

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
CAMPUS JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO SOB SISTEMAS DE
MANEJO E USO NO CERRADO**

Flávia Dias Terra

Eng. Agrônoma

JATAÍ-GOIÁS-BRASIL

Junho de 2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
CAMPUS JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO SOB SISTEMAS DE
MANEJO E USO NO CERRADO**

Flávia Dias Terra

Orientador: Dr. Edicarlos Damacena de Souza

Co-orientadores: Dr. Marco Aurélio Carbone Carneiro

Dr. Helder Barbosa Paulino

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí (Produção Vegetal), como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia.


JATAÍ-GOIÁS-BRASIL

Junho de 2013


FLÁVIA DIAS TERRA SODRÉ GRANADO

TÍTULO: “MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO SOB SISTEMAS DE MANEJO E USO NO CERRADO”.


Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 10 de junho de 2013, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:



Prof. Dr. Edicarlos Damacena de Souza
Presidente – CAJ/UFG



Prof. Dr. Simério Carlos Silva Cruz
Membro – CAJ/UFG



Prof. Dr. Leandro Flávio Carneiro
Membro Externo– UFG

Jataí – Goiás

Brasil

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

FLÁVIA DIAS TERRA – Filha de Acir Dias Assis e Maria Divina Terra Dias, nascida aos 5 de junho de 1982 no município de Jataí – GO, iniciou a graduação em agosto de 2006 na Universidade Federal de Goiás – Campus Jataí, foi bolsista PIBIC de 2009 a dezembro de 2010, obtendo o título de Engenheira Agrônoma no ano de 2011. Ingressou no Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFG ainda no ano de 2011, obtendo o título de mestre em junho de 2013.

“Se caíste”

“Se caíres; ergue-te e anda. Caminha para frente.
Regressa aos teus deveres e esforça-te a cumpri-los.

Ora, pedindo a Deus; mais força para a marcha.

Muitas vezes, a queda; é uma lição de vida.

Quem cai sente o valor do perdão aos caídos.

O futuro te espera... Segue e confia em Deus.”

Emmanuel

DEDICATÓRIA

Dedico à minha filha Isabela aos meus pais Acir e Maria Divina, meus irmãos Alair Neto e Acir Filho. Minhas queridas, avó Orete e madrinha Isaura.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus pelas oportunidades dadas, de poder concluir mais uma etapa da minha longa caminhada.

À Universidade Federal de Goiás pela oportunidade de concretizar mais um sonho: tornar-me mestre.

À minha família, antes de tudo, peço perdão pelas ausências e as vezes que não tive paciência. Mas agradeço para sempre, por acreditar, confiar e estarem sempre ao meu lado e que tudo que almejei até hoje, consegui com êxito graças ao apoio, amor e carinho de vocês. À minha inspiração pedaço de mim Isabela, amor e paixão da minha vida, peço desculpa pelas vezes que não tive paciência, por minhas falhas como mãe e pelas vezes que estive ausente, mas saiba que onde estive ou estiver não vou deixar de te amar e a cada dia mais filha.

À CAPES e CNPq pelos apoios recebidos.

Ao orientador prof. Dr. Edicarlos Damacena de Souza e co-orientadores Dr. Marco Aurélio Carbone Carneiro e Dr. Helder Barbosa Paulino pela amizade, paciência, pelos incentivos, conselhos, honestidade e compreensão para conclusão desse trabalho, agradeço veemente.

Ao professor Dr. Edésio pela paciência, conselhos e grande colaboração para finalização dos trabalhos.

Aos professores e a Eleuzzy Moni, funcionária do PPGA.

Aos meus três companheirinhos dedicados que durante as coletas, análises, tempos bons de muito trabalho, risos e correrias, mas inesquecíveis e gratificantes: Alex Massing, Josué e Tatiane Matias, sem vocês seria difícil. À minha tia Isaura e Gilberto pelas ajudas nos finais de semana. Ao Marcos Humberto pelos esclarecimentos e ajuda.

As amigas Paula Camylla, Laíze Vilela, Ana Paula Paesano, Luana Rodrigues, Poliana Carloni, Emiliane Belo, Lucielle, Josilene e Ariadna amo-as muito, e desculpas pela falta de tempo. E à eterna amiga Larissa Vilela (*in memoriam*) quem jamais esquecerei dos momentos divertidos, alegres e

entusiasmantes durante o curto tempo de sua jornada. Aos amigos Caio, João e Geanderson, agradeço pelos bons momentos.

A todos aqueles que tenham contribuíram para meu crescimento e amizade: Dieimisson, Flávio, Nayra, Uadson e Udenys saibam da minha eterna gratidão a todos vocês.

SUMÁRIO

RESUMO	xiv
ABSTRACT	xvi
1. Introdução	1
2. Capítulo 1: Estado Atual do Conhecimento	3
2.1 Integração lavoura-pecuária	3
2.2 Solos de “Coval”	6
2.3 Matéria orgânica do solo	8
2.4 Biomassa e atividade microbiana do solo.....	13
2.5 Agregação do solo.....	16
2.6 Referências.....	20
3. CAPÍTULO 2: MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA SOB PLANTIO DIRETO NO CERRADO	28
4. CAPÍTULO 3: MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM UM PLINTOSSOLO HÁPLICO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO	59
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	86

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Média de precipitação e temperatura de março de 2011 a fevereiro de 2012 do município de Jataí – Goiás.....32
- Figura 2. Croqui da área experimental de integração lavoura-pecuária no sudoeste de Goiás.....36
- Figura 3. Relação dos estoques de COT em massa e camada de solo, na camada de 0 a 20 cm, em um Latossolo Vermelho submetido a intensidades de pastejo em plantio direto.....39
- Figura 4. Relação entre estoque de carbono orgânico total (COT) e diâmetro médio ponderado (DMP) na camada de 0-20 cm em um Latossolo Vermelho distroférico sob sistema de Integração Lavoura-Pecuária submetido a intensidades de pastejo em plantio direto.....45
- Figura 5. Dispersão gráfica das intensidades de pastejo das duas primeiras variáveis canônicas e agrupamento pelo método de Tocher em um Latossolo Vermelho distroférico de Cerrado.....51
- Figura 6. Croqui da área experimental da Fazenda Boa Vista, no município de Jataí – Goiás.....63
- Figura 7. Médias de precipitação e temperatura de março de 2011 a fevereiro de 2012 do município de Jataí – Goiás.....64
- Figura 8. Relação estoques de COT em massa e em camada de solo, em um Plintossolo Háplico sob plantio direto no Cerrado69
- Figura 9. Estoques de carbono orgânico total (COT) e particulado (COP), nitrogênio total (NT) e nitrogênio da matéria orgânica particulada (N-

MOP) na camada de 0-20 cm em um Plintossolo Háplico sob plantio direto no Cerrado70

Figura 10. Relação diâmetro médio ponderado (DMP) e estoque de carbono orgânico total (COT) na camada de 0 a 20 cm em um Plintossolo Háplico sob plantio direto no Cerrado.....74

Figura 11. Dispersão gráfica dos tratamentos pelas duas primeiras variáveis canônicas e agrupamento pelo método de Tocher em um Plintossolo Háplico de Cerrado.....79

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Atributos químicos do solo no início do experimento, na camada de 0-20 cm em um Latossolo Vermelho sob sistema de Integração Lavoura-Pecuária em plantio direto.....33
- Tabela 2. Histórico de tratos culturais realizados na área experimental de Integração Lavoura-Pecuária na UFG – *Campus Jataí*.....34
- Tabela 3. Estoques de carbono orgânico total (COT) e particulado (COP) (a), nitrogênio total (NT) e nitrogênio da matéria orgânica particulada (N-MOP) (b) na camada de 0-20 cm em um Latossolo Vermelho sob sistema de integração lavoura-pecuária submetido a intensidades de pastejo em plantio direto.....39
- Tabela 4. Diâmetro médio ponderado dos agregados, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm em um Latossolo Vermelho distroférico submetido a intensidades de pastejo em plantio direto.....43
- Tabela 5. Índice de estoque de carbono (IEC), labilidade do carbono (LC), índice de labilidade do carbono (ILC) e índice de manejo de carbono (IMC), na camada de 0 a 20 cm, em um Latossolo Vermelho distroférico, sob sistema de Integração Lavoura-Pecuária submetido a intensidades de pastejo em plantio direto.....45
- Tabela 6. Carbono na biomassa microbiana (C-BM), nitrogênio na biomassa microbiana (N-BM), respiração basal (C-CO₂), quociente metabólico (qCO₂) e quociente microbiano, na camada de 0 a 10 cm, em um Latossolo Vermelho distroférico sob sistema de Integração Lavoura-Pecuária submetido a intensidades de pastejo em plantio direto.....47

- Tabela 7. Contribuição relativa dos caracteres para diversidade avaliada pelo critério de Singh (1981), baseado na distância generalizada de Mahalanobis em um Latossolo Vermelho distroférico de Cerrado..52
- Tabela 8. Histórico das áreas nativas e os anos sob cultivo em plantio direto em um Plintossolo Háplico do Cerrado.....65
- Tabela 9. Estoques de carbono orgânico total (COT) e particulado (COP), nitrogênio total (NT) e nitrogênio da matéria orgânica particulada (N-MOP) na camada de 0-20 cm em um Plintossolo Háplico sob plantio direto.....68
- Tabela 10. Diâmetro médio ponderado nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm de um Plintossolo Háplico sob plantio direto.....72
- Tabela 11. Índice de estoque de carbono (IEC), labilidade do carbono (LC), índice de labilidade do carbono (ILC) e índice de manejo de carbono (IMC), na camada de 0 a 20 cm, em um Plintossolo Háplico sob plantio direto no Cerrado.....75
- Tabela 12. Valores de carbono microbiano (C-BM), nitrogênio da biomassa (N-BM), respiração basal (C-CO₂), quociente metabólico (qCO_2) e quociente microbiano (C-BM/COT), na camada 0-10 cm, de um Plintossolo Háplico sob plantio direto no Cerrado.....76
- Tabela 13. Contribuição relativa dos caracteres para diversidade avaliada pelo critério de Singh (1981), baseado na distância generalizada de Mahalanobis em um Plintossolo Háplico de Cerrado.....79

MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO SOB SISTEMAS DE MANEJO E USO NO CERRADO

RESUMO – A utilização de sistemas conservacionistas de manejo favorece o aumento dos teores de C e N, bem como os estoques e atividade da biomassa microbiana. Conseqüentemente a melhoria da estrutura do solo aumenta em níveis de ordem. Mas para que níveis de ordem aumentem no sistema solo necessita-se de um conjunto de fatores que contribuam simultaneamente para que as estruturas maiores como os macroagregados sejam formados. A macroagregação ocorre com a junção dos microagregados e entrelaçamento de hifas, raízes e mucilagens que exsudam dos microrganismos e plantas, respectivamente. Com isso o sistema solo ganha qualidade, observados pela maior quantidade de biomassa microbiana e sua atividade de modo que imobilize nutrientes nas células microbianas e seja eficiente nessa conversão. A eficiência na conversão é conseguida em sistemas estáveis onde os fluxos de energia e carbono (entradas e perdas) se equivalem e a população microbiana não perca energia para o meio (CO_2). O embasamento científico e a aplicação desses conhecimentos no cultivo das áreas produtoras de grãos e carne dão suporte ao aumento da produtividade das áreas bem como crescimento da sustentabilidade dos sistemas de produção. As aplicações desses conhecimentos no dia-a-dia merecem atenção cada vez maior, principalmente quanto ao manejo do solo e sua aptidão agrícola, podendo ser utilizado sem impactos ao meio ambiente. Diante desse cenário os objetivos foram avaliar as frações da matéria orgânica do solo em dois sistemas de uso e manejo e em dois tipos de solo no Cerrado. Após dois anos de introdução do sistema de integração lavoura pecuária foram encontradas menores valores quanto aos estoques de COT quando o pastejo foi intensivo (P-25) do que quando houve menores pastejo dos animais (P-35 ou P-45) ou o não pastejo (s/ pastejo) dos tratamentos. Os estoques de C particulado (COP) variaram entre os tratamentos apresentando comportamento semelhante ao estoque total de C. Os estoques de NT (nitrogênio total do solo) apresentaram valores menores para as intensidades alta (P-25) e baixa (P-45) enquanto que as

demais intensidades não se diferiram. O DMP apresentou diferenças nas profundidades 0-5 e 5-10 cm e semelhanças na profundidade 10-20 cm. O pastejo a 25 cm (P-25) apresentou menor DMP na camada 0-5 cm, enquanto que na profundidade 5-10 cm P-45 apresentou menor diâmetro dos agregados. O DMP teve relação direta com o aumento dos estoques de COT bem com o índice de manejo de carbono também apontou melhoria da qualidade do solo com o pastejo moderado da *Brachiaria* (P-35). A biomassa foi influenciada pelas intensidades de pastejo, pois quando não houve entrada dos animais foram observados menores teores microbianos. Quanto ao sistema de plantio direto em sucessão de cultura foram observados que após 12 anos de implantação do PD os estoques totais de C se igualaram a área nativa e que a subsolagem da área com 8 anos de PD (PD8) não reduziu o diâmetro médio ponderado dos agregados. O cálculo dos estoques em camada de solo pode superestimar os valores realmente encontrados nos tratamentos. O cultivo da área em sistema conservacionista de manejo favoreceu o aumento do IMC, comprovando que esse tipo de sistema contribui para melhorias da qualidade do solo. A fração ativa da MOS (biomassa microbiana) apresentou diferenças onde a área com 12 anos de PD apresentaram valores iguais ou superior a área referência (Topo) para C e N-BM. O fluxo de CO₂ foi maior na área com apenas 8 anos de PD, mostrando que mesmo após esse tempo de implantação do sistema a população microbiana estava sob estresse, comprovadas pelo maior quociente metabólico (qCO_2). Aos 17 anos de PD houve aumento da fração viva no total de MOS presente no solo. Esses resultados nos aponta que as áreas que sofrem ação antrópica ou que vem sendo conduzida de maneira exploratória como era a área da ILP podem demorar mais de uma década para se recuperar.

Palavras-chave: estoques de carbono, sistemas conservacionistas, solo hidromórficos, intensidades de pastejo

ORGANIC MATTER OF SOIL IN SYSTEMS OF MANGEMENT AND USE UNDER CERRADO

ABSTRACT – The use of conservation tillage systems favors the increase of the levels of C and N as well as stocks and activity of microbial biomass. Consequently improving soil structure increases levels of order. But for levels on order to increase the soil needs is a set of factors that contribute simultaneously to the larger structures as macroaggregates are formed. The macroaggregation occurs with the addition of microaggregates and intertwining of hyphae, roots and mucilage exuding microorganisms and plants, respectively. With this system the soil quality wins, observed the greatest amount of microbial biomass and its activity so that immobilizes nutrients in the microbial cells and is efficient in this conversion. The conversion efficiency is achieved in stable systems where the flows of energy and carbon (inputs and losses) are equivalent and microbial population does not lose power to the middle (CO₂). The scientific basis and application of knowledge in the cultivation of grain producing areas and meat support the increased productivity of the areas of growth and sustainability of production systems. The applications of this knowledge day-to-day deserve increased attention, particularly for the management of soil and its agricultural potential and can be used without environmental impacts. Given this scenario objectives were to evaluate the fractions of soil organic matter in two systems of use and management and two soil types in the Cerrado. After two years of introduction of Integrated crop livestock were found lower values in relation to TOC stocks when the grazing was intensive (P-25) was smaller than when grazing animals (P-35 or P-45) or not grazing (n/ grazing) treatments. Stocks of particulate C (POC) varied between treatments with a behavior similar to the total stock of C. stocks of TN (total nitrogen) showed lower values for high intensities (P-25) and low (P-45) while the remaining intensities did not differ. The MWD showed differences in the depths 0-5 and 5-10 cm and 10-20 cm depth in the similarities. The grazing 25 cm (P-25) had lower MWD layer 0-5 cm, while the depth 5-10 cm, P-45 showed lower diameter of the aggregates. The MWD was directly related to the

increase in TOC stocks well with the carbon management index also showed improvement of soil quality with moderate grazing *Brachiaria* (p-35). The biomass was influenced by grazing intensities, because when there was no entry of the animals were observed lower microbial levels. As for the no-tillage system in succession culture were observed that after 12 years of implementation of the PD total stocks C equaled native area and subsoiling area with 8 years of PD (PD8) did not reduce the average diameter aggregates. The calculation of stocks in soil layer may overestimate the values actually found in the treatments. The cultivation area in conservation management system favored increasing BMI, proving that such a system helps to improve soil quality. The active fraction of SOM (microbial biomass) showed differences where the area with 12 years of PD had values equal to or greater than reference area (Top) for C and N-BM. The CO₂ flux was higher in areas with only 8 years of PD, showing that even after this time system deployment microbial population was under stress, evidenced by higher metabolic quotient (qCO_2). At 17 years of PD increased the fraction living in total SOM in the soil. These results shows us that areas suffering or human action that is being conducted in an exploratory manner as was the area of Integrated crop livestock may take over a decade to recover.

Keywords: soil aggregation, soil of stocks, management index of carbon

1. INTRODUÇÃO

A introdução de animais bovinos nas áreas de produção de grãos muitas das vezes, ainda é uma incógnita aos produtores rurais. A quantidade de animais, a altura de manejo do pasto, quanto tempo, o tipo de animal a pastejar a área, contribuem para a indecisão dos produtores em colocarem ou não animais para pastejo durante o período de entressafra.

No entanto esse pastejo durante o período de entressafra vem como alavanca para os produtores de carne durante esse período de sazonalidade de produção. Assim a produção de capim para fins de pastejo e produção de carne durante essa época em que a área cultivada com grãos fica ociosa pode reduzir os custos de produção da área agrícola, trazendo maior rentabilidade para o produtor.

Para que não haja perdas e nem falta de forragem deve-se manejar bem o pasto, tornando assim eficiente o processo produtivo. Isso reduz o deslocamento em excesso dos animais no piquete a procura por alimento e também não tenha sobra de forragem, podendo ter mais animais consumindo essa forragem e nem “passar” do tempo de consumo, lignificando o tecido vegetal. Trabalhos utilizando intensidades alta, moderada e baixa de pastejo, juntamente com áreas sem pastejo dos animais, têm sido desenvolvidos tanto no Sul do país como este agora na região Centro-Oeste.

É de extrema importância adotar sistemas que promovam aportes de material orgânico e, em sistemas que integram agricultura e pecuária que tenham animais em quantidade suficientemente adequada para que contribuam para aumento desses teores, melhorando a estrutura do solo.

Já em áreas com solos amorfos como os Plintossolos, a transformação das áreas nativas em produtoras de grãos, podem trazer alguns danos principalmente nas recargas dos mananciais hídricos. Assim são os solos de “covais”, onde encontramos material concrecionário plíntico.

Desde a aprovação da lei de proteção das áreas de “covais” no estado de Goiás, grandes extensões de terra onde se encontram esse tipo de solo deixaram de ser introduzidas no cenário agrícola, representando ganhos na qualidade e recarga dos recursos hídricos da região a que pertence.

Os impactos que a antropização dessas áreas causam quando se tem o nivelamento dos murundus, construção de drenos, destruição da florística dos campos de murundus e alteração das atividades biológicas, físicas e químicas que ocorriam durante os períodos de inundação e secagem do solo são ainda obscuros.

Diante desses cenários, foram avaliadas duas áreas distintas em sistemas de manejo diferentes na região do Cerrado. Uma onde antes se encontrava uma pastagem sem tratos culturais e com altas taxas de lotação onde, agora se encontra um experimento de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) com intensidades de pastejo. A segunda área, um campo de murundus nativo e três áreas com inserção agrícola em anos diferentes sob sistema de plantio direto. Os objetivos foram de avaliar os teores e as frações da matéria orgânica do solo nos sistemas de manejo e uso do solo no Cerrado.

2. CAPÍTULO 1: Estado Atual do Conhecimento

2.1- Integração lavoura-pecuária

O Cerrado se destaca no território brasileiro como o segundo maior bioma, considerado área de transição entre a Mata Atlântica e a Amazônia. No entanto mesmo com a deterioração das pastagens o setor agropecuário não parou de crescer. Segundo censo do IBGE (2006) houve aumento de 12,1% do rebanho bovino em 10 anos, ou seja, 171,6 milhões de cabeças, sendo o segundo maior na região Centro-Oeste (13,3%). No último censo agropecuário realizado, a região Centro-Oeste apresentou rebanho bovino de 212,8 milhões de cabeças (IBGE, 2011) sendo a primeira região no ranking nacional. A conscientização do produtor rural em manejar a pastagem, realizando adubações, aumento da taxa de lotação e pastoreio na entressafra podem ter colaborado com esse crescimento, possíveis através da diversificação de cultivo (IAPAR, 2008). De acordo com Macedo (2009) a produção de carne e leite no Brasil é praticamente somente em pastagens, com predomínio dos sistemas extensivos, com pastagens cultivadas ou não.

Apesar desse cenário de crescimento do rebanho bovino, cerca de 30 milhões de hectares de pastagem ainda apresentam algum grau de degradação no Brasil (MAPA, 2012), pois grande parte dessas áreas apresentam problemas de acidez e fertilidade natural (Macedo, 2009). O processo de perda de qualidade e produção das forrageiras (Cardoso et al., 2011) advém das altas taxas de lotação e pastejo intensivo, a falta de tratamentos culturais (adubação e calagem) nas áreas com pastagens e o excesso de mecanização dos solos, contribuíram para perdas significantes de material orgânico (MOS) e argila, por processos erosivos (Bayer et al., 2004; Bayer & Mielniczuk, 2008).

