

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**VARIAÇÕES NAS FRAÇÕES LÁBEIS DA
MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO NO
PROCESSO DE RECUPERAÇÃO DE
PASTAGEM DEGRADADA**

GUSTAVO PAVAN ZAFALON

GUSTAVO PAVAN ZAFALON

**VARIAÇÕES NAS FRAÇÕES LÁBEIS DA
MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO NO
PROCESSO DE RECUPERAÇÃO DE
PASTAGEM DEGRADADA**

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. CÍCERO CÉLIO DE FIGUEIREDO

Brasília, DF

Dezembro de 2015

FICHA CATALOGRÁFICA

ZAFALON, Gustavo Pavan

“VARIACÕES NAS FRAÇÕES LÁBEIS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO NO PROCESSO DE RECUPERAÇÃO DE PASTAGEM DEGRADADA”. Orientação: Cícero Célio de Figueiredo, Brasília 2015. 41 páginas

Monografia de Graduação (G) – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2015.

1. Carbono lábil 2. Carbono da biomassa microbiana 3. Integração lavoura-pecuária

I. Figueiredo, C.C.de. II. Drº.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ZAFALON, G.P. Variações nas frações lábeis da matéria orgânica do solo no processo de recuperação de pastagem degradada. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2015, 41 páginas. Monografia.

CESSÃO DE DIREITOS

Nome do Autor: GUSTAVO PAVAN ZAFALON

Título da Monografia de Conclusão de Curso: Alterações nas frações lábeis da matéria orgânica do solo no processo de recuperação de pastagem degradada.

Grau: 3º **Ano:** 2015

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

GUSTAVO PAVAN ZAFALON

CPF: 010.794.782.05

SMPW Quadra 16 Conjunto 1 Lote 2 Casa H

CEP: 71.741.601, Park Way, Brasília, DF, Brasil

(61) 96583142 / email: gustavopavanzafalon@gmail.com

GUSTAVO PAVAN ZAFALON

VARIAÇÕES NAS FRAÇÕES LÁBEIS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO NO PROCESSO DE RECUPERAÇÃO DE PASTAGEM DEGRADADA

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. CÍCERO CÉLIO DE FIGUEIREDO

BANCA EXAMINADORA:

Cícero Célio de Figueiredo

Doutor, Universidade de Brasília – UnB

Orientador / email: cicerocf@unb.br

Gilberto Gonçalves Leite

PhD, Universidade de Brasília – UnB

Examinador / email: gleite@unb.br

Larissa Gomes Araújo

Mestre, Universidade de Brasília – UnB

Examinadora / email: lga.agro@gmail.com

Dedico este trabalho aos meus pais Carlos Zafalon e Marcia Aparecida Pavan Zafalon, exemplos de vida e a todos que contribuíram de alguma forma para minha formação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por sempre estar presente, me concedendo bênçãos e me conduzindo ao caminho correto.

Aos meus pais Carlos Zafalon e Marcia Aparecida Pavan Zafalon, fontes de inspiração e por todos os ensinamentos e dedicação realizados para minha formação.

Aos meus tios Jesuino e Maria Aparecida, em especial, por serem um segundo pai e mãe me amparando e sempre me apoiando.

A toda minha família que sempre estiveram ao meu lado me dando forças em todos os momentos da vida.

A minha namorada Lorena Lenzi, porto seguro e que durante toda minha graduação me ajudou nos momentos mais difíceis, dando força e motivação para lutar e alcançar meus objetivos.

Agradeço ao professor Dr. Cícero Célio de Figueiredo pelo imensurável apoio, paciência e dedicação durante a realização deste trabalho e pela contribuição ao meu crescimento pessoal e profissional.

A toda equipe do Laboratório de Estudos da Matéria Orgânica do Solo em destaque Túlio Moreira, Thiago Evangelista, Helen Cristina que participaram diretamente na execução do trabalho.

Aos amigos adquiridos dentro da Universidade de Brasília, que certamente contribuíram de alguma forma e a toda equipe docente da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária por todos os ensinamentos passados nos últimos anos.

Muito obrigado!

“A grande conquista é o resultado de pequenas vitórias que passam despercebidas”

Paulo Coelho

ZAFALON, GUSTAVO PAVAN. **Variações nas frações lábeis da matéria orgânica do solo no processo de recuperação de pastagem degradada.** 2015. Monografia (Bacharelado em Agronomia). Universidade de Brasília – UnB.

RESUMO

A integração lavoura-pecuária é um sistema que vem sendo utilizado no Brasil como alternativa de uso sustentável do solo e como estratégia para a recuperação de pastagens degradadas. O acúmulo de matéria orgânica é uma das grandes vantagens desse sistema. No entanto, ainda há carência de informação sobre as alterações de curto-prazo promovidas por este sistema nas frações lábeis da matéria orgânica do solo. Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da implantação de sistema de integração lavoura-pecuária sobre frações lábeis da matéria orgânica do solo. O estudo foi realizado na área experimental da “Fazenda Água Limpa” da Universidade de Brasília. Em duas áreas de 1 ha cada que se encontravam em avançado processo de degradação foram implantados os consórcios de milho com espécies forrageiras no ano de 2012. A partir deste ano em uma das áreas foi utilizada a gramínea forrageira *Panicum maximum* cv. Aruana e na outra a forrageira *Panicum maximum* cv. Massai, ambas em consórcio com o milho. Amostras de solos foram coletadas nessas áreas antes da implantação do experimento (outubro de 2012) e em março de 2014, nas profundidades de 0-10; 10-20 e 20-40 cm. Foram obtidos os seguintes teores de carbono da matéria orgânica: carbono lábil (CL), carbono da biomassa microbiana (CBM) e carbono orgânico total (COT). A comparação entre as áreas antes e após a recuperação foi realizada por ANOVA e teste de comparação de médias (LSD; $p < 0,05$). O carbono lábil representou a fração mais sensível para expressar as mudanças na matéria orgânica causadas pela recuperação de área degradada com o uso de consórcio com milho. Apesar do pouco tempo de recuperação da pastagem, o uso do consórcio de milho com forrageiras de *Panicum maximum* mostrou-se uma opção adequada para elevar os teores de matéria orgânica com reflexos na melhoria da qualidade do solo.

Palavras-chave: carbono lábil, carbono da biomassa microbiana, integração lavoura-pecuária.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação esquemática da dinâmica do carbono no sistema de produção envolvendo lavoura e pecuária (Salton et al., 2005).....	19
Figura 2. Vista aérea da área com indicação da área experimental do centro de manejo de ovinos e das áreas de estudo antes da implementação 02/10/2012	21
Figura 3. Vista aérea da área de estudo após a implementação do sistema e recuperação da pastagem 20/04/2014 (Fonte: Google Earth).....	21
Figura 4 Trado utilizado para coleta de solo (A); Coleta de solo (B).	24
Figura 5. Pontos de coleta de amostras na linha e nas entrelinhas de plantio	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Precipitação pluviométrica e temperatura média (2012-2014).....	22
Tabela 2 Caracterização química do Latossolo Vermelho Distrófico (LVd).....	23
Tabela 3. Carbono da biomassa microbiana do solo (CBM), carbono orgânico total (COT) e carbono lábil (CL), em diferentes profundidades, em área sob consórcio de milho com <i>Panicum maximum</i> cv. Aruana.....	27
Tabela 4. Carbono da biomassa microbiana do solo (CBM), carbono orgânico total (COT) e carbono lábil (CL), em diferentes profundidades, em área sob consórcio de milho com <i>Panicum maximum</i> cv. Massai	28

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	12
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1.	Pastagens degradadas no Cerrado.....	14
2.2.	Sistemas de manejo utilizados na recuperação de pastagens degradadas	16
2.3.	Integração lavoura pecuária.....	17
2.4.	Alteração da matéria orgânica do solo sob ILP.....	18
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1.	Descrição do experimento	21
3.2.	Amostragem e caracterização do solo	23
3.3.	Carbono da biomassa microbiana.....	25
3.4.	Carbono lábil	25
3.5.	Carbono Orgânico Total	26
3.6.	Análises Estatísticas	26
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1.	Efeitos Gerais	27
4.2.	Efeitos no Carbono da Biomassa Microbiana	28
4.3.	Carbono Lábil.....	29
4.4.	Carbono Orgânico Total	29
5.	CONCLUSÕES.....	31
6.	REFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos 30 anos, o Cerrado foi o bioma que mais sofreu com a conversão de terras para o uso de produção agropecuária (Balbino et al., 2011). Entretanto, apesar dos impactos da conversão de áreas naturais para agricultura, o bioma tem se tornado a principal área de produção de carne e grãos do país, que segundo o último senso agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006) conta com uma área agricultável de 139 milhões de hectares, sendo que 61 milhões de hectares são ocupados por pastagens.

