturais essenciais para a produção.

O SS ou também conhecido como Integração Pecuária Floresta (IPF) pode apresentar uma das melhores estratégias para a, restauração ecológica, seqüestro de carbono e conservação da água biodiversidade, garantindo simultaneamente a produtividade agrícola (IBRAIM et al., 2010).

Entre os benefícios que o SS, proporciona ao meio ambiente, pode-se citar o seqüestro de Carbono (CO<sub>2</sub>) pelas árvores. Além disso, a criação de animais ao ar livre, em uma forragem adequadamente arborizada, contribui para a menor emissão de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e para a mitigação da emissão de gás metano (CH<sub>4</sub>) pelos ruminantes (PORFIRIO-DASILVA et al., 2009).

Quanto à conservação do solo, o SS pode contribuir para redução da erosão, aumento do aporte de matéria orgânica e conseqüentemente aumento da taxa de infiltração da água, melhoria da estrutura e aumento da ciclagem de nutrientes (ABEL et al., 1997).

Os SS são sistemas em que a deposição de matéria orgânica do solo ocorre de forma contínua devido às árvores, gramíneas e dejetos animais, que são dispostos aleatoriamente na área, com isso traz melhorias significativas para os atributos do solo, aumentando o acúmulo de carbono orgânico total no solo (BALBINO et al., 2012).

Müller et al. (2002) ao estudar sistema de forragem convencional notou que a parte da degradação da matéria orgânica, ocorre devido ao pastejo intensivo juntamente com o período de estiagem, já no sistema silvipastoril o solo está constantemente recebendo matéria orgânica, favorecendo na melhor qualidade do solo.

A quantificação da MOS é um dos atributos do solo, utilizados para quantificar o efeito dos sistemas de uso dos solos em relação sua qualidade. Para Silva e Mendonça (2007) a MOS pode ser definida como uma somatória de todas as substâncias orgânicas, constituída por uma mistura de resíduos animais e vegetais, em diversos estádios de decomposição.

Cerca de 58% da MOS é carbono, com isso a determinação do carbono orgânico total (COT) vem sendo utilizada para quantificar a fração orgânica do solo, onde auxilia o entendimento de como a MOS pode influenciar nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (MIELNICZUK, 2008) e também vem sendo utilizado como indicador da qualidade dos sistemas de manejo do solo (RHEINHEIMER, 2008).

Nas áreas de SS é muito importância realizar o fracionamento granulométrico da MOS, que se baseia na associação da MOS com o solo e, consisti em, carbono orgânico particulado (CO<sub>p</sub>), que é o carbono que está livre ou fracamente ligado às partículas do solo e o carbono associados aos minerais (CO<sub>am</sub>) que está fortemente ligado às partículas do solo (ROSSI et al., 2011). Os teores de COT, CO<sub>p</sub> e CO<sub>am</sub>, são atributos essenciais para conseguir uma resposta de qual a forma mais adequada de conduzir o sistema e manejar o solo para conseguir melhores resultados na produção, seja na parte bovina ou arbórea (LOSS et al., 2011).

As substâncias húmicas (SHs) são também consideradas frações de grande importância da MOS, e tem sido alvo de várias pesquisas sobre a relação delas com as propriedades físicas e químicas dos solos. Segundo a definição de Stevenson (1994) para SHs, podemos analisar que esta é bem complexa pelo material orgânico, sendo definida por séries de polímeros amorfos que apresenta coloração variada e com peso molecular alto, com sua obtenção pelo fracionamento de ácido húmico, fúlvico e humina.

Em SS a concentração de carbono orgânico no solo pode variar de acordo com a idade da planta e também de acordo com a distância do tronco das árvores, pode haver mais carbono quanto mais perto da raiz e quanto mais longe se espera que o teor de carbono seja menor (BOUILLET et al., 2002). No entanto, são poucos estudos que avaliam o quanto a distância de amostragem da linha de plantio das árvores poderá influenciar nas frações da matéria orgânica do solo e nos teores de carbono total.

Portanto, o trabalho teve como objetivos quantificar os teores e estoques de C, COT, COam, COp e calcular o índice de manejo de carbono e o somatório das substâncias húmicas, no SS com diferentes distâncias e compará-lo com sistema de pastagem convencional e área de vegetação nativa de cerrado.

## **2.2 Material e Métodos**

O trabalho foi desenvolvido no ano de 2017 na propriedade da Agropecuária Ouro Branco Ltda, localizada no município de Bandeirantes, Mato Grosso do Sul, (Rod. BR 163, Km 567), com altitude média de 630 m. Com clima, segundo Köppen (1948) classificado como tropical chuvoso (Aw) apresentando precipitação média de 1275 mm e temperatura média de 23,1°C. O solo da área é classificado como Neossolo Quartzarênico (SANTOS et al., 2013) e apresenta uma textura arenosa na camada de 0-20 cm com 100 g kg<sup>-1</sup> de argila, 850 g kg<sup>-1</sup> de areia e 50 g kg<sup>-1</sup> de silte, já na camada de 20-40 cm, 100 g kg<sup>-1</sup> de argila, 875 g kg<sup>-1</sup> de areia e 25 g kg<sup>-1</sup> de silte.

Os tratamentos foram representados pelo sistema silvipastoril (SS) onde foram coletadas amostras de solo nas distâncias de: 2,5, 5,0, 7,5 e 10 m da linha de plantio do eucalipto (Figura 5), por uma área de vegetação nativa de cerrado (VN) (Figura 6) sem a interferência antrópica e pelo sistema de pastejo convencional (PC) (Figura 7).



