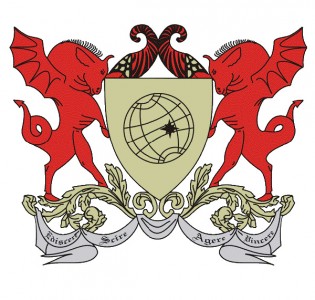
****

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**LUIZ AUGUSTO SAMPAIO RODRIGUES**

**ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO EM SISTEMA SILVIPASTORIL NA ZONA DA MATA MINEIRA**

**VIÇOSA – MINAS GERAIS**

**2016**

**LUIZ AUGUSTO SAMPAIO RODRIGUES**

**ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO EM SISTEMA SILVIPASTORIL NA ZONA DA MATA MINEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Professor Rasmo Garcia

Co-orientadores: Everton Teixeira Ribeiro

João Paulo Santos Roseira

**VIÇOSA – MINAS GERAIS**

**2016**

**ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO EM SISTEMA SILVIPASTORIL NA ZONA DA MATA MINEIRA**

Por

LUIZ AUGUSTO SAMPAIO RODRIGUES

luiz.a.rodrigues@ufv.br

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina FIT499, da Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovada em: 02/12/2016

Banca Examinadora:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Prof.: José Geraldo Barbosa (UFV)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Prof. Rasmo Garcia (Orientador) (UFV)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Doutorando: Everton Teixeira Ribeiro (Co-orientador) (UFV)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Doutorando: João Paulo Santos Roseira (Co-orientador) (UFV)

**AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiro a Deus pela vida e por tudo que me proporcionou até hoje.

À minha mãe Maria Sampaio, meu pai Luiz Rodrigues (Fio) e meu irmão Henrique pelo amor, carinho e ensinamentos concedidos ao longo da vida.

Agradeço ao Professor Rasmo Garcia pela orientação e oportunidade de estágio.

Ao meu Patrão Doutor Everton Teixeira Ribeiro pelos ensinamentos e amizade.

Ao Doutorando João Paulo Roseira e ao Mestre Felipe Vélez por toda ajuda nas coletas e análises ao longo do experimento.

**Aos proprietários da Fazenda Floresta Raul** Cardoso e seu irmão Luís Cardoso, por disponibilizar sua fazenda para a condução do experimento.

Ao Nelson e seu filho Pedrinho pela ajuda e divertimentos.

Ao Samuel Valente e ao calouro Dante Junior pela ajuda no experimento.

Agradeço a Republica Lapada na Rachada 2231 UFV pela família que foi ao longo desses anos.

Aos meus amigos e familiares de Paula Cândido-MG e desse mundão.

A todos que, de algum modo, contribuíram para a realização deste trabalho.

**MUITO OBRIGADO!**

**RESUMO**

O estudo foi realizado na Fazenda Floresta localizado no município de Visconde do Rio Branco-MG, no período de julho de 2015 a dezembro de 2015. Objetivou-se avaliar a quantidade de carbono orgânico estocado no solo sob diferentes alturas de manejo do pastejo em sistema silvipastoril.O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Foram selecionados para o estudo duas áreas com usos distintos do solo: mata nativa (controle); sistema silvipastoril com pasto manejado a 25, 35 e 45 cm de altura. As amostras foram coletadas nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-100 cm e analisadas quanto ao pH, granulometria, densidade, teores de carbono na fração particulada (C-MOP) e associado à fração mineral (C-MAM). Verificou-se diferenças significativas nos teores e estoque de carbono; carbono orgânico total; densidade e relação C/N no sistema silvipastoril comparado a mata nativa. A densidade do solo foi inferior (P<0,05) para a mata nativa em todas as profundidades quando comparado ao sistema silvipastoril. O maior teor de carbono foi observado na mata nativa, nas profundidades de 0-10, 10-20 e 40-60 cm. Na profundidade de 20-40 cm a altura de manejo do pastejo de 25 cm não diferiu da mata nativa e das demais alturas de manejo. Os menores teores de carbono foram encontrados na altura de manejo do pastejo de 35 e 45 cm, quando comparado à mata nativa. O teor de carbono associado aos minerais (C-MAM) foi maior na mata nativa em relação às alturas de manejo do pastejo. Não foi observada diferença significativa para o teor de carbono da matéria orgânica particulada (C-MOP). Nas profundidades do solo de 20-40 e 60-100 cm a relação C/N foi maior na mata nativa, quando comparado aos demais tratamentos. O estoque de carbono foi maior na mata nativa nas profundidades de 0-10, 10-20 e 40-60 cm. Na profundidade de 20-40 cm a altura de manejo do pastejo de 25 cm não diferiu da mata nativa. Nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40 e 60-100 cm o estoque de C-MAM foi superior (P<0,05) na mata nativa. Não verificado efeito para o estoque de C-MOP em todas as profundidades avaliadas nos diferentes sistemas. A mata nativa apresentou maiores estoques de carbono orgânico total (COT). As diferentes alturas de manejo do pastejo não proporcionaram incrementos nos teores e estoque de carbono orgânico no solo em curto período.