O modelo atual no qual se encontra a exploração pecuária na região Centro Oeste do Brasil predispõe à degradação de pastagens e a processos erosivos do solo. Estimativas citadas indicam que cerca de 50% de um total aproximado de 50 milhões de hectares de pastagens implantadas no Brasil Central encontram-se degradadas, ou com algum grau de degradação (Dias-Filho, 2007).

Os possíveis riscos ambientais decorrentes da intensificação da agricultura, bem como a baixa sustentabilidade da pecuária nas diferentes regiões brasileiras, conduzem à busca por sistemas de produção em bases sustentáveis. O manejo do solo por meio do uso de práticas conservacionistas, como a integração-lavoura-pecuária (ILP) e o sistema de plantio direto (SPD), é indispensável para que o Cerrado mantenha os níveis de produtividades com o mínimo impacto ambiental. Nesse cenário, a elevação dos teores de matéria orgânica do solo (MOS) e a melhoria da qualidade física do solo, com a introdução das pastagens em áreas agrícolas com níveis adequados de fertilidade, demonstram o potencial da ILP para reduzir o impacto ambiental das atividades produtivas, reduzindo as emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) (Balbino et al., 2011).

A matéria orgânica (MO) é de fundamental importância para os solos agrícolas, principalmente nas regiões tropicais onde predominam solos altamente intemperizados e de baixa fertilidade natural (Figueiredo, 2009). Nos solos do Cerrado a contribuição da MOS é um componente-chave para elevar a capacidade de troca catiônica (CTC), já que nestes solos predominam argilas de baixa atividade, composta basicamente por caulinita, gibsitita e óxidos de ferro e alumínio (Adamoli et al., 1986).

Os teores de matéria orgânica particulada e fração leve constituem a fração lábil da MO e são indicadores sensíveis a alterações por práticas agrícolas, portanto tem sido comumente utilizados para avaliar alterações de C no solo a curto e médio prazo (Lima et al., 2008; Campos et al., 2011).

Ainda são poucos os trabalhos na região do Cerrado que quantifiquem as variações na matéria orgânica lábil em curto prazo durante os estágios iniciais de recuperação de pastagem degradada com o uso da integração lavoura-pecuária.

Sendo assim o presente trabalho teve por objetivo avaliar as alterações das frações lábeis da matéria orgânica do solo na fase inicial de recuperação de pastagem degradada pelo uso da integração lavoura pecuária.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Pastagens degradadas no Cerrado

O bioma Cerrado conta com uma área territorial de 204,7 milhões de hectares (Sano et al 2008), sendo que 53,3 milhões de hectares são destinados a pastagens cultivadas (Embrapa, 2014). A grande maioria das pastagens cultivadas foi estabelecida em solos ácidos e de baixa fertilidade, deficientes principalmente em fósforo, cálcio e magnésio (Zimmer et al., 2011). As gramíneas forrageiras cultivadas mais importantes introduzidas e que estão sendo usadas pelos pecuaristas foram originadas da África e pertencem aos gêneros *Brachiaria*, *Panicum* e *Andropogon* (Macedo, 2005; Macedo et al., 2013).

Com o grande impulso na exploração da pecuária de corte no Brasil a fronteira agrícola foi ampliada consideravelmente. A substituição de pastagens nativas por pastagens cultivadas até os anos de 1970 foi de grande importância especialmente para o bioma Cerrado (Zimmer et al., 2011). Até o início da década de 1990 estimou-se que mais de 50% das pastagens cultivadas pertenciam ao gênero *Brachiaria* evidenciado a sua grande adaptação no Brasil (Macedo, 2005; Macedo et al., 2013).

Atualmente as gramíneas do gênero *Brachiaria* ainda continuam ocupando maior destaque, com estimativas de área plantada em torno de 85% seguidos de 12% por *Panicum maximum* e o restante composto por outros gêneros (Macedo et al. 2013). Esse vislumbre maior por forrageiras do gênero *Brachiaria* é pelo fato de que espécies desse gênero não são tão exigentes em fertilidade para produzirem consideravelmente, justificando sua grande aceitabilidade (Peron & Evangelista, 2004). Forrageiras do gênero *Brachiaria* e *Panicum* podem ser utilizadas como produtora de palha ou de forragem durante o período seco no cerrado (Machado & Assis, 2010). A utilização de espécies de *Panicum maximum* como cobertura de solo no período de entressafra no Cerrado é bastante promissor, seja para pastagem ou cobertura de solo, pois esta espécie se desenvolve em ambiente desfavorável para maioria das culturas além de apresentar sistema radicular vigoroso e profundo tolerando deficiência hídrica (Barducci et al., 2009; Correia & Perussi, 2015).

No período que corresponde de 1970 a 2010, os dados indicam que a área total de pastagens cultivadas no Brasil cresceu apenas 12% com relação ao crescimento do rebanho que foi em torno de 215% (Zimmer et al., 2012).

O modelo de exploração extrativista por grande parte dos pecuaristas juntamente com o manejo inadequado do sistema solo-planta-animal predispõe a degradação das pastagens e amplificam impactos negativos sobre o ambiente como compactação do solo, erosão, assoreamento de rios e etc. (Martha Jr. et al., 2006; Barcellos et al., 2008). E segundo Zimmer et al. (2011) entre as principais causas de degradação de pastagens é sem sombra de dúvida o excesso de lotação e a falta de reposição de nutrientes.

Em um recente estudo realizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), foi verificado que cerca 60% do total de pastagens plantadas no bioma Cerrado encontram-se degradadas, o que corresponde a 32 milhões de hectares (Embrapa, 2014).

Por ser um fenômeno complexo e evolutivo o processo de degradação de pastagens envolve causas e consequências que podem levar a gradativa diminuição da capacidade de suporte da pastagem como: perda de vigor, perda de produtividade, perda da capacidade de recuperação natural e perda da qualidade nutritiva exigida pelos animais (Dias-Filho, 2011; Macedo et al., 2014).

No Cerrado, esse fenômeno tem sido reportado como causa importante de prejuízos econômicos e ambientais. Todavia nesses locais a degradação de pastagem está diretamente associada à baixa produtividade pecuária e ao aumento do desmatamento (Dias-Filho, 2011).

Entre os fatores que explicam a degradação de pastagem na região, destaca a baixa fertilidade do solo e principalmente a acidez do solo (Vilela et al., 2011). Porém há outros fatores que sempre devem ser considerados, tais como: espécies ou cultivares de forrageiras inadequadas às condições de clima, solo e nível de tecnologia adotado; uso de semente de baixa qualidade; semeadura insuficiente; preparo do solo e técnica de plantio inadequado e ausência em práticas conservacionistas (Kichel et al., 2012).

Em meio aos grandes investimentos necessários para a formação, recuperação e reforma de pastagens, têm-se buscado diversas alternativas que visam à diminuição desses investimentos e proporcionam maiores lucros ao produtor (Macedo, 2009). Dentro desse contexto a ILP tem se tornado opção vantajosa, beneficiando duas atividades de importância econômica, ou seja, a produção de grãos e a pecuária, proporcionando ganhos mútuos ao produtor, principalmente nas regiões do bioma Cerrado (Landers, 2007).