**Figura 5.** Pontos de coleta de solo em diferentes distâncias da linha de plantio do eucalipto no sistema silvipastoril.



**Figura 6.** Área de vegetação nativa de cerrado.



**Figura 7.** Área de pastagem convencional.

O sistema silvipastoril avaliado apresentava 120 hectares, foi implantado na primavera/verão de 2015/2016, sem correção de solo, utilizando eucalipto híbrido urograndis clone I-144, dispostos de forma homogênea em estandes com três fileiras Leste/Oeste, a 20 m de distância, com 2,0 m entre plantas e 1,5 m entre fileiras (Figura 8). O sistema foi instalado em área de *Urochloa brizantha* cv. BRS Marandu. Na área foram colocadas novilhas Nelores com aproximadamente 300 kg de peso vivo e 26 meses de idade, em pastoreio extensivo.

A pastagem convencional também possuía 120 hectares, sem correção de solo, com as mesmas forragens de *Urochloa brizantha* cv. BRS Marandu, tempo de formação e taxa de lotação, porém, com ausência do componente arbóreo. Todos estes sistemas avaliados estavam localizados na mesma propriedade.



**Figura 8.** Arranjo do sistema silvipastoril, 20 metros entre renques, 2 metros entre plantas e 1,5 metros entre fileiras.

As amostras de solo foram coletadas no ano de 2017, cada sistema foi subdividido em quatro áreas que corresponderam às repetições. Em cada repetição, foi realizada a coleta de solo nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm foram coletadas 4 amostras simples para compor uma amostra composta. Todas as amostras foram devidamente identificadas e armazenadas em sacos plástico e levadas para o laboratório de solos da UEMS/Unidade Universitária de Cassilândia-MS, onde foram realizadas as análises para determinação do carbono orgânico total (COT), carbono orgânico associado aos minerais (COam), carbono orgânico particulado (COp), carbono lábil (CL) e carbono nas frações das substâncias húmicas do solo

O carbono orgânico total foi obtido por meio do método de oxidação via úmida, com aquecimento externo descrito por Yeomans; Bremner (1988). Já para obtenção do carbono orgânico particulado (COp) e carbono orgânico associado aos minerais (COam), pesou-se 20 g de solo depois adiciono juntamente 60 mL de solução de hexametáfosfato ( $1 \text{ mol L}^{-1}$ ), na sequência foram agitados durante 16 h em agitador horizontal, posteriormente, a suspensão foi passada por peneira de  $53 \mu\text{m}$  (CAMBARDELLA; ELLIOTT, 1992). O material retido na peneira (COp) foi seco em estufa a  $50^\circ\text{C}$ , quantificado em relação a sua massa, moído em almofariz de porcelana e analisado em relação ao teor de COT (YEOMANS; BREMNER, 1988). O COam foi obtido a partir da diferença ente COT e COp. Utilizando-se as frações obtidas foram calculados o índice de manejo de carbono (BLAIR et al., 1995).

Para determinação do carbono lábil foi pesado 1 g de solo, triturado em almofariz e passado em peneira de malha de 0,210 mm, na sequência foram colocados em tubos de centrífuga de 50 mL, posteriormente adicionou-se ao tubo mais 25 mL da solução de permanganato de potássio (KMnO<sub>4</sub>) à 0,033 mol L<sup>-1</sup>, em seguida, esta solução foi agitada em agitador horizontal a 130 rpm por uma hora e depois centrifugada a 2500 rpm por cinco minutos. Após a centrifugação transferiu-se 100 µL do sobrenadante para tubos de ensaio e completou com 10 mL de água destilada o volume dos tubos de ensaio. Com o auxílio de um espectrofotômetro com comprimento de onda de 565 nm, determinou-se CL, sendo o CL estimado a partir da equação da curva padrão. A curva padrão foi obtida utilizando-se as concentrações de 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1 mL da solução de KMnO<sub>4</sub> (0,033 mol L<sup>-1</sup>) que foram acondicionadas em balão volumétrico de 100 mL, completando-se o volume restante com água destilada (SHANG; TIESSEN, 1997).

As substâncias húmicas foram submetidas ao fracionamento baseado na solubilidade diferencial em soluções ácidas e alcalinas, segundo o método da internacional humic substances society, sendo obtidas as frações humina, ácido húmico e ácido fúlvico (SWIFT, 1996). Após a obtenção das frações foram determinados os teores de carbono em cada fração das substâncias húmicas pelo método de oxidação via úmida, segundo metodologia descrita por Yeomans e Bremner (1988).

Para os estoques de carbono orgânico total e nas frações da matéria orgânica do solo, foram calculados utilizando a expressão Estoque de C em Mg ha<sup>-1</sup> = (Teor de carbono em g kg<sup>-1</sup> x densidade do solo em kg dm<sup>-3</sup> x espessura da camada de solo considerada em cm) / 10.

O Índice de Manejo de Carbono (IMC) obtido pela seguinte expressão: IMC = ICC x IL x 100, onde ICC é Índice de Compartimento de Carbono e IL é Índice de Labilidade (Blair et al., 1995).

Os resultados foram submetidos à verificação de normalidade dos dados e quando houve necessidade os dados foram transformados em  $1/\sqrt{x}$  e  $\sqrt{x}$  em seguida à análise de variância e quando houve significância, as médias dos tratamentos foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

### **2.3 Resultados e Discussão**

Para os teores e estoques de carbono orgânico total (COT) e carbono orgânico associado aos minerais (COam) em todas as camadas avaliadas, a área de vegetação nativa (VN) foi superior estatisticamente em relação aos demais tratamentos (Tabelas 3 e 4). De acordo com

Souza et al. (2006) os altos teores de COT encontrados em áreas de vegetação nativa estão associados à alta taxa de deposição de resíduos vegetais, ligado ao tempo de decomposição dos resíduos vegetais e não revolvimento dos resíduos vegetais, assim explicando os menores teores encontrados nos outros sistemas avaliados.