**Palavras chave:** carbono, *Urochloa brizanta*, manejo do pastejo.

**SUMÁRIO**

[1. INTRODUÇÃO 7](#_Toc468963991)

[2. MATERIAL E MÉTODOS 9](#_Toc468963992)

[**2.1.** **Histórico da área experimental** 9](#_Toc468963993)

[**2.2.** **Amostragem e preparo do solo** 12](#_Toc468963994)

[**2.3.** **Análise física do solo** 12](#_Toc468963995)

[**2.4.** **Análise da Acidez do Solo: pH em água** 12](#_Toc468963996)

[**2.5.** **Teores de carbono nas diferentes frações da MOS** 13](#_Toc468963997)

[**2.6.** **Estoques de carbono nas diferentes frações do solo** 13](#_Toc468963998)

[**2.7.** **Análises estatísticas** 14](#_Toc468963999)

[4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 15](#_Toc468964000)

[**3.1.** **Propriedades físicas** 15](#_Toc468964001)

[**3.2.** **Densidade do Solo** 16](#_Toc468964002)

[**3.3.** **Teores de carbono do solo** 17](#_Toc468964003)

[**3.4.** **Relação C/N** 19](#_Toc468964004)

[**3.5.** **Estoques de Carbono em profundidade** 20](#_Toc468964005)

[**3.6.** **Estoques de Carbono orgânico total e nas frações particulada e associada aos minerais** 22](#_Toc468964006)

[5. CONCLUSÃO 23](#_Toc468964007)

[6. REFERÊNCIAS 24](#_Toc468964008)

# INTRODUÇÃO

O aumento da emissão dos gases de efeito estufa na atmosfera terrestre, principalmente o metano (CH4), óxido nitroso (N2O) e o dióxido de carbono (CO2) é devido principalmente à utilização de queimadas para abrir novas fronteiras agrícolas, mudanças no uso do solo e ao crescimento econômico e populacional. A emissão desses gases na atmosfera terrestre é um problema que cada vez mais preocupa a sociedade, visto que eles possuem a capacidade de absorver parte da radiação solar que é refletida pela superfície terrestre, assim retendo a energia da radiação emitida sobre a Terra e não a libera ao espaço.

O sistema silvipastoril é uma modalidade dos sistemas agroflorestais, que se refere à técnica de produção na qual intencionalmente se integram numa mesma área, árvores, pasto e animais que realizam o pastejo, com estrutura e interações planejadas. Esses sistemas promovem benefícios para o solo, árvore, pasto, animal, produtor e meio ambiente. É uma técnica comprovadamente eficaz que vem sendo utilizada para recuperar pastagens e solos degradados (DUBOIS, 1992; MACEDO, 1992; WANDELLI *et al*., 1997).

Entre os benefícios que o sistema silvipastoril proporciona ao meio ambiente, pode-se citar o sequestro de carbono pelas árvores e pelo pasto que contribui para menor emissão de óxido nitroso e para a mitigação da emissão de gás metano pelos ruminantes (BONATO & HENKES, 2013). Sob a ótica de fixação de C, acredita-se que estes sistemas possam ser mais eficientes que os tradicionais monocultivos florestais e agrícolas e as pastagens exclusivas, pelo fato de ser formado por diferentes componentes e se beneficiar das interações entre eles (TSUKAMOTO FILHO *et al*., 2004).

O capim-braquiarão, é uma gramínea pertencente ao gênero Brachiaria, classificada como *Urochloa brizantha cv. Marandu*. É uma planta de crescimento cespitoso, muito robusta que apresenta características desejáveis como tolerância a solos ácidos com baixo pH e altos níveis de alumínio tóxico, elevada produção de forragem, boa capacidade de rebrota, tolerância à seca, persistência, resistência à cigarrinha-das-pastagens (MEIRELLES & MOCHIUTTI, 1999). O capim-braquiarão, tem sido a forrageira mais utilizada como pasto nos sistemas silvipastoris no Brasil (GARCIA & QUEIROZ, 2012).

O manejo do pastejo é um dos aspectos determinantes do manejo que afetam os teores de carbono no solo. Segundo CHIZZOTTI & PIMENTEL (2015), o manejo adotado do pastejo pode estimular a produção primária de forragem, assim alterando a translocação de assimilados na planta, maximizando os estoques de carbono no solo. O aumento no estoque de C no solo resulta na retirada de CO2 da atmosfera contribuindo para a mitigação do efeito estufa (CERRI *et al*., 2010).

O pastejo pode exercer efeito significativo na produção de biomassa, e dessa maneira afetar diretamente os estoques de carbono orgânico no solo (MCSHERRY & RITCHIE, 2013). FRANZLUEBBERS & STUEDEMANN (2009) avaliaram o sequestro de carbono em diferentes formas de utilização de forragem, e observaram que o pastejo e a redistribuição de nutrientes através de fezes beneficiaram os estoques de carbono no solo. Verificaram na camada 0-60 cm de profundidade que o sequestro de carbono foi superior no pastejo leniente, intermediário no pastejo intenso e forragem não pastejada e menor nos campos destinados a feno. SOUZA *et al*. (2009) observaram nas maiores intensidades de pastejo um menor aporte de carbono ao sistema devido a maior remoção da forrageira pelo animal e, como consequência, houve um menor estoque de carbono no solo.

Face o exposto, objetivou-se avaliar a quantidade de carbono orgânico estocado no solo em diferentes alturas de manejo do pastejo em sistema silvipastoril na região da Zona da Mata Mineira.

# MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de julho de 2015 a dezembro de 2015. A área de estudo está localizada no município de Visconde do Rio Branco, na Fazenda Floresta, localizada na latitude 20°58’37.93”S e longitude 42°53’03.50”O na Zona da Mata, região sudeste do Estado de Minas Gerais. O clima da região é Clima tropical com estação seca (Classificação climática de Koppen-Geiger: Aw) com temperatura anual média de 22.6 °C. A média anual de pluviosidade é de 1248 mm. Em todos os sistemas de uso, o solo foi classificado como Latossolo Vermelho, textura argilo-arenosa.

## **Histórico da área experimental**

Foram selecionados para o estudo duas áreas com os distintos usos do solo, descritos a seguir (Figura 2):

**Figura 2.** Áreas representativas dos diferentes sistemas de uso e manejo do solo na região da Zona da Mata Mineira, em Visconde do Rio Branco – MG. (Fonte: Google Earth). MTN: mata nativa; SSP: sistema silvipastoril com 25, 35 e 45 cm de altura de manejo do pastejo.

**MTN** https://www.facebook.com/rogeriopbo?ref=ts&fref=ts

**SSP**

MTN – Mata Nativa, considerada referência, caracterizada por densa cobertura florestal, típico de uma [floresta tropical](https://pt.wikipedia.org/wiki/Floresta_tropical) do bioma Mata Atlântica em suas condições originais (Figura 3). A área de mata nativa é representada na fazenda por uma reserva legal onde provavelmente não se teve exploração ou interferência antrópica.

SSP – Sistema silvipastoril com manejo do pastejo a 25, 35 e 45 cm de altura. Esta área deixou de ser Mata Nativa aproximadamente em 1915. Após o desmatamento até 1965 foram cultivados milho e fumo. Entre os anos 1965 e 2009 a área foi utilizada para o plantio de cana-de-açúcar manejada de forma tradicional. No ano 2009 formou-se pastagem natural. O sistema silvipastoril foi implantado em dezembro de 2010. Em toda a área, antes da implantação do sistema foi realizada a análise do solo sendo aplicadas duas toneladas de calcário por hectare na superfície do solo e incorporado mecanicamente. Durante os dois primeiros anos o sistema silvipastoril foi estabelecido com o modelo de Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF). A espécie arbórea utilizada na integração foi o eucalipto (clone GG100), estabelecido no espaçamento de plantio 10 x 3 m no sentido Leste-Oeste (Figura 3). Ainda em dezembro de 2010, e seguindo-se o plantio de eucalipto, foi plantado milho (*Zea mays*) para produção de silagem. De outubro-novembro de 2011 foi novamente plantado milho para produção de silagem e capim-braquiarão (*Urochloa brizanta* cv. Marandu) e após a colheita do milho, introduziram-se bovinos no sistema. A adubação do eucalipto no plantio foi de 200 g/cova de *NPK* 6-30-6 e cobertura com 200 g/cova de 20-00-20 em duas aplicações. A adubação de plantio do milho foi 400 kg/ha do fertilizante 8-28-16 e cobertura com 400 kg/ha de 30-00-10. Ainda, foram feitas duas desramas nas árvores de eucalipto conforme preconizado pelo manejo silvicultural. Em agosto de 2012 foram colocados bovinos no sistema silvipastoril, com lotação intermitente. Em 2013 foram instalados os tratamentos da altura de manejo do pastejo de 25, 35 e 45 cm.



**(b)**



**(a)**

**(d)**

**(c)**

**Figura 3.** Sistemas de uso e manejo do solo na região da Zona da Mata Mineira, em Visconde do Rio Branco – MG. (a) MTN: mata nativa; (b) SSP25: altura de manejo do pastejo de 25 cm; (c) SSP35: altura de manejo do pastejo de 35 cm; (d) SSP45: altura de manejo do pastejo de 45 cm.

## **Amostragem e preparo do solo**

As amostras de solo foram coletadas durante os meses de setembro a novembro de 2015. Para cada tratamento foram retiradas quatro amostras compostas em diferentes profundidades oriundas de 6 amostras simples, sendo que cada amostra composta constitui uma repetição. As amostragens de solo foram realizadas em cada unidade experimental, em cinco profundidades (0-10; 10-20; 20-40; 40-60 e 60-100 cm).

Posteriormente, foram armazenadas em sacos plásticos, transportadas para o laboratório, secas ao ar e passadas em peneira de 2,0 mm para subsequentes análises de granulometria, pH, teores de carbono total e fracionamento físico da MOS, conforme recomendações da EMBRAPA (1997).

## **Análise física do solo**

A análise textural foi realizada pelo método da pipeta, descrito no manual da EMBRAPA (1997).

A determinação da densidade do solo foi realizada por meio do uso de anéis cilíndricos de volume conhecido. A densidade aparente do solo foi definida pela razão entre a massa da amostra seca a 105–110 ºC por 24 h e o volume do anel EMBRAPA (1997).

## **Análise da Acidez do Solo: pH em água**

A medição eletrônica do potencial hidrogeniônico foi efetuada por meio de eletrodo combinado imerso em suspensão solo**:**líquido (água) como descrito no manual EMBRAPA (1997).