2.2. Sistemas de manejo utilizados na recuperação de pastagens degradadas

Como a deposição de resíduos no solo por meio das culturas comerciais na maioria das vezes é insuficiente para uma correta cobertura do solo, faz-se necessário a introdução de plantas que são capazes de produzir grande quantidade de biomassa, principalmente no período seco/inverno (Borghetti & Crusciol, 2007; Oliveira et al., 2014). Todavia, em regiões que durante o inverno a predominância é por baixa disponibilidade hídrica e rápida decomposição da palhada como é observado no Cerrado, são fatores que limitam e dificultam a manutenção da palha por maiores períodos. Associado a isso, tem-se a grande probabilidade de insucesso das culturas safrinhas (Pacheco et al., 2011; Nascente & Crusciol, 2012).

A inclusão da agricultura por meio de culturas anuais em áreas de pastagem é uma forma de amortizar os custos e viabilizar economicamente a recuperação de pastagens, além de diminuir a pressão por novas áreas (Vilela et al., 2011). Segundo Loss et al. (2011) este sistema promove melhoria principalmente na parte física e química do solo que resulta na maior estabilidade dos agregados, aumento da macroporosidade e capacidade de infiltração de água no solo. Tais melhorias ocorrem pela grande deposição de palhada e raízes no perfil do solo contribuindo para o aumento nos teores de carbono no solo.

Estudos indicam que o uso de gramíneas em sucessão com culturas anuais possibilitam maiores acúmulos de carbono no solo e também conferem maior agregação, pois a quantidade de material aportado pelas gramíneas é geralmente maior quando comparado ao das culturas (Nunes et al., 2011).

O plantio direto quando associado ao uso de forrageira expressa capacidade de sequestrar e estocar carbono no perfil do solo, além de ser considerado como uma alternativa sustentável para a mitigação das emissões de CO₂ (Campos et al., 2013). Neste sistema os maiores teores de C no solo são devidos ao uso de cobertura morta e a ausência de revolvimento no solo. Estas práticas auxiliam na manutenção da umidade do solo e evitam o contato direto dos raios solares com o mesmo, diminuindo a temperatura da camada superficial do solo e conseqüentemente a mineralização da MOS. Padrão que se mostra contrário no PC, confirmando os efeitos negativos das práticas de manejo como aração e gradagem (Loss et al., 2009; Loss, 2011).

Alternativa promissora que vem sendo adotada é a utilização do consórcio entre leguminosas e gramíneas. Segundo Carvalho & Pires. (2008) leguminosas forrageiras podem ser utilizadas como opção na melhoria de pastagens cultivadas em regiões tropicais, no qual

se destaca o aporte extra de nitrogênio ao solo, proveniente da fixação biológica de nitrogênio pela leguminosa, proporcionando melhorias para qualidade da pastagem, valor nutritivo e incrementos na produção animal.

2.3. Integração lavoura pecuária

Entre os vários sistemas integrados de produção, o que vem apresentando maior destaque é a integração lavoura-pecuária juntamente com a integração-lavoura-pecuária-floresta (ILPF), definida por (Kichel, 2012) como sendo a produção sustentável de carne, leite, grãos, fibra, energia e produtos florestais respectivamente, dentre outros, na mesma área, em plantio consorciado, em sucessão ou rotacionado, buscando efeitos sinérgicos e potencializadores entre os componentes envolvidos naquele agroecossistema. Portanto possui como objetivo maximizar a utilização dos ciclos biológicos das plantas, animais, e seus respectivos resíduos, assim como efeitos residuais de corretivos e nutrientes.

Como potencializador na recuperação de pastagem degradada, o sistema ILP consiste no plantio de culturas anuais nessas áreas de forma que haja um sistema de rotação ou consórcio com espécies forrageiras (Dias-filho, 2011). Diversos sistemas estão sendo modulados no Cerrado conforme os objetivos e o perfil da propriedade. Esta variação nos sistemas pode ser atribuída às particularidades regionais, da fazenda e do produtor, como condições edafoclimáticas, infraestrutura, experiência e tecnologia disponível (Vilela et al., 2011).

A ILP praticada sob SPD constitui uma das melhores alternativas na condução de sistemas agrícolas que presumem sustentabilidade, sendo capaz de resultar em diversidade de produção, maiores retornos econômicos e melhorias das condições do solo com ênfase na ciclagem de nutrientes (Nascente et al., 2011; Crusciol et al., 2012).

Um dos diferenciais que o sistema ILP tem proporcionado é o rápido retorno parcial ou total do capital investido quando comparado a outros sistemas (Gimenez et al., 2009). Na literatura diversos trabalhos têm destacado as principais vantagens que este sistema pode oferecer tanto a agricultura quanto a pecuária tais como a produção de forragem em quantidade e qualidade, recuperação da produtividade das pastagens, melhoria da fertilidade do solo, economia na implantação de pastagens permanentes; melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo pelo acúmulo de matéria orgânica; produção de palhada para o SPD dentre outras (Carvalho et al., 2005; Townsend et al., 2009).

O efeito sinérgico entre pastagens e lavoura proporcionado por este sistema tem potencial para aumentar os estoques de carbono no solo, reduzir a emissão de GEE para a atmosfera, verticalizar a produção agropecuária, além de conferir sustentabilidade ao sistema de produção (Carvalho et al., 2009; Carvalho et al., 2010a).

A adoção de sistemas integrados tem sido aumentada consideravelmente nos últimos anos no Cerrado (Loss et al., 2011), que têm apresentado aumento considerável de acúmulo de carbono no solo (Salton et al., 2011; Carvalho et al., 2010b). Nicoloso et al. (2008) destacam que o solo sob ILP demonstra potencial para ser um dreno de C atmosférico, contribuindo assim para o aumento no estoque de carbono no solo. Segundo Zimmer et al. (2011) o sistema ILP principalmente com a utilização de forrageiras leguminosas em rotação, proporciona aumento nos teores de matéria orgânica e no sequestro de carbono no solo.

Diferentes estudos realizados na região do Cerrado têm demonstrado incremento nos estoques de carbono do solo. Gazolla et al. (2015) avaliando teor de carbono nas frações da MOS na região de Rio Verde e Montividiu - GO observaram maior incremento nas camadas superficiais nos teores de carbono do solo em sistema ILP sob plantio direto, quando comparados aos de área sob SPD sem ILP, Cerrado natural e pastagem.

2.4. Alteração da matéria orgânica do solo sob ILP

A matéria orgânica exerce papel fundamental sobre as características físicas, químicas e biológicas do solo, justificando assim o grande interesse por identificação de sistemas de uso e manejo que contribuam para o seu aumento, principalmente em solos tropicais (Rossi et al., 2012). Como os solos do Cerrado são compostos basicamente de argilas 1:1 com baixa atividade (caulinita, gibsitita e óxidos de ferro e alumínio), sua CTC depende quase que exclusivamente da MO (Adamoli et al., 1986). Em uma simples comparação, enquanto a caulinita que apresenta baixa CTC fornece de 3-5 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, a fração húmica da MOS por exemplo pode gerar em torno dos 1400 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ justificando sua importância (Singh et al., 1989). De acordo com dados apresentados por Sousa & Lobato (2004), a MOS corresponde entre 75 a 93 % da CTC gerada nos solos do Cerrado.

Práticas conservacionista como SPD e ILP podem influenciar na reversão da degradação do solo. Nesses sistemas a ausência de revolvimento do solo proporciona a manutenção de resíduos vegetais na superfície influenciando significativamente na MOS (Gazolla et al., 2015). Por outro lado, sistemas de preparo convencional do solo por gradagem

apresentam perdas expressivas nos estoques de MOS, quando comparados ao SPD (Leite et al., 2010; Teixeira et al., 2010).

O esquema a seguir demonstra um sistema misto de produção agropecuária, representando a dinâmica do carbono nas interações entre os componentes.