O plantio direto foi introduzido em meados de 1980 com a finalidade de reduzir problemas com erosão e, posteriormente viu-se que também os custos de produção eram minimizados, observando ganhos nos teores de MOS e melhoria da fertilidade do solo. Segundo Macedo (2009) a mudança no manejo

(redução do preparo do solo) pode reverter os decréscimos da produtividade e sustentabilidade da produção. O ponto principal para funcionamento do sistema de plantio direto é a produção de palhada para cobertura do solo, semeadura na palha, diminuindo a exposição do solo às intempéries (vento, temperatura, precipitação). Associado ao plantio direto (PD) deve estar a rotação de culturas e os sistemas integrados de produção (ILP), ampliando as interações solo-planta-atmosfera, diversificando. No PD com sucessão de culturas, a adição de resíduos fica limitada a um mesmo tipo e época do ano, ficando a área cultivada com grãos ociosa durante a entressafra. O sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), junção de duas atividades agrícolas (grãos e carne) surgiu a fim de diluir os custos de recuperação das áreas degradadas, no caso pastagens deterioradas, reduzindo o ciclo de doenças, adubos e produtos fitossanitários, diversificando as atividades e diminuindo os riscos econômicos da propriedade rural (Vilela et al., 2011).

A integração lavoura-pecuária é apresentada por Alvarenga & Noce (2005) como interação harmônica da agricultura e pecuária, combinação entre produção agrícola e animal (Russelle et al., 2007), e fatores de interação biológicos, físicos e químicos (Macedo, 2009). Alavanca na recuperação de áreas desgastadas pelo pastejo intensivo, podendo reduzir a densidade e aumentar a porosidade do solo (Costa et al., 2009), apoiando os sistemas conservacionistas através da diversificação dos resíduos no solo (animal e vegetal) pela rotação de culturas, favorecendo a ciclagem de nutrientes.

Alguns pontos favoráveis aos sistemas integrados de produção são apresentados por Alvarenga & Noce (2005) como recuperação e reforma das pastagens degradadas com redução dos custos e insumos, produção de forragem durante o período sazonal e melhoria nos atributos biológicos e físicos. A associação PD/rotação de culturas numa só área como na ILP permitem variar a cobertura e resíduos vegetais (gramíneas e leguminosas) e as adições de resíduos animais (urina e esterco). Russelle et al. (2007) avaliaram esse tipo de consórcio como novo modelo de inovação agrícola utilizado nas propriedades rurais mais desenvolvidas.

Na região do Cerrado existem vários modelos de sistemas de ILP, adotados de acordo com as condições de clima, estrutura da propriedade

agrícola e as inovações tecnológicas disponíveis nesta (Vilela et al., 2011). A ILP é inserida para minimizar a recuperação das pastagens, onde parte dos gastos é recuperada com a produção de grãos. Outros produtores, preferem o cultivo de gramíneas como planta de cobertura, fornecendo palhada para o PD (Vilela et al., 2011), enquanto que alguns aproveitam a quantidade de biomassa vegetal produzida pelas gramíneas para consumo dos bovinos durante a época da seca.

Alvarenga & Noce (2005) classificaram também alguns tipos de sistemas de ILP adotados como: sucessão de culturas com plantas anuais, rotação com pastagem perene, reforma do pasto com culturas anuais em sistemas como o “Santa Fé”. Mas para o sistema de ILP é imprescindível a adoção da rotação de culturas (Assmann et al., 2008) e do PD (Assmann & Pin, 2008) onde a presença de animais pastejando colaboram para aumento da produtividade das culturas (Assmann et al., 2008; Souza et al., 2009; Conte et al., 2011). Russelle et al. (2007) ainda descreveram a importância dos ruminantes sobre a utilização de outros animais (caprinos ou ovinos) por terem uma alimentação barata e ambientalmente correta.

Moraes et al. (2007) e Vilela et al. (2011) relataram que o aumento da produtividade da área agrícola não ocorre quando se cultiva poáceas apenas para aumento de palhada, mas sim quando se utiliza a mesma para os animais consumirem. O consórcio da cultura de grãos com a forrageira reduz o tempo da entressafra e o tempo de crescimento da forrageira, utilizando para esse tipo consórcio, milho e sorgo, pela capacidade de competição com a gramínea (Vilela et al., 2011). Nicoloso (2005) descreveu que é importante manejar os animais de modo que haja oferta de palhada para manutenção do PD e que após pastejar o último piquete, o primeiro se encontre pronto para iniciar o novo ciclo de pastejo.

Estudos que indiquem a melhor altura de corte para os animais pastejarem, qual espécie de forrageira, em que época e como manejar os animais sem interferir no processo produtivo conservacionista no Cerrado são escassos. Diante dessas incógnitas que surgem principalmente para os produtores estudos que respondam essas questões devem ser desenvolvidos,

para que esse tipo de sistema de manejo possa ser implantado por muitos produtores.

2.2 - Solos de “Coval”

A transformação das áreas nativas em agrícolas afetam as atividades e desequilibram as interações harmônicas do solo (Ferreira et al., 2007) como os processos de oxirredução, alterações eletroquímicas (Camargo et al., 1999) e consequentemente os atributos biológicos, físicos e químicos.

Com a expansão da produção agrícola, demanda por alimentos e energia, entre outros, grandes áreas nativas foram transformadas, dando lugar hoje ao cultivo de grãos e/ou pastagem, algumas mesmo de difícil mecanização, conseguidos pela construção de drenos para retirada do excesso de água.

Em algumas partes do território brasileiro são encontradas áreas com solos apresentando material plíntico (Anjos et al., 2007), como no pantanal mato-grossense, planícies aluviais do Rio Amazonas (Lima et al., 2006) e em Goiás, mais especificamente na região de Jataí. São solos hidromórficos com material mineral de formação e presença de material plíntico, concrecionário ou litoplíntico em seu horizonte. Os Plintossolos apresentam cores do acinzentado ao amarelo claro (Embrapa, 1999), formando mosqueados avermelhados a amarelado no perfil do solo. São solos formados sob condições de baixa drenagem de água (Embrapa, 1999; Anjos et al., 2007) podendo, durante o período chuvoso ocorrer eluviação do lençol freático.

O material plíntico é formado pela união irreversível de grãos de quartzo e uma mistura de minerais pobres em carbono e rica em Fe ou Fe e Al (Anjos et al., 2007) após os alternados ciclos de secagem e umedecimento do solo.

Nessa fitofisionomia tão peculiar, são encontradas elevações também denominadas de microrrelevos, em um campo com presença apenas de gramíneas (Marimon et al., 2012). Outras denominações são encontrados na literatura para essas elevações como murundus, morrotes, Parque de Cerrado (Ribeiro & Walter, 2008). As gramíneas observadas nessas áreas inundáveis são adaptadas ao tipo de solo e ao regime hídrico, ou ainda “pulsos de

inundação” (Marimon et al., 2012), enquanto que nas microelevações observa-se arbustos e árvores típicas de vegetação savânica (Marimon et al., 2012). Oliveira-Filho (1992) e Marimon et al., (2012) descrevem os murundus como “ilhas” onde animais como artrópodes e algumas espécies de árvores se “refugiam” da inundação.

Anjos et al. (2007) descrevem duas hipóteses sobre a baixa capacidade de drenagem do solo. A primeira devido à elevação do lençol freático ou pelo terreno encontrar-se em cotas mais baixas como as depressões, planícies, encostas ou ainda por “erosão diferencial” (Araújo-Neto et al., 1986) e a segunda pela existência do material plíntico com presença de camadas mais argilosas. Outros autores descrevem outras hipóteses ligadas a fatores bióticos como atividade de cupins onde sucessivas gerações construíam seus ninhos, formando os murundus (Oliveira-Filho, 1992).

As duas hipóteses levam em conta fatores bióticos (insetos) e fatores abióticos (relevo) onde a diferença de nível nos terrenos (cotas mais inferiores) ou as planícies como o pantanal fica alagada durante certo período de tempo. Isso ocorre porque a água não tem por onde escoar, se acumulando durante o período chuvoso e não consegue percolar facilmente pelo solo ter maior quantidade de argila em uma camada mais profunda (Anjos et al., 2007).

A importância desse ecossistema para recarga dos aquíferos e recursos hídricos e também, devido à diversidade biológica que se encontra nos campos de murundus (Marimon et al., 2012), no ano de 2007 no estado de Goiás foi criada a Lei dos campos de murundus. A aprovação da Lei nº 16.153, de 26/10/2007, considera os campos de covais como APP's (áreas de preservação permanente), sendo proibido o cultivo e prática de pastoreio, cultivo de grãos, queimadas e construção de drenos, atividades referentes à antropização e mudanças dessas fitofisionomias nessas áreas sob pena de multa.

Os ciclos umedecimento e secagem do solo permitem variações principalmente nos processos oxi-redutivos do solo. Com a inundação, o Fe que constitui como um dos sistemas redox do solo (Camargo et al., 1999) e presente em quantidade considerável nos Plintossolos, tem sua direção da reação deslocada. Com o alagamento, o ar se desloca dos poros, criando

regiões anaeróbicas (ausência O_2), com aumento do CO_2 . O pouco de oxigênio que fica nos bolsões de ar é consumido rapidamente pelos microrganismos (Camargo et al., 1999;) acumulando MOS pela redução da decomposição microbiana (Cantarella, 2007).

Camargo et al., (1999) descreveram os efeitos iniciais da inundação e consideram o solo inundado como sistema fechado com o consumo de O_2 e CO_2 regulando as atividades de elétrons e prótons na solução do solo. Porém o solo não se encontra, mesmo saturado, totalmente sem oxigenação, formando gradientes de concentração (Camargo et al., 1999), podendo ser alta na região próximo a superfície, por difusão. Com o alagamento há a liberação de gases como N_2 e CO_2 , e de metano quando atinge a fase de decomposição anaeróbica da matéria orgânica (Camargo et al., 1999) tendo um composto oxidado do solo como acceptor final de elétrons (Rhoden, 2005). No caso do N, há uma suspensão da nitrificação, acumulando $N-NH_4$ no solo.

Camargo et al. (1999) e Camargo (1992) ainda relataram que com o alagamento ocorre um rápido consumo do oxigênio pelos microrganismos aeróbios, até que microrganismos anaeróbios facultativos começam realizar atividades como decomposição da MOS. Há a produção de gases, produtos da decomposição e respiração dos microrganismos, alguns produzidos por bactérias metanogênicas. Cantarella (2007) relatou que para ocorrer nitrificação é necessária a presença de O_2 , e no caso dos solos de covais, durante o período de inundação, o produto final da mineralização é o NH_4 . Outro fato observado pelo autor é a taxa máxima de nitrificação ocorre quando a capacidade de retenção de água esta entre 50 e 70%, condições em que há disponibilidade O_2 nos poros.

Assim quanto aos impactos causados nessas áreas de Plintossolo carecem estudos, dimensionando as reduções das frações biológicas, físicas e químicas e, o tempo que esse leva para se recuperar.

2.3 - Matéria orgânica do solo

No sistema solo vários ecossistemas biológicos atuam continuamente proporcionando sustentabilidade do sistema solo graças às interações solo-

planta-biota (Vezzani & Mielniczuk, 2011). A sustentabilidade dos sistemas produtivos é conseguida quando se implanta o sistema de plantio direto (Belo et al., 2012; Carneiro et al., 2008) visando a manutenção de palha sobre o solo. Para que a MOS seja formada essencialmente necessita-se da gênese de tecidos animais e vegetais e sua decomposição por organismos do solo (Bot & Benites, 2005). Segundo esses autores os fatores que atuam sobre quanto da MOS é decomposta e imobilizada são influenciadas pelas propriedades do solo como aeração, pH, mineralogia do solo e a atividade da biomassa microbiana.

No entanto, às vezes a decomposição dos resíduos vegetais inicia-se antes mesmo de atingir o solo, onde alguns fitopatógenos colaboram para degradação do tecido vegetal ainda vivo (Moreira & Siqueira, 2006). Quando no solo os resíduos vegetais e animais sofrem o ataque inicial dos macrorganismos trituradores, formigas e minhocas principalmente, fragmentando em pedaços menores, aumentando a área de superfície específica facilitando a colonização por organismos menores (Moreira & Siqueira, 2006), podendo esse resíduo ser praticamente inalterado nessa etapa.

Fungos e bactérias continuam a decomposição do material vegetal, degradando primeiramente as cadeias carbônicas curtas como amido, celulose e proteínas, onde populações sucessivas especializadas em degradar certos tipos de compostos vão surgindo e morrendo. Com a degradação há liberação de CO₂, contínua formação de biomassa especializada em decompor o composto que vai sendo degradado diminuindo a labilidade do resíduo. O tempo de permanência dos compostos lábeis até os mais humificados vão de dias até séculos, como no caso do húmus (Moreira & Siqueira, 2006).

Os microrganismos são responsáveis por outras atividades também essenciais para o bom funcionamento do solo como, por exemplo, a regulação das interações e a ciclagem de nutrientes (Barros et al., 2010) fornecendo compostos prontamente assimiláveis para o desenvolvimento das plantas e promovendo ganhos de material orgânico (MOS) no solo. Sem o solo, o qual é considerado como meio de cultura, o desenvolvimento das plantas não seria possível, bem como sem a presença de MOS não haveria interações deste com minerais de argila, contribuindo para proteção física da MOS.

O teor de MOS em solos sob áreas nativas encontram-se em “equilíbrio” onde o fluxo de energia, entradas e saídas de C se equivalem (Vezzani & Mielniczuk, 2011) regulados pela deposição de folhas do dossel e sua degradação na superfície do solo, funcionando a serapilheira como “elo” entre os sistemas solo e planta (Moreira & Siqueira, 2006). A transformação das áreas nativas em cultiváveis ou a utilização de sistemas que revolvem o solo repetidas vezes contribuem para quebra do “ciclo de equilíbrio”, reduzindo ou anulando as entradas de matéria e energia no solo, expondo à decomposição enzimática e microbiana a MOS protegida dentro dos agregados, pelo rompimento da estrutura do solo, distribuindo o material vegetal no perfil do solo (Vezzani & Mielniczuk, 2011a, Bot & Benite, 2005).

A proteção do solo está condicionada a presença de MOS a qual também serve como fonte de energia e substrato à microbiota do solo (Mielniczuk, 2008) com a atração entre as partículas minerais e orgânicas mais recalcitrantes, aumentando a agregação (Vezzani & Mielniczuk, 2011a).

O modo como se maneja e os diversos sistemas de uso do solo regulam os teores de MOS, bem como os fatores climáticos e materiais de formação do solo também interferem nesses conteúdos (Bot & Benites, 2005; Pulleman et al., 2005), apresentando as regiões tropicais, taxas de adição e decomposição mais rápidas devido ao fator temperatura (Bayer & Mielniczuk, 2008). Quanto ao tipo de solo a quantidade de MOS pode variar onde solos com material mineral mais intemperizados (e.g. Latossolos) podem apresentar maiores teores de MOS que solos com maiores presença de quartzo (menos intemperizados). Isso porque a fração argila dos solos intemperizados possuem cargas que se unem ao material orgânico (Meurer, 2010), dando estabilidade e dificultando a perda de C quando da transformação das áreas nativas.

A interação da MOS com a matriz do solo (argilominerais) acontece principalmente em solos de carga variável, os quais são mais intemperizados (lixiviação das bases por latolização) (Bayer & Mielniczuk, 2008). Essa reatividade ocorre com a ligação dos grupos funcionais da MOS com os minerais de argila. A ação dos ácidos orgânicos produzidos pela rizodeposição ou exsudação microbiana promovem dissolução da matriz mineral e minerais resultantes dessa dissociação (Canellas et al., 2008), produtos da ação dos

ácidos na matriz mineral. A predominância de minerais filossilicatos 1:1 e óxidos de Fe e AL presentes em solos tropicais (Vezzani & Mielniczuk, 2011b) conferem a esses solos presença de carga negativa, pela exposição do grupamento -OH, pela quebra dos bordos das estruturas (Canellas et al., 2008) e positiva, respectivamente, quando o pH está entre 4,5 e 6,5. Os minerais de argila são formados por tetraedros de silício e uma camada de octaedro de alumínio, que com as variações de pH podem ser protonados ou dissociados (Canellas et al., 2008).

A compensação de cargas, ou seja, o ponto onde as cargas negativas e positivas se equivalem, chamada de ponto de carga zero (PCZ) ocorre em faixas de pH diferente para cada mineral e material presente no solo. Enquanto que para óxidos de Fe e Al essa faixa varia entre pH 7,0 e 9,0 (carga positiva) a MOS se liga aos óxidos, balanceando as cargas positivas. As cargas negativas da MOS são produtos da dissociação dos grupos carboxílicos (-COOH), demonstrando a importância da MOS no balanceamento de cargas do solo (Canellas et al., 2008). Enquanto que em solos com maiores quantidades de quartzo, ou seja, menos intemperizados, como os Neossolos, por esse material mineral ser inerte, ou seja, não apresentar carga líquida, não ocorre ligação do material orgânico, ficando expostas as intempéries e oxidação microbiana.

Além dessa grande importância da MOS no “equilíbrio” das cargas elétricas do solo (Mielniczuk, 2008) e os fatores que atuam na quantidade de MOS, pode-se destacar melhorias na fertilidade do solo como aumento da CTC, disponibilidade de nutrientes para as plantas, complexação de elementos tóxicos, densidade, umidade e agregação (Belo et al., 2012; Conte et al., 2011; Vezzani & Mielniczuk, 2011), atividade e biomassa microbiana e enzimática (Pinto et al., 2012; Belo et al., 2012, Bayer & Mielniczuk, 2008) quando da implantação de sistemas conservacionistas.

A utilização do sistema plantio direto contribui para aporte de material orgânico ao solo e recuperação de áreas degradadas (Torres et al., 2005) com o mínimo de revolvimento possível e utilização de culturas em rotação produzindo grãos e forragem em uma mesma área (Mielniczuk, 1988; Nicoloso, 2005). Cada tipo de vegetal colabora diferentemente um do outro para aumento dos teores de MOS, adicionando maior ou menor quantidade de nutrientes ao

solo. Alguns foram descritos e relatados por Carneiro et al. (2008), indicando as forrageiras mais adequadas para produção de matéria vegetal para a região do Cerrado.

Alguns pesquisadores relataram experiências do sistema plantio direto na região Sul do Brasil e a dinâmica da MOS nesses sistemas. Amado (2002) e Muzzilli (2002) descreveram os benefícios do sistema plantio direto como a capacidade dos solos degradados se recuperarem. Alguns pontos observados por Amado (1999) foram a utilização de adubação, principalmente com nitrogênio, manutenção da palhada e a facilidade de se reestabelecer fertilmente através da mitigação dos gases de efeito estufa ao aumentar os teores de MOS.

Quanto aos sistemas integrados de produção (ILP) em sistema plantio direto há ainda dúvidas quanto ao pastoreio dos animais. Vilela et al. (2011) descreveram que esse tipo de manejo do solo contribui para a cadeia produtiva, onde a produção de grãos (safra e safrinha) e produção de carne em ciclos alternados podem favorecer o aumento da MOS, cobrindo uma janela durante o período de sazonalidade de produção de forrageira para os animais (período de entressafra) e aportar resíduos vegetais (palha).

O pastejo correto dos animais nesse tipo de sistema deve ser bem manejado de forma que com a retirada dos animais a palha remanescente seja suficiente para proteger o solo e para realizar a semeadura da safra (Nicoloso, 2005). Os níveis de oferta de forragem bem como a pressão de pastejo (número de animais por hectare) também vão conduzir o sistema de ILP ao aporte de MOS no solo (Conte et al., 2011; Souza et al., 2009). Dessa maneira a otimização das áreas agrícolas no uso intensivo do solo e a rotação de culturas favorecem a melhoria dos atributos biológicos, físicos e químicos do solo (Vilela et al., 2011).

Além de ser a principal fonte de nutrientes, a MOS também é responsável pela ciclagem, manutenção e melhoria da estrutura do solo, conseguida quando se tem o constante ou aumento dos teores de MOS (Nicoloso, 2005; Souza et al., 2009; Vezzani et al., 2011). Como e o tempo que essas interações no sistema ILP demoram em ocorrer para que os teores de

MOS evoluam ainda são poucos, principalmente estudos desenvolvidos na região do Cerrado e sob diferentes alturas de pastejo em sistema de ILP.

2.4 - Biomassa e atividade microbiana do solo

Os processos presentes no solo e sua associação com os elementos que o compõe colaboram para um funcionamento adequado desse sistema (Barros et al., 2010). Sistemas conservacionistas de produção, como o PD e rotação de culturas, por exemplo, contribuem para o aumento dos teores de matéria orgânica (MOS) observando também aumento dos teores microbianos (Carpenedo & Mielniczuk, 1990). A MOS é composta por materiais lábeis, recalcitrantes e, da fração viva responsável pela decomposição (Correia & Oliveira, 2005) e compostos orgânicos e inorgânicos (Moreira & Siqueira, 2006). A fração viva é representada pela biomassa microbiana, ou seja, os microrganismos do solo e é responsável pela liberação de compostos prontamente assimiláveis pelas plantas (Vezzani & Mielniczuk, 2011b). Também são responsáveis pelos fluxos de energia e matéria entre os sistemas solo-planta-atmosfera (Moreira & Siqueira, 2006), pois são os decompositores dos resíduos animais e vegetais adicionados ao solo.

A biomassa microbiana, corresponde de 1 a 5% do total de MOS presente no solo (Carneiro et al., 2008; Moreira & Siqueira, 2006), composto por mucilagens liberadas pelas raízes, microrganismos e seus compostos e, a macrofauna (Moreira & Siqueira, 2006). Sofre rápido declínio quando o manejo não está proporcionando entrada suficiente de matéria e energia no sistema solo. Componente ativo na ciclagem, imobilização e mineralização, fonte de energia e nutrientes as plantas e outros microrganismos (Barros et al., 2010), a biomassa torna-se ponto-chave na manutenção da vida no solo, considerada essencial para a qualidade do solo, saúde das plantas e do meio ambiente (Moreira & Siqueira, 2006).

Os microrganismos são considerados estruturas que dissipam energia (Vezzani & Mielniczuk, 2011), são os principais responsáveis pelo equilíbrio dos ecossistemas na Terra, imobilizando C nas células microbianas (Moreira & Siqueira, 2006). Os organismos do solo realizam a fragmentação,

decomposição e distribuição no perfil do solo, misturando as frações orgânicas e minerais (Vezzani & Mielniczuk, 2011b; Correia & Oliveira, 2005) formando, principalmente os macrorganismos (e.g. minhocas, besouros), canalículos no solo devido sua atividade de distribuição favorecendo a drenagem de água e crescimento de raízes.