Souza et al. (2009) atribui esses resultados nas primeiras camadas do solo devido ao não revolvimento do solo e maior aporte de resíduos vegetais, porém os estoques tendem diminuir de acordo com as camadas mais profundas. Roscoe et al. (2001) também verificaram que os teores de carbono devido ao aporte de resíduos encontrados nas camadas superficiais de áreas de vegetação são maiores do que em camadas mais profundas.

De acordo com Souza et al. (2008) onde realizaram experimentos em áreas com sistemas silvipastoris e leguminosa, nas áreas de VN, os resultados de COT foram superiores do que nas demais áreas estudadas, devido aos aportes de resíduos vegetais, redução da erosão hídrica e o não revolvimento do solo. Jakelaitis et al. (2008) afirmam que os menores valores do COT em áreas cultivadas são devidos o aumento do consumo de C, que são disponibilizado pela biomassa microbiana.

Para os teores e estoques de COT e CO<sub>am</sub> na camada de 10-20 cm (Tabelas 3 e 4) o SS-2,5; 5,0 e 7,5 m apresentou superioridade significativa em relação ao PC, demonstrando que o SS mesmo sendo um sistema com apenas dois anos de implantação pode contribuir para aumentar e/ou manter os teores de carbono no solo. De acordo com Balota (2017) este resultado deve-se, possivelmente, a maior atividade biológica e consequentemente a maior ciclagem de resíduos que ocorrem em um sistema natural, principalmente nas camadas mais superficiais do solo.

Os valores de COT observados na área em estudo são considerados baixos. Frazão et al. (2010) pesquisando o COT em solos do cerrado, encontraram valores a baixo de 30 g kg<sup>-1</sup>, e consideram baixos valores para Neossolos Quartzarênicos, mas também afirma ser típico dos solos de cerrado.

Para os teores e estoques de carbono associado aos minerais (CO<sub>am</sub>), a VN apresentou-se os maiores valores em todas as camadas avaliadas (Tabela 3 e 4). Esses resultados estão diretamente relacionados aos maiores valores encontrados no COT da área de vegetação nativa.

Os maiores valores de CO<sub>am</sub> foram observados nos tratamentos que também obtiveram os maiores teores de COT, onde os estoques de COT foram compostos por mais de

80 % pelo COam. Esses altos teores de acordo com Nicoloso (2005) podem estar diretamente relacionados à maior atuação da matéria orgânica na formação de microagregados.

**Tabela 3.** Médias dos teores de carbono orgânico total (COT), carbono orgânico associado aos minerais (COam), carbono orgânico particulado (COp) e porcentagem de COam e COp em áreas de vegetação nativa (VN), forragem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em pastagem convencional (PC) e em sistema silvipatoril (SS) em diferentes distâncias da linha de plantio. Bandeirantes-MS, 2017.

Trat.	COT	COam g kg <sup>-1</sup>	COp	COam/COT %	COp/COT %
<b>0-10 cm</b>					
VN	17,79 a <sup>1</sup>	16,25 a <sup>2</sup>	1,54 a	91,32	8,68
PC	9,00 b	8,36 b	0,64 b	92,99	7,01
SS-2,5	9,32 b	8,30 b	1,01 b	89,04	10,96
SS-5,0	9,85 b	9,07 b	0,77 b	91,77	8,23
SS-7,5	10,59 b	9,68 b	0,91 b	91,39	8,61
SS-10,0	9,53 b	8,66 b	0,86 b	90,55	9,45
Teste F	16,077**	13,4728**	6,6973**	-	-
CV (%)	10,58	6,40	25,26	-	-
<b>10-20 cm</b>					
VN	15,77 a <sup>2</sup>	15,12 a	0,65 a	95,82	4,18
PC	6,77 c	5,90 c	0,87 a	87,67	12,33
SS-2,5	9,83 b	9,02 b	0,81 a	91,74	8,26
SS-5,0	9,65 b	8,82 b	0,83 a	91,51	8,49
SS-7,5	9,85 b	9,12 b	0,72 a	92,69	7,31
SS-10,0	8,36 b	7,53 c	0,83 a	89,85	10,15
Teste F	18,9039**	32,5303**	0,1723 <sup>ns</sup>	-	-
CV (%)	6,21	11,85	49,50	-	-
<b>20-30 cm</b>					
VN	13,84 a <sup>2</sup>	13,30 a <sup>2</sup>	0,53 b	96,17	3,83
PC	6,97 b	6,59 b	0,39 b	94,26	5,74
SS-2,5	7,94 b	6,81 b	1,13 a	85,83	14,17
SS-5,0	8,68 b	7,68 b	1,00 a	88,31	11,69
SS-7,5	7,94 b	6,93 b	1,01 a	87,14	12,86
SS-10,0	8,47 b	7,25 b	1,21 a	85,35	14,65
Teste F	17,0062**	11,8740**	2,9201**	-	-
CV (%)	5,38	7,03	44,94	-	-

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott e Knott, a 5% de probabilidade.

Para os teores de carbono orgânico particulado (COp) na camada de 0-10 cm houve diferença significativa, onde a área de VN apresentou teor superior estatisticamente aos demais sistemas estudados (Tabela 3 e 4).