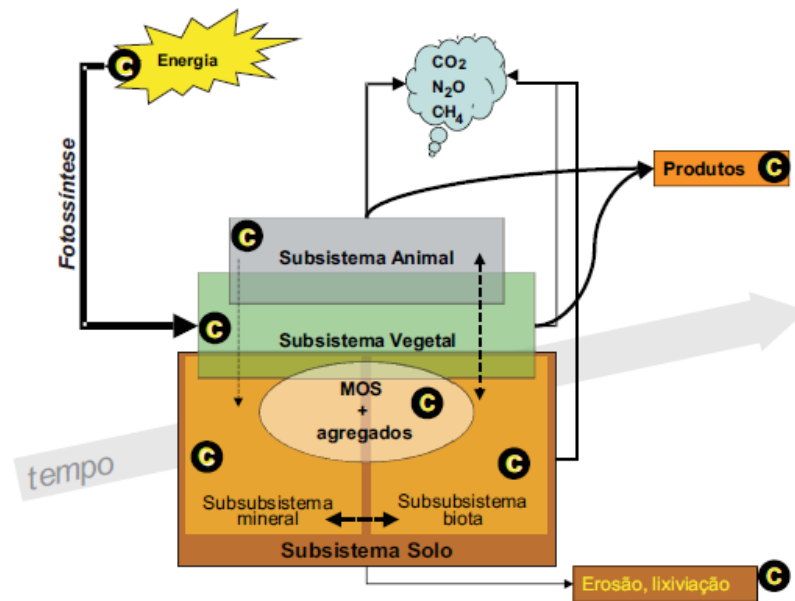


Figura 1. Representação esquemática da dinâmica do carbono no sistema de produção envolvendo lavoura e pecuária (Salton et al., 2005).

A MO é considerada o maior reservatório de C quando desprezadas as fontes fósseis, o que representa cerca de duas vezes as fontes de C atmosférico e da biomassa vegetal (Swift, 2001). No solo o carbono pode ser acumulado em frações lábeis (ativas) ou estáveis (complexas) da MO (Bayer et al., 2004; Passos et al., 2007).

Nos últimos anos, diversos estudos têm avaliado a dinâmica do carbono no solo, uma vez que esse elemento desempenha importante papel nos processos que envolvam mudanças climáticas (Carvalho et al., 2010b). Sistemas de manejo que são capazes de manter ou incrementar as frações de carbono no solo contribuem para o aumento na produção e na predisposição para mitigação de CO_2 atmosférico (Neto et al., 2009).

Avaliando teor e dinâmica do carbono sob diferentes sistemas de manejo, Salton et al. (2011) verificaram que em sistemas de pastagem permanente foi observada a maior taxa de acúmulo e o maior estoque de C no solo, enquanto que as menores taxas foram observadas em sistemas de lavoura sob plantio convencional. Porém no sistema ILP foram encontrados

resultados intermediários e satisfatórios mostrando-se uma opção adequada para alterar positivamente a MOS.

Diversos modelos têm sido apresentados para classificar MOS. De acordo com Theng (1987) a MOS é dividida em dois compartimentos: matéria orgânica viva e matéria orgânica morta. Sendo a fração viva composta por raízes (5-10%), fauna (15-30%) e microrganismos (60-80%). E a fração morta subdividida em matéria microrgânica (fração leve) que consiste de resíduos de plantas e animais em decomposição e húmus (fração complexa) que consiste de substâncias húmicas e não húmicas. Já Duxbury et al. (1989) descreve a MOS composta por quatro reservatórios. O reservatório biológico constituído pela macro e microfauna do solo. O reservatório lábil formado de materiais que estão prontamente disponíveis para decomposição pelos microrganismos. E os reservatórios fisicamente e quimicamente protegidos são dotados de mecanismos que os protegem da decomposição microbiana.

A fração lábil da MO é composta de resíduos de plantas e animais em decomposição, macro e microfauna edáfica, formas solúveis em água e biomassa microbiana, com tempo de residência que pode ser de semanas a meses. Em contrapartida a fração mais complexa da MO representada por substâncias húmicas (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e huminas), possuem estrutura molecular recalcitrantes e são fisicamente protegidas por complexos organominerais, o que as tornam resistentes a decomposição microbiana e podem residir no solo por milhares de anos (Silva & Mendonça, 2007; Santos et al., 2012).

O estudo de diferentes frações da matéria orgânica tem sido comumente usado para melhor avaliar a dinâmica da matéria orgânica no solo e sua relação com os diferentes sistemas de manejo. (Figueiredo et al., 2013). Entretanto, alterações na MO nem sempre podem ser verificadas em sistemas recém implantados (Roscoe & Buurman, 2003). Uma das alternativas em relação a esse problema, é o estudo da MO por meio das frações mais lábeis como o carbono lábil, carbono da biomassa microbiana e matéria orgânica particulada, que são as mais sensíveis para apresentar mudanças nos teores em função do uso do solo (Conceição et al., 2005).

Em um experimento de longo prazo sobre o estoque de carbono sob diferentes sistemas de preparo e rotação de culturas em um Latossolo Vermelho, Campos et al. (2011) concluíram que a matéria orgânica particulada foi um eficiente indicador de qualidade do solo por ser mais sensível às alterações no sistema de manejo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição do experimento

O presente estudo foi realizado em duas áreas (área 1 e área 2) localizadas no centro de manejo de ovinos (CMO), na Estação Experimental Fazenda Água Limpa, da Universidade de Brasília, localizada em Vargem Bonita, Brasília, DF de coordenadas (15° 56' 40'' S e 47° 55' 43'' W e altitude de 1.090m).

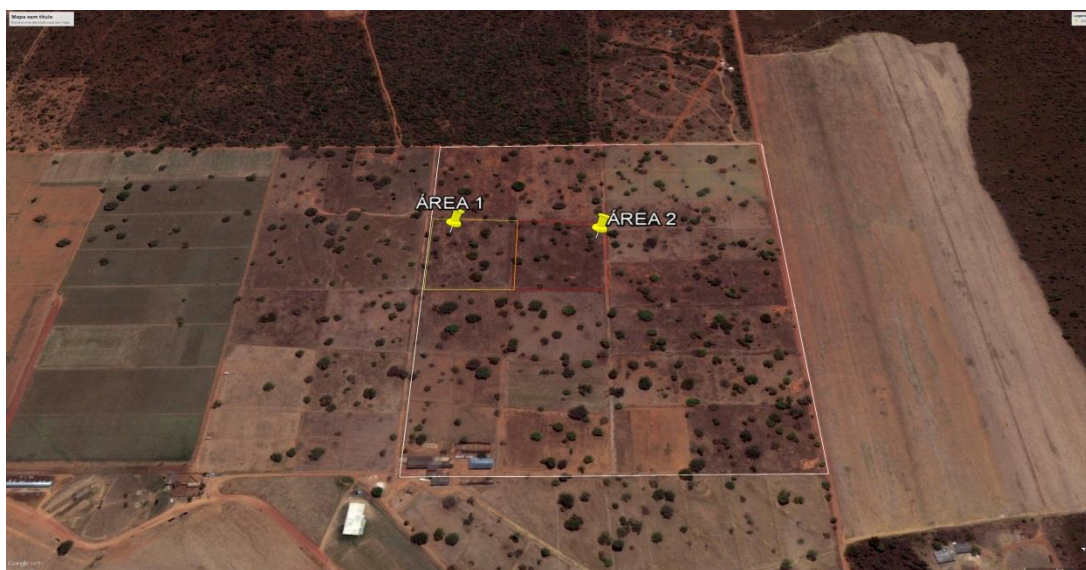


Figura 2. Vista aérea da área com indicação da área experimental do centro de manejo de ovinos e das áreas de estudo antes da implementação 02/10/2012



Figura 3. Vista aérea da área de estudo após a implementação do sistema e recuperação da pastagem 20/04/2014 (Fonte: Google Earth)

O experimento foi conduzido em um Latossolo Vermelho distrófico típico, com clima enquadrado segundo a classificação de Köppen como Aw típico tropical de savana e com estações de verão e inverno bem definidas: no verão prevalece o clima quente e chuvoso e no inverno seco e frio e possui precipitação média anual em 1600 mm. Os índices de precipitação pluviométrica e temperatura média, analisados durante o experimento (2012 a 2014) são apresentados na Tabela 01.