## **Teores de carbono nas diferentes frações da MOS**

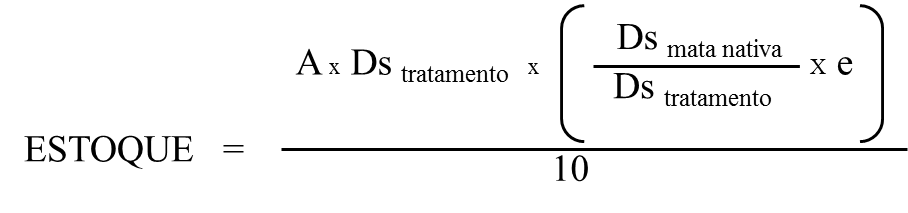
O fracionamento físico granulométrico do carbono orgânico foi realizado conforme os procedimentos descritos por CAMBARDELLA & ELLIOTT (1992). Para isto, foram usados 10 g de solo seco e 30 ml de hexametafosfato de sódio (5 g L-1), com agitação da suspensão por 15 horas em agitador horizontal (150 oscilações min-1). A suspensão foi lavada com jato de água em peneira (53 *mesh*), sendo que a fração retida na peneira correspondera à matéria orgânica particulada (MOP) e a porção restante, denominada matéria associada aos minerais (MAM). A água em suspensão foi evaporada em estufa de ar forçado a 50 °C.

Em seguida, a fração MAM e as amostras do solo foram trituradas com um almofariz e pilão para posteriormente serem passadas através de peneiras com malha de 100 *mesh* (0,150 mm)*.* A estimação do carbono da MOP foi obtida por diferença entre os teores de carbono total e carbono da MAM.

Para a análise de carbono orgânico do solo foi utilizado o método por combustão seca. Para isto, amostra de aproximadamente 25 g de solo seco foi moída até que passasse totalmente em peneira de 100 *mesh*. Da amostra peneirada, foram pesados de 3 a 5 mg em folhas de estanho embrulhadas e, seguidamente, acondicionada em analisador elementar Vario EL III no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa. Este método baseia-se na oxidação da amostra na presença de Cr2O7-2 e CO3O4/Ag à temperatura de 1.200–1.500 °C com adição de O2 sob pressão de 30 kPa. Nesse processo as moléculas orgânicas são oxidadas até CO2, H2O e O2 e, posteriormente esses compostos foram carreados na forma de gás para um forno de redução, sob fluxo de hélio. Na etapa final o CO2 foi separado em coluna cromatográfica e determinado em detector acoplado ao aparelho.

## **Estoques de carbono nas diferentes frações do solo**

Para estimar os estoques de carbono do solo levou-se em consideração a correção por camada equivalente de solo, conforme as recomendações propostas por CARVALHO *et al*. (2009). Essa correção é realizada para minimizar os erros de cálculos dos estoques, oriundos da compactação do solo nos sistemas modificados pela ação do homem, para que amostras de camadas compactadas possam ser comparáveis com as da mata nativa na mesma profundidade.



onde:

Estoque = estoque de carbono em determinada profundidade (Mg ha-1)

A = teor de carbono na profundidade amostrada (g kg-1)

Dstratamento= densidade do solo na profundidade amostrada na área dos tratamentos (Kg m-3).

Dsmata nativa = densidade do solo para profundidade amostrada na área de referência (Kg m-3).

e = espessura da camada considerada (cm)

## **Análises estatísticas**

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, separadamente por profundidades, ao nível de significância de 5% de probabilidade, comparando as médias pelo teste de Tukey. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do aplicativo computacional SAS® (SAS Institute, 2004) e as figuras por meio do programa Excel®.

# RESULTADOS E DISCUSSÃO

* 1. **Propriedades físicas**

A análise de textura foi realizada de modo a caracterizar as propriedades físicas do solo e auxiliar na interpretação e validação dos resultados de carbono no solo. Nos estudos para avaliar a influência do manejo e da cobertura vegetal no carbono orgânico do solo é importante dissociar os efeitos de textura, uma vez que existe relação positiva entre os teores de silte e argila e o teor de carbono em Latossolos (ZINN *et al*., 2005). Nesses solos mais argilosos, a floculação de argila e a formação de agregados estáveis são favorecidas conferindo maior proteção natural da matéria orgânica do solo. Observa-se, de modo geral, que o solo sob MTN apresentou valor de pH menor em relação aos outros tratamentos, para todas as profundidades avaliadas.

**Tabela 1.** pH em água e granulometria (g kg-1) nas diferentes profundidades e sistemas de uso do solo na região da Zona da Mata, em Visconde do Rio Branco – MG.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Profundidade (cm)** | **Sistemas de uso da terra** | **pH** | **Areia (g kg-1)** | **Silte (g kg-1)** | **Argila (g kg-1)** |
| 0-10 | MTN | 4,75 | 424 | 75 | 501 |
| SSP25 | 5,80 | 585 | 61 | 353 |
| SSP35 | 5,38 | 585 | 66 | 349 |
| SSP45 | 6,39 | 570 | 69 | 361 |
| 10-20 | MTN | 4,71 | 402 | 86 | 512 |
| SSP25 | 5,09 | 505 | 76 | 419 |
| SSP35 | 4,85 | 562 | 49 | 389 |
| SSP45 | 5,07 | 537 | 63 | 399 |
| 20-40 | MTN | 4,74 | 415 | 76 | 509 |
| SSP25 | 5,26 | 450 | 47 | 503 |
| SSP35 | 4,95 | 426 | 48 | 526 |
| SSP45 | 5,08 | 470 | 49 | 481 |
| 40-60 | MTN | 4,84 | 323 | 76 | 602 |
| SSP25 | 5,32 | 415 | 52 | 533 |
| SSP35 | 5,24 | 387 | 55 | 558 |
| SSP45 | 5,24 | 435 | 55 | 510 |
| 60-100 | MTN | 5,04 | 329 | 88 | 583 |
| SSP25 | 5,30 | 376 | 69 | 555 |
| SSP35 | 5,26 | 366 | 58 | 576 |
| SSP45 | 5,38 | 392 | 47 | 561 |

MTN: mata nativa; SSP: sistema silvipastoril com 25, 35 e 45 cm de altura de manejo do pastejo.