Essa superioridade nos valores está diretamente relacionada à deposição dos resíduos vegetais no solo. Rossi et al. (2011) estudando áreas de vegetação nativa, encontraram

resultados com maiores teores de COp, correlacionando a grande quantidade deposição de resíduos vegetais na superfície do solo e também boa parte destes compartimentos do solo ser formado por partículas derivadas de resíduos vegetais. Também Costa et al. (2008) estudando solos cultivados em relação a solos de vegetação nativa, verificou diferenças significativas nos teores de COp dos solos cultivados em relação aos solos de vegetação nativa, assim reforçando que essas diferenças estão relacionados a grande quantidade de deposição de resíduos vegetais nas áreas de vegetação nativa, e nas áreas cultivadas a incorporação dos resíduos vegetais.

**Tabela 4.** Médias dos estoques de carbono orgânico total (COT), carbono orgânico associado aos minerais (Coam), carbono orgânico particulado (COp) em áreas de vegetação nativa (VN), forragem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em pastagem convencional (PC) e em sistema silvipatoril (SS) em diferentes distâncias da linha de plantio. Bandeirantes-MS, 2017.

Tratamentos	COT	Coam Mg ha <sup>-1</sup>	COp
<b>0-10 cm</b>			
VN	21,79 a <sup>2</sup>	19,94 a <sup>2</sup>	1,85 a
PC	12,24 b	11,37 b	0,87 b
SS-2,5	12,96 b	11,56 b	1,41 b
SS-5,0	14,49 b	13,34 b	1,16 b
SS-7,5	14,54 b	13,31 b	1,24 b
SS-10,0	14,35 b	13,08 b	1,27 b
Teste F	7,5605**	5,6788**	4,798**
CV (%)	6,97	7,99	22,79
<b>10-20 cm</b>			
VN	19,54 a	18,73 a	0,81 a
PC	10,00 c	8,69 c	1,31 a
SS-2,5	15,23 b	14,03 b	1,25 a
SS-5,0	14,77 b	13,44 b	1,32 a
SS-7,5	13,94 b	12,93 b	1,01 a
SS-10,0	12,64 b	11,37 b	1,27 a
Teste F	11,9158**	16,3064**	0,4342 <sup>ns</sup>
CV (%)	12,76	12,46	53,83
<b>20-30 cm</b>			
VN	17,52 a	16,85 a	0,67 b
PC	10,59 b	10,00 b	0,59 b
SS-2,5	12,48 b	10,70 b	1,78 a
SS-5,0	13,64 b	12,06 b	1,58 a
SS-7,5	11,94 b	10,46 b	1,53 a
SS-10,0	12,97 b	10,07 b	1,90 a
Teste F	10,6914**	11,5847**	3,1418*
CV (%)	10,91	12,60	47,82

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott e Knott, a 5% de probabilidade.

Para os teores e estoques do somatório das substâncias húmicas (SHs) a VN foi superior estatisticamente nas três camadas avaliadas em relação aos demais tratamentos (Tabela 5 e 6). E os menores valores foram observados no PC nas camadas de 0-10 e 10-20 cm mostrando superioridade do SS em relação ao PC. Esses resultados são explicados na área de VN não teve o revolvimento do solo, tanto que PC nas camadas aráveis 0-20 cm tiveram os menores valores. Santana et al. (2011) avaliando substâncias húmicas em diferentes sistemas de manejo de forragem afirmam que a alteração das condições físico-químicas do solo, causadas pelos diferentes uso e manejo do solo, modifica a dinâmica de formação das SHs.

Fontana et al. (2011) observa que as substâncias húmicas diminuem em áreas cultivadas e afirma que seus índices são elevados em áreas de vegetação nativa, o que explica os resultados obtidos nesse estudo sobre as substâncias húmicas.

Comparando os três sistemas avaliados VN, SS nas distâncias de 2,5, 5,0, 7,5 e 10 m e o PC, observa-se que a VN apresentou valores superiores para C-AF, C-AH e C-Hum em relação aos outros sistemas avaliados e depois seguindo o SS apresentando superioridade em relação ao PC (Tabela 5 e 6), apontando diferença significativa nas as camadas avaliadas exceto na camada 20-30 cm para SHs e C-AF que não diferiu entre os dois sistemas PC e SS. Pode-se avaliar que as médias de todas as camadas para o VN foram de 7,38 g kg<sup>-1</sup> o que representa 52,3 5% no teor de C-Hum, 4,67 g kg<sup>-1</sup> (33,1 %) no teor de C-AH e 2,06 g kg<sup>-1</sup> (14,5 %) no teor do C-AF. Essas reduções nos teores de C-Hum, C-AH e C-AF também foram encontradas por Cardoso et al. (2010) em áreas de forragem. Para Pessoa et al. (2012) as reduções nos teores de C das frações húmicas nos outros tratamentos podem estar associadas ao maior nível de degradação do pasto devido à pressão de pastejo. Como a área de VN não possui o sistema de pastejo observa-se maior acúmulo das três frações húmicas. De acordo com Fontana et al. (2006) as frações húmicas têm servido como indicadores de qualidade de solo, devido à forte interação das substâncias húmicas com o material mineral e também com o manejo do solo.

Para a relação entre C-AH/C-AF todas as camadas avaliadas e sistemas estudados obtiveram valor acima de 1,0, com exceção do PC na camada de 0-10 cm que teve um valor abaixo de 1,0 (Tabela 5), e em todas as camadas a VN a relação foi superior a 2,0. Cunha et al. (2007) relata que essa predominância de valor acima de 1,0 indica predominância da fração mais evoluída (AH), o que comprova maior condensação de compostos húmicos. E se comparamos o sistema VN com os demais houve uma redução dessa relação para os outros tratamentos. Segundo Diniz et al. (2015) a relação C-AH/C-AF pode ser usada como um indicador de

qualidade dos húmus, porque expressa o grau de evolução do processo de humificação da matéria orgânica, assim explicando os maiores valores na VN.