Tabela 1. Precipitação pluviométrica e temperatura média (2012 - 2014).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Precipitação pluviométrica (mm)												
2012	243,4	196,4	131,8	76,4	59,4	16,2	1,0	0,0	26,4	74,4	374,4	136,0
2013	368,8	128,2	196,2	132,8	36,2	3,2	0,0	0,0	27,2	160,8	207,2	297,4
2014	101,6	131,4	407,4	206,4	12,6	4,6	1,4	0,0	11,6	69,4	437,8	189,6
Temperatura média (°C)												
2012	20,35	20,75	21,13	21,23	18,42	18,71	17,62	18,61	21,53	22,20	21,37	21,75
2013	21,12	21,83	21,72	20,02	18,91	18,63	18,03	18,97	21,28	21,10	21,21	21,29
2014	21,15	20,99	20,73	20,85	18,81	17,64	17,10	18,86	22,02	21,96	21,44	20,89

As áreas selecionadas mediam aproximadamente 1,0 ha cada e encontravam-se em avançado processo de degradação (Figura 2). Antes do preparo do solo e da instalação dos sistemas de manejo, amostras de solo foram coletadas na camada arável de 0-20 cm a fim de determinar as propriedades químicas do solo. Após o preparo do solo realizado com arado de disco e grade niveladora e das devidas correções químicas (calagem e adubação corretiva), foi estabelecido o plantio da cultura do milho (*Zea mays*) em consórcio com gramíneas do gênero *Panicum maximum*. Na área 1 foi utilizado o consórcio milho + *Panicum maximum* cv. Aruana, e na área 2 o consórcio milho + *Panicum maximum* cv. Massai.

De acordo com os dados fornecidos pela análise química do solo (Tabela 02), foi recomendada calagem para ambas as áreas e foram aplicados 1,5 toneladas de calcário dolomítico (PRNT 100%). A aplicação foi realizada em dezembro de 2012 juntamente com 200 kg de P₂O₅ na forma de superfosfato simples para adubação corretiva sendo incorporado ao solo via grade niveladora. O plantio das gramíneas foi realizado em meados de janeiro de

2013 a uma taxa de semeadura de 10 kg/ha para cada área. Na segunda quinzena de janeiro foi realizado o plantio do milho híbrido Agroceres AG1051 no espaçamento de 90 cm entre linhas e com adubação de semeadura de 400kg/ha sendo composta por uma mistura de 335 kg do formulado 04-30-16 + 15 kg de uréia + 50 kg de cloreto de potássio. Trinta dias após o plantio foi realizada a contagem da população de plantas por metro linear para obtenção da densidade populacional de plantas. Nas áreas 1 e 2 foram contadas aproximadamente 6 plantas/metro linear totalizando 66.000 plantas/ha. A colheita do milho foi realizada em julho de 2013 e foram obtidas as seguintes produtividades: área 1 (Milho + *Panicum maximum* cv. Aruana) = 2.623 kg/ha e área 2 (Milho + *P. maximum* cv. Massai) = 2.425 kg/ha de grãos. Para a safra 2013/2014, foram repetidos os mesmos procedimentos para correção do solo, adubação e condução das culturas.

Tabela 2 Caracterização química do Latossolo Vermelho Distrófico (LVd).

Característica	Área 1	Área 2
Tipo de solo	LV	LV
pH em CaCl ₂	4,7	5,2
Al (cmolc dm ⁻³)	0,05	0,09
Ca (cmolc dm ⁻³)	2,31	2,56
Mg (cmolc dm ⁻³)	0,90	0,97
P-Mehlich (mg dm ⁻³)	1,08	1,35
K (mg dm ⁻³)	25	19
SB	3,27	3,58
V%	36,5	42,7

LV, Latossolo Vermelho distrófico; SB, Soma de Bases, V%, Saturação de Bases.

3.2. Amostragem e caracterização do solo

Amostras de solo foram coletadas nos dois experimentos antes da implantação do experimento (outubro de 2012) e em março de 2014 (na floração do milho), sendo efetuada a coleta em três camadas (0 a 10; 10 a 20 e 20-40 cm), com cinco repetições para cada experimento. Cada amostra composta foi formada de 15 sub-amostras: 5 pontos em cada parcela x 3 sub-amostras por ponto (uma na linha e 2 nas entrelinhas), para cada profundidade, conforme apresentado nas figuras 4 (A e B) e 5.



Figura 4 Trado utilizado para coleta de solo (A); Coleta de solo (B).



Figura 5. Pontos de coleta de amostras na linha e nas entrelinhas de plantio

3.3. Carbono da biomassa microbiana

Os teores de carbono da biomassa microbiana (CBM) foram determinados pelo método da irradiação-extração descrito por Ferreira et al. (1999). Foram pesados 20g de terra fina seca ao ar (TFSA), que foram colocados em frascos de vidro e utilizou-se o forno micro-ondas para a irradiação das amostras. O CBM foi extraído por uma solução de 80 mL K_2SO_4 0,5 mol L^{-1} , agitados em mesa agitadora a 180 rpm durante 30 minutos. A quantidade de CBM foi determinada pela diferença entre o carbono extraído das amostras de solo irradiadas e o das não irradiadas, usando-se o fator de correção (kc) de 0,33 determinado por (Mendonça & Matos, 2005).

3.4. Carbono lábil

O procedimento foi realizado segundo Blair et al. (1995), adaptado por Shang & Tiessen (1997), onde o carbono lábil (CL) é considerado como o C oxidável pela solução de $KMnO_4$ 0,033 mol L^{-1} . Para tanto, 1 grama de TFSA passado na peneira com malha de 0,5 mm foi colocado em tubos de centrífuga de 50 mL enrolados com papel alumínio para evitar a fotoxidação do permanganato. Foram adicionados 25 mL da solução de $KMnO_4$ 0,033 mol L^{-1} , agitados por 1 hora, e em seguida centrifugados por 5 minutos. Após centrifugação, 1 mL do sobrenadante foi pipetado em balões volumétricos de 250 mL, completando seu volume com água destilada. Após isso, foi feita a leitura em espectrofotômetro em comprimento de onda de 565 nm. Foi feita uma curva padrão para determinação do CL, a partir de uma solução contendo 0,00060 mol L^{-1} de $KMnO_4$. Para cada ponto da curva foram pipetadas em 5 balões de 100 mL quantidades correspondentes à: 13,3; 16,67; 18,67; 20,0; e 22,0 mL completando o volume com água destilada. A mudança na concentração de $KMnO_4$ foi usada para estimar a quantidade de carbono oxidado, assumindo que 1 mM MnO_4 é consumido ($MnVII + MnII$) na oxidação de 0,75 mmol ou 9 mg de carbono.

3.5. Carbono Orgânico Total

O COT foi determinado pela oxidação via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico, seguido da titulação com sulfato ferroso amoniacal sem aquecimento e sem fator de correção (Walkley & Black, 1934). Quinhentos miligramas de amostra de solo passado em peneira de malha 0,5mm foram pesados e colocados em erlenmeyer de 500 ml. Foram adicionados 10 ml de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) $0,167 \text{ mol L}^{-1}$ e 20 ml de ácido sulfúrico H_2SO_4 concentrado, agitando bem para garantir a homogeneização da mistura do solo com os reagentes. Após o repouso de 30 minutos adicionaram-se 200 ml de água destilada, 10 ml de H_3PO_4 concentrado e 1 ml de difenilamina 0,16%. A titulação foi feita com sulfato ferroso amoniacal $[(NH_4)_2 Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O]$ 1 mol L^{-1} , também chamado de Sal de Mohr. O cálculo do COT foi feito segundo Jackson (1970), como componente da matéria orgânica facilmente oxidável.