À medida que os resíduos vão sendo decompostos sucessivas populações surgem e após o consumo daquele composto metabolizável por eles, morrem seguindo a sucessão trófica, onde outras populações especializadas na degradação de compostos menos lábeis e das células microbianas mortas surgem (Moreira & Siqueira, 2006).

A atividade dos microrganismos está também, ligada a degradação dos compostos químicos não essenciais ao solo. Solos contaminados por metais pesados, através da complexação de pesticidas e outros produtos químicos (Barros et al., 2010) são biorremediados. Mostra eficiência ou ineficiência da população microbiana na conversão de C em células microbianas pelo quociente metabólico (qCO_2) (Pinto et al., 2012; Belo et al., 2012; Carneiro et al., 2008), e nutrientes prontamente disponíveis no fornecimento rápido de N, K, P para as plantas com a morte de células microbianas (Moreira & Siqueira, 2006).

A velocidade e a magnitude de decomposição dos resíduos dependem da quantidade de microrganismos e da diversidade de espécies que habitam o solo (Correia & Oliveira, 2005). Dentre as classes de microrganismos responsáveis pela decomposição de MOS, Moreira & Siqueira (2006) citaram os actinomicetos, fungos e bactérias e a regulação dessa população microbiana ocorre pelos macrorganismos (e.g. minhocas, nematoides, ácaros, entre outros) predadores dos microrganismos (Correia & Oliveira, 2005).

Os microrganismos consomem e produzem energia (Moreira & Siqueira, 2006) utilizam como fonte os mais variados compostos, tanto orgânicos como inorgânicos, obtendo C quando realizam a decomposição dos resíduos ou da própria MOS já presente no solo (Vezzani & Mielniczuk, 2011). O consumo de energia pela decomposição dos resíduos e a síntese de células microbianas são processos que ocorre simultaneamente no solo, onde a decomposição é

considerada como reação catabólica (Moreira & Siqueira, 2006) e a produção de células microbianas como reação anabólica.

Moreira & Siqueira (2006) ainda descreveram alguns processos realizados pela biomassa e seus aspectos mais relevantes. Segundo eles a biomassa participa na regulação da quantidade de material orgânico no solo e em sua superfície, sendo assim são responsáveis pela grande perda de C podendo contribuir com o efeito estufa, poluição do ar, eutrofização das águas pela produção de compostos poluentes.

A atividade da biomassa microbiana é alterada pelos sistemas de produção. Sistemas com revolvimento intensivo do solo contribui para mineralização mais rápida da MOS, pois ocorre aeração do solo e rompimento dos agregados (Bot & Benites, 2005), fornecendo substrato (MOS) para degradação pelos microrganismos.

Nos sistemas convencionais de cultivo com o revolvimento do solo o resíduo que se acumula sobre a superfície é incorporado ao solo, aumento sua área de superfície específica facilitando o ataque microbiano e a decomposição mais rápida. Com isso há um aumento significativo da atividade dos microrganismos e liberação de maior quantidade de CO₂ e, posteriormente quando a quantidade de substrato diminui observa-se redução da atividade da população microbiana.

Mas quando se implementa sistemas conservacionistas de manejo do solo estes contribuem para aumento dessa fração viva a qual é mantida por maior tempo pois os substratos são fornecidos constantemente. Enquanto se tem plantas vivas fornecendo energia e mucilagens para manutenção da comunidade microbiana ou a presença de palhada ou resíduos animais sobre o solo haverá atividade dos microrganismos.

A integração dos sistemas de produção (ILP, por exemplo) onde o cultivo de plantas se dá o ano inteiro e, mesmo no período de estiagem onde a quantidade de chuvas é praticamente nula, a redução da atividade é bem marcante, no entanto ainda permanece, em menor ritmo, pois as plantas estão vivas, fornecendo ainda energia e carbono.

Dessa maneira os microrganismos fornecem nutrientes de forma indireta às plantas, nos processos de mineralização e imobilização de nutrientes. Sofre

influência da vegetação e dos teores de MOS, da quantidade de argila, dos sistemas de cultivo (Moreira & Siqueira, 2006), alguns colaborando diretamente com o fornecimento de nutrientes.

2.5 - Agregação do solo

A rocha matriz ao ser intemperizada, influencia o tipo de mineral da fração argila e seus produtos da transformação (Inda-Júnior et al., 2010). A estrutura do solo é o resultado da interação entre os componentes orgânicos e inorgânicos (Vezzani & Mielniczuk, 2011a; Vezzani et al., 2008). Solos oxidados apresentam em sua fração argila minerais como os óxidos de ferro responsáveis pela formação da estrutura desse tipo de solo (Souza et al., 2010).

O mineral de argila que compõe a maior parte dos solos tropicais como os Latossolos, é a caulinita, mineral cristalino não-expansivo (Inda-Júnior et al., 2010). O processo de agregação nos solos 1:1, ocorrem com o direcionamento dos minerais de argila (caulinita), minerais secundários (óxidos de Fe e Al), MOS e seus compostos, raízes vivas e restos de organismos e plantas (Vezzani & Mielniczuk, 2011a; Golchin et al., 1998; Tisdall & Oades, 1982; Edwards & Bremner, 1967). Nesses solos ocorrem de acordo com Vezzani & Mielniczuk (2011a,b; Edwards & Bremner, 1967) a hierarquia de agregação, onde partículas simples como os minerais da fração argila (caulinita) apresentam carga negativa e os cátions polivalentes, os quais apresentam energia de hidratação como Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} se ligam por forças fracas (Van der Waals ou eletrostáticas), floculando as argilas, tornando-se irreversíveis.

A MOS atua como agente agregante de partículas simples (Silva et al., 2010) e com o aumento do processo de organização do sistema, a união de vários microagregados (<0,25 mm) formando os macroagregados (>0,25 mm) (Vezzani & Mielniczuk, 2011a; b). Nesse processo de união das partículas <0,25 mm, e formação dos macroagregados tem-se a participação do material orgânico em decomposição, atividade dos microrganismos e exsudação celular além do crescimento das raízes e hifas (Vezzani & Mielniczuk, 2011a; Tisdall & Oades, 1982).

A MOS atua nos processos biológicos, físicos e químicos e as adições constantes de resíduos ou manutenção das culturas no solo podem preservar sua estrutura (Wohlenberg et al., 2004). No entanto as adições de C ocorrem também através da rizodeposição de C, mucilagens e polissacarídeos no solo (Moreira & Siqueira, 2006). Juntamente com a MOS solos com fração argila 1:1 (solos intemperizados), onde se observa minerais secundários presentes na fração argila (Inda-Júnior et al., 2010), contribuem para floculação e agregação do solo.

Os agregados protegem fisicamente a MOS da decomposição pelos microrganismos (Souza et al., 2010), de seu aparato enzimático e dos fatores não controláveis como temperatura e umidade. A proteção física da MOS tem se tornado instrumento de muitos estudos visto que ela representa um indicador de qualidade do solo, pois o aumento da MOS faz com que haja aumento dos estados de ordem do sistema (Vezzani et al., 2009).

A utilização de sistemas com altas intensidades de revolvimento durante o ano provoca redução da agregação do solo, perda de estrutura e exposição da MOS protegida fisicamente, aumentando a atividade microbiana e a aeração do solo (Bot & Benites, 2005). Com o sistema PD reduz-se o revolvimento do solo, acumulando palha na superfície, contribuindo para aumento das populações microbiológicas do solo, consumindo substrato e liberando mucilagens e compostos sintetizados para outros microrganismos utilizarem e atuar na agregação do solo.

Com a junção plantio direto – rotação de culturas há um aumento dos estados de ordem do sistema solo, onde o resíduo vegetal aportado ao solo é diversificado, facilitando o aparecimento de populações diferenciadas na decomposição daqueles outros tipos de substratos, adicionando C em frações variadas do solo (Bot & Benites, 2005).

Ao associar os sistemas de manejo em um só ciclo de cultivo PD e rotação de culturas, como na ILP, os estados de ordem do sistema podem chegar ao mais alto grau (Salton et al., 2008). O sistema radicular fasciculado explora maior quantidade de solo, promovendo aproximação das partículas (Souza et al., 2009), fornecendo C e substrato para crescimento de bactérias e

fungos produzindo mucilagens e entrelaçando as partículas (Vezzani & Mielniczuk, 2011; Moreira & Siqueira, 2006) atuando como agregantes.

A diversificação de plantas cultivadas em uma mesma área durante o ano (rotação de culturas) promove melhorias nos atributos do solo, auxiliando na estruturação, principalmente com o uso de plantas com sistema radicular agressivo, podendo também aumentar a produtividade das culturas (Costa et al., 2011). A diversidade de resíduos no solo (gramíneas e leguminosas) favorece o aumento e a atividade de populações variadas de microrganismos (Moreira & Siqueira, 2006), favorecendo o aumento da quantidade de fungos que entrelaçam suas hifas com as partículas simples e microagregados formando agregados maiores.

Vezzani & Mielniczuk (2011) observaram porcentagem de solo agregado iguais em campo nativo, pangola e consórcio milho/guandu cultivados em Argissolo Vermelho. Os resultados obtidos por esses autores demonstram que ao se transformar um sistema natural e áreas cultivadas, foram necessários 17 anos de implantação sem preparo de solo para que a quantidade de massa de solo agregada se igualasse a área nativa. Portanto as propriedades do solo podem influenciar nos teores de MOS bem como na sua estrutura e para que esse tenha boa estrutura é necessário adicionar quantidades de biomassa animal e vegetal suficientes para manutenção do ecossistema (Bot & Benites, 2005).

Pulleman et al. (2005) observaram que o cultivo de gramíneas contribuem para estabilidade dos agregados e proteção da MOS, observada principalmente na camada até 10 cm. Além do fornecimento de alimento aos animais durante o período de menor oferta de forragem (Bayer & Mielniczuk, 2008; Souza et al., 2009) serve também como aumento da quantidade de palhada para o plantio direto.

As vantagens de cultivar gramíneas é que as mesmas apresentam sistema radicular denso. Quando não há pastejo destas pelos animais a massa de raízes fica concentrada na camada superficial com aumento da agregação nessa faixa de profundidade (Souza et al., 2009). Isso contribui para o aumento do diâmetro dos agregados do solo e foram constatados por Conte et al., (2011) onde os maiores valores de DMP foram observados na profundidade até

10 cm, superando até as áreas pastejadas. Maior concentração de raízes favorece a rizodeposição, com aumento do carbono orgânico (CO) através da adição de compostos sintetizados pelas mesmas (carboidratos e polissacarídeos) (Moreira & Siqueira, 2006), porém restrito a camadas menos profundas. No entanto, estudos sobre a influência do pastejo e a agregação do solo (Salton et al., 2008) ainda carecem de maior aprofundamento, ainda mais na região do Cerrado.

A introdução do PD juntamente com a rotação de culturas proporciona aumento do resíduo vegetal e diversificação (leguminosas e gramíneas) (Salton et al., 2008; Souza et al., 2009), aumentando a MOS nos vários compartimentos (Bot & Benites, 2005). Os compartimentos da MOS são divididos em partes, as quais podem ser facilmente perdidas ou aumentada e outras que são estáveis devido a estabilidade química e sua composição (cadeia carbônica).

As frações recalcitrantes (substâncias húmicas) apresentam cadeias carbônicas longas, presença de anéis aromáticos (Portugal et al., 2008). As frações lábeis (fácil decomposição) são formadas por compostos por células microbianas, polissacarídeos e resíduos recém adicionados. O aumento da MOS promove a agregação (Boeni, 2007; Salton et al., 2008) e com isso há a troca de benefícios com a MOS estabilizando a estrutura e o agregado protegendo o material orgânico da decomposição microbiana.

Ribeiro (2012) avaliou a agregação do solo em um Plintossolo Háplico conduzido em sistema de PD, com anos de inserção agrícola diferentes e comparou-as com as áreas nativas de coval (topo e base de murundu). O autor observou que áreas com 16 anos de condução em sistema plantio direto apresentou agregação igual às áreas nativas (topo e base de murundu). Porém quando se comparou a área com 12 anos de PD esta se igualou apenas a área nativa base, a qual fica inundada parte do ano.

Se pode concluir com base no estudo de Ribeiro (2012) que com o manejo adequado, sem revolvimento, adição de resíduos na safra e safrinha, atividade biológica adaptada às condições climáticas impostas, pode ser possível promover ao solo estruturação e organização do sistema (Vezzani & Mielniczuk, 2011a), essenciais a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

2.6 - REFERÊNCIAS

ALVARENGA, R.C. & NOCE, M.A. Integração lavoura e pecuária. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 14 p.

AMADO, T.J.C. Matéria orgânica do solo no sistema plantio direto: a experiência do Rio Grande do Sul. http://cesnors02.cafw.ufsm.br/professores/vanderlei/solos_florestais/Materia_organica_Telmo%20J%20C%20Amado.pdf Acesso em: 03 mar. 2013.

ANJOS, L.H.C.; PEREIRA, M.G.; PÉREZ, D.V.; RAMOS, D.P. Caracterização e classificação de Plintossolos no município de Pinheiro – MA. R. Bras. Ci. Solo, v.31, p. 1035-1044, 2007.

ARAÚJO-NETO, M.D.; FURLEY, P.A.; HARIDASAN, M.; JOHNSON, C.E. The “mounds” of the “cerrado” region of Central Brazil. Jour. Trop. Ecol., v.2, p. 17-35, 1986.

ASSMANN, A.L. & PIN, E.A. Manejo de biomassa. In: Integração lavoura-pecuária para a agricultura familiar. Londrina, IAPAR, 2008, 49p.

ASSMANN, T.S.; ASSMANN, A.L. & SOARES, A.B. Desenvolvimento sustentável e integração lavoura-pecuária. In: Integração lavoura-pecuária para a agricultura familiar. Londrina, IAPAR, 2008, 49p.

BARROS, Y.J.; MELO, V. de F.; DIONISIO, J.A.; OLIVEIRA, E.B.de; CARON, L.; KUMMER, L.; AZEVEDO, J.C.R. de; SOUZA, L.C. de P. Indicadores de qualidade de solos em área de mineração e metalurgia de chumbo: I – microrganismos. R. Bras. Ci. Solo, v.34, p.1397-1411, 2010.

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. Pesq. Agrop. Bras., v.39, p. 677-683, 2004.

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

BELO, E.S.; TERRA, F.D.; ROTTA, L.R.; VILELA, L.A.; PAULINO, H.B.; SOUZA, E.D.; VILELA, L.A.F.; CARNEIRO, M.A.C. Decomposição de diferentes resíduos orgânicos e efeito na atividade microbiana em um latossolo vermelho de Cerrado. Glob. Sci. Tech., v.5, p. 107-116, 2012.

BOENI, M. Proteção física da matéria orgânica em Latossolos sob sistemas com pastagens na região do Cerrado Brasileiro. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007. 136p.

BOT, A.; BENITES, J. The importance of soil organic matter: key to drought-resistant soil and sustained food and production. FAO Soil Bulletin, Roma, 2005. 95p. <http://www.fao.org/docrep/009/a0100e/a0100e06.htm#TopOfPage>
Acesso em 13 mar. 2013.

CAMARGO, F.A.O. Caracterização da ação fitotóxica de ácidos orgânico voláteis sobre a cultura do arroz. Tese de mestrado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1992. 126p.

CAMARGO, F.A.O.; SANTOS, G.A.; ZONTA, E. Alterações eletroquímicas em solos inundados. R. Ci. Ru., v.29, p. 171-180, 1999.

CANELLAS, L.P.; MENDONÇA, E.S.; DOBBSS, L.B.; BALDOTTO, M.A.; VELLOSO, A.C.X.; SANTOS, G.A.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B. Reações da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L.S. da; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, 2 ed. 7-18, 2008.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V.; V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo. Viçosa, 1 ed. 375-470, 2007.

CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; FREITAS, D.A.F. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal-Sul-Mato-Grossense. R. Bras. Ci. Solo, v.35, p. 613-622, 2011.

CARNEIRO, M.A.C.; CORDEIRO, M.A.S.; ASSIS, P.C.R.; MORAES, E.S.; PEREIRA, H.S.; PAULIINO, H.B. & SOUZA, E.D. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. Brag., v.67, p.455-462, 2008.

CARPENEDO, V. & MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. R. Bras. Ci. Solo, v.14 p. 99-105, 1990.

Companhia Nacional de Abastecimento. CONAB.
http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_01_06_08_41_56_bol_etim_graos_4o_lev_safra_2010_2011..pdf Acesso em: 05 out. 2012.

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. R. Bras. Ci. Solo, v. 29, p. 777-788, 2005.

CONTE, O.; WESP, C.L.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; LEVIEN, R.; NABINGER, C. Densidade, agregação e frações de carbono de um Argissolo sob pastagem natural submetida a níveis de oferta de forragem por longo tempo. R. Bras. Ci. Solo, v. 35, p. 579-587,2011.

CORDEIRO, M.A.S; CORÁ, J.E.; NAHAS, E. Atributos bioquímicos e químicos do solo rizosférico e não rizosférico de culturas em rotação no sistema de semeadura direta. R. Bras. Ci. Solo, v. 36 p. 1794-1803, 2012.

CORREIA, M.E.F. & OLIVEIRA, L.C.M. Importância da fauna de solo para a ciclagem de nutrientes. In: AQUINO, A.M.; ASSIS, R.L. Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável. Embrapa Agrobiologia. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 77-99, 2005.

COSTA, O.V.; CANTARUTTI, R.B.; FONTES, L.E.F.; COSTA, L.M.; NACIF, P.G.S.; FARIAS, J.C. Estoque de carbono do solo sob pastagem em área de Tabuleiro Costeiro no sul da Bahia. R. Bras. Ci. Solo, v. 33, p. 1137-1145, 2009.

DORAN, J.W. & ZEISS, M.R. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, 1-20, 1994.

EDWARDS, A.P. & BREMNER, J.M. Microaggregates in soils. J. soil. Sci., v.18, p. 64-73, 1967.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, 1999, 412p.

FERREIRA, E.A.B.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C.; RAMOS, M.L.G. Dinâmica do carbono da biomassa microbiana em cinco épocas do ano em diferentes sistemas de manejo do solo no cerrado. R. Bras. Ci. Solo, v.31, p. 1625-1635, 2007.

GOLCHIN, A.; BALDOCK, J.A. & OADES, J.M. A model linking organic matter decomposition, chemistry and aggregate dynamics. In: LAL, R. KIMBLE.; FOLLETT, R.F. & STEWART, B.A. Soil processes and the carbon cycle. Boca Raton, CRC Press, 245-266, 1998.

INDA-JÚNIOR, A.V.; KLAMT, E. & NASCIMENTO, P.C. do. Composição da fase sólida mineral do solo. In: Meurer, E.J. Fundamentos de química do solo. 4 Ed, Porto Alegre, 29-56, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1464&id_pagina=1 Acesso em 22/11/2012.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. Integração Lavoura-Pecuária para a agricultura familiar. Paraná, 2008, 54p.

LAL, R. & PIERCE, F.J. The vanishing resource. In: LAL, R. & PIERCE, F.J. Soil management for sustainability. Ankeny, Soil Water Cons. Soc., 1-5, 1991.

LIMA, H.N.; MELLO, J.W.V.; SCHAEFER, C.E.G.R.; KER, J.C.; LIMA, A.M.N. Mineralogia e química de três solos de uma topossequencia da bacia sedimentar do Alto Solimões, Amazônia Ocidental. R. Bras. Ci. Solo, v.30, p. 59-68, 2006.

MACEDO, M.C.M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. R. Bras. Zoot., v.38, p.133-146, 2009.

MARIMON, B.S.; MARIMON-JUNIOR, B.H.; MEWS, H.A.; JANCOSKI, H.S.; FRANZAK, D.D.; LIMA, H.S.; LENZA, E.; ROSSETE, A.N.; MORESCO, M.C. Florística dos campos de murundus do Pantanal do Araguaia, Mato Grosso, Brasil. Acta Bot. Bras., v.26, p. 181-196, 2012.

MEURER, E.J. In: MEURER, E.J. Fundamentos de Química do Solo. Porto Alegre, 2010. 266 p.

MIINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. <http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/recuperacao-areas-degradadas> Acesso em: 22/11/2012.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L.S. da; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A. de O. Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo: ecossistemas tropicais e subtropicais, Porto Alegre, 1-4, 2008.

MORAES, A. de; CARVALHO, P.C. de F.; PELISSARI, A.; ALVES, S.J.; LANG, C.R. Sistemas de integração lavoura-pecuária no Subtrópico da América do Sul: exemplos do Sul do Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, 2007, Curitiba. Anais. Curitiba: UFPR, 2007, 27p. CD-ROM.

MOREIRA, F.M. de S.; SIQUEIRA, J.O. Matéria Orgânica do Solo. In: MOREIRA, F.M. de S.; SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras, 203-261, 2006.

MUZZILLI, O. Manejo da materia orgânica no sistema plantio direto: A experiência no Estado do Paraná. [http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/C8F63FC050479CEA83257AA2005D5C98/\\$FILE/Page6-10-100.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/C8F63FC050479CEA83257AA2005D5C98/$FILE/Page6-10-100.pdf) Acesso em: 14 mar. 2013.

OLIVEIRA-FILHO, A.T. The vegetation of Brazilian "murundus": the island-effect on the plant community. Jour. Trop. Ecol., v.8, p. 465-486, 1992.

PORTUGUAL, A.F.; JUCKSCH, I.; SCHAEFER, C.E.G.R.; WENDLING, B. Determinação de estoques totais de carbon e nitrogênio e suas frações em sistemas agrícolas implantados em Argissolo Vermelho-Amarelo. R. Bras. Ci. Solo, v.32, p. 2091-2111, 2008.

PULLEMAN, M.M.; SIX, J.; BREEMEN, N. van, JONGMANS, A.G. Soils organic matter distribution and microaggregate characteristics as affected by agricultural management and earthworm activity. Europ. Jour. Soil Sci., v.56, p. 453-467, 2005.

RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P.; RIBEIRO, J.F. Cerrado: ecologia e flora. Brasília, 153-212, 2008.

RHODEN, A.C. Potencial de mineralização anaeróbia do nitrogênio em solos de várzea do Rio Grande do Sul. Tese de mestrado. Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2002. 127p.

RUSSELLE, M.P.; ENTZ, M.H. & FRANZLUEBBERS, E.J. Reconsidering integrated crop-livestock systems in north America. *Agron. Jour.*, v.99, p. 325-334, 2007.

SALTON, J.C.; FABRÍCIO, A.C.; MACHADO, L.A.Z.; OLIVEIRA, H. Pastoreio de aveia e compactação do solo. *R. Plan. Dir.*, v.69, p. 32-34, 2002.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P.C.; FABRÍCIO, A.C.; MACEDO, M.C.M.; BROCH, D.L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. *R. Bras. Ci. Solo*, v.32, p. 11-21, 2008.

SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; ANDRIGUETTI, 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. *R. Bras. Ci. Solo*, v.33, p. 1829-1836, 2009.

TISDALL, J.M. & OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. soil sci.*, v.33, p.141-163, 1982.

VEZZANI, F.M.; CONCEIÇÃO, P.C.; MELLO, N.A. & DIECKOW, J. Matéria orgânica e qualidade do solo. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L.S. da; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, 185-198, 2008.

VEZZANI F.M. & MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. R. Bras. Ci. Solo, v.33, p. 429-437, 2009.

VEZZANI, F.M. & MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. R. Bras. Ci. Solo, v.35, p.213-223, 2011a.

VEZZANI, F.M. & MIELNICZUK, J. O solo como sistema. In: VEZZANI, F.M. & MIELNICZUK, J. Curitiba, 104 p. 2011b.

VILELA, L.; MARTHA-JÚNIOR, G.B.; MACEDO, M.C.M.; MARCHÃO, R.L.; JUNIOR, R.G.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G.A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. Pesq. Agrop. Bras., v.46, p. 1127-1138, 2011.

WOHLENBERG, E.V.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. R. Bras. Ci. Solo, v.28, p. 891-900, 2004.

3. CAPÍTULO 2: MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA SOB PLANTIO DIRETO NO CERRADO.

RESUMO

Com objetivo de avaliar as alterações das intensidades de pastejo sobre as frações da MOS e da agregação do solo, foi desenvolvido o presente estudo. Implantado em um Latossolo Vermelho distroférico, na Universidade Federal de Goiás – *Campus* Jataí, no ano de 2009 um sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP), onde antes se encontrava uma pastagem depauperada de braquiária. Após a colheita da soja e semeadura de *Brachiaria ruziziensis* (março/2011), foram demarcados os tratamentos em delineamento de blocos ao acaso com três intensidades de pastejo. Os tratamentos foram: intensidades de pastejo: 25 (P-25), 35 (P-35) e 45 (P-45) cm de altura de corte, ou seja, alta, moderada e baixa e duas áreas sem pastejo (s/ pastejo) consideradas como referência. Depois da retirada dos animais (outubro/2011) e antes do plantio da safra 2011/12 foram coletadas as amostras de solo, com cinco repetições por tratamento. O cálculo dos estoques em camada equivalente de solo pode superestimar os estoques de COT. A alta intensidade (P-15) demonstrou menor qualidade para o sistema, pois promoveu menores estoques de COT, COP e NT no solo e IMC. Porém nenhum dos tratamentos influenciou os estoques de NP. Intensidades moderadas (P25) promovem aumento do DMP e do IMC. Independentemente da intensidade de pastejo, houve aumento dos teores microbianos de C e N. A maior contribuição relativa dos dados obtidos foram estoques de COT e C-BM. As duas primeiras variáveis canônicas contribuíram para 99,3% da variação total dos tratamentos.

Palavras-chave: biomassa microbiana, agregação, manejo do solo

ABSTRACT

Different grazing intensities can alter stocks and biological activity in the soil. We evaluated the changes in grazing intensity on SOM fractions and soil aggregation. The study was conducted at the Federal University of Goiás –

Campus Jataí, in crop-livestock integration (ILP) was implanted in 2009 in an Oxisol where once stood a pasture *Brachiaria* depleted. After sowing *Brachiaria ruziziensis* (March/2011), removal of the animals (October/2011) and before the planting of the 2011/12 were collected soil samples. DBC treatments with three replications and the treatments were three grazing intensities, as follows: 15 (P-15), 25 (P-25) and 35 (P-35) cm cutting height, or high, moderate and low, disposing 3, 2 and 1 young bovine animals, respectively, and two areas without grazing (no pasture) considered as reference. The calculation of stocks may overestimated the equivalent layer of TOC. The high intensity (P-15) showed demonstrated lower quality for the system, as promoted under TOC, POC and NT soil and BM. But none of the treatments affected the stocks of NP. Moderate intensities (P-25) promote increased MWD and BM, however the increased microbial content of C and N were occurred when there was grazing animals. The largest relative contribution of data was TOC stocks and BM-C. The first two canonical variables contributed to 99,3% of the total variation of the treatments.

Keywords: microbial biomass, aggregation, soil management

INTRODUÇÃO

A utilização de manejos conservacionistas contribuem para melhoria dos atributos biológicos, físicos e químicos (Amado et al., 1999) e aumento da capacidade produtiva do solo (Souza et al., 2009). No século passado as práticas de desmatamento do Cerrado, queima da vegetação e da pastagem para estimular a rebrota, fizeram com que extensas áreas do Cerrado fossem degradadas. Juntamente com essas perdas, foram observados processos erosivos e redução dos estoques de carbono (C) (Klink & Machado, 2005). Porém a degradação do solo ocorre com perdas contínuas, onde são observados processos como salinização, esgotamento de nutrientes e compactação (Pell, 1999).

O uso de pastagens cultivadas e/ou naturais e, as altas taxas de lotação contínua contribuíram para redução da oferta de forragem (Gonçalves, 2007;

Conte et al., 2011) e perda da qualidade do solo (Pragana et al., 2012), por diminuir a quantidade de resíduos vegetais sobre o solo. Nessa linha, o sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) foi introduzido com intuito de recuperar pastagens degradadas (Vilela et al., 2011) além de diversificar a fonte de renda dos produtores, reduzindo os custos de recuperação dessas áreas.

A ILP refere-se a uma associação entre os cultivos agrícolas e a produção animal que se faz em diferentes partes do mundo, com os mais diferentes propósitos e nas mais diferentes condições (Entz et al., 2005). Embora haja muitos paradigmas a respeito da entrada de animais em áreas de plantio direto (Moraes et al., 2002), observa-se forte crescimento na adoção da tecnologia de ILP, particularmente no centro-sul do país, com particularidades distintas de cada região.

No Subtrópico do Brasil alguns agricultores têm seu sistema baseado na rotação e diversificação, e principalmente como alternativa de renda e utilização da terra nos interstícios das lavouras de verão. Já no Cerrado a integração surge como alternativa na rotação de culturas, recuperação dos solos e de pastagens degradadas. As tecnologias adotadas tem sido diferentes, existindo uma lacuna onde o que é possível durante a fase experimental (pesquisa) e o que o produtor realmente pratica na propriedade (Pell, 1999).

A matéria orgânica do solo (MOS) é a principal responsável pela manutenção dos sistemas produtivos. A quantidade de biomassa vegetal adicionada ao solo rege as entradas e saídas de carbono do solo, que segundo Vezzani & Mielniczuk (2009) são descritos como fluxos de matéria e energia. A interação de compostos orgânicos-vegetal-biota e a contínua adição de resíduos contribuem com o aumento dos fluxos de energia e matéria e do grau de complexidade das estruturas, aumentando os estados de ordem do sistema solo (Vezzani & Mielniczuk, 2009). Em estudo de Souza et al. (2009) o pastejo com alto pisoteio (maior taxa de lotação) promoveu redução dos estoques de C, enquanto que em intensidade moderada os estoques aumentaram em período inferior a 10 anos de implantação.

Nesse sentido a agregação também é influenciada. Essa se inicia com atrações múltiplas entre minerais e MOS (Mello, 2006), onde domínios de argila

(óxidos de Fe e Al), silte e cátions polivalentes se organizam em microagregados muito estáveis (Vezzani & Mielniczuk, 2011). Com o aumento do tempo de manutenção das culturas sobre o solo, o entrelaçamento das hifas fúngicas, pressão das raízes, exsudação radicular e mucilagens microbianas atuando como agregantes e cimentantes (Vezzani & Mielniczuk, 2011) tem-se a formação dos macroagregados.

A estabilidade dos agregados depende da atividade microbiana a qual também depende do constante fornecimento de C e mucilagens (Ferreira et al., 2007). Com o sistema soja/pastagem a adição ao solo de resíduos vegetais e animais durante o ano pode favorecer aumento da biomassa microbiana, o que ocorre com o aumento dos teores de C e N. O aumento da atividade microbiana depende da abundância de material orgânico disponível (Pragana et al., 2012) e promove maior ciclagem de nutrientes e imobilização dos nutrientes na biomassa (Bayer et al., 2004; Pinto et al., 2012).

A biomassa microbiana representa de 1 a 4% do C total a qual é responsável pela ciclagem de nutriente e mobilização destes nas células vivas. A não incorporação dos resíduos animais e vegetais ao solo, pode minimizar os impactos da atividade agrícola (Ferreira et al., 2007) como perda da estrutura (menor diâmetro dos agregados) e maior velocidade de decomposição da MOS. Assim, quando não há revolvimento do solo, ou seja, quando não há incorporação dos resíduos no solo pode-se acumular C nas camadas mais superficiais. Souza et al. (2009) observaram que quando não se tem pastejo dos animais, também não se tem estímulo para a renovação radicular da forrageira e, portanto a velocidade de crescimento das raízes é bem menor podendo influenciar os teores microbianos (Cordeiro et al., 2012).

A base do sistema plantio direto (PD) é a manutenção de resíduos sobre o solo e, nos sistemas ILP são regulados pela altura de pastejo. Assim, a intensidade de pastejo adotada influencia os fluxos de energia e matéria, através das entradas de resíduos vegetais e animais, em função da quantidade de esterco distribuído pelos animais no solo e da quantidade de forrageira que sobra.

Assim, objetivou-se com este presente trabalho avaliar as frações físicas da matéria orgânica do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto submetido a intensidades de pastejo no Cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em área experimental da Universidade Federal de Goiás, *Campus Jataí*. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico de textura argilosa, relevo levemente ondulado, localizado a 17° 56' 57" S e 51° 43' 18" W a 800 m de altitude. O clima tropical chuvoso do tipo Aw de acordo com classificação de Köppen apresenta duas estações bem definidas, sendo a estação chuvosa (outubro a maio) e a seca (junho a setembro) (Figura 1).

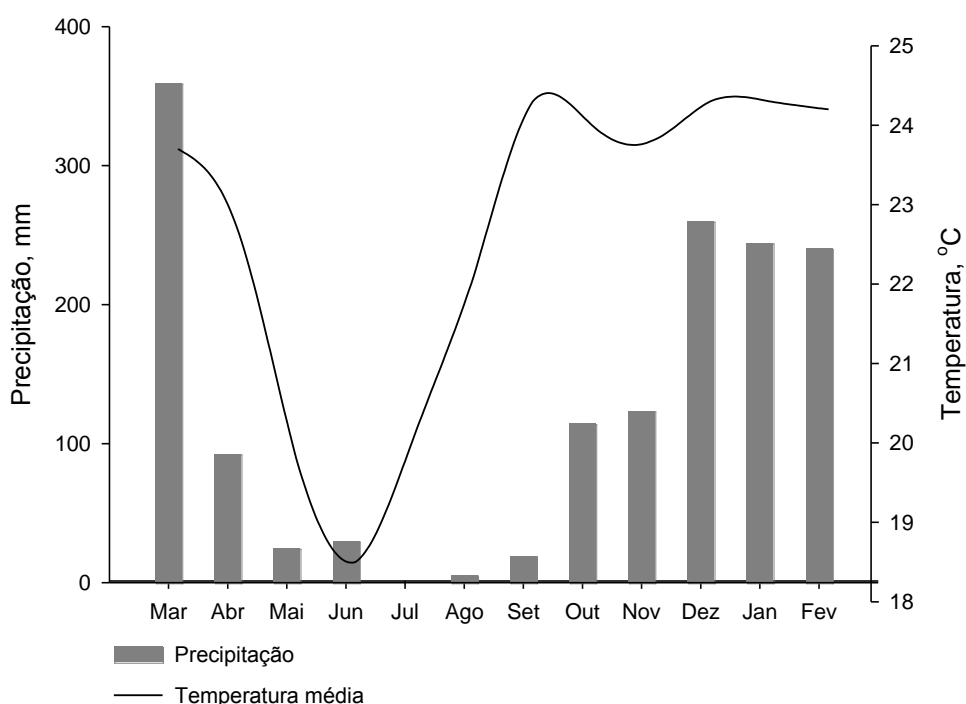


Figura 1: Médias de precipitação e temperatura de março de 2011 a fevereiro de 2012 do município de Jataí – Goiás. Fonte: INMET – Estação meteorológica de Jataí.

A área onde o experimento foi instalado estava sendo conduzida por dez anos com pastagem de *Brachiaria decumbens*, a qual não recebia correção do

solo e adubação, pastejada com animais bovinos sob alta intensidade de pastejo. Por ocasião da instalação do presente trabalho a pastagem apresentava sinais de degradação do pasto, sendo observada uma redução da produção vegetal e a presença de plantas invasoras. Os atributos químicos e granulométricos do solo, na camada de 0 a 20 cm, são observados na Tabela 1.

O experimento iniciou-se no ano de 2009, com a realização de calagem com aplicação, à lanço, de 2,5 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico com PRNT de 80%. Esse calcário foi incorporado ao solo com uma aração e duas gradagens.

Anualmente, desde outubro de 2009, a cultura da soja (cultivar Anta RR) de ciclo precoce foi semeada com a aplicação de 350 kg ha⁻¹ de adubo formulado NPK 02-18-18, em espaçamento de 45 cm e população aproximada de 340.000 plantas.ha⁻¹. As cultivares utilizadas e tratos culturais são encontrados na tabela 2. A colheita ocorre, geralmente, no início do mês de fevereiro de cada ano, sendo posteriormente semeado, em linha, *Brachiaria ruziziensis* (20 kg/ha⁻¹ – valor cultural 65%).

Tabela 1. Atributos químicos do solo no início do experimento, na camada 0-20 cm em um Latossolo Vermelho sob sistema de Integração Lavoura-Pecuária.

Safras	pH	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K	Al ³⁺	SB	CTC	V
	H ₂ O	mg kg ⁻¹	cmol _c dm ⁻³				%		
Início (08/09)	5,2 ¹	- ²	1,38	1,6	0,19	-	3,2	9,35	36,6

(1) Média dos tratamentos. (2) Dados não disponíveis.

Em 28 de fevereiro de 2010, após a colheita da soja, foi iniciado o experimento com estabelecimento da pastagem de *Brachiaria ruziziensis*, estabelecida por semeadura à lanço, sem adubação e tratos culturais. A área total do experimento foi de aproximadamente 22 hectares, a qual foi dividida em nove piquetes (parcelas experimentais) cujo tamanho era de aproximadamente 2,0 hectares. As parcelas foram separadas por cerca elétrica

de três fios eletroplásticos. Ao longo do experimento foi utilizado um corredor lateral para manejar os animais sempre que necessário.

Cerca de 45 dias após a emergência da braquiária, foi realizada a aplicação de 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N) na forma de uréia em adubação de cobertura. Essa cultura foi conduzida até o início da próxima estação chuvosa (início de outubro), sendo que nessa época ocorreu a dessecação da gramínea com a aplicação de glifosato Roundup no dose de 4,0 L p.c.ha⁻¹.

Tabela 2. Histórico de tratos culturais realizados na área experimental de Integração Lavoura-Pecuária na UFG – *Campus Jataí*.

Safra/ Cultivar	Adubação	Calcário	Plantio	Aplicação	Produtos
09/10 Anta RR	350 kg/ha 02-18-18	2 t	31/10/0 9	Tratam. semente	Cropstar (300ml/100kg semente) Derosal (200ml/100kg semente) e Inoculante (100ml/100 kg semente)
				Dessecação	Glifosato (4L ha ⁻¹)
				Pós	Roundup ultra (1kg/ha) + Akito (120 ml/ha)
				1° aplicação	Nativo + Áureo (0,5 + 0,5 l/ha) + Rivat (0,5 l/ha) + Connect (0,6l/ha) + Certero (0,05l/ha)
				2° aplicação	Nativo + Áureo (0,5 + 0,5 l/ha) + Rivat (0,6l/ha) + Metomex (0,8/ha) + Pome (0,6l/ha)
				3° aplicação	Nativo (0,6 l/ha) + Áureo (0,5 l/ha) + Rivat (0,5 l/ha) + Metomex (0,8 l/ha)
10/11 Msoy 7908 RR	350 kg/ha 00-20-20	Não	26 a 28/10/1 0	Tratam. semente	Cropstar (300 ml/100kg semente), Derosal (200ml/100kg semente) e Inoculante (100ml/100kg semente)
				Dessecação	Roundup Ultra (1,5kg/ha)
				Pós	Roundup Ultra (1kg/ha) + Turbo (0,1L/ha) + Certero (50ml/ha) + Klap (12,5ml/ha)

2° aplicação	Nativo (0,5L/ha) + Áureo (0,5L/ha) + Methomex (0,8L/ha)
3° aplicação	Orthene (0,75kg/ha)
4° aplicação	Sphere max (0,15L/ha) + Aureo (0,5L/ha) + Connect (0,5L/ha)

Os tratamentos constaram de diferentes alturas de manejo da pastagem: 25, 35 e 45 cm de altura, ou seja, alta, moderada e baixa intensidade de pastejo, respectivamente, além de duas áreas-controle (s/ pastejo) e com presença de *Brachiaria*, entre os blocos, totalizando 11 parcelas (Figura 2).

Na entrada dos animais a altura da pastagem nos diferentes tratamentos foi semelhante, sendo a partir de então, acompanhada a cada 14 dias com bastão a graduado “sward stick” (Bircham, 1981), com leituras em 50 pontos por parcela totalizando 150 para cada tratamento. Utilizou-se, alternadamente a cada ano, bovinos jovens (12 meses) e adultos (vacas secas), em que os animais entram na área quando a pastagem atinge um acúmulo médio em torno de 4.000 kg ha⁻¹ de MS.

De forma geral, os animais iniciam o ciclo de pastejo na primeira quinzena de julho. A diferença entre as alturas de pastejo desejadas foi obtida aproximadamente 20 dias após a introdução dos animais, sendo reduzida a quantidade de animais e em seguida respeitando essas diferenças na altura de pastejo até o final do ciclo de pastejo. No início de outubro de cada ano os animais foram retirados da área, com posterior dessecação da gramínea.



Figura 2. Croqui da área experimental de Integração Lavoura-Pecuária no sudoeste de Goiás.

As amostras de solo foram coletadas na segunda quinzena de outubro de 2011, após início do período chuvoso e a saída dos animais e, antes do plantio da soja, com dois anos de implantação do sistema ILP. Para a coleta do solo foram abertas trincheiras de 40 cm x 40 cm x 60 cm de profundidade e o solo coletado nas camadas de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm, em cinco pontos aleatórios por tratamento.

Nas amostras deformadas de solo, foram colocadas em sacos plásticos identificados, acondicionados em caixas térmicas e levados ao laboratório. Posteriormente foram peneiradas, secas ao ar e colocadas em potes plásticos e armazenadas até o momento das análises.

Para o estudo de agregação foram coletadas amostras de solo com cerca de 500 g, com auxílio de espátula, que foram enrolados em filmes de PVC a fim de manter a estabilidade da estrutura, identificados e acondicionados em caixas de papelão e foram conduzidas ao laboratório de solos da UFG - Campus Jataí. As amostras de solo foram umedecidas e destorroadas nos pontos de fraqueza e colocadas sobre papel para secagem a sombra por 72 horas.

Para a agregação a metodologia utilizada foi descrita por Kemper & Chepil (1965), modificado por Silva & Mielniczuk (1997), pesando-se duas subamostras de 50 g, umedecidas por capilaridade e dispostas em conjunto de peneiras de 2; 1; 0,5; 0,25 e 0,125 mm, obtendo-se as classes de agregados. O diâmetro médio ponderado (DMP) foi obtido partindo-se da quantidade de massa de solo retido em cada peneira e calculado de acordo com a equação:

$$DMP = \sum_{i=1}^n (x_i \cdot w_i)$$

onde w_i = porcentagem de massa de solo em cada classe em relação ao total e x_i = diâmetro médio das referentes classes em mm.

Parte da amostra de solo após secagem em estufa, foram pesados e determinados os teores totais de C segundo Tedesco et al. (1995). A determinação dos teores de nitrogênio total e particulado seguiram a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). O fracionamento físico do solo foi realizado após agitação de 20 g de solo e 80 mL de hexametáfosfato (7,5 g.L⁻¹) por 16h em agitador horizontal (Cambardella & Elliot, 1992). Posteriormente as amostras foram lavadas em peneira 53 µm com auxílio de jato d'água e levadas para secagem em estufa a 50 °C, até adquirir peso constante. Em seguida foram moídas em gral de porcelana e determinados os teores de C e N particulado e totais, seguindo método proposto por Tedesco et al. (1995).

Após a determinação desses valores foram obtidos os estoques de carbono total e particulado em camada equivalente de solo e massa equivalente de solo levando-se em consideração a densidade do solo obtida das áreas-referência (sem pastejo) utilizando a correlação de Pearson. As densidades utilizadas foram as menores, obtidas nas áreas-referência, considerando 1,11 e 1,17 kg dm⁻³ para as profundidades de 0 a 5 e 5 a 10 cm, respectivamente, e de 10 a 20 cm a densidade utilizada foi de 0,98 kg dm⁻³.