**Tabela 5.** Médias do somatório dos teores de carbono das substâncias húmicas (SHs), carbono na fração de ácido fúlvico (C-AF), carbono na fração de ácido húmico (C-AH), carbono na fração humina (C-Hum) e relação entre C-AH/C-AF em áreas de vegetação nativa (VN), forragem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em pastagem convencional (PC) e em sistema silvipatoril (SS) em diferentes distâncias da linha de plantio. Bandeirantes-MS, 2017.

Trat.	SHs	C-AF	C-AH g kg <sup>-1</sup>	C-Hum	C-AH/ C-AF
<b>0-10 cm</b>					
VN	14,23 a	2,26 a <sup>2</sup>	4,64 a	7,33 a	2,05
PC	7,17 c	1,14 b	1,09 c	4,94 c	0,96
SS-2,5 m	9,28 b	1,26 b	2,29 b	5,74 b	1,82
SS-5,0 m	9,41 b	1,26 b	2,09 b	6,06 b	1,66
SS-7,5 m	10,46 b	1,29 b	1,99 b	7,18 a	1,54
SS-10 m	9,49 b	1,22 b	2,06 b	6,22 b	1,69
Teste F	27,6147**	3,7290*	42,7890**	7,6240**	-
CV (%)	8,87	13,76	15,42	10,42	-
<b>10-20 cm</b>					
VN	14,89 a	2,14 a <sup>2</sup>	4,70 a <sup>2</sup>	8,05 a	2,20
PC	6,39 c	0,69 c	0,92 c	4,78 c	1,33
SS-2,5 m	9,08 b	1,03 b	1,60 b	6,45 b	1,55
SS-5,0 m	9,35 b	0,99 b	1,74 b	6,61 b	1,76
SS-7,5 m	9,84 b	1,18 b	1,80 b	6,85 b	1,52
SS-10 m	8,29 b	1,09 b	1,62 b	5,58 c	1,49
Teste F	41,9732**	31,5879**	36,2152**	9,3244**	-
CV (%)	9,10	6,20	8,18	11,48	-
<b>20-30 cm</b>					
VN	13,23 a	1,76 a	4,69 a	6,77 a <sup>2</sup>	2,66
PC	6,86 b	0,78 b	0,89 c	5,18 b	1,14
SS-2,5 m	7,79 b	1,20 b	1,33 b	5,26 b	1,11
SS-5,0 m	6,16 b	0,93 b	1,17 b	4,06 c	1,26
SS-7,5 m	5,70 b	0,99 b	1,37 b	3,35 c	1,38
SS-10 m	6,25 b	0,97 b	1,06 c	4,22 c	1,09
Teste F	3,5138*	8,7026**	208,876**	5,9965**	-
CV (%)	13,98	8,91	11,45	20,43	-

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott e Knott, a 5% de probabilidade.

Podemos observar que na camada 0-10 e 10-20 cm o SS foi superior ao PC para a SHs e C-AH, e também para C-AH nas camadas 0-10 e 10-20 cm. Essas quantificações das substâncias húmicas de maior mobilidade e estabilidade demonstraram aspectos da dinâmica de C que não puderam ser observados pela simples análise dos teores de COT. O SS por apresentar um acúmulo maior de material orgânico em relação ao PC causando um pequeno aumento do C-AH e uma pequena redução do C-AF, na camada de 0-10 e 10-20 cm (Tabela 5).

Quando observamos a relação C-AH/C-AF, isso ficou mais visível. Esses resultados podem indicar a perda seletiva da fração solúvel ácido fúlvico, que foi mineralizada e, ou, lixiviada para a subsuperfície, causando perdas de carbono no PC. Cunha et al. (2001) verificaram perda dessa fração em profundidade em um Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média e pode ocorrer principalmente em solos arenosos, que têm maior tendências a essas perdas.

**Tabela 6.** Médias do somatório dos estoques de carbono das substâncias húmicas (SHs), carbono na fração de ácido fúlvico (C-AF), carbono na fração de ácido húmico (C-AH), carbono na fração húmica (C-Hum) em áreas de vegetação nativa (VN), forragem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em pastagem convencional (PC) e em sistema silvipastoril (SS) em diferentes distâncias da linha de plantio. Bandeirantes-MS, 2017.

Trat.	SHs	C-AF	C-AH	C-Hum
<b>Mg kg<sup>-1</sup></b>				
<b>0-10 cm</b>				
VN	17,50 a	2,85	5,68 a	8,97 a
PC	9,34 c	1,53	1,49 c	6,70 b
SS-2,5 m	12,95 b	1,77	3,20 b	7,97 b
SS-5,0 m	13,96 b	1,87	3,09 b	8,99 a
SS-7,5 m	14,41 b	1,76	2,75 b	9,91 a
SS-10 m	14,20 b	1,83	3,07 b	9,30 a
Teste F	5,9101**	2,2567 <sup>ns</sup>	22,0471**	3,0657*
CV (%)	14,98	14,86	18,09	15,02
<b>10-20 cm</b>				
VN	18,45 a	2,65 a <sup>2</sup>	5,83 a <sup>2</sup>	9,97 a
PC	9,44 c	1,01 c	1,35 c	7,07 b
SS-2,5 m	14,14 b	1,59 b	2,49 b	10,05 a
SS-5,0 m	14,33 b	1,52 b	2,66 b	10,13 a
SS-7,5 m	13,94 b	1,67 b	2,55 b	9,71 a
SS-10 m	12,60 b	1,66 b	2,44 b	8,50 b
Teste F	11,5477**	22,1102**	31,8694**	3,0123*
CV (%)	12,41	13,43	8,05	15,21
<b>20-30 cm</b>				
VN	16,75 a	2,22 a	5,94 a	8,58 a
PC	10,35 b	1,18 b	1,37 c	7,79 a
SS-2,5 m	12,28 b	1,89 a	2,08 b	8,30 a
SS-5,0 m	9,75 b	1,46 b	1,85 b	6,44 a
SS-7,5 m	8,62 b	1,49 b	2,06 b	5,06 a
SS-10 m	9,67 b	1,48 b	1,63 c	6,56 a
Teste F	8,9540**	4,2442*	135,8279**	2,5178 <sup>ns</sup>
CV (%)	17,61	22,29	11,82	23,76