3.6. Análises Estatísticas

Os dados foram submetidos a análise de variância (Anova) e as médias, de cada profundidade, foram comparadas pelo teste LSD ($p < 0,05$). As análises foram realizadas por meio do software XLSTAT 2013 (Adinsoft, 2013).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Efeitos Gerais

Nas tabelas 2 e 3 são apresentados os teores de carbono da biomassa microbiana, carbono lábil e carbono orgânico total nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-40 cm nas áreas estudadas para a primeira e segunda coleta, respectivamente.

Na área sob consórcio de milho com *Panicum maximum* cv. Aruana, não foram verificados efeitos da ILP nos teores de CBM e COT, entretanto maior incremento de C até a profundidade de 20 cm para CBM e COT na área sob consórcio de milho com *Panicum maximum* cv. Massai. Esta diferença entre as áreas pode ser decorrente do maior aporte e decomposição de resíduos vegetais observados no *Panicum maximum* cv. Massai. Entretanto, para o CL tanto na área sob consórcio de milho com *Panicum maximum* cv. Aruana quanto na área sob consórcio de milho com *Panicum maximum* cv. Massai houve aumento dos teores de CL em todas as profundidades amostradas.

De maneira geral o maior incremento de carbono foi observado, no segundo ano de manejo. Isso demonstra os efeitos positivos da implantação da ILP para a recuperação de pastagens degradada, verificados em frações mais lábeis em curto prazo de adoção desse sistema; com reflexos na qualidade do solo.

Tabela 3. Carbono da biomassa microbiana do solo (CBM), carbono orgânico total (COT) e carbono lábil (CL), em diferentes profundidades, em área sob consórcio de milho com *Panicum maximum* cv. Aruana

	CBM (mg kg ⁻¹)	CL (g kg ⁻¹)	COT (g kg ⁻¹)
	----- 0-10 cm -----		
Ano 1*	222,2 a (1,17%)	1,23 b (6,5%)	19,0 a
Ano 2	221,5 a (1,15%)	2,55 a (13,2%)	19,3 a
	----- 10-20 cm -----		
Ano 1	180,9 a (0,98%)	1,04 b (5,6%)	18,5 a
Ano 2	195,5 a (0,99%)	2,52 a (12,8%)	19,7 a
	----- 20-40 cm -----		
Ano 1	139,2 a (0,83%)	0,70 b (4,2%)	16,8 a
Ano 2	138,0 a (0,80%)	1,99 a (11,6%)	17,2 a

* Ano 1: a área encontrava-se degradada (2012/2013); Ano 2: primeiro ano após a recuperação da pastagem (2013/2014). Médias seguidas por letras iguais na coluna em cada profundidade não apresentam diferenças estatística pelo teste LSD ($P < 0,05$). Porcentagens entre parêntesis representam a relação (CBM/COT) e (CL/COT).

Tabela 4. Carbono da biomassa microbiana do solo (CBM), carbono orgânico total (COT) e carbono lábil (CL), em diferentes profundidades, em área sob consórcio de milho com *Panicum maximum* cv. Massai

	CBM (mg kg ⁻¹)		CL (g kg ⁻¹)		COT (g kg ⁻¹)
----- 0-10 cm -----					
Ano 1*	239,2	a (1,27%)	1,21	b (6,4%)	18,9
Ano 2	245,3	a (1,19%)	2,63	a (12,8%)	20,6
----- 10-20 cm -----					
Ano 1	135,2	b (0,75%)	0,95	b (5,2%)	18,1
Ano 2	211,2	a (1,09%)	2,05	a (10,6%)	19,4
----- 20-40 cm -----					
Ano 1	136,0	a (0,91%)	0,66	b (4,4%)	14,9
Ano 2	150,6	a (0,96%)	1,70	a (11,2%)	15,2

* Ano 1: a área encontrava-se degradada (2012/2013); Ano 2: primeiro ano após a recuperação da pastagem (2013/2014). Médias seguidas por letras iguais na coluna em cada profundidade não apresentam diferenças estatística pelo teste LSD ($P < 0,05$). Porcentagens entre parêntesis representam a relação (CBM/COT) e (CL/COT).

4.2. Efeitos no Carbono da Biomassa Microbiana

Os teores de carbono da biomassa microbiana variaram de 135,2 mg kg⁻¹ a 245,3 2 mg kg⁻¹ (Tabela 2 e 3). Houve diferença significativa entre as coletas apenas na camada de 10-20 cm na área sob consórcio de milho com *Panicum maximum* cv. Massai. O maior teor de CBM na segunda coleta pode estar relacionado ao incremento de carbono pelos resíduos culturais das culturas (milho e capins) que são a fonte principal para o crescimento da população microbiana, (D'Andrea et al., 2002; Souza et al., 2006; Dos Santos Alves et al., 2011). Matias et al. (2009) avaliando biomassa microbiana e estoques de C e N sob diferentes sistemas de manejo nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm observaram maiores teores no SPD em relação aos demais, fato este que se deve ao aporte de biomassa gerada pelo milho e pela soja como fonte de C e energia para a população microbiana e promovendo assim maiores

conteúdos de carbono microbiano. Avaliando indicadores de qualidade do solo em instalação de pastagem e sistemas de manejo agrícola em área de cerrado nativo D'Andrea et al. (2002), constataram redução nos teores de CBM na camada superficial do solo. Contrariamente, Carneiro et al. (2008) avaliando a qualidade do solo em diferentes sistemas de pastagens cultivadas e nativas em relação a florestas nativas, relataram um incremento de quase 50% no teor de CBM em ambiente de *Brachiaria decumbens* sob ILP em relação ao cerrado nativo.

4.3. Carbono Lábil

Os teores de CL foram incrementados em todas as profundidades analisadas, após o primeiro ano de implantação do sistema ILP em ambas as áreas avaliadas. Para área sob consórcio de milho com *Panicum maximum* cv. Aruana o CL variou de 1,23 a 2,55 g kg⁻¹ de 0-10 cm, 1,04 a 2,52 g kg⁻¹ de 10-20 cm e 0,70 a 1,99 g kg⁻¹ de 20-40 cm contabilizando um aumento no teor desta fração de 108%, 143% e 185% respectivamente. Já para área sob consórcio de milho com *Panicum maximum* cv. Massai a variação foi de 1,21 a 2,63 g kg⁻¹ de 0-10 cm, 0,95 a 2,05 g kg⁻¹ de 10-20 cm e 0,66 a 1,70 g kg⁻¹ de 20-40 cm totalizando um aumento de 118%, 116% e 158% respectivamente.

Nesta fração os maiores teores foram encontrados na camada superficial do solo, porém as mudanças foram expressivas em todas as profundidades, evidenciando a maior sensibilidade do CL para expressar os efeitos do manejo do solo em curto período de tempo. Em ambas as áreas, os teores de CL mostraram-se superiores em mais de duas vezes após a adoção do sistema ILP. Resultados semelhantes encontrados por Medica et al. (2008), para os teores de CL sob diferentes manejos do solo, sendo os maiores acúmulos na camada superficial do solo, resultado da adoção de manejo com ausência de revolvimento do solo, como no caso do presente estudo. Segundo Salton et al. (2011) a maior labilidade da MO está associada ao maior aporte de material vegetal. A melhoria do CL é visivelmente percebida em função do aumento do aporte de matéria vegetal (Wendling et al., 2008).

4.4. Carbono Orgânico Total

Os teores de COT variaram de 16,8 a 19,7 g kg⁻¹ na área com *Panicum maximum* cv. Aruana e de 14,9 a 20,6 g kg⁻¹ na área com *Panicum maximum* cv. Massai. Não houve

diferenças no teor desta fração para área 1, já para área 2 foi observado diferença nas camadas de 0-10 e 10-20 cm.