* 1. **Densidade do Solo**

A densidade do solo foi inferior (P<0,05), em todas as profundidades avaliadas, para a mata nativa quando comparados aos demais tratamentos. A baixa densidade apresentada na MTN é devido à ausência de interferência antrópica. DON *et al*. (2011) verificaram aumentos na densidade de 5 a 23% em solos da região tropical nas camadas mais superficiais, após a substituição das florestas por sistemas agrícolas. CARVALHO *et al*. (2010) também observaram aumentos na densidade do solo de aproximadamente 15% na conversão de sistemas naturais para áreas de pastagem e lavouras.

Mudanças na densidade são importantes para explicar as variações nos estoques de COT do solo, estes dependem linearmente do teor de COT e da densidade do solo. As modificações estruturais causadas no solo pelos diferentes sistemas de manejo podem resultar em maior ou menor compactação, que poderá interferir na densidade e porosidade do solo (FREDDI *et al*., 2007). Alterações na estrutura, normalmente evidenciadas por incrementos nos valores de densidade do solo, afetam sua resistência à penetração, porosidade total, distribuição de diâmetros de poros, armazenagem e disponibilidade de água para as plantas, dinâmica da água na superfície e no perfil, bem como sua consistência e máxima compactabilidade (KLEIN *et al*., 1998).

**Figura 4.** Densidade do solo (kg dm-3) em profundidade nos diferentes sistemas de uso da solo na região da Zona da Mata, em Visconde do Rio Branco – MG. MTN: mata nativa; SSP25: altura de manejo do pastejo de 25 cm; SSP35: altura de manejo do pastejo de 35 cm; SSP45: altura de manejo do pastejo de 45 cm.

Na profundidade de 40-60 cm foram observadas densidades superiores (P<0,05) para alturas de manejo do pastejo de 25 e 45 cm quando comparados a mata nativa. Segundo SILVA *et al*. (2014) a textura do solo afeta a estabilidade e a formação de agregados, e solos com maior teor de argila favorecem a agregação. A maior presença de argila contribuiu para aumentar a aproximação das partículas do solo (VEZZANI & MIELNICZUK, 2011). Assim o menor teor de argila encontrado nas alturas de manejo do pastejo de 25 e 45 cm evidencia a maior densidade observada, que provavelmente está relacionada com menores valores de porosidade total nessa camada.

* 1. **Teores de carbono do solo**

Foi observado maior teor de carbono na mata nativa, na profundidade de 0-10; 10-20 e 40-60 cm, e isso pode ser devido que ao longo de pelo menos 100 anos não houve exploração humana (Figura 5). Na profundidade 0-10 cm o teor de carbono na mata nativa foi 17, 27 e 23 % maior em relação às alturas de manejo do pastejo de 25, 35 e 45 cm, respectivamente. A conversão de áreas de vegetação nativa em cultivo agrícola e florestal, geralmente resulta na diminuição de 20 a 50% dos teores de COT (LAL *et al*., 2005). A constante queda de folhas, material vegetal acumulado na superfície e também à ausência de revolvimento na mata nativa, contribui para a manutenção de carbono orgânico no sistema (CASTRO FILHO *et al*., 1991). Os teores de carbono orgânico tiveram tendência geral de diminuição com o aumento da profundidade em todos os sistemas de uso do solo (Figura 5), devido a camada superficial do solo ser a zona onde a deposição de materiais orgânicos ocorre com maior intensidade (DON *et al*., 2011).

Na profundidade de 20-40 cm a altura de manejo do pastejo de 25 cm não diferiu da mata nativa e das demais alturas de manejo do pastejo. Segundo PIÑEIRO *et al*. (2010), o pastejo é um dos fatores responsáveis pela formação e decomposição da matéria orgânica no solo, sendo esse equilíbrio afetado pelo manejo. Em alta intensidade de pastejo, ocorre maior crescimento radicular (SOUZA *et al*., 2008), com isso, o aporte de matéria orgânica em profundidade é influenciado. A principal forma de acumular carbono no compartimento do solo é através das raízes, devido sua grande quantidade que é depositada e maior tempo de residência médio do carbono, aproximadamente 2,4 vezes, superior em comparação ao da parte aérea da planta (RASSE *et al*., 2005), assim alterações de manejo que afetarem o sistema radicular podem ocasionar mudanças de carbono no solo.

Os menores (P<0,05) teores de carbono foram encontrados na altura de manejo do pastejo de 35 e 45 cm, quando comparados a mata nativa, nas profundidades 0-10; 10-20; 20-40 e 40-60 cm. Segundo GOMIDE *et al*. (2002), desfolhas severas podem diminuir a biomassa de raízes e a concentração de carboidratos de reserva comprometendo assim o sequestro COS.

**Figura 5.** Teores de carbono orgânico total, da matéria orgânica associada aos minerais (C-MAM) e da matéria orgânica particulada (C-MOP) do solo em profundidade nos diferentes sistemas de uso do solo na região da Zona da Mata, em Visconde do Rio Branco – MG. MTN: mata nativa SSP25: altura de manejo do pastejo de 25 cm; SSP35: altura de manejo do pastejo de 35 cm; SSP45: altura de manejo do pastejo de 45 cm.