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott e Knott, a 5% de probabilidade.

Para teores e estoques de carbono lábil houve diferenças estatísticas para área de VN em todas as camadas avaliadas (Tabela 7), de acordo com Salton et al. (2011) esses valores de CL e ECL foram superiores em virtude da grande quantidade de aporte de resíduos vegetais na superfície do solo. Post e Know (2000) afirmam que os valores maiores na VN, podem estar associados ao maior aporte de resíduos e à maior proteção física da matéria orgânica proporcionada pelos agregados do solo.

Silva et al. (2011) ao avaliar o CL de vegetação nativa (Cerrado), no sistema de plantio direto, na forragem revolvida, no ILP de quatro anos e no ILP de oito anos, observaram que o teor de CL do sistema ILP de quatro anos foi igual ao da forragem revolvida com os valores mais baixos, enquanto que ILP de oito anos apresentou teores de CL estatisticamente iguais ao da vegetação nativa. Diante destas afirmações, esses resultados demonstram que se requer tempo para que as transformações sejam perceptíveis dentro da avaliação dos sistemas de manejos avaliados.

O índice de manejo de carbono (IMC) relaciona os estoques de COT do solo e sua labilidade com base em uma área de referência (BLAIR et al., 1995). De acordo com Souza et al. (2009) e Silva et al. (2011) quanto mais intensos forem os processos de degradação do solo, como solos descobertos, sobre pastejo, baixa produção de resíduos, entre outros, menores são os IMCs. Portanto, os valores de IMC abaixo de 100 indicam baixa qualidade do solo e práticas prejudicam a manutenção da matéria orgânica.

Quando avaliamos a camada de 0-10 cm o único sistema que obteve diferença estatística foi o da VN que também é a área de referência (Tabela 7). Este resultado deve-se, possivelmente, a qualidade dos resíduos vegetais depositados na superfície do solo dos diferentes sistemas de uso em relação a VN, pois os sistemas ainda são novos e já a VN já está estabelecida.

Já na camada de 10-20 cm não houve diferenças entre os tratamentos. Mas, na camada de 20-30 cm houve diferenças significativas para o SS em todas as distâncias avaliadas, onde mostra que o sistema silvipastoril estão sendo bem manejados. Esses valores superiores de IMCs apresentados pelos tratamentos SS em ambas as distâncias se devem, possivelmente a maior recalcitrância molecular dos compostos orgânicos. Ou seja, no caso o consórcio de eucálitos e as gramíneas que compõem o sistema de uso tendem a possuir maior teor de lignina, o que dificulta o ataque microbiano desta molécula orgânica. Ribeiro (2016) avaliando efeitos de plantas de cobertura e da adubação nitrogenada nas frações da matéria orgânica do solo e na produtividade do milho e Santos et al. (2014) avaliando cobertura de plantas e nitrogênio

mineral: efeitos de frações de matéria orgânica em um Latossolo Vermelho sob plantio direto no cerrado, todos encontraram resultados semelhantes.

**Tabela 7.** Médias dos teores de carbono lábil (CL), estoque de carbono lábil (ECL) e índice de manejo de carbono (IMC) em áreas de vegetação nativa (VN), forragem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em pastagem convencional (PC) e em sistema silvipatoril (SS) em diferentes distâncias da linha de plantio. Bandeirantes-MS, 2017.

<b>Tratamentos</b>	<b>CL g kg<sup>-1</sup></b>	<b>ECL Mg ha<sup>-1</sup></b>	<b>IMC</b>
<b>0-10 cm</b>			
VN	2,21 a <sup>2</sup>	2,76 a <sup>2</sup>	100,00 a
PC	0,76 b	1,04 b	44,91 b
SS-2,5	0,81 b	1,08 b	74,33 b
SS-5,0	1,10 b	1,65 b	55,14 b
SS-7,5	0,80 b	1,09 b	64,68 b
SS-10,0	0,96 b	1,43 b	62,74 b
Teste F	3,3750*	3,2945*	5,9180**
CV (%)	19,74	18,45	23,26
<b>10-20 cm</b>			
VN	2,10 a <sup>3</sup>	2,61 a	100,00
PC	0,97 b	1,44 b	98,05
SS-2,5	0,63 c	0,97 b	137,71
SS-5,0	0,36 c	0,57 b	142,23
SS-7,5	0,18 c	0,26 b	120,05
SS-10,0	0,50 c	0,78 b	143,67
Teste F	8,5918**	8,8260**	0,5463 <sup>ns</sup>
CV (%)	31,65	50,84	45,62
<b>20-30 cm</b>			
VN	1,67 a	2,12 a	100 b
PC	0,64 b	0,97 b	78,15 b
SS-2,5	0,58 b	0,90 b	249,69 a
SS-5,0	0,32 b	0,50 b	216,79 a
SS-7,5	0,68 b	1,03 b	220,93 a
SS-10,0	0,65 b	1,01 b	174,41 a
Teste F	7,0401 **	4,4724**	7,2706**
CV (%)	46,52	47,03	29,76

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott e Knott, a 5% de probabilidade.