O Índice de Manejo de Carbono (IMC) foi calculado considerando a área sem pastejo como referência (IMC=100), seguindo proposta de Blair et al. (1995) adaptado por Dieckow et al. (2005) onde o carbono orgânico particulado é o carbono da fração lábil e o carbono associado aos minerais o carbono da fração não-lábil. As equações utilizadas foram:

$$LC = C \text{ lábil} / C \text{ não lábil}$$

para cálculo da labilidade do carbono com C lábil= estoque de COP (C particulado) e C não lábil= estoque da fração associada aos minerais.

$$IMC=IEC \times ILC \times 100$$

sendo IEC= estoque de C do tratamento/ estoque de C da área sem pastejo e, ILC= LC do tratamento/LC do tratamento sem pastejo.

O carbono e nitrogênio da biomassa microbiana foram obtidos pelo método da fumigação-extração com K_2SO_4 e titulação com sulfato ferroso (Vance et al., 1987). Os teores de N-BM foram determinados segundo Brookes (1995). A respiração basal foi determinada após incubação do solo por 24h no escuro, via evolução do CO_2 e titulação com HCl (Alef & Nanninperi, 1995). O quociente metabólico (qCO_2) foi determinado segundo metodologia proposta por Anderson & Domsh (1993) e o quociente microbiano, relação entre C-BM e COT, foram obtidos segundo Brookes (1995).

Os resultados obtidos foram submetidos à ANOVA e quando significativos aplicou-se o teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o programa estatístico SISVAR versão 5.3.

Utilizou-se técnicas multivariadas para determinar a dissimilaridade entre os tratamentos. A distância generalizada de Mahalanobis foi utilizada como medidas de dissimilaridade e os tratamentos foram agrupados pelo método de Tocher e feita a dispersão gráfica pelos escores das duas primeiras variáveis canônicas. A contribuição relativa de cada característica para variação total foi feita pelo método de Singh (1981) conforme Cruz & Regazzi (1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A relação estoque de carbono orgânico total (COT) em massa equivalente de solo e camada equivalente de solo (Figura 3) demonstra que o cálculo por camada equivalente de solo pode superestimar os estoques no solo, pois se utiliza a densidade de cada profundidade. A padronização da densidade do solo, adotando um tratamento-referência, facilita a compreensão dos dados através da equivalência das camadas (Ellert & Bettany, 1995), reduzindo os efeitos da variação entre as camadas dentro de um mesmo

tratamento, como o utilizado nesse estudo. Desta forma, as discussões serão apresentadas em massa equivalente de solo.

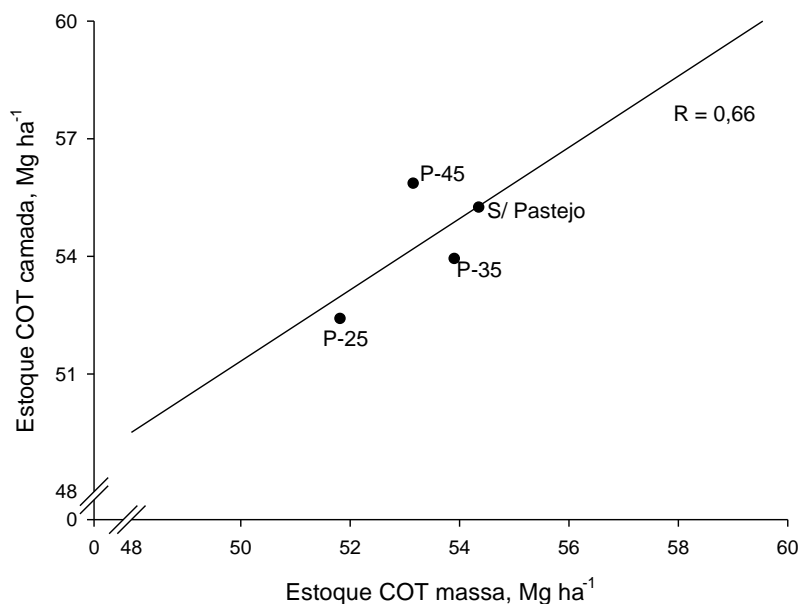


Figura 3. Relação dos estoques de COT em massa e camada de solo, na camada de 0 a 20 cm, em um Latossolo Vermelho distroférico, sob sistema de Integração Lavoura-Pecuária submetido a intensidades de pastejo em plantio direto.

Os estoques de carbono orgânico total (COT) variaram de 51,8 Mg ha⁻¹ a 54,4 Mg ha⁻¹ para a alta (P-25) e moderada (P-35) intensidade de pastejo, respectivamente (Tabela 3). Os estoques de COT foram considerados altos em todas as intensidades de pastejo, o que pode ocorrer devido à proteção física da matéria orgânica apresentada por esse tipo de solo quando comparadas ao estudo de Souza et al. (2009). As intensidades baixa (45 cm de altura do pasto – P-45), moderada (35 cm de altura do pasto – P-35) e sem pastejo apresentaram comportamento semelhante. Já a maior intensidade de pastejo alta (25 cm de altura do pasto – P-25) apresentou estoques de COT menores que as demais após dois anos de condução do sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) (Tabela 3).

Tabela 3. Estoques de carbono orgânico total (COT) e particulado (COP), nitrogênio total (NT) e nitrogênio da matéria orgânica particulada (N-MOP), na

camada de 0-20 cm em um Latossolo Vermelho distroférico, sob sistema de Integração Lavoura-Pecuária submetido a intensidades de pastejo em plantio direto.

	COT	COP	NT	NP
Tratamentos	Mg ha ⁻¹			
	0 – 20 cm			
P-25	51,8 b	10,8 b	5,2 b	0,51 a
P-35	54,4 a	12,7 a	6,1 a	0,56 a
P-45	53,2 a	11,7 ab	5,2 b	0,48 a
S/ pastejo	53,9 a	12,3 a	5,3 ab	0,56 a

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra não se diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Tratamentos: intensidades de pastejo: s/ pastejo de animais, baixa (P-35), moderada (P-25) e alta (P-15).

Souza et al. (2009) comentaram sobre as diferenças de intensidades de pastejo contribuindo para maior ou menor deposição de resíduos animais e vegetais na área, onde nas altas intensidades de pastejo (P-25) há maior consumo da forrageira, diminuindo a quantidade da gramínea, e maior pisoteio. Essas observações descritas pelos autores acima foram obtidas também em um Latossolo Vermelho, em clima temperado. Outro fato que contribuiu para diferenciação dos tratamentos foi o tempo de implantação do sistema de produção, o qual já estava com 7 anos de condução. Diferentemente do presente estudo que se encontrava com apenas 2 anos de implantação e está em local com clima tropical.

A altura do pasto a 25 cm (P-25) não contribuiu para aumento dos estoques de COT no solo. Mas quando a manutenção da altura do pasto foi de 45 cm, 35 cm ou s/ pastejo foram suficientes para manter e/ou aumentar os estoques de COT após dois anos de inserção da ILP, quando se compara com a área P-25, indicando ser possível manejar o sistema com taxas essas de lotação e incrementos de C. O tempo de implantação do sistema ILP, quando

foi realizado o presente estudo era de apenas dois anos e, provavelmente não foi suficiente para diferir os tratamentos por causa da presença dos animais, mas do manejo da *Brachiaria* e os tratos culturais recebidos durante o plantio da soja na safra.

Os estoques de carbono orgânico particulado (COP) variaram de 12,68 Mg ha⁻¹ e 10,8 Mg ha⁻¹ para as intensidades P-35 (35 cm de altura do pasto) e P-25 (25 cm de altura do pasto) (Tabela 3). Dois fatores podem ter contribuído para diferenciação desses tratamentos, o primeiro foi o pisoteio dos animais e o segundo fator a quantidade de massa vegetal depositada sobre o solo. Nas áreas com maior intensidade de pastejo (P-25) havia mais animais pastejando e menor quantidade de fitomassa era deixada sobre o solo, então havia consumo excessivo do pasto, sobrando pouco ou quase nada de palha para manutenção do plantio direto (PD). Ao contrário das outras áreas com intensidades moderada (P-35) e baixa (P-45) que havia animais em quantidade suficiente para pastejar e sobrar palhada para manutenção do PD no caso do P-35, e sobra de pasto para P-45, pela pouca quantidade de animais no piquete.

Os estoques de COP representaram 20,8% do COT para alta intensidade (P-25) e 23% para intensidade moderada de pastejo (P-35). A área com baixa intensidade (P-45) e sem pastejo (s/ pastejo) contribuem para 22 e 22,8%, respectivamente, sendo iguais a P-35.

O carbono orgânico particulado (COP) compõe a fração lábil da MOS (Souza et al., 2006; Conte et al., 2011), é constituída por resíduos recém adicionados e biomassa, sofrendo rápidas perdas ou ganhos. Carneiro et al. (2008) e Souza et al. (2009) observaram influencia da relação parte aérea/raiz, as quais colaboram para adições diferenciadas de componentes (C e N) ao solo afetando a qualidade da MOS. A observação dos estudos citados acima pode ajudar explicar as diferenças encontradas na fração particulada do C entre as intensidades P-25 (menor quantidade de COP) e P-35 (maior quantidade de COP) (Tabela 3).

Os estoques de N total (NT) apresentaram variação de 875 kg ha⁻¹ entre as intensidades de pastejo alta (P-25) e moderada (P-35), respectivamente,

(Tabela 3). As intensidades P-45 e alta P-25 não diferiram entre si e sem pastejo (s/ pastejo) não diferiu desses e nem de P-35.

O pastejo contínuo em P-25 reduziu os estoques de C e N ou apenas não contribuiu para que essas frações aumentassem. Possivelmente o maior consumo da forrageira tenha diminuindo o aporte de resíduos ao solo pela senescência da planta. Souza et al. (2009) e Conte et al. (2011) descreveram um tipo de compensação da gramínea, onde esta procura recursos para manter a produção foliar. Assim diminui-se a produção de compostos metabolizados pelo sistema radicular e a deposição de folhas mortas sobre o solo, pelo alto consumo da *Brachiaria ruziziensis*.

Os compostos lábeis são os maiores responsáveis pela manutenção da microbiota do solo ativa, pois são de rápida degradabilidade. E, ainda, grande parte da estabilidade dos agregados grandes se deve a ação desses microrganismos, principalmente fungos e bactérias (Moreira & Siqueira, 2006 Vezzani & Mielniczuk, 2011b) entrelaçando e cimentando as partículas de solo. Portanto quando há menor quantidade de resíduos vegetais sobre o solo, o material é mais rapidamente degradado, consumo rápido do substrato pela microbiota. Com o passar do tempo ocorre redução gradativa dessa população devido à diminuição da disponibilidade de substrato a ponto de afetar a estabilidade dos macroagregados.

Após 6 anos de implantação do sistema ILP foram observados redução dos estoques por Souza et al. (2009) quando adotaram a intensidade alta de pastejo. No presente estudo a área com alta intensidade (P-25) apresentou, com apenas dois anos de implantação do sistema, menores estoques totais de C e N e, particulado de C.

Quanto ao estoque particulado de N (NP) não houve diferença entre os tratamentos. Os estoques podem não ter sofrido alterações devido a recente implantação do sistema, pois a fração particulada é dependente da manutenção constante de resíduos. Outro ponto que pode ter colaborado para que não houvesse aumento dessa fração seria a relação C/N, constatado por Carneiro et al. (2008), onde as forrageiras leguminosas tendem adicionar maior quantidade de N por ter em sua composição maior quantidade de N por unidade de C e também pela fixação biológica de nitrogênio (FBN).

Na agregação pode-se observar também sinais indicativos de perda de qualidade do solo, ou seja, degradação na área com alta intensidade de pastejo (P-25) para a camada de 0-5 cm (Tabela 4). As demais intensidades apresentaram comportamento semelhante entre si. A redução no tamanho dos agregados chegou a 0,33 mm entre P-25 e P-35. Os agregados formados na área de maior pisoteio animal podem não ser estáveis por serem formados apenas pela força de pressão, diferentemente dos agregados unidos por agentes cimentante (Salton et al., 2008), fato que corrobora com os dados obtidos no presente estudo.

Tabela 4. Diâmetro médio ponderado dos agregados do solo, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm em um Latossolo Vermelho distroférico sob sistema de Integração Lavoura-Pecuária submetido a intensidades de pastejo em plantio direto.

Tratamentos	DMP		
	mm		
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
P-25	1,74 b	2,09 ab	2,03 a
P-35	2,07 a	2,23 a	1,93 a
P-45	2,05 a	1,90 b	1,94 a
S/ Pastejo	2,02 a	2,02 ab	1,96 a

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra não se diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Tratamentos: intensidades de pastejo: s/ pastejo de animais, baixa (P-35), moderada (P-25) e alta (P-15).

Apenas para efeito de observação entre as profundidades 0-5 cm e 5-10 cm, houve redução no DMP dos agregados para P-45, mantendo-se para sem pastejo (s/ pastejo) e aumentando para P-25 e P-35. Souza et al. (2009) estudando área de ILP com 6 anos de implantação encontraram menor DMP em intensidade alta de pastejo (P-25) bem como redução do estoque de COT por Souza et al. (2009), corroborando com os resultados encontrados nesse

estudo. Salton et al. (2008) observaram que mesmo em pouco tempo de cultivo de gramíneas, houve maior agregação do solo, na área em rotação com soja.

Não houve efeito do pastejo sobre a agregação do solo na profundidade de 10-20 cm para nenhum dos tratamentos (Tabela 4). Os demais tratamentos tiveram comportamento semelhante, no entanto o menor DMP encontrado na alta intensidade (P-15) nas camadas 0-5 cm estão provavelmente relacionados aos menores estoques de COT, COP e NT (Tabela 3). Após 6 anos de implantação do sistema de integração lavoura-pecuária, Souza et al. (2010) encontraram valores de DMP (citar o dado) para todas as intensidades de pastejo independentemente da camada observada, superior ao do presente estudo.

Alguns fatores podem ter colaborado para essa diferença entre ambos estudos a primeira pelo tempo de implantação do sistema, clima, tipo de planta cultivada e em consórcio. No presente estudo a área encontrava-se apenas com dois anos de manejo nesse sistema, o clima tropical, cultivo solteiro de *Brachiaria ruziziensis*. A rizodeposição bem como a constante adição de resíduos podem incrementar os teores de C no solo favorecendo a macroagregação, resultando em maior DMP nos sistemas que utilizam gramíneas (Salton et al., 2008). Conte et al. (2011) observaram também influencia da oferta de forragem no aumento do DMP, pois este depende da constante adição de biomassa e aumento dos teores de C.

Outra explicação para o comportamento do DMP foi descrito por Souza et al. (2008) onde a massa de raízes nas áreas mais pastejadas (P-25) reduz com a menores pressões de pastejo (s/ pastejo) e a massa de parte aérea com comportamento inversamente proporcional, reduzindo à medida que aumentou a pressão de pastejo. À medida que reduz a quantidade de animais no pasto, sobra pasto, no entanto, não incentiva a renovação radicular, que ocorre com pastejo adequado, ou seja, moderadamente (P-35).

Os agregados grandes (>0,25 mm) são formados e estabilizados com ação constante de agentes agregantes (hifas fúngicas, mucilagens, exsudatos radiculares) e, ainda, pressão de partículas pelo pisoteio animal (Vezzani & Mielniczuk, 2011a, b; Souza et al., 2009; Salton et al., 2008; Moreira & Siqueira, 2006).

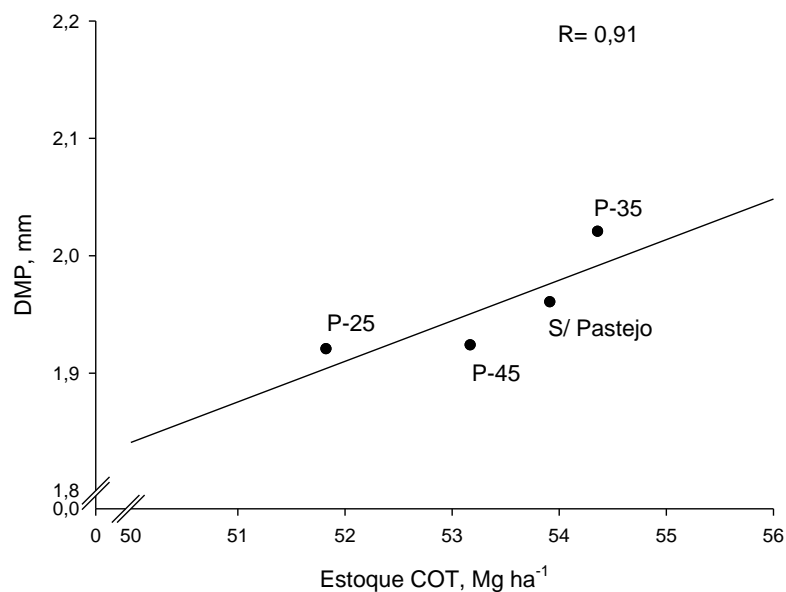


Figura 4. Relação entre estoque de carbono orgânico total (COT) e diâmetro médio ponderado (DMP) na camada de 0-20 cm em um Latossolo Vermelho distroférico sob sistema de Integração Lavoura-Pecuária submetido a intensidades de pastejo em plantio direto. Tratamentos: intensidades de pastejo: s/ pastejo de animais, baixa (P-35), moderada (P-25) e alta (P-15).

A relação entre as variáveis COT/DMP aumentou linearmente da área mais pastejada (P-25) para a área com pastejo moderado (P-35) (Figura 4). O intenso pastejo (P-25), menor correlação observada, reduziu a oferta de forragem colaborando para diminuir essa relação. Os dados obtido nesse estudo são inferiores aos encontrados por Conte et al. (2011). Avaliando a relação COT/DMP, Salton et al. (2008) consideraram que apenas a mudança no sistema de manejo, partindo de uma lavoura para pastagem permanente, favorece o aumento dessa relação. E com a introdução de animais na área ocorre incremento do DMP e de teores de C no solo (Souza et al., 2010). A aproximação das partículas pela maior densidade de raízes das gramíneas, deposição de mucilagens e C, fornecem substrato e energia para os microrganismos do solo (Vezzani & Mielniczuk, 2011) aumentando o DMP.

Tabela 5. Índice de estoque de carbono (IEC), labilidade do carbono (LC), índice de labilidade do carbono (ILC) e índice de manejo de carbono (IMC), na

camada de 0 a 20 cm, em um Latossolo Vermelho distroférico, sob sistema de Integração Lavoura-Pecuária submetido a intensidades de pastejo em plantio direto.

Intensidade de pastejo	IEC	LC	ILC	IMC
P-25 ⁽¹⁾	0,96 a	0,25 c	0,88 c	84,5 b
P-35	1,03 a	0,3 a	1,05 a	108,2 a
P-45	0,98 b	0,26 bc	0,89 bc	87,2 ab
Sem pastejo ⁽²⁾	1,00 b	0,28 ab	1,00 ab	100,0 a

⁽¹⁾ Tratamentos: intensidades de pastejo: s/ pastejo de animais, baixa (P-35), moderada (P-25) e alta (P-15). ⁽²⁾ Referência com IMC 100. Médias seguidas de mesma letra na coluna não se diferem pelo teste de Tukey a 5% de erro.

Houve diferença entre os tratamentos e para todos os índices de manejo (Tabela 5). Verifica-se que a intensidade moderada de pastejo (P-35) apresentou maior IEC em relação aos demais tratamentos, sendo diferente estatisticamente ($p \leq 0,05$). A intensidade moderada (P-35) colaborou para o incremento de C no solo enquanto que a intensidade alta (P-25) promoveu redução da concentração de carbono no sistema. O IEC demonstra a capacidade de aporte de C ao solo (Conte et al., 2011) o qual ocorre primariamente pela adição constante de resíduos na superfície do solo e pelas raízes (Salton et al., 2008).

A labilidade do carbono (LC) apresentou diferenças estatísticas entre as áreas pastejadas, onde as áreas com pastejo baixo e alto (P45 e P-25, respectivamente) não se diferiram entre si e, P-45 não se diferiu de S/ pastejo (Tabela 5). Os parâmetros IEC e LC são de fácil aplicação para avaliar as alterações na dinâmica da matéria orgânica, porém não demonstram informações completas como o índice de manejo de C (Loss et al., 2011). Menores valores de LC foram obtidos por Souza et al. (2009) quando pastejo foi intenso (25 cm de altura do pasto) após 7 anos de implantação do experimento.

O ILC foi obtido pelo produto da labilidade dos tratamentos pela área-referência (Loss et al., 2009) no caso desse estudo a área sem entrada dos

animais (s/ pastejo) apresentou diferenças. O pastejo em alta intensidade (P-25) apresentou menor ILC, seguido de P-45 que não se diferiu deste e nem de S/ pastejo e, P-35 apresentou maior ILC. No entanto esses parâmetros não contribuem para um estudo aprofundado sobre perdas ou ganhos de qualidade do solo, como o IMC (Souza et al., 2009), o qual engloba a qualidade e quantidade de material orgânico presente no solo (Rossi et al., 2012)

O IMC da área-referência é igual a 100 (IMC=100), onde esta descreve que seria sem interferência do animal. Diante disso, encontramos na tabela 5, tratamentos que apresentaram índice menores e igual a área sem pastejo. A área com P-35 (intensidade moderada) apresentou IMC igual a área-referência (s/ pastejo), ou seja, o manejo em intensidade moderada de pastejo não diminuiu a qualidade do solo (redução do IMC). Porém P-45 não se diferiu das demais áreas (P-25, P-35 e S/ pastejo). O menor índice de manejo de C foi obtido quando houve o pastejo excessivo dos animais (P-25).

O índice de manejo de carbono (IMC) refere-se a qualidade do solo, adotando-se como área de referência solo sob floresta ou a pastagem natural (Blair et al., 1995). O cultivo de soja na safra e *Brachiaria* na safrinha contribuem para aumento do IMC, segundo Rossi et al. (2012). Conte et al. (2011) que quando a oferta de pasto era menor (4 a 8%) foram obtidos menores índices de IMC. Mudanças no manejo do solo reflete diretamente no IMC, cujo princípio é junção das frações físicas e químicas da MOS (Loss et al., 2011). Portanto o resultado obtido na área com maior pressão de pastejo (P-25) nos mostra importante indicação de redução do C e conseqüentemente da menor qualidade da MOS.