Ao avaliar o teor de C-MAM, verificou-se valores superiores (P<0,05) na mata nativa quando comparado às diferentes alturas de manejo do pastejo (Figura 5). A fração associada aos minerais do solo é aquela mais estável, não apresentando sensibilidade imediata a alterações em práticas de manejo do solo, assim constituindo o estoque de carbono a médio e longo prazo. A perturbação antrópica do sistema estável mata nativa causou mais perdas do que ganhos nos teores de carbono ao longo dos anos, o que pode ter aumentando a oxidação de compostos orgânicos, ruptura mecânica dos agregados, expondo a superfície do solo ao impacto das gotas de chuva e consequentemente à inibição da mineralização da matéria orgânica do solo (LIMA *et al*., 2015).

Já para o teor de carbono da matéria orgânica particulada (C-MOP) não foi observado efeito significativo (p<0,05) (Figura 5). A fração particulada é a parte  
lábil da matéria orgânica do solo, aquela que responde prontamente aos sistemas de  
manejo do solo, especialmente ao aporte de material orgânico ao solo  
e operações de preparo do solo que alterem os fluxos de água e ar no  
interior do solo (BAYER *et al*., 2004). Segundo MCNALLY *et al*., (2015), um maior número de espécies na área de pastagem aumenta a massa de raiz e a profundidade de enraizamento, com implicações diretas na deposição de carbono na forma particulada.

* 1. **Relação C/N**

Foi verificado efeito nas profundidades 20-40 e 60-100 cm. Com valores superiores para a mata nativa, quando comparado aos demais tratamentos (figura 6). Provavelmente, o pH mais baixo do solo na mata pode ter influenciado na relação C/N. Para FREIXO *et al*., (2002) altos valores de relação C/N podem ser devidos a alto teor de alumínio e baixo valor de pH encontrados no solo que tendem a reduzir a degradação do carbono no solo.

Segundo HOPPE *et al*. (2006), valores maiores de relação C/N favorecem o acúmulo de resíduos vegetais em superfície devido a baixa oferta de N no sistema, assim reduzindo a taxa de mineralização dos resíduos e, consequentemente, a ciclagem de nutrientes.

**Figura 6**. Relação Carbono/Nitrogênio em profundidade nos diferentes sistemas de uso do solo na região da Zona da Mata, em Visconde do Rio Branco – MG.

* 1. **Estoques de Carbono em profundidade**

Nas profundidades de 0-10, 10-20 e 40-60 cm a mata nativa apresentou valores superiores (p<0,05) para estoque de carbono total quando comparado aos demais tratamentos (Figura 7). A entrada de C nas camadas mais profundas do solo está relacionada, principalmente, com o aporte do sistema radicular das plantas, liberação de exsudados radiculares, lavagem de constituintes solúveis da planta pela água da chuva e transformação desses materiais carbonados pelos macro e microrganismos do solo (SILVA, 2007).

Na profundidade de 20-40 cm a altura de manejo do pastejo de 25 cm proporcionou estoque de carbono semelhante a mata nativa. Os menores valores (p<0,05) foram verificados para as alturas de 35 e 45 cm quando comparadas a mata nativa (figura 7). O manejo do pastejo, por resultar em diferentes quantidades de massa de forragem e nutrientes reciclados, podem aportar diferentes quantidades de carbono ao solo (CARVALHO *et al*., 2010). Avaliando diferentes intensidades de pastejo, DERNER *et al*. (2006) observaram um aumento na razão raiz/parte aérea e biomassa total de raízes finas no pastejo moderado, o que levou a um aumento de 31% no estoque COS. PRINGLE *et al*. (2014) avaliaram experimento estabelecido com diferentes taxas de utilização das pastagens (10, 20, 30, 50 e 80%) durante 26 anos, e constataram que a utilização das pastagens superiores a 50% ocasiona decréscimo de carbono pelas raízes e, como consequência, leva a diminuição dos estoques de carbono orgânico no solo.

**Figura 7**. Estoques de carbono total, carbono da matéria orgânica particulada (C-MOP) e carbono associado aos minerais (C-MAM) (Mg ha-1) em profundidade nos diferentes sistemas de uso do solo na região da Zona da Mata, em Visconde do Rio Branco – MG.

Nas profundidades 0-10; 10-20; 20-40 e 60-100 cm o estoque de C-MAM foi significativamente maior na mata nativa em relação às alturas de manejo do pastejo de 25, 35 e 45 cm (Figura 7). Por não haver perturbação antrópica no solo do sistema estável mata nativa causando ruptura mecânica dos agregados, foi verificado incremento no estoque de C-MAM ao longo dos anos.

Na profundidade de 40-60 cm o estoque de C-MAM no manejo do pastejo de 25 cm não diferiu (p<0,05) da mata nativa. Os menores valores foram observados para altura de 35 e 45 cm, quando comprados a mata nativa.

Para o estoque de C-MOP não foi observado diferença significativa em nenhuma profundidade, o que não era esperado. Segundo CONCEIÇÃO *et al*. (2005), a fração C-MOP é a mais sujeita a mudanças resultantes do manejo do solo e, portanto, pode ser utilizada como indicador mais sensível da qualidade do solo.