Em ambas as áreas os teores de COT foram superiores no segundo ano, fato este que se deve a maior entrada de material orgânico na superfície, proveniente da decomposição da biomassa produzida tanto pelo milho quanto pela forrageira, e também pelo grande aporte fornecido pelo sistema radicular das gramíneas. Considerando os dois sistemas de manejo, o CL foi a fração que melhor representou o COT variando de 4,2 % a 13,2 % em seu teor. Apesar de as maiores relações forem observadas nas camadas superficiais, deve-se destacar a importância das raízes para incremento da MO em profundidade

Segundo Loss (2011) o consórcio do milho junto a pastagem propicia a deposição de resíduos culturais de alta relação C/N, ou seja, degradação mais lenta, favorecendo o acúmulo de COT. Gazzola et al. (2015) encontraram maiores teores de COT na superfície do solo (camada 0-10 cm) em sistema ILP. Resultados semelhantes foram encontrados por Batista et al. (2013), que verificaram decréscimo de COT em profundidade, refletindo a deposição superficial de resíduos na superfície. Em experimento de longa duração Hartman et al. (2014) analisando a saturação de carbono no solo sob PD e PC, verificaram que o aumento nos teores de COT em alguns tratamentos foi proveniente da fração lábil do solo.

5. CONCLUSÕES

O carbono lábil representou a fração mais sensível para expressar as mudanças em curto prazo na matéria orgânica do solo promovida pela implantação do sistema de integração lavoura pecuária para recuperação de pastagem degradada. Apesar do pouco tempo de recuperação da pastagem, o uso do consórcio de milho com forrageiras de *Panicum maximum* mostrou-se uma opção adequada para elevar os teores de matéria orgânica com reflexos na melhoria da qualidade do solo.

6. REFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L. G.; NETTO, J. M. Caracterização da região dos Cerrados. In: GOEDERT, W.J. (Ed.). **Solos do Cerrado: tecnologias e estratégias de manejo**. Planaltina-DF: Embrapa-CPAC; São Paulo: Nobel, p. 33-74, 1986.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A. D.; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p.i-xii , 2011.

BARCELLOS, A. O.; RAMOS, A. K. B.; VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 51-67, 2008.

BARDUCCI, R. S.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E.; PUTAROV, T. C.; SARTI, L.M.N. Produção de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* com milho e adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, v.58, n.222, p. 211-222, 2009.

BATISTA, I.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; BIELUCZYK, W.; SCHIAVO, J. A.; ROWS, J. R. C. Teores e estoque de carbono em frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica do solo sob integração lavoura-pecuária no bioma Cerrado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6Sup11, p. 3377-3388, 2013.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 7, p. 677-683, 2004.

BLAIR, G. J.; LEFROY, R. D. B.; LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. **Crop and Pasture Science**, v. 46, n. 7, p. 1459-1466, 1995.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 163-171, 2007.

CAMPOS, B. H. C.; AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; NICOLOSO, R. S.; FIORIN, J. E. Carbon stock and its compartments in a subtropical oxisol under long-term tillage and crop rotation systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 3, p. 805-817, 2011.

CAMPOS, L. P.; LEITE, L. F. C.; MACIEL, G. A.; BRASIL, E. L.; IWATA, B. D. F. Estoques e frações de carbono orgânico em Latossolo Amarelo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 3, p. 304-312, 2013.

CARNEIRO, M. A. C.; ASSIS, P. C. R.; MELO, L. B. de C.; PEREIRA, H. S.; PAULINO, H. B.; SILVEIRA NETO, A.N. Atributos bioquímicos em dois solos de cerrado sob diferentes sistemas de manejo e uso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.38, p.276-283, 2008.

CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A.; TREIN, C. R.; FLORES, J. P. C. L.; CEPIK, C. T. C.; LEVIEN, R., LOPES, M. T.; BAGGIO, C.; LANG, C. R.; SULC, R. M.; PELISSARI, A. O estado da arte em integração lavoura-pecuária. Produção animal: mitos, pesquisa e adoção de tecnologia. Canoas: **Ulbra**, p. 7-44, 2005.

CARVALHO, G. G. P.; PIRES, A. J. V. Leguminosas tropicais herbáceas em associação com pastagens. **Archivos de Zootecnia**, v. 57, n. 1, p. 103-113, 2008.

CARVALHO, J. L. N.; CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. C.; GODINHO, V. P.; CERRI, C. C. Carbon sequestration in agricultural soils in the Cerrado region of the Brazilian Amazon. **Soil and Tillage Research**, v. 103, n. 2, p. 342-349, 2009.

CARVALHO, J. L. N.; RAUCCI, G. S.; CERRI, C. E. P.; BERNOUX, M.; FEIGL, B. J.; WRUCK, F. J.; CERRI, C. C. 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, 2010a.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R. D.; CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 277-290, 2010b.

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**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 777-788, 2005.

CORREIA, N. M.; Perussi, F. J. Manejo de plantas adultas de *Panicum maximum* cv. Aruana. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 1, p. 91-96, 2015.

CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P.; NASCENTE, A. S.; MARTINS, P. O.; BORGHI, E.; PARIZ, C. An innovative crop–forage intercrop system: early cycle soybean cultivars and palisadegrass. **Agronomy Journal**, v. 104, n. 4, p. 1085-1095, 2012.

D'ANDREA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J. O.; CARNEIRO, M. A. C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 4, p. 913-924, 2002.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 3. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 190 p.

DIAS-FILHO, M. B. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 40, p. 243-252, 2011.

DE OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; NASCENTE, A. S.; DE FREITAS, R. J.; FAVARIN, J. L. Uso do solo e cultivares de arroz consorciados com braquiária no Cerrado. **Revista Ceres**, v. 61, n. 6, p. 1022-1029, 2014.

DOS SANTOS ALVES, T.; CAMPOS, L. L.; NETO, N. E.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 341-347, 2011.

DUXBURY, J.M.; SMITH, M.S.; DORAN, J.W. Soil organic matter as a source and sink of plant nutrients. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M.; UEHARA, G. Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. Honolulu: **University of Hawaii Press**, p. 33-69, 1989.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: www.embrapa.br/web/portal/busca-de-noticias/-/noticia/2361250/embrapa-mapeia-degradacao-das-pastagens-do-cerrado>. Acesso em: 07 ago. 2015.

FERREIRA, A. D. S.; CAMARGO, F. A. D. O.; VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Bras. Ci. Solo**, v. 23, p. 991-996, 1999.

FIGUEIREDO, C. C. **Compartimentos da matéria orgânica do solo sob sistemas de manejo e vegetação natural de Cerrado**. 2009. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Solo e Água) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

FIGUEIREDO, C. C.; RESCK, D. V.; CARNEIRO, M. A.; RAMOS, M. L. G.; SÁ, J. C. M. Stratification ratio of organic matter pools influenced by management systems in a weathered Oxisol from a tropical agro-ecoregion in Brazil. **Soil Research**, v. 51, n. 2, p. 133-141, 2013.

GAZOLLA, P. R.; GUARESCHI, R. F.; PERIN, A.; PEREIRA, M. G.; ROSSI, C. Q. Fractions of soil organic matter under pasture, tillage system and crop-livestock integration. **Semina: Ciências Agrárias (Londrina)**, v. 36, n. 2, p. 693-704, 2015.

GIMENES, M. J.; DAL POGETTO, M. H. F. A.; PRADO, E. P.; SOUZA, R. S. C. E. F. C. Integração lavoura-pecuária-breve revisão. **Revista Trópica**, v.4, p.52, 2009.

HARTMAN, D. D. C.; SÁ, J. C. D. M.; BRIEDIS, C.; DOS SANTOS, J. Z.; SCHIMIGUEL, R. Evidências de saturação de carbono em solos sob plantio direto em agro-ecossistemas subtropical e tropical no Brasil. **Synergismus scyentifica UTFPR**, v. 9, n. 1, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo agropecuário 2006**. Rio de Janeiro, 777p, 2009.

JACKSON, M.L. **Análisis químico de suelos**. Barcelona: Omega, 1970. 662p.