Tabela 6. Carbono na biomassa microbiana (C-BM), nitrogênio na biomassa microbiana (N-BM), respiração basal (C-CO₂), quociente metabólico (qCO₂) e quociente microbiano, na camada de 0 a 10 cm, em um Latossolo Vermelho sob sistema de Integração Lavoura-Pecuária submetido a intensidades de pastejo em plantio direto.

Tratamentos ¹	C-BM	N-BM	C-CO ₂	qCO ₂	BM/COT
--------------------------	------	------	-------------------	------------------	--------

	$\mu\text{g C g}^{-1}$ solo	$\mu\text{g N g}^{-1}$ solo	$\text{mg CO}_2 \text{ g h}^{-1}$	$(\text{mg CO}_2 \text{ g h}^{-1}$ $\mu\text{g C g solo}^{-1}) \times$ 10^{-3}	q_{mic} %
	0 - 10 cm				
P-25	818 a	4,0 a	19,8 a	41,5 ab	1,6 a
P-35	781 ab	3,7 a	20,1 a	39,1 b	1,4 b
P-45	876 a	3,7 a	18,7 a	46,7 a	1,6 a
S/ pastejo	671 b	2,5 b	19,3 a	34,9 b	1,1 c

⁽¹⁾ Tratamentos: intensidades de pastejo: s/ pastejo de animais, baixa (P-35), moderada (P-25) e alta (P-15). ⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra na coluna não se diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$) de erro.

Nos tratamentos com pastejo dos animais, foram observados incremento de C e N microbianos, independentemente da intensidade de pastejo (Tabela 6). A variação no carbono da biomassa microbiana (C-BM) chegou a 205 μg de C g^{-1} de solo entre as intensidades baixa (P-45) e sem pastejo (Tabela 6). Os tratamentos com pastejo, P-25 e P-45 apresentaram os maiores teores, a área com pastejo moderado (P-35) foi intermediário entre P-25 e P-45 e a área-referência (s/ pastejo).

O mesmo comportamento foi encontrado no estudo de Souza et al. (2008) comentando que o aumento da biomassa (C e N) aconteceu devido ao aumento da massa de raízes, onde eles demonstraram em gráfico a relação direta com aumento do carbono da biomassa. Valores próximos aos encontrados no presente trabalho foram relatados por Belo et al. (2012) obtidos por decomposição de resíduos de *Brachiaria* em mesmo Latossolo Vermelho. Ainda segundo os mesmos autores, o que contribuiu para as diferenças entre as forrageiras avaliadas na variável C-BM, é principalmente a relação C/N do material. Carneiro et al. (2008) também observaram mesmo comportamento ao avaliarem a relação C/N entre forrageiras leguminosas e gramíneas.

Pode-se considerar que quando houve o pastejo dos animais o C microbiano aumentou independente da quantidade de animais que entra nos tratamentos. A biomassa microbiana, fração viva da MOS, sofre rápidas

alterações com o manejo (Gama-Rodrigues et al., 2008) e seu aumento pode estar relacionado a maior mobilização de nutrientes devido ao rompimento dos agregados (maior pisoteio e redução da oferta de forragem) (Conte et al., 2011). Com isso ocorre a disponibilização de substratos orgânicos antes protegido no interior dos agregados (Pragana et al., 2012) servindo de fonte de energia e C para a população de microrganismos, aumentando a sua atividade.

O mesmo comportamento ocorreu para o nitrogênio da biomassa microbiana (N-BM) onde o pastejo colaborou para maior teor microbiano do N na camada até 10 cm. Quando não ocorreu o pastejo dos animais, o incremento de N nas células microbianas foi menor, de modo que só o plantio da gramínea em áreas de integração lavoura-pecuária sem o consumo da forrageira pelos bovinos contribui em menor quantidade para esse aporte. Aparentemente, o que ocorre quando não há o corte da parte aérea pelos bovinos é que não há incentivo para renovação rápida do sistema radicular, diminuindo a produção de metabólitos. Não havendo a produção de metabólitos e substrato para consumo dos microrganismos, não haveria ganho e nem imobilização de nutrientes nas células microbianas.

A respiração basal (C-CO₂) não apresentou diferenças entre os tratamentos (Tabela 6). A taxa de respiração dos microrganismos, ou seja, o gasto energético que eles têm para manter a população ativa, não sofreu interferência quando os tratamentos eram ou não pastejados. A respiração basal refere-se à atividade dos microrganismos na decomposição dos resíduos presentes no solo e a conversão ou imobilização em células vivas (Belo et al., 2012). Valores altos indicam perda de energia e condições estressantes bem como valores menores indicam eficiência da biomassa na conversão e imobilização (Carneiro et al., 2008). Os valores encontrados nesse estudo são superiores aos encontrados por Pragana et al. (2012) e Souza et al. (2008), este último estudando intensidades de pastejo em plantio direto no sul do Brasil após 7 anos de implantação.

Avaliações sobre a evolução do CO₂ foram relatadas por Belo et al. (2012) e Carneiro et al. (2008) com resíduos de leguminosas e gramíneas. Belo et al. (2012) observaram acúmulo de CO₂ em 20 dias de 52,2 mg CO₂ kg⁻¹ de solo com resíduo de *Brachiaria*.

O qCO_2 razão entre a taxa respiratória pelo C microbiano apresentou diferenças entre as áreas, demonstrando estresse da biomassa. As maiores alterações entre o quociente metabólico (qCO_2) foram obtidas entre as áreas P-25 e P-45 (Tabela 6). Os tratamentos P-35 e S/ pastejo apresentaram condições menos estressantes, indicando que a biomassa é eficiente no uso e conversão do substrato disponível em C microbiano.

Souza et al. (2008) encontraram valores de qCO_2 abaixo, cuja área experimental tem mesmo protocolo que do presente estudo, foram apresentados valores menores de quociente metabólico, demonstrando maior equilíbrio da população microbiana. O qCO_2 representa a capacidade da população microbiana de utilizar o C e compostos orgânicos, para sua manutenção, indicando condições de estresse (Carneiro et al., 2008; Pragana et al., 2012). Pragana et al. (2012) encontraram em área sob cronosseqüência de cultivos (soja/milho) em sistema plantio direto desde 2005 maiores valores de qCO_2 .

A relação BM/COT ou quociente microbiano ($qmic$) demonstrou diferenças estatísticas, principalmente quando houve pastejo dos animais. A menor relação fração viva (BM) C orgânico total (COT) foi obtido na área onde os animais não foram inseridos, ou seja, o não pastejo dos animais não favoreceu o aumento dessa relação. Enquanto que quando houve menor ou maior intensidade de pastejo (P-45 e P-25, respectivamente) o quociente microbiano aumentou. A área P-35 apresentou como tratamento intermediário (1,4%), ou seja, 1,4% do COT é composto pela fração viva da MOS. Essa relação indica a porcentagem do C total que é composto pela fração viva do solo, ou seja, a fração imobilizada na biomassa (Pragana et al., 2012; Anderson & Domsch, 1993) e pode variar de 2 a 4% do COT (Gama-Rodrigues et al., 2008).

Quanto maior essa relação, maior quantidade de células microbianas (maior biomassa microbiana) compõe o C total do solo (Pragana et al., 2012). Os valores tidos como normais (cerca de 4% do COT) foi proposto por Anderson & Domsh (1993) e, valores inferiores a este indicam perda de C do sistema, bem com acima indicam ganhos (Carneiro et al., 2008). Assim,

observamos que quando foi realizado o pastejo, independentemente da pressão de pastejo adotada, houve aumento dessa fração viva do COT no solo.

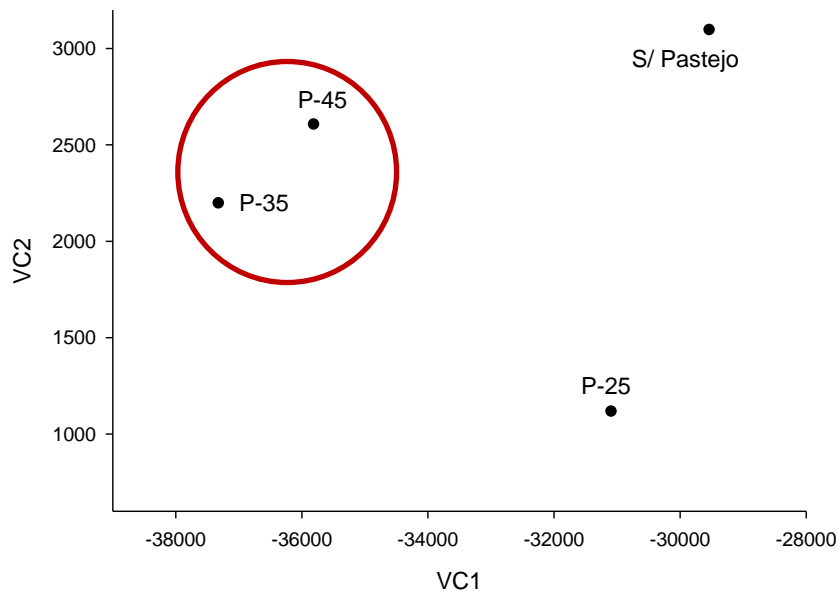


Figura 5. Dispersão gráfica das intensidades de pastejo das duas primeiras variáveis canônicas e agrupamento pelo método de Tocher em um Latossolo Vermelho distroférico de Cerrado. Tratamentos: intensidades de pastejo: s/ pastejo de animais, baixa (P-35), moderada (P-25) e alta (P-15). VC1 – E-COT (estoque total de C); VC2 – C-BM (carbono da biomassa microbiana).

As duas primeiras variáveis canônicas conseguiram explicar 99,8% da variação total dos dados (Figura 5). A utilização do agrupamento de Tocher formou dois grupos com duas áreas cada, demonstrando similaridade entre os tratamentos agrupados. O primeiro constituído da área com intensidade baixa de pastejo (P-45) e intensidade moderada de pastejo (P-35), o segundo grupo formado pela intensidade alta de pastejo (P-25) e área-controle, ou seja, sem entrada de animais (S/ pastejo) (Figura 5).

Após obtenção da distância generalizada de Mahalanobis foi distribuído em tabela (Tabela 7) a contribuição relativa dos caracteres avaliados. A adoção do PD na área antes com pastagem sem tratos culturais e o cultivo soja verão / pastagem no inverno favoreceram a manutenção dos estoques de C e para aumento da atividade microbiana no solo. Quanto aos estoques de COT pode

ter sido contribuído o aumento devido à implantação do sistema plantio direto, minimizando o revolvimento do solo. A atividade dos microrganismos do solo pode ter aumentado, pois houve o cultivo de gramíneas, com sistema radicular abundante liberando mucilagens e polissacarídeos que serviram de energia para a população microbiana, sendo o restante do solo considerado como deserto nutricional (Moreira & Siqueira, 2006).

Tabela 7. Contribuição relativa dos caracteres para diversidade avaliada pelo critério de Singh (1981), baseado na distância generalizada de Mahalanobis em um Latossolo Vermelho distroférico de Cerrado.

Variável	Valor em %
E-COT	29,4
C-BM	23,2
CBM/COT	9,12
E-NP	8,45
qCO_2	7,53
IMC	7,37
N-BM	7,02
E-NT	3,20
C-CO ₂	1,54
DMP ¹	1,42
DMP ²	0,83
DMP ³	0,56
ILC	0,12
IEC	0,08
E-COP	0,05
LC	0,05

DMP 1, 2 E 3 referem-se as profundidades 0-5; 5-10 e 10-20 cm, respectivamente.

CONCLUSÕES

- 1- O pastejo com altura de 35 cm ou o não pastejo dos animais (s/ pastejo) contribuem satisfatoriamente para os atributos avaliados.

- 2- Altura de corte de 25 cm proporciona redução do DMP, estoques de COT, COP, NT e IMC.
- 3- O pastejo dos animais bovinos incrementam a atividade biológica do solo, independentemente da pressão de pastejo.
- 4- As duas primeiras variáveis canônicas conseguem explicar 99,8% da variação dos dados.
- 5- COT e C-BM explicam juntos 52,5% para dispersão dos tratamentos.

LITERATURA CITADA

ALEF, K. & NANNIPIERI, P. Methods in applied soil microbiology and biochemistry. Eds. London, Academic Press, 1995. 576p.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S.B.V. & BAYER, C. Culturas de cobertura, acúmulo de nitrogênio total no solo e produtividade de milho. R. Bra. Ci. Solo, v.23, p. 679-686, 1999.

ANDERSON, J.P.E. & DOMSH, K.H. The metabolic quotient (qCO_2) as a specific parameter to assess the effects of environment conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. Soil Biology Bioc, v.25, p. 393-395, 1993.

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. Pesq. Agrop. Bras., v.39, p. 677-683, 2004.

BELO, E.S.; TERRA, F.D.; ROTTA, L.R.; VILELA, L.A.; PAULINO, H.B.; SOUZA, E.D.; VILELA, L.A.F.; CARNEIRO, M.A.C. Decomposição de diferentes resíduos orgânicos e efeito na atividade microbiana em um Latossolo Vermelho de Cerrado. Global Sci. Tech., v.5, p.107-116, 2012.

BIRCHAM, J.S. Herbage growth and utilization under continuous stocking management. Edinburgh, University of Edinburgh, 1981. (Tese de Doutorado).

BLAYR, G.J.; LEFROY, R.D.E. & LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index, for agricultural systems. *Austr. Jour. Agric. Res.*, v. 46, p. 1459-1466, 1995.

BROOKES, P.C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. *Biol. Fert. Soils*, v.19, p. 269-279, 1995.

CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOT, E.T. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Sci. Soc. Am. Jour.*, v.56, p. 777-783, 1992.

CARNEIRO, M.A.C.; CORDEIRO, M.A.S.; ASSIS, P.C.R.; MORAES, E.S.; PEREIRA, H.S.; PAULINO, H.B. & SOUZA, E.D. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. *Brag.*, v.67, p. 455-462, 2008.

CONTE, O.; WESP, C.L.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; LEVIEN, R.; NABINGER, C. Densidade, agregação e frações de carbono de um Argissolo sob pastagem natural submetida a níveis de ofertas de forragem por longo tempo. *R. Bras. Ci. Solo*, v.35, p. 579-587, 2011.

CORDEIRO, M.A.S.; CORÁ, J.E.; NAHAS, E. Atributos bioquímicos e químicos do solo rizosférico e não rizosférico de culturas em rotação no sistema de semeadura direta. *R. Bras. Ci. Solo*, v.36, p. 1794-1803, 2012.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 2. Ed. Viçosa: UFV, 1997. 390 p.

DIECKOW, J.; MIELNICZUK, J.; KNICHER, H.; BAYER, C.; DICK, D.P.; KNABNER, I.K. Carbon and nitrogen stocks in physical fractions of a

subtropical Acrisol as influenced by long-term no till cropping systems and N fertilization. *Plant Soil*, v.268, p. 319-328, 2005.

ELLERT, B.H. & BETTANY, J.R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. *Can. Jour. Soil Sci.*, v. 75, p. 529-538, 1995.

ENTZ, M.H.; BELLOTTI, W.D.; POWELL, J.M. et al. Evolution of integrated crop-livestock production systems. In: McGilloway, D.A., ed, *Grassland: a global resource*, Wageningen, 2005. P. 137-148.

FERREIRA, F.P.; AZEVEDO, A.C.; DALMOLIN, R.S.D.; GIRELLI, D. Carbono orgânico, óxidos de ferro e distribuição de agregados em dois solos derivados de basalto no Rio Grande do Sul – Brasil. *Ci. Rural*, v.37, p. 381-388, 2007.

KEMPER, W.D. & CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, I.E. & CLARCK, F.E., eds. *Methods of soil analysis*. Am. Soc. Agron., Madison, 1965. p.499-510.

KLINK, C.A. & MACHADO, R.B. A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade*, v.1, n.1, p.147-155, 2005.

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

MELLO, N.A. Efeito do sistema de manejo nos atributos do solo, movimentação de sedimentos e exportação de carbono orgânico numa microbacia rural sob cultura do fumo. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006, 248p. (Tese de Doutorado).

MORAES, A.; PELISSARI, A.; ALVES, S.J. et al. Integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. In: MELLO, N.A., ASSMANN, T.S. (Eds). *I Encontro de*

Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil, Pato Branco, 2002. Anais. Pato Branco, 2002, p.3-42.

MOREIRA, F.M. de S.; SIQUEIRA, J.O. Matéria Orgânica do Solo. In: MOREIRA, F.M. de S.; SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras, 203-261, 2006.

PELL, A.N. Integrated crop-livestock management systems in sub-Saharan Africa. *Env., Develop. Sust.*, v.1, p.337-348, 1999.

PINTO, F.A.; SANTOS, F.L.; TERRA, F.D.; RIBEIRO, D.O.; SOUSA, R.R.J.; SOUZA, E.D.; CARNEIRO, M.A.C.; PAULINO, H.B. Atributos de solo sob pastejo rotacionado em função da aplicação de cama de peru. *Pesq. Agrop. Trop.*, v.42, p. 254-262, 2012.

PRAGANA, R.B.; NÓBREGA, R.S.A.; RIBEIRO, M.R.; LUSTOSA-FILHO, J.F. Atributos biológicos e dinâmica da matéria orgânica em Latossolos Amarelos na região do Cerrado Piauiense sob sistema de plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, v.36, p. 851-858, 2012.

ROSSI, C.Q.; PEREIRA, M.G.; GIACOMO, S.G.; BETTA, M.; POLIDORO, J.C. Frações orgânicas e índice de manejo de carbono do solo em Latossolo Vermelho sob plantio de soja no cerrado goiano. *R. Bras. Ci. Agrárias*, v.7, p.233-241, 2012.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P.C.; FABRÍCIO, A.C.; MACEDO, M.C.M.; BROCH, D.L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. *R. Bras. Ci. Solo*, v.32, p. 11-21, 2008.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. *R. Bras. Ci. Solo*, v.21, p. 313-319, 1997.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. *The Indian Journal of Genetics e Plant Breeding*, v.41, p.237-245, 1981.

SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.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. *R. Bras. Ci. Solo*, v.35, p. 1829-1836, 2009.

SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; LIMA, C.V.S.; ANGHINONI, I.; MEURER, E.J.; CARVALHO, P.C.F. Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistema de integração agricultura-pecuária submetido a diferentes intensidades de pastejo em plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, v.32, p. 1273-1282, 2008.

SOUZA, E.D.; CARNEIRO, M.A.C.; PAULINO, H.B.; SILVA, C.A.; BUZZETTI, S. Alterações nas frações do carbono em um neossolo quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso do solo. *Acta Sci. Agron.*, v.28, p. 305-311, 2006.

TEDESCO, M.J., GIANELLO, C., BISSANI, C.A., BOHNEN, H., VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. UFRGS: Dpto de Solos. Faculdade de Agronomia. Boletim técnico nº5, 2. ed rev. e ampl. Porto Alegre, 174p, 1995.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring microbial biomass C. *Soil Biol. Bioc.*, v.19, p. 703-707, 1987.

VEZZANI F.M. & MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, v.33, p. 429-437, 2009.

VEZZANI, F.M. & MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. *R. Bras. Ci. Solo*, v.35, p. 213-223, 2011.

VILELA, L.; MARTHA-JR.; G.B.; MACEDO, M.C.M.; MARCHÃO, R.L.; JR. R.G.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G.A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. *Pesq. Agrop. Bras.*, v.46, p. 1127-1138, 2011.

4. CAPÍTULO 3: MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM UM PLINTOSSOLO HÁPLICO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO

Resumo

Objetivando avaliar os efeitos dos anos de cultivo nas frações biológicas, físicas e químicas da matéria orgânica do solo, foi realizado o presente estudo. Conduzido em um Plintossolo Háplico em uma cronoseqüência de cultivos em plantio direto, em uma área comercial da Fazenda Boa Vista, em Jataí-GO, em DIC. Os tratamentos constaram das áreas com 17 anos (PD17), 12 anos (PD12) e 8 anos (PD8) de implantação e duas áreas nativas de topo (Topo) como referência, e base de murundu (Base). Após 12 anos de PD os estoques de COT e COP foram maiores que da área Topo. Os estoques de NT e NP foram superiores ao Topo. Os tratamentos se diferiram para DMP nas profundidades 0-5 e 5-10 cm, apresentando PD17 maior DMP, porém não se diferenciando na camada 10-20 cm. Foi possível notar a influência dos anos de cultivo sobre a relação COT/DMP. O IMC foi superior a área Topo para todos os tratamentos. Mesmo após 12 anos de PD, o C-BM não se recuperou, porém N-BM se igualou a área Topo (referência), mostrando ainda que a população microbiana das áreas PD12 e PD8 estavam sobre estresse (maiores C-CO₂ e qCO₂). A relação BM/COT foi superior na área PD17. BM/COT e C-BM apresentaram maior contribuição relativa das variáveis estudadas. Foi possível explicar através da dispersão gráfica em dois eixos, 93,6% da variação total entre os tratamentos. Com o agrupamento de Tocher as áreas de coval foram divididas em três grupos: um com PD17 e o segundo com a área Base e o terceiro com as demais áreas.

Palavras-chave: estoques de carbono, DMP, índice de manejo de carbono

Abstract

To evaluate the effect of years of cultivation in the fractions biological, physical and chemical properties of soil organic matter, this study was conducted. Conducted on a Plinthosol haplic in a chronosequence crops in no-till, in a commercial area of Boa Vista in Jataí-GO in DIC. The treatments

consisted of areas with 17 years (PD17), 12 (PD12) and 8 years (PD8) deployment and two native areas top (Top) as a reference and base of mound (Base). After 12 years of PD stocks of TOC and POC were higher than the Top area. Stocks of TN and PN were superior to the Top. The treatments differ for MWD depths 0-5 and 5-10 cm, with higher MWD PD17, but no differing in the 10-20 cm layer. We observed the influence of years of cultivation on the relationship COT/MWD. The BMI was greater than the Top area for all treatments. Even after 12 years of PD, the BM-C not recovered, but N-BM equaled Top area (reference), further showing that the microbial population on the areas PD8 and PD12 were on stress (higher C-CO₂ and qCO₂). The ratio BM/TOC was higher in the PD17. BM/TOC and C-BM showed higher relative contribution of the variables studied. Could be explained through graphical dispersion both axes, 93,6% on the total variation between treatments. By grouping Tocher areas Coval were divided into three groups: one with PD17 and the second with the Base area and the third with the other areas.