* 1. **Estoques de Carbono orgânico total e nas frações particulada e associada aos minerais**

Observou-se que a mata nativa apresentou valores superiores (p<0,05) para o estoque de carbono total quando comparado aos demais tratamentos (Figura 8). Na profundidade de 0-100 cm, o estoque de carbono orgânico total na mata nativa foi 19, 29 e 27 % maior em relação às alturas de manejo do pastejo de 25, 35 e 45 cm, respectivamente. CERRI *et al*. (1996) avaliando a dinâmica do C após  
desmatamento e uso com pastagem, na região de Manaus, observaram diminuição de 20 a 30% no C total nos primeiros anos após o desmatamento. DON *et al*. (2011) observaram redução de 12% dos estoques de carbono do solo com a mudança de uso da terra de vegetação nativa para área de pastagem.

**Figura 8.** Estoque de carbono orgânico total, carbono da fração associada aos minerais e carbono da matéria orgânica particulada (Mg ha-1) na camada de 0-100 cm do solo em diferentes sistemas de uso do solo na região da Zona da Mata, em Visconde do Rio Branco – MG.

A maior parte do estoque de COT estava ligada a matéria orgânica associada aos minerais (MAM), sendo que a mata nativa foi 33, 36 e 33 % maior em relação às alturas de manejo do pastejo de 25, 35 e 45 cm, respectivamente. SCHIAVO *et al*. (2011) observaram que alterações no manejo de solos, por curto período de incorporação de resíduos, resultaram em pequenas alterações nos teores de matéria orgânica associada aos minerais do solo, o que pode ser atribuído ao avançado estágio de humificação da matéria orgânica, que se torna altamente estável. Outra explicação para o elevado estoque de carbono-MAM seria sua proteção física pela localização no interior dos microagregados menores que 53 µm (BAYER, 1996).

Não foi verificado diferença para o estoque de COT associada à matéria orgânica particulada (MOP) (figura 8).

# CONCLUSÃO

As diferentes alturas de manejo do pastejo não proporcionaram incrementos nos teores e estoque de carbono orgânico no solo em curto período.

# REFERÊNCIAS

BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos**. 1996. 241p. Tese (Doutorado)‑ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BAYER, C., MARTIN-NETO, L., MIELNICZUK, J., PAVINATO, A., 2004. Armazenamento de carbono em frac¸o˜es la´beis da mate´ ria orgaˆnica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agro. Brasil**. 39, 677–683.

BONATO, J. A.; HENKES, J.A. O sequestro de carbono (co2) proporcionado pelo sistema silvipastoril, com ênfase no aumento da renda familiar, com integração das atividades de lavouras e pecuária e a produção da madeira, carne e leite. **R. gest. sust. ambient., Florianópolis**, v.2, n.1, p. 222-249. abr. /set. 2013.

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

CARVALHO, J.L.N.; CERRI, C.E.P.; FEIGEL, B.J.; PICCOLO, M.C.; GODINHO, V.P.; CERRI, C.C. Carbon sequestration in agricultural soils in the Cerrado region of the Brazil Amazon. **Soil and Tillage Research**, v. 103, p.342-349, 2009.

CARVALHO, JOÃO LUÍS NUNES et al. Impact of pasture, agriculture and crop-livestock systems on soil C stocks in Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 110, n. 1, p. 175-186, 2010.

CARVALHO, P.C. de F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A. de; SOUZA, E.D. de; SULC, R.M.; LANG, C.R.; FLORES, J.P.; LOPES, M.L.T.; SILVA, J.L. da; CONTE, O.; WESP, C. de L.; LEVIEN, R.; FONTANELI, C.B. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.88, p.259-273, 2010.

CASTRO FILHO, C.; VIEIRA, M. J.; CASÃO JÚNIOR, R. Tillage methods and soil and water conservation in southern Brazil. **Soil Tillage**, Amsterdam, v. 20, p. 271-283, 1991.

CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; MAIA, S. M. F.; CERRI, C. E. P.; COSTA JÚNIOR, C.; FEIGL, B. J.; FRAZÃO, L. A.; MELLO, F. F. C.; GALDOS, M. V.; MOREIRA, C. S.; CARVALHO, J. L. N. Greenhouse gas mitigation options in Brazil for land-use change, livestock and agriculture. **Scientia Agricola**, v.67, p.102-116, 2010.

CERRI, C.C.; BERNOUX, M.; VOLKOFF, B. & MORAES, J.L. Dinâmica do carbono nos solos da Amazônia. In: ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.F. & FONTES, M.P.F. Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentável. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 1996. p.61-69.

CHIZZOTTI, F. M.; PIMENTEL, R. M. Sequestro de carbono em pastagens. In: II SIMPASTO, **Atualizações em manejo e produção de pastagem**, 2015, São João Del-Rei, Anais... São João Del-Rei: UFSJ, p.179-198, 2015.

CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.777-788, 2005.

DERNER, J. D.; BOUTTON, T. W.; BRISKE, D. D. Grazing and ecosystem carbon storange in the North American Great Plains. **Plant and Soil**, v. 280, n. 1-2, p. 77-90, 2006.

DON, A.; SCHUMACHER, J.; FREIBAUER, A. Impact of tropical land‐use change on soil organic carbon stocks–a meta‐analysis. **Global Change Biology**, vol. 17, no 4, p. 1658-1670, 2011.

DUBOIS, J. C. L. Alternativas agroflorestais para a recuperação de solo degradados na região Norte do país. In: SIMPÓSIO NACIONAL DA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1992, Curitiba. **Anais… Curitiba**: UFPR, p.107-125, 1992.