No SS práticas como a incorporação do material originado da deposição de resíduos vegetais provido das árvores, o não revolvimento do solo, a rizo ciclagem dos sistemas radiculares e o aporte de esterco produzido pelos animais que se alimentam na área podem justificar o maior IMC encontrados no SS em relação ao PC e VN. Dados semelhantes foram observados por diferentes estudos em sistemas agroflorestais ou sistemas que apresentam alguma semelhança em relação a algumas propriedades (MARCHIORI JÚNIOR; MELO, 2000;

SOUZA; MELO, 2003; AGUIAR et al., 2006; MAIA et al., 2006; RANGEL et al., 2007; RANGEL et al., 2008).

#### 2.4. Conclusões

O sistema silvipastoril foi capaz de promover maiores incrementos nos teores e estoques de carbono orgânico total, carbono na fração ácido fúlvico (C-AF) e carbono na fração ácido húmico (C-AH) em comparação ao sistema convencional. Este sistema também foi capaz de aumentar os valores de carbono orgânico particulado e índice de manejo de carbono em profundidade.

As distâncias de coleta das amostras de solo no sistema silvipastoril não exerceram grandes influências nas alterações dos teores e estoques de carbono em curto prazo de adoção do sistema.

A vegetação nativa por ser um sistema estável apresentou de modo geral melhores índices para o carbono orgânico total e frações da matéria orgânica do solo, e o sistema silvipastoril com dois anos de implantação ainda não é capaz de apresentar valores iguais ou superiores na maioria dos atributos avaliados em relação à área de vegetação nativa de cerrado.

#### 2.5 Referências

ABEL, N.; BAXTER, J.; CAMPBELL, A.; CLEUGH, H.; FARGHER, J.; LAMBECK, R.; PRINSLEY, R.; PROSSER, M.; REID, R.; REVELL, G.; SCHMIDT, C.; STIRZAKER, R.; THORBURN, P. Design principles for farm forestry: a guide to assist farmers to decide where to place trees and farm plantations on farms. Barton, A. C. T.: **Rural Industries Research and Development Corporation**, Canberra, 102 p, 1997.

AGUIAR, M. I.; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A. Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas agroflorestais no município de Sobral, CE. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 37, n. 3, p. 270-278, 2006.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; OLIVEIRA, P.; GALERANI, P. R.; VILELA, L. Agricultura sustentável por meio da integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF). **Informações Agrônômicas**, Piracicaba, n. 138, p. 1-18, 2012.

BALOTA, E. L. **Manejo e qualidade biológica do solo**. Londrina: Mecenias, 2017. 288 p.

BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R. Sistemas silvipastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 60, n. 10, p. 77-87, 2009.

BLAIR, G. J.; LEFROY, D. B.; LISLE, L. Soil carbon fractions, base Don their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 46, n. 4, p. 1459-1466, 1995.

BOUILLET, J.; LACLAU, J. P.; ARNAUD, M.; M'BOU, A. T.; SAINT-ANDRÉ, L.; JOURDAN, C. Changes with age in the spatial distribution of roots of eucalyptus clone in congo impact on water and nutrient uptake. **Forest Ecology and Management**, França, v. 171, n. 1, p. 43-57, 2002.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassl and cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 56, n. 3, p. 777-783, 1992.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; SILVA, C. A.; CURI, N. FREITAS, D. A. F. Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 7, p. 1028-1035, 2010.

COSTA, F. S.; BAYER, C.; ZANATTA, J. A.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 9, p. 323-332, 2008.

CUNHA, T. J. F.; MADARI, B. E.; BENITES, V. M.; CANELLAS, L. P.; NOVOTNY, E. H.; MOUTTA, R. O.; TROMPOWSKY, P. M.; SANTOS, G. A. Fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte a antrópico da Amazônia (Terra Preta). **Acta Amazonica**, v. 37, n. 11, p. 91-98, 2007.

CUNHA, T. J. F.; MACEDO, J. R.; RIBEIRO, L. P.; PALMIERI, F.; FREITAS, P. L.; AGUIAR, A. C. Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas e substâncias húmicas de solos sob Cerrado. **Ciências Rural**, Santa Maria, v. 31 n. 8, p. 27-36, 2001.

DINIZ, A. R.; PEREIRA, M. G.; BALIEIRO, F. C.; SILVA, E. V.; SANTOS, F. M.; OLIVEIRA, A. B.; CRUZ, R. B. Frações da matéria orgânica do solo em plantios clonais de seringueira em regiões costeiras do Brasil. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 114, n. 1, p. 106-114, 2015.

FRAZÃO, L. A.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Inorganic nitrogen, microbial biomass and microbial activity of a Sandy Brazilian Cerrado soil under different and uses. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 135, n. 21, p. 161- 167, 2010.

FONTANA, A.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; CUNHA, T. J. F.; SALTON, J. C. Atributos de fertilidade e frações húmicas de um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 847-853, 2006.

FONTANA, A.; SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; BRITO, R. J.; BENITES, V. M., Avaliação dos compartimentos de matéria orgânica em área de Mata Atlântica. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 545-550, 2011.