Keys Word: carbon stocks, MWD, index of carbon management

Introdução

Os Latossolos ocupam grandes extensões do Cerrado, porém em algumas áreas nota-se a ocorrência dos Plintossolos, perfazendo cerca de 6% da área de Cerrado (Ribeiro & Walter, 2008). Solos hidromórficos constituído por material mineral e horizonte concrecionário, litoplíntico ou plíntico, podendo iniciar dentro da camada de 40 cm ou mais profundo, apresentando cores acinzentadas, amarelo claro ou pálidos (Embrapa, 1999) são característicos dos Plintossolos. As plintitas são formadas a partir dos seqüentes e alternados ciclos de excesso de água e secagem do solo, ocorrendo atração entre grãos de quartzo, principalmente, e material rico em Fe e/ou Fe e Al, tornando irreversível depois de consolidado (Anjos et al., 2007; Embrapa, 1999).

Ainda é foco de estudo o que ocorre para que este tipo de solo apresente baixa capacidade de percolação da água no perfil (Anjos et al., 2007), notando-se durante o período chuvoso a presença de uma lâmina de água, principalmente nas áreas nativas de murundus. Anjos et al. (2007)

descreveram duas prováveis hipóteses quanto à dificuldade de percolação da água. A primeira devido à elevação do lençol freático em áreas com altitudes (cotas) inferiores a do terreno como baixadas, encostas e depressões que faz com que ela se acumule e não tenha como escoar. A segunda devido à translocação ou existência de material argiloso ou plíntico que impede a drenagem da água em uma camada mais profunda, criando um tipo de barreira.

A construção de canais de escoamento, a fim de drenar o excesso de água que se acumula durante o período chuvoso foi a solução encontrada por muitos produtores para que se pudesse produzir grãos nessas áreas. Mas após estudos, descobriu-se que essas áreas de covais são responsáveis pela recarga de água no aquífero livre ou lençol freático (Marimon et al., 2012), principalmente durante o período de estiagem. Além de serem importantes biomas onde espécies de plantas adaptadas (Marimon et al., 2012) aos períodos de excesso de água e de secagem são encontradas. Por terem importância tão relevante na manutenção dos recursos hídricos foi criada a lei de proteção dos covais. Portanto desde 26/10/2007 no estado de Goiás a lei nº 16.153, são consideradas APP's as áreas encontradas sobre esse tipo de solo e fitofisionomia, sendo proibido até mesmo o pastejo de animais.

As direções das reações que ocorrem no solo são ditadas pelos ciclos de umedecimento e secagem que ocorrem todos os anos, mantidos desde que estejam sobre condições naturais. Quando esses solos são drenados, não é possível determinar o impacto que causará e o tempo que este demorará a se adaptar a nova situação. Quanto à dinâmica dos atributos biológicos, físicos e químicos também ainda carecem de estudos. Como se sabe, no Plintossolo, pelos seguintes ciclos de secagem e elevação do lençol, ocorrem alterações nos sistemas oxirredutivos, como O, Fe, N, C, entre outros (Camargo et al., 1999). O alagamento reduz a quantidade de O₂ presente nos poros, e na lâmina de água que se forma, criando uma camada reduzida devido a concentração de CO₂, e logo abaixo da superfície da água, onde ocorre difusão do O₂ (Camargo et al., 1999), criando um ambiente oxidado, bem como na rizosfera. A velocidade de decomposição da matéria orgânica do solo (MOS) é

reduzida, devido a falta de oxigênio e receptores de elétrons (Nascimento et al., 2009), acumulando MOS durante esse período.

A agregação do solo é afetada pelos ciclos de umedecimento e secagem, visto que os macroagregados são estabilizados com a atuação constantes de microrganismos do solo (hifas fúngicas e mucilagens bacterianas) que entrelaçam os microagregados (Vezzani & Mielniczuk, 2009). Como o alagamento diminui a população autotrófica e aumenta a heterotrófica, e provavelmente atua diferentemente na estruturação do solo. Porém não se sabe a influencia do cultivo dessas áreas em PD sobre a agregação, atividade biológica e estoques de C e N quando são drenadas as áreas.

À medida que vai saturando a mineralização de compostos como N e C decrescem, onde os microrganismos aeróbios facultativos ou anaeróbios começam a atuar (Cantarella, 2007). As interações encontradas nos sistemas naturais estão em equilíbrio (Ferreira et al., 2007) e a transformação dessas áreas em solos agricultáveis afetam sua dinâmica, bem como também os processos químicos do solo (Camargo et al., 1999). Portanto o acúmulo de MOS que ocorre é devido a incapacidade de decomposição dos microrganismos, pois esses diminuem à medida que aumenta o teor de água no solo.

Os efeitos sobre as frações biológicas, físicas e químicas são pouco conhecidos em solos hidromórficos. Assim, os objetivos foram avaliar os efeitos dos anos de cultivo dos covais nas frações biológicas, físicas e químicas da matéria orgânica do solo de um Plintossolo Háplico em uma cronossequência de cultivos em plantio direto no Cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma área comercial pertencente à Fazenda Boa Vista, aproximadamente 60 km do município de Jataí, Estado de Goiás (17°57'59"S 52°04'35" W), na região do Rio Ariranha (Figura 1).

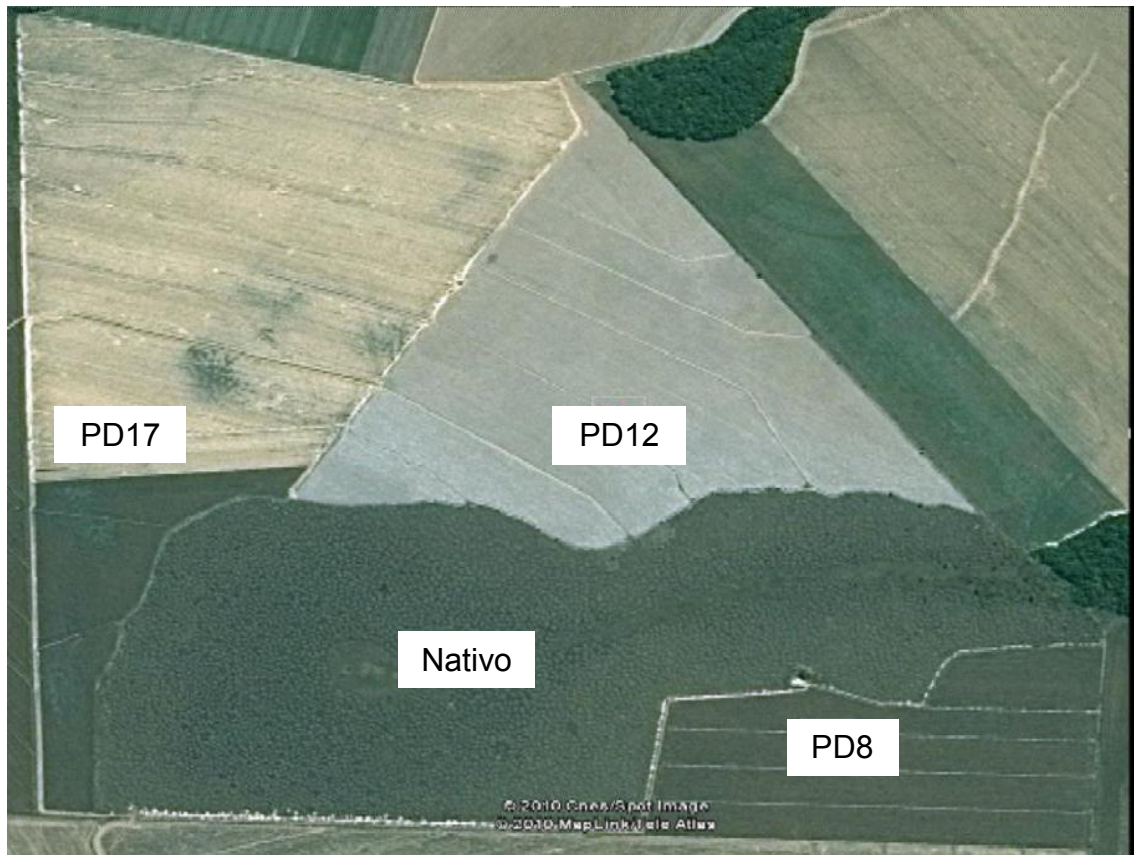


Figura 1. Croqui da área experimental da Fazenda Boa Vista, no município de Jataí-GO. Fonte: Google Earth.

O clima da região segundo a classificação de Köppen é Aw, tropical de savana, mesotérmico, com médias de temperatura de 22°C e precipitação de 1600 mm. Nota-se duas estações bem definidas, sendo uma quente e chuvosa na primavera-verão (outubro a abril) e outra com clima mais ameno e seco no outono-inverno (maio a setembro), como observado na Figura 2.

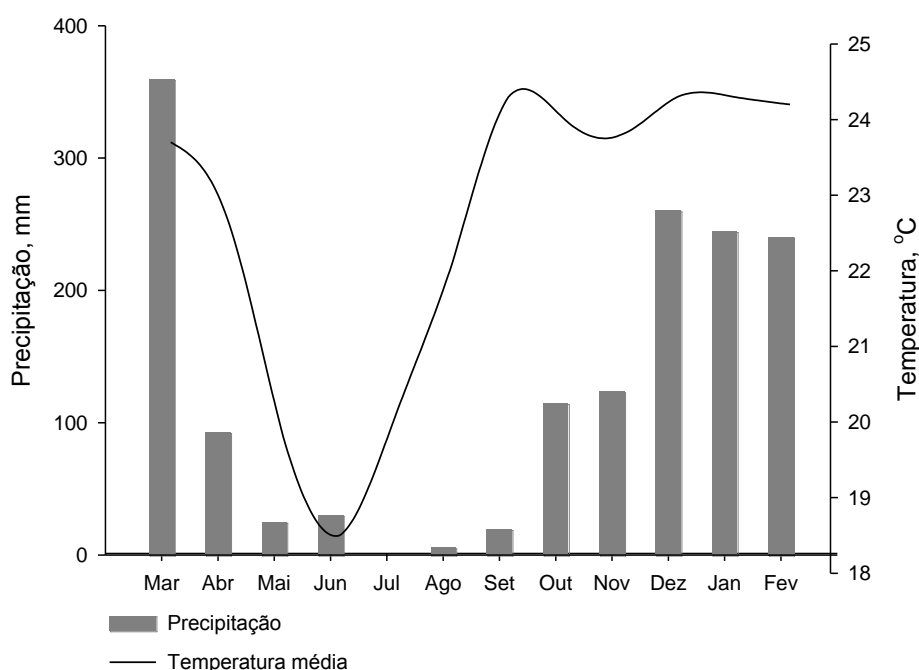


Figura 2. Médias de precipitação e temperatura de março de 2011 a fevereiro de 2012 do município de Jataí – Goiás. Fonte: INMET - Estação meteorológica de Jataí.

O solo foi classificado como Plintossolo Háplico (Embrapa, 1999) de textura argilosa (450, 50 e 500 g dm⁻³ de argila, silte e areia, respectivamente). Esse solo compõe cerca de 30% da área dessa propriedade, onde metade dela foi convertida em áreas agrícolas.

Antes da conversão e ainda presente nas áreas nativas, encontravam-se um campo gramíneo e elevações de terra com vegetação gramínea e arbustiva compondo essa fitofisionomia. Essas elevações são descritas por Marimon et al. (2012), Silva (2010) e Walter & Ribeiro (1998) nomeadas por murundus, cocurutos, morrotes entre outras denominações. São fitofisionomias com características bastante peculiares encontradas nesse tipo de ambiente. Ainda de acordo com os mesmos autores, foram formados em solos de cota inferior ao terreno, planas, onde a água se acumula durante o período chuvoso e seca durante o período de estiagem.

Com os constantes ciclos e por longos anos consecutivos foram formadas essas elevações no solo, com tamanho variando de 0,5 m a mais de

2 metros de altura e de 5 a 10 m de diâmetro. A vegetação presente se adaptou aos ciclos e tipo de solo, onde nas cotas baixas e planas o campo graminoso predomina e nos covais vegetação arbustiva de Cerrado *strictu sensu* (Silva, 2010).

Para possibilitar o cultivo de grãos nessa área da propriedade foi realizada a queima da vegetação durante o período seco e posteriormente as operações de mecanização com grade aradora (Ribeiro, 2012). Os murundus foram quebrados com auxílio de lâmina frontal e implementos de arrasto. Em seguida foram realizados escarificação/subsolagem e nivelada com grade niveladora, construindo-se drenos para retirada do excesso de água, distantes entre si 100 metros. Cada área foi antropizada em anos diferentes onde através desse tempo de transformação foram dados os tratamentos descritos a seguir.

Os tratamentos constituíram de três áreas divididas com o tempo de adoção do PD, a saber: PD17 (17 anos), PD12 (12 anos) e PD8 (8 anos) e o campo nativo de murundus dividido em base de murundu (Base) e topo de murundu (Topo) utilizado como área de referência, totalizando cinco tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1. Histórico das áreas nativas e os anos sob cultivo em plantio direto em um Plintossolo Háplico do Cerrado.

Tratamentos	Histórico
Coval	Área nativa com presença de murundus, os quais podem chegar a 20 metros de diâmetro e 2 de altura. A presença de vegetação típica de Cerrado <i>Stricto sensu</i> , arbustiva e graminóide, com grande diversidade de espécies adaptadas ao topo do murundu. Na base encontra-se um campo graminoso em toda extensão da área nativa onde ocorre os ciclos de alagamento e secagem durante o ano. A área nativa tem cerca de 148 ha.
Área 17 anos de Plantio Direto	Área aberta no início dos anos 80, cultivada em consórcio de arroz e pastagem sem utilização de calagem e adubação. No ano 1994/95 foi feita a conversão em área agrícola com aplicação de 3 Mg ha ⁻¹ de calcário dolomítico, 2 e 1 Mg ha ⁻¹ de gesso e fosfato reativo (33% P ₂ O ₅), respectivamente, incorporado com arado e grade. No ano de 2005/06 foi

	<p>aplicado superficialmente $2,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ de calcário. O cultivo era em sucessão soja/milho (safra/safrinha, respectivamente). Nos anos 95/96; 96/97; 05/06 e 08/09 esta área permaneceu em repouso. Não foi realizado safrinha no ano de 2011.</p>
Área 12 anos de Plantio Direto	<p>Abertura da área no ano de 1998/99, onde grande parte se encontrava uma pastagem e pequena parte com vegetação nativa. Antes do cultivo foram aplicados 6 Mg ha^{-1} de calcário e feita a incorporação com arado e grade. Para o primeiro plantio foram aplicados $0,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ de fosfato reativo (33% P_2O_5). Nos anos 2002/03 e 2007/08 foram aplicados calcário nas proporções de 3,0 e $2,0 \text{ Mg ha}^{-1}$, respectivamente. Também foram cultivados a cronossequência soja/milho (safra/safrinha, respectivamente). Nos anos 2005/06; 2006/07; 2008/09 não foi cultivado safrinha e em 2007/08 foi cultivado milho na safra. Não foi cultivado safrinha no ano de 2011.</p>
Área 8 anos de Plantio Direto	<p>A antropização da área foi realizada no ano 2003/04, onde antes se encontrava um campo de murundus. Inicialmente foi aplicado $5,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ de calcário dolomítico e foi feita incorporação com arado e grade. Nos anos 2005/06 e 2008/09 foi aplicado $1,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ de calcário dolomítico na superfície. Também foi cultivado numa cronossequência soja/milho, atingido produtividade de 3,1 e $4,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ para soja e milho, respectivamente, nos anos agrícolas 2006/07 e 2009/10. A primeira safrinha cultivada na área foi com milheto, nos anos 2004/05 e 2005/06 com cultura do solo e pousio 2007/08 e 2008/09. Para a safra 2010/11 foi aplicado $1,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ de calcário dolomítico e realizado a sulcagem na área. Não foi cultivado safrinha 2011 nesta área.</p>

As áreas de cada tratamento foram demarcadas com o programa computacional surfer, formando um grid com áreas poligonais de $100 \times 100 \text{ m}$, onde, o programa selecionou aleatoriamente os pontos de coleta de solo. Em cada área selecionada foram coletadas cinco subamostras (pseudo-repetições) de solo representativo de cada área, nas áreas nativa base (Base) as coletas se deram no campo graminoso entre os murundus e no topo do murundu (Topo) foram feitas coletas em cima das elevações. Em áreas comerciais, onde se pretende conduzir estudos e não há como fazer repetições como medida de

controle local, são utilizados as pseudo-repetições, procedimento comum e descrito por Hurlbert (1984).

As coletas foram realizadas no início de novembro de 2011, no período chuvoso. Foram abertas trincheiras de 0,40 m x 0,40 m x 0,40 m e com auxílio de espátulas foram retiradas amostras de solo. Para avaliação da biomassa microbiana retirou-se amostras nas camadas 0 - 5 e 5 - 10 cm acondicionando em sacos plásticos identificados em caixas térmicas para condução ao laboratório. No laboratório as amostras foram peneiradas (malha 2 mm) e acondicionadas em potes plásticos, guardando em geladeira.

Para agregação e estoques da matéria orgânica do solo utilizaram-se as profundidades 0–5, 5–10 e 10–20 cm. Os blocos de solo com aproximadamente 500 g foram retirados com auxílio de espátulas, enrolados em filme plástico para manter sua estrutura estável, colocadas em sacos plásticos identificados, em caixas e, encaminhados ao laboratório para análise. Posteriormente foram dispostas em papel, umedecidas e fracionadas nos pontos de fraqueza, secas ao ar por 72 horas, e após guardadas em sacos plásticos e em caixas. A metodologia proposta para separação da massa de solo em classes de agregados foi de Kemper & Chepil (1965), modificado por Silva & Mielniczuk (1997). A massa de solo retida em cada peneira foi disposta em copos plásticos pesados e identificados, levados a estufa até adquirirem peso constante. Após pesados foram tabulados os dados, obtendo-se o DMP através da equação:

$$\text{DMP} = \sum_{i=1}^n (x_i \cdot w_i)$$

onde w_i = porcentagem de massa de solo em cada classe em relação ao total e x_i = diâmetro médio das referentes classes em mm. A relação estoque de COT e DMP foi obtida para demonstrar a relação que esses dois parâmetros tem no aumento da qualidade do solo.

Os teores de C total e particulado foram determinados utilizando o mesmo solo coletado para estudo da agregação. O fracionamento foi realizado de acordo com Cambardella & Elliot (1992) agitando horizontalmente 15 g de solo por 16 horas em frascos “snap-cap” com 60 mL de hexametáfosfato de sódio (7,5 g/L). A suspensão foi lavada em peneira 53 μm e o material retido na peneira foi seco a 50°C, e moídos em gral. O teores de carbono orgânico total

(COT), carbono orgânico particulado (COP) foram determinados por Tedesco et al, (1995) por oxidação com dicromato.

Os teores particulado e total de N foram determinados por metodologia descrita por Tedesco et al. (1995) com destilação em microkjeldahl. A partir dos teores foram calculados os estoques particulado e total de C e N em massa de solo a qual leva em consideração a menor densidade obtida na área referência (TOPO). As densidades do solo foram de 0,85; 0,98 e 0,95 kg dm⁻³ para as camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, respectivamente, seguindo método proposto por Ellert & Bettany (1995). O cálculo do estoque de COT em camada de solo, o qual utiliza a densidade de cada camada, foi realizado apenas para comparação com o método de massa do solo.

O Índice de Manejo de Carbono (IMC) foi calculado considerando a área Topo de murundu como referência (IMC= 100), seguindo proposta de Blair et al. (1995) adaptado por Dieckow et al. (2005) onde o COP é o carbono da fração lábil e COM o carbono associado aos minerais (Souza et al., 2009) obtido pela diferença entre o teor total de carbono e particulado. As equações utilizadas foram:

$$LC = C \text{ lábil} / C \text{ não lábil}$$

para cálculo da labilidade do carbono com C lábil= estoque de COP (C particulado) e C não lábil= estoque da fração associada aos minerais.

$$IMC = IEC \times ILC \times 100$$

sendo IEC= estoque de C do tratamento/ estoque de C da área sem pastejo e, ILC= LC do tratamento/LC do tratamento sem pastejo.

Os teores microbianos determinados foram: respiração basal (C-CO₂) por Alef & Nanninperi (1995) através da evolução por 24h no escuro, C-BM (carbono da biomassa microbiana) por Vance et al, (1987) através da fumigação-extração com K₂SO₄ e N-BM (nitrogênio da biomassa microbiana) por Brookes (1995) com destilação em microkjeldahl. O quociente metabólico (qCO₂) foi obtido por Anderson & Domsh (1989), bem como quociente microbiano, determinado segundo Brookes (1995) através da relação C-BM e COT.