DURR, P.A.; RANGEL, J. The response of Panicum maximum to a simulated subcanopy environment. I. Soil x shade interaction. **Tropical Grasslands**, v.34, p.110-117, 2000.

FRANZLUEBBERS, A. J.; STUEDEMANN, J. A. Soil-profile organic carbon and total nitrogen during 12 years of pasture management in the Southern Piedmont USA. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 129, n.1, p. 28-36, 2009.

FREDDI OS, CENTURION JF, BEUTLER AN, ARATANI RG & LEONEL CL (2007) Compactação do solo no crescimento radicular e produtividade da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31:627-636.

FREIXO, A.; MACHADO, P.L.O.A.; GUIMARÃES, C.M.; DIAS, C.A. & FADIGAS, F. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26:425- 434, 2002.

GARCIA, R; QUEIROZ, D. S. Manejo do rebanho em Sistema Silvipastoris. **Informe Agropecuário**, v. 33, p. 92, 2012.

GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A.; HUAMAN, C.A.M. *et al*. Fotossíntese, reservas orgânicas e rebrota do capim-mombaça (Panicum maximum Jacp.) sob diferentes intensidades de desfolha do perfilho principal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.2165-2175, 2002.

KLEIN VA, LIBARDI PL & SILVA AP (1998) Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes condições de densidade e teor de água. **Engenharia Agrícola**, 18:45-54.

LAL, R. 2005a Forest soils and carbon sequestration. **Forest Ecol. Manage**. 220, 242–258.

LIMA, M. A.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J.; ALMEIDA, P. L.; URQUIAGA, S. Estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira. **3. ed. revista Brasília**, DF: Embrapa, 2015.

MACEDO, R. L. G. Sistemas agroflorestais com leguminosas arbóreas para recuperar áreas degradadas por atividades agropecuárias. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, Curitiba, **Anais... Curitiba**: UFPR, 1992. p.288-297, 1992.

MCNALLY, SAMUEL RAE *et al*. Root carbon inputs under moderately diverse sward and conventional ryegrass-clover pasture: implications for soil carbon sequestration. **Plant and Soil**, p. 1-11, 2015.

MCSHERRY, MEGAN E.; RITCHIE, MARK E. Effects of grazing on grassland soil carbon: a global review. **Global Change Biology**, v. 19, n. 5, p. 1347-1357, 2013.

MEIRELLES, P. R. L; MOCHIUTTI, S. Formação de pastagens com capim marandu (*brachiaria brizantha cv marandu*) nos cerrados do amapá. Embrapa: **Recomendações técnicas** nº 07, nov./99, p.1-3.

PACIULLO, D.S.C.; CASTRO, C. R.T; GOMIDE, C. A. M; FERNANDES, P. B; ROCHA, W. S. D; MÜLLER, M. D; ROSSIELLO, R. O. P. Soil bulk density and biomass partitioning of Brachiaria decumbens in a silvopastoral system. **Sci. Agric**. (Piracicaba, Braz.), v.67, n.5, p.598-603, September/October 2010

PIÑEIRO, Gervasio *et al*. Pathways of grazing effects on soil organic carbon and nitrogen. **Rangeland Ecology & Management**, v. 63, n. 1, p. 109-119, 2010.

PRINGLE, M. J. *et al*. The effect of pasture utilization rate on stocks of soil organic carbon and total nitrogen in a semi-arid tropical grassland. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 195, p. 83-90, 2014.

SCHIAVO, J. A.; ROSSET, J. S.; PEREIRA, M. G.; SALTON, J. C. Índice de manejo de carbono e atributos químicos de Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1332-1338, 2011.

SILVA, A. S.; SILVA, I. F.; BANDEIRA, L. B.; DIAS, B. O; NETO, L. F. Argila e matéria orgânica e seus efeitos na agregação em diferentes usos do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.10, p.1783-1789, out, 2014.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). Fertilidade do solo. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 1017p, 2007.

SOLOS, Embrapa. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 1997.

SOUZA ED, COSTA SEVGA, LIMA CVS *et al* (2008) Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistemas de integração agricultura-pecuária submetidos a intensidades de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 32:1273–1283, 2008.

SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G. de A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C. de F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. Estoques 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**, Viçosa. v.33, p.1829-1836, 2009.

TIESSEN, H.; STEWART, J. W. B.; BETTANY, J.R. Cultivation effects on the amounts and concentration of carbon, nitrogen, and phosphorus in grassland soils. **Agronomy Journal**, v.74, p.831-835, 1982.

TSUKAMOTO FILHO, A. A.; COUTO, L.; NEVES, J. C. L. Fixação de carbono em um sistema agrissilvipastoril com eucalipto na região do cerrado de Minas Gerais. **Agrossilvicultura**, Viçosa, MG, v.1, n.1, 2004.

VEZZANI, F. M. & MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de ciência do Solo**, v.35, p.213-223, 2011.

WANDELLI, E. V.; PERIN, R.; SOUSA, S. G. **Sistemas agroflorestais**: uma alternativa para recuperação de áreas degradadas na Amazônia Ocidental. In:SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3. 1997, Ouro Preto. Trabalhos voluntários: Resumos, Ouro Preto: SOBRADE: UFV, p.488-493, 1997.

ZINN, Y. L.; LAL, R; RESCK, D. VS. Texture and organic carbon relations described by a profile pedotransfer function for Brazilian Cerrado soils. **Geoderma**, v. 127, n. 1, p. 168-173, 2005.