IBRAIM, M.; GUERRA, L.; CASASOLA, F.; NEELY, C. Importance of silvopastoral systems for mitigation of environmental benefits. In: ABBERTON, M.; CONANT, R.; BATELLO. **Rassl and carbono sequestration: management, policy and economics**. Rome: Integratid Crop Management, v. 10, n. 1. p. 189-196, 2010.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; SANTOS, J. B.; VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 9, p. 118- 127, 2008.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478 p.

LEITE, L. F. C.; ARRUDA, F. P.; COSTA, C. N.; FERREIRA, J. S.; NETO, M. R. H., Qualidade química do solo e dinâmica de carbono sob monocultivo e consórcio de macaúba e

ferragem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 12, p. 1257–1263, 2013.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L. H. C.; SILVA, E. M. R. Frações orgânicas e índice de manejo de carbono do solo em diferentes sistemas de produção orgânica. **Idesia**, Arica, v. 29, n. 2, p. 11-19, 2011.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 837–848, 2006.

MARCHIORI JUNIOR, M.; MELO, W. J. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1177-82, 2000.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. 1ª ed. **Fundamentos da matéria orgânica do solo – ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre, Metrópole. 2008, p. 1-5.

MULLER, M. S.; FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D.; GARCÍA, A. G.; OVEJERO, R. F. L. Produtividade do *Panicum maximum* cv. Mombaça irrigado, sob pastejo rotacionado. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 8, p. 427-433, 2002.

NICOLOSO, R. S. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em áreas de integração lavoura-pecuária sob sistema de plantio direto**. 2005. 150f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, 2005.

PESSOA, P. M. A.; DUDA, G. P.; BARROS, R. B.; FREIRE, M. B. G. S.; NASCIMENTO, C. W. A.; CORREA, M. M. Frações de carbono orgânico de um Latossolo Húmico sob diferentes usos no agreste Brasileiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 97-104, 2012.

PORFIRIO-DA-SILVA, V.; MEDRADO, M. J. S.; NICODEMO, M. L. F.; DERETI, R. M. **Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo.** Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 49 p.

POST, W. M.; KWON, K. C. Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. **Global Change Biology**, Wiley, v. 6, n. 3, p. 317–327, 2000.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A.; GUIMARÃES P. T. C. Estoque e frações da matéria orgânica de Latossolo cultivado com cafeeiro em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 1, p.1341–1353, 2007.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A.; GUIMARÃES, T. G.; GUILHERME, L. R. G. Frações oxidáveis do carbono orgânico de Latossolo cultivado com cafeeiro em diferentes espaçamentos de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 429 - 437, 2008.

RHEINHEIMER, D. S.; CAMPOS, B. H. C.; GIACOMINI, S. J.; CONCEIÇÃO, P. C. BORTOLUZZI, E. C. Comparação de métodos de determinação de carbono orgânico total no solo. **Revista brasileira ciência do solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 435-440, 2008.

RIBEIRO, L. R. P. **Efeitos de plantas de cobertura e da adubação nitrogenada nas frações da matéria orgânica do solo e na produtividade do milho.** 2016. 53 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - Universidade de Brasília, Brasília.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P.; VELTHORST, E. J.; VASCONCELLOS, C. A. Soil organic matter dynamics in density and particle size fractions as revealed by the  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  isotopic ratio in a Cerrado's Oxisol. **Geoderma**, Amstedan, v. 104, n. 12, p. 185-202, 2001.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Frações húmicas da matéria orgânica do solo cultivado com soja sobre palhada de braquiária e sorgo. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 622-630, 2011.

SANTANA, G. S.; DICK, D. P.; JACQUES, A. V. A.; CHITARRA, G. S. Substâncias húmicas e suas interações com Fe e Al em Latossolo subtropical sob diferentes sistemas de manejo de forragem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 461-472, 2011.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1349-1356, 2011.

SANTOS, I. L. D.; CAIXETA, C. F.; SOUSA, A. A. T. C. D.; FIGUEIREDO, C. C., RAMOS, M. L. G.; CARVALHO, A.M.D. Cover plants and mineral nitrogen: effects on organic matter fractions in an oxisol under no-tillage in the cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 6, p. 1874-1881, 2014.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. 2013. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. edição revisada e ampliada. Brasília: Embrapa, 353 p.

SHANG, C.; TIESSEN, H. Organic matter lability in a tropical Oxisol: Evidence from shifting cultivation, chemical oxidation, particle size, density and magnetic fractionations. **Soil Science**, Baltimore, v. 162, n. 11, p. 795-807, 1997.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. New York: John Wiley, 2 ed., 1994. 496 p.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. New York: John Wiley. 1982. 443 p.

SILVA, E. F.; LOURENTE, E. P. R.; MARCHETTI, M. E.; MERCANTE, F. M.; FERREIRA, A. K. T.; FUJII, G. C. Frações lábeis e recalcitrantes de matéria orgânica em solos sob integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1321-1331, 2011.

SWIFT, R. S. Method for extraction of IHSS soil fulvic and humicacids. In: SPARKS, D. L.; PAGE, A. L.; HELMKE, P. A.; LOEPPERT, R. H.; SOLTANPOUR, P. N.; TABATABAI, M. A.; JOHNSTON, C. T.; SUMMER, M. E. **Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods**. Madison, Soil Science Society of America Books, 1996. p.1018-1020.

SOUZA, W. J. O.; MELO, W. J. Matéria orgânica em um Latossolo submetido a diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 1, p. 1113–1122, 2003.

SOUZA NETO, E. L.; ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré-safra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 255-260, 2008.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; ANDRIGUETI, M.; CAIO, E. Estoque de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 2, p. 1829-1836, 2009.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SILVA, C. A.; BUZETTI, S. Alterações nas frações do C em um Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 3, p. 323-329, 2006.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.