KICHEL, A.; DA COSTA, J. A. A.; DE ALMEIDA, R. G. Vantagens da recuperação e renovação de pastagens degradadas com a utilização de sistemas integrados de produção agropecuária. **Revista Agro & Negócios**, v. 11, n. 14, p 48-50, 2012.

LANDERS, J.N. **Tropical crop-livestock systems in conservation agriculture: the Brazilian experience**. In: Integrated Crop Management. v.5, 1.ed. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), p.92, 2007.

LEITE, L. F.; GALVÃO, S. R.; HOLANDA NETO, M. R.; ARAÚJO, F. S.; IWATA, B. F. Atributos químicos e estoques de carbono em Latossolo sob plantio direto no cerrado do Piauí. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 12, p. 1273-1280, 2010.

LIMA, A. M. N.; SILVA, I. R.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; MENDONÇA, E. S.; DEMOLINARI, M. S. M.; LEITE, F. P. Frações da matéria orgânica do solo após três décadas de cultivo de eucalipto no Vale do Rio Doce, MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 1053-1063, 2008.

LOSS, A. **Dinâmica da matéria orgânica, fertilidade e agregação do solo em áreas sob diferentes sistemas de uso no cerrado goiano**. 2011. 122f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; PEREIRA, E.; FERREIRA, E. M. R. D. S.; BEUTLER, S. J. Distribuição dos agregados e carbono orgânico influenciados por manejos agroecológicos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 523-528, 2009.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. D. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 8, p. 658-767, 2011.

MACEDO, M. C. M. Degradação de pastagens: conceitos, alternativas e métodos de recuperação. **Informe Agropecuário**, v. 26, n. 226, p. 36-42, 2005.

MACEDO, M.C.M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 133-146, 2009.

MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; KICHEL, A. N.; DE ALMEIDA, R. G.; DE ARAÚJO, A. R. **Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação**. Encontro de adubação de pastagens da Scot Consultoria-Tec-Fértil, p. 158-181, 2013.

MACHADO, L. A. Z.; ASSIS, P. G. G. Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 4, p. 415-422, 2010.

MARTHA JR.; G. B.; BARCELOS, A. O.; VILELA, L.; SOUZA, D. M. G. **Benefícios bioeconômicos e ambientais da integração lavoura-pecuária**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2006. 28 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 154).

MATIAS, M. C. B. S.; SALVIANO, A. A. C.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F. Microbial biomass and C and N stocks in soil under different management systems in the 'Cerrado' of Piauí State. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 3, p. 517-521, 2009.

MEDICA, J.A.S.; DA SILVA, P. S; WENDLING, B.; CORRÊA, G. B.; **Formas lábeis de carbono em Latossolo da região de Iraí de Minas-MG submetido a diferentes usos e manejos**. In: semana do servidor, 4a.; semana acadêmica, 5a. UFU. Uberlândia, MG. 7p, 2008.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**. Viçosa: UFV, 2005. 107 p.

NASCENTE, A. S.; KLUTHCOUSKI, J.; RABELO, R. R.; OLIVEIRA, P. D.; COBUCCI, T.; CRUSCIOL, C. A. C. Desenvolvimento e produtividade de cultivares de arroz de terras

altas em função do manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 2, p. 186-192, 2011.

NASCENTE, A. S.; CRUSCIOL, C. A. C. Cover crops and herbicide timing management on soybean yield under no-tillage system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 2, p. 187-192, 2012.

NETO, M. S.; PICCOLO, M. C.; SCOPEL, E.; COSTA JR, C. D.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 4, p. 709-717, 2009.

NICOLOSO, R.S.; AMADO, T. J. C.; SCHNEIDER, S.; LANZANOVA, M. E.; GIRARDELLO, V. C.; BRAGAGNOLO, J. Eficiência da escarificação mecânica e biológica na melhoria dos atributos físicos de um Latossolo muito argiloso e no incremento do rendimento de soja. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. v. 32, p. 1735-1742, 2008.

NUNES, R.S.; LOPES, A. A. C.; SOUSA, D. M. G.; MENDES, I. C. Sistemas de manejo e os estoques de carbono e nitrogênio em Latossolo de cerrado com a sucessão soja-milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 4, p. 1407-1419, 2011.

PASSOS, R. R.; RUIZ, H. A.; MENDONÇA, E. S.; CANTARUTTI, R. B.; SOUZA, A. P. Substâncias húmicas, atividade microbiana e carbono orgânico lábil em agregados de um Latossolo Vermelho distrófico sob duas coberturas vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 31, n. 5, p. 1119-1129, 2007.

PACHECO, L. P.; BARBOSA, J. M.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. D. A.; ASSIS, R. D.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção e ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura nas culturas de arroz de terras altas e de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 5, p. 1787-1799, 2011.

PERON, A. J.; EVANGELISTA, A. R. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 3, p. 655-661, 2004.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P. Tillage effects on soil organic matter dynamics in density fractions of a Cerrado Oxisol. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 70, n. 2, p. 107-119, 2003.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Frações lábeis da matéria orgânica em sistema de cultivo com palha de braquiária e sorgo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 38-46, 2012.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L.; CONCEIÇÃO, P. C. **Matéria orgânica do solo na integração lavoura-pecuária em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005, 46 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 29).

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**, v. 46, n. 10, p. 1349-1356, 2011.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Notas Científicas Mapeamento semi-detalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 153-156, 2008.

SANTOS, D. C.; LIMA, C. L. R.; KUNDE, R. J.; CARVALHO, J. S.; ABEIJON, L. M.; PILLON, C. N. Agregação e proteção física da matéria orgânica em Planossolo háplico sob diferentes sistemas de manejo. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 1, p. 54-63, 2012.

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**, v. 162, n. 11, p. 795-807, 1997.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.374-470, 2007.

SINGH, J. S.; RAGHUBANSHI, A. S.; SINGH, R. S.; SRIVASTAVA, S. C. Microbial biomass acts as a source of plant nutrients in dry tropical forest and savanna. **Nature**, v. 338, n. 6215, p. 499-500, 1989.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2. Ed. Planaltina, DF. Embrapa Cerrados, 2004. 416p.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SILVA, C. A.; BUZETTI, S. Frações do carbono orgânico, biomassa e atividade microbiana em um Latossolo Vermelho sob cerrado submetido a diferentes sistemas de manejos e usos do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 3, p. 323-329, 2006.

SWIFT, R. S. Sequestration of carbon by soil. **Soil Science**, v. 166, n. 11, p. 858-871, 2001.

TEIXEIRA, L. G.; JÚNIOR, N. L. S.; LOPES, A. fluxo de co₂ do solo após aração e escarificação em diferentes configurações. **Holos Environment**, v. 10, n. 1, p. 01-11, 2010.

THENG, B. K. G. Clay-humic interactions and soil aggregate stability. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M.; UEHARA, G. Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. Honolulu, University of Hawaii, Niftal project, p. 5-32, 1987.

TOWNSEND, C.; PEREIRA, R. D. A.; COSTA, N. D. L. **Considerações sobre sistemas de integração lavoura-pecuária na Amazônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2009. 29 p. (Embrapa Rondônia. Documentos, 130).

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARAES JUNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1127-1138, 2011.

WALKLEY, A.; BLACK, J. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil science**, v. 37, n. 1, p. 29-38, 1934.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L.; SILVA, I. R.; COSTA, L. M. Organic-Matter Lability and Carbon-Management Indexes in Agrosylvopasture System on Brazilian Savannah. **Communications in soil science and plant analysis**, v. 39, n. 11-12, p. 1750-1772, 2008.

ZIMMER, A. H.; ALMEIDA, R. G.; VILELA, L.; MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N. **Uso da ILP como estratégia na melhoria da produção animal**. In: SIMPAPASTO - Simpósio de Produção Animal a Pasto Maringá, Anais. Maringá, 32p, 2011.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G. **Degradação, renovação e recuperação de pastagens**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2012. 46 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 189).