Os resultados obtidos tabulados foram submetidos a ANOVA e quando significativos foi aplicado teste de Tukey a 5% de significância utilizando o

programa estatístico SISVAR versão 5.3. Quanto as análises multivariadas foram utilizadas para determinar a dissimilaridade entre os tratamentos estudados. Os tratamentos foram agrupados pelo método de Tocher, feita a dispersão gráfica pelos escores das duas primeiras variáveis canônicas. A distancia generalizada de Mahalanobis foi utilizada como medidas de dissimilaridade entre os tratamentos. A contribuição relativa de cada variável analisada para variação total foi feita pelo método de Singh (1981) conforme Cruz & Regazzi (1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

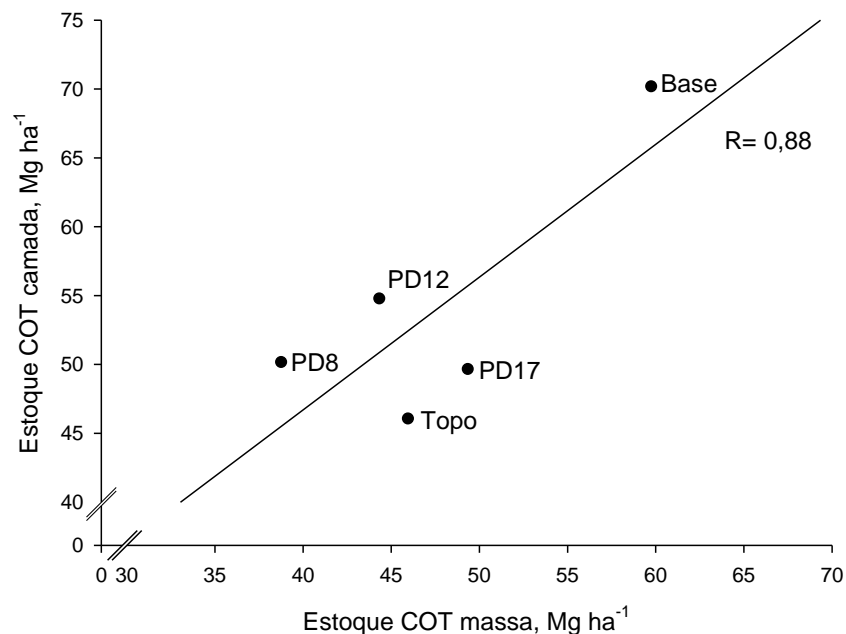


Figura 3. Relação estoques de COT em massa e em camada de solo, em um Plintossolo Háplico sob plantio direto no Cerrado. Tratamentos: Base e Topo de murundus (áreas nativas), PD 17, 11 e 7 referem-se aos anos de cultivo em plantio direto. Médias seguidas pela mesma letra não se diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Foram determinados os estoques de COT em massa de solo e camada de solo (Figura 3). O método de estoques em camada de solo leva em consideração a densidade obtida em cada profundidade e em cada tratamento.

Enquanto que para o método de massa de solo, determina-se uma densidade padrão (menor ou maior) e utiliza-se para todos os tratamentos.

Observou-se na figura 3 que quase todos os tratamentos foram superestimados quando se utilizou o método de camada equivalente de solo. O estoque em camada aumentou em 11,3 Mg ha⁻¹ para a área PD8 e para Base, PD17 e PD12 foram de 0,2; 10,2 e 10,3 Mg ha⁻¹, respectivamente (Figura 3), mantendo-se para Topo. Torna-se então, de suma importância, a padronização da densidade a ser utilizada (Ellert & Bettany, 1995), excluindo a possibilidade de interpretação errônea dos dados, superestimando os estoques. Portanto os dados e a interpretação dos mesmos foram feitos com base no cálculo dos estoques em massa equivalente de solo.

Tabela 2. Estoques de carbono orgânico total (COT) e particulado (COP), nitrogênio total (NT) e nitrogênio da matéria orgânica particulada (N-MOP) na camada de 0-20 cm em um Plintossolo Háplico sob plantio direto no Cerrado.

Tratamentos ¹	COT	COP	NT	NP
	Mg ha ⁻¹			
	0 – 20 cm			
Base	59,8 a	9,6 b	8,5 a	0,41 a
Topo	46,0 b	4,7 c	5,9 c	0,25 c
PD17	45,4 b	13,2 a	7,0 b	0,35 b
PD12	44,4 b	8,4 b	6,1 c	0,35 b
PD8	38,8 c	5,6 c	6,1 c	0,33 b

⁽¹⁾ Tratamentos: Base e Topo de murundus (áreas nativas), PD 17, 11 e 7 referem-se aos anos de cultivo em plantio direto. Médias seguidas pela mesma letra não se diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

Os estoques de COT e COP (camada 0-20 cm) diferiram entre os tratamentos, conforme observado na Tabela 2. A Base de murundu apresentou maior estoque de COT, enquanto que na área PD8 foi obtido o menor estoque de COT (38,8 Mg ha⁻¹), observando a maior variação entre os tratamentos (21 Mg ha⁻¹). Os demais tratamentos não apresentaram diferenças entre si, mas foi

possível observar que após 12 anos de cultivo em plantio direto (PD12) o sistema recuperou os estoques.

Nascimento et al. (2009) encontraram estoques de C total de 35,92 Mg ha⁻¹ em área sob campo nativo. Ribeiro (2012) estudando a mesma área do presente estudo encontrou estoques de COT iguais para Topo e PD8 e 2; 2,6 e 3,5% menores para Base, PD12 e PD17, respectivamente. Moreira & Siqueira (2006) descreveram que nas áreas inundadas a quantidade de O₂ nos poros é menor, o que reduz ou praticamente anula a atividade dos microrganismos na decomposição do material orgânico do solo. Assim, possivelmente os estoques de COT são maiores na área nativa Base, devido a essa elevação do lençol freático durante o período chuvoso, visto que estes tendem a serem menores do que em áreas sob manejo conservacionista, pois estão sujeitos a adições e velocidade de composição diferente (Rosa et al., 2011).

Quanto ao COP o maior estoque encontrado foi na área PD17 e os menores nas áreas PD8 e Topo (Tabela 2). Base e PD12 não diferiram e ficaram como tratamentos intermediários aos demais. O tempo de implantação do sistema PD e a diversificação dos resíduos vegetais podem contribuir para aumento da fração particulada do C (COP). Em PD12 foi possível notar que há tendência de aumento dessa fração lábil no solo, visto que na área PD8, devido ao menor tempo de cultivo, se igualou ao Topo. Como não há variação dos resíduos sobre o solo nas áreas nativas (Topo e Base) possivelmente os sistemas cultiváveis irão superar essas.

Na área PD12, apesar de não haver rotação de culturas e algumas vezes não ser possível o cultivo da safrinha devido à impossibilidade de entrada de maquinário na área, houve aumento do COP no solo. A diferença na qualidade do resíduo (relação C/N) adicionado ao solo pelo sistema cultivado (PD12) e do campo nativo graminoso interfere na fração lábil da MOS. Essa fração, constituída de material orgânico recém-adicionado, biomassa microbiana, mucilagens e exsudatos, é influenciada pelo manejo, dependente da constante deposição de resíduos no solo (Carneiro et al., 2008).

Os estoques de NT variaram entre os tratamentos chegando a 2,6 Mg ha⁻¹ entre Base e Topo (Tabela 2). A área de PD17 apresentou estoque intermediário aos demais tratamentos, porém superior a PD12, PD8 e Topo. A

inundação provoca alterações quanto a dinâmica dos nutrientes, podendo acumular em N formas voláteis (Knoblauch et al., 2012), no entanto, como não ocorre decomposição da MOS, tem-se acúmulo desta durante a inundação, aumentando a quantidade de NT no solo. A tendência de que PD12 e PD8 aumentem com o passar dos anos de implantação do sistema é grande, visto o resultado que o tratamento expressa na figura 3.

Os tratamentos, quanto ao estoque particulado de N (NP), também apresentaram comportamento parecido ao estoque de NT. Os estoques das áreas sob PD foram intermediários as áreas Base e Topo, maior e menor estoques obtidos na área de coval, respectivamente. Quanto aos valores obtidos, pode-se notar que houve tendência de aumento dessa fração quando cultivou o solo, pois os mesmos já superaram a área-referência (Topo). Ribeiro (2012) encontraram valores menores que os desse estudo, onde as mesmas áreas cultivadas em PD apresentaram menores estoques que a área Topo. Assim, 8 anos de plantio direto (PD8) foram suficientes para aumentar os estoques particulado de N da MOS.

Tabela 3. Diâmetro médio ponderado nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm de um Plintossolo Háptico sob plantio direto no Cerrado.

Tratamentos ¹	DMP		
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
		mm	
Topo	2,41 a	2,22 ab	2,48 a
Base	2,55 a	2,54 ab	2,52 a
PD17	2,56 a	2,68 a	2,45 a
PD12	2,27 ab	2,10 ab	2,35 a
PD8	2,07 b	1,94 b	2,52 a

¹ Médias seguidas de letras iguais na coluna não se diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O diâmetro médio ponderado dos agregados apresentou diferenças entre as camadas 0-5 e 5-10 cm, mas não para 10-20 cm (Tabela 3). Na profundidade de 0-5 cm as áreas Topo, Base e PD17 foram iguais e PD8 apresentou menor DMP. A variação do DMP entre o PD17 e PD8 foi de 0,49

mm, ou seja, 18,8% menor na área com 8 anos de PD. PD12 demonstrou tendência de aumento do DMP, pois PD17 apresentou recuperação total da estrutura do solo. Compilando os dados obtidos em mesma área por Ribeiro (2012) foram observados menores valores de DMP para os tratamentos sob PD. Valor este mais pronunciado (0,36 mm a mais no DMP dos agregados) na área PD17. Na área PD8 a aplicação de KCl e sulcagem da área não diminuiu o DMP dos agregados compilando com Ribeiro (2012), observando aumento de 0,17 mm na mesma área após um ano entre as coletas.

Na profundidade 5-10 cm foram observadas reduções do DMP para quase todos os tratamentos, menos para PD17. Isso nos mostra que o PD favoreceu aumento do DMP nessa profundidade após 17 anos de implantação, uma diferença de 27% entre PD17 e PD8. Oliveira et al. (2010) relataram que sistemas de manejo que revolvem o solo causam desestruturação, observados pela redução da agregação. Conte et al. (2011) encontraram em Argissolo Vermelho (30% de argila) maiores valores de DMP em área com 22 anos de exclusão de pastejo em pastagem nativa. O tipo de solo também influencia na estruturação, principalmente quanto ao teor de argila e de MOS. Solos com maiores presença de quartzo no material mineral apresentam estrutura fraca.

A presença de sistema radicular agressivo, como as gramíneas, favorece o aumento do teor de C e agregação (Silva & Mielniczuk, 1997; Conte et al., 2011) e no caso dos sistemas de plantio direto com a manutenção da palhada sobre o solo, fornecendo mucilagens e compostos sintetizados pelas raízes e microrganismos atuando como agentes agregantes (Moreira & Siqueira, 2006; Vezzani & Mielniczuk, 2011).

Na camada de 10-20 cm não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos. Portanto a agregação do solo é a mesma tanto em áreas nativas (Base e Topo) como em sistemas com prazos maiores ou menores de implantação (PD17 e PD8).

Houve relação linear entre estoque de COT e DMP para a camada de 0 a 20 cm (Figura 4). Esse fato pode ser comprovado pelo maior estoque obtido na área Base (base de murundu) como demonstrado na Tabela 2. A área Base apresentou maior estoque e maior DMP, devido aos ciclos de elevação do lençol freático, pois o material orgânico no solo sofre decomposição mais lenta

em sistemas anóxicos. As áreas agrícolas PD8 e PD12 apresentaram menor relação que a área Topo (Referência), porém essa foi menor que PD17, ficando claro o efeito dos anos de cultivo em PD. Não é possível saber se essa relação aumentará igualando-se a área Base ou irá apenas superar a área referência (Topo).

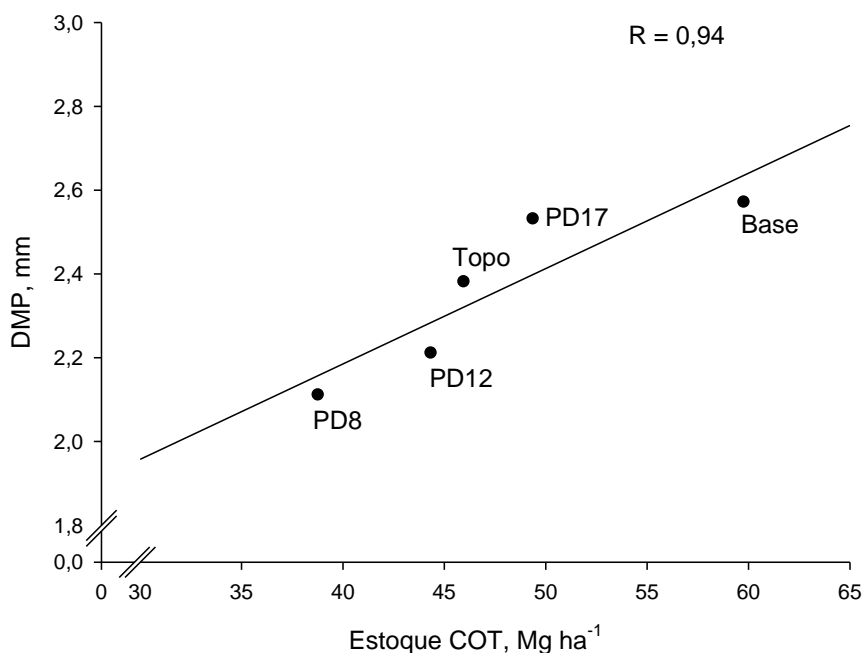


Figura 4. Relação diâmetro médio ponderado (DMP) e estoque de carbono orgânico total (COT) na camada de 0 a 20 cm em um Plintossolo Háplico sob plantio direto no Cerrado. Tratamentos: Base e Topo de murundus (áreas nativas), PD 17, 11 e 7 referem-se aos anos de cultivo em plantio direto.

A presença de agregados grandes no solo é favorável para maior proteção da MOS contra a oxidação microbiana, além de melhorar a estrutura do solo (Vezzani & Mielniczuk, 2011; Conte et al., 2011). Os tratamentos apresentaram a seguinte ordem: Base>PD17>Topo>PD12>PD8 para aumento do diâmetro de agregados e dos estoques de C total.

Os índices de estoque, labilidade do C e de manejo de carbono, bem como a labilidade do carbono encontram-se na tabela 4. Nota-se que a área com 17 anos de PD (PD17) apresentou maiores índices de LC, ILC e IMC. A labilidade do carbono (LC) e o índice de estoque de C (IEC) são parâmetros

utilizados no cálculo do IMC e mostram as alterações ocorridas na dinâmica da MOS, principalmente com a labilidade do C, ou seja, a fração que é rapidamente decomposta ou perdida com o manejo inadequado.

Tabela 4. Índice de estoque de carbono (IEC), labilidade do carbono (LC), índice de labilidade do carbono (ILC) e índice de manejo de carbono (IMC), na camada de 0 a 20 cm, em um Plintossolo Háplico sob plantio direto no Cerrado.

Tratamentos	IEC	LC	ILC	IMC
Topo ⁽¹⁾	1,00 c	0,11 d	1,00 e	100 e
Base	1,30 a	0,19 c	1,69 c	219,9 b
PD 17	1,07 b	0,37 a	3,26 a	349,8 a
PD 12	0,96 d	0,37 a	2,06 b	198,7 c
PD 8	0,84 e	0,24 b	1,49 d	125,8 d

¹ Área considerada como referência IMC 100. Médias seguidas de mesma letra na coluna não se diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Tratamentos: Base e Topo de murundus (áreas nativas), PD 17, 11 e 7 referem-se aos anos de cultivo em plantio direto.

O maior índice de estoque foi encontrado na área Base, mesmo porque esse parâmetro leva em consideração o estoque total de C obtido na área, e como observado na figura 2, essa área apresentou maior estoque de COT. Porém esses parâmetros não são tão eficientes e completos quanto o IMC, pois este engloba todas as demais variáveis apresentadas na tabela 2 (Loss et al., 2011). A labilidade do C apresentou diferenças onde as áreas PD17 e PD8 demonstraram aumento da fração lábil do C, pois os resíduos variam, apesar do cultivo em sequência (soja/milho) (Tabela 4). A área PD8 também apresentou tendência de aumento do LC às áreas nativas. Quanto ao índice de labilidade (ILC) PD17 apresentou melhorias enquanto que a área referência evidenciou o menor valor, provavelmente pelo tipo de vegetação que são encontradas nos murundus.

Quanto ao IMC, importante indicador de qualidade (Souza et al., 2009; Conte et al., 2011) onde são unidos as frações físicas e químicas da MOS, é

capaz de demonstrar a influência do sistema de manejo sobre a MOS e a qualidade do sistema solo (Loss et al., 2011). Quanto maior o IMC maior a qualidade do material orgânico presente no solo, ou seja, melhor o sistema adotado preservando e aumentando a qualidade do sistema.

Todos os tratamentos melhoraram a qualidade do solo, observados pelo IMC, mesmo que em menor quantidade (PD8), tendendo a elevação com o aumento do tempo de adoção do PD (PD17). A Base ainda foi superior à área nativa, pois apesar da inundação não sofre perdas da qualidade da matéria orgânica, sendo assim a adoção do sistema de plantio direto nessas áreas sobre Plintossolo Háplico aumentam a qualidade da MOS mesmo após 8 anos de implantação desse sistema conservacionista.

Tabela 5. Valores de carbono microbiano (C-BM), nitrogênio da biomassa (N-BM), respiração basal (C-CO₂), quociente metabólico (qCO_2) e quociente microbiano (C-BM/COT), na camada 0-10 cm, de um Plintossolo Háplico sob plantio direto no Cerrado.

Tratamentos ¹	C-BM	N-BM	C-CO ₂	qCO_2	BM/ COT
	$\mu\text{g C g}^{-1}$ solo	$\mu\text{g N g}^{-1}$ solo	$\text{mg CO}_2 \text{ g h}^{-1}$ 0 - 10 cm	$\text{mg CO}_2 \text{ g h}^{-1}$ $\mu\text{g C g solo}^{-1}$	%
Topo	1491,2 b	4,5 bc	6,1 c	4,2 c	3,7 b
Base	1705,5 a	5,9 b	16,1 a	9,4 b	3,5 b
PD 17	1488,7 b	8,9 a	11,9 b	8,0 b	5,5 a
PD 12	644,9 c	5,0 b	14,3 ab	22,8 a	2,0 c
PD 8	684,9 c	3,5 c	17,5 a	25,6 a	3,2 b

⁽¹⁾ Tratamentos: Base e Topo de murundus (áreas nativas), PD 17, 11 e 7 referem-se aos anos de cultivo em plantio direto. Médias seguidas de mesma letra na coluna não se diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Houve variação entre os tratamentos para todas as variáveis estudadas (Tabela 5). A discrepância entre Base, que sofre inundação periodicamente e entre as áreas com menos de 12 anos de implantação do PD chega a 1060 μg

C (2,7 vezes menor). Com 17 anos de PD o C-BM recuperou a fração viva do solo comparando ao Topo.

Provavelmente as áreas PD12 e PD8 tenderão ao aumento, pois a sucessão de culturas propõe diversidade ao resíduo aportado, contribuindo para aumento do C orgânico. Ferreira et al. (2007) encontraram menores teores de C microbiano em área com um ano de PC. Ainda os mesmos autores obtiveram menores teores em áreas de Cerrado com vegetação típica na camada de 0-10 cm. Pressupõe-se que nas áreas nativas Topo e Base de murundu do atual estudo, os maiores teores se devem a presença do campo graminoso, pois este apresenta sistema radicular agressivo explorando e adicionando C e mucilagens em profundidade.

O N microbiano foi estatisticamente maior na área PD17 seguindo a ordem: PD17>PD12=Base≥Topo≥PD8. Apesar da sucessão soja/milho de cultivo das áreas agrícolas, o tempo de adoção de 17 anos do PD foi suficiente para aumentar esses teores, superando as áreas nativas Base e Topo de murundu. A variação entre os tratamentos foram de 5,4 µg N entre PD17 e PD8. Mesmo com a interferência antrópica das áreas nativas em cultiváveis, há decréscimo dos teores de N-BM (PD8) e mesmo após 8 anos de inserção do sistema conservacionista de manejo do solo e a sucessão de cultivos não foi possível recuperar os teores microbianos de N.

A respiração basal demonstrou diferenças entre os tratamentos com maior perda de C via CO₂ no tratamento PD8 e Base, provavelmente devido a sulcagem e a mudança da direção das reações devido à inundação do solo. Verificando os teores de C e N microbianos e maior qCO₂ na áreas PD8 e PD12, pode-se concluir que a população microbiana de ambas as áreas se encontram sobre estresse visto que estas apresentam maiores qCO₂.

A área Base também sofreu elevadas perdas de C do sistema com respiração basal igual à área PD8, porém os teores de C são maiores que os demais tratamentos e a área nativa Topo. A menor respiração microbiana foi encontrada na área Topo, pois não sofre inundação, não foi antropizada e são encontradas gramíneas e arbustos típicos de Cerrado, além disso, as taxas de entrada e saída de C do sistema encontram-se em “equilíbrio”.

Segundo Anderson & Domsh (1989) quando o qCO_2 apresenta valores acima de 4,0 indicam perda de C e abaixo, ganhos nos teores de C microbianos. Nos tratamentos avaliados foram observados ambos os comportamentos, com o tratamento referência apresentando menor quociente metabólico.

Quanto ao quociente microbiano (BM/COT), onde o C da biomassa representa a fração do C total, demonstrou redução, saindo do PD17 até PD12 e PD8, menores quocientes obtidos. (Tabela 4). A maior relação para PD17 pode ser advindo a diversidade de resíduos vegetais e pelo tempo de adoção do sistema conservacionista de manejo do solo (PD). Quanto as áreas nativas a fração pode estar relacionada ao equilíbrio dos fluxos de energia e C do solo, onde áreas nativas se equivalem (Vezzani & Mielniczuk, 2011) as quais não se diferiram de PD8 que pode ter sido estimulada a imobilização do C (Gama-Rodrigues, 1999) pela adubação com KCl e sulcagem da área. PD 12 apresentou menor quantidade de biomassa compondo a fração total do C pelo tempo de implantação do PD ser inferior a 17 anos e por não ter sido adubada como PD8.

Na figura 5, observa-se dispersão gráfica pelos dois primeiros escores pelas duas primeiras variáveis canônicas, explicando 93,6% da variação total dos tratamentos. Segundo método de Tocher foi formado dois grupos o primeiro somente com a área com 17 anos de PD e Base e o segundo com as demais áreas (Topo, PD12 e PD8). Com o aumento do tempo de cultivo em PD nota-se a tendência de aumento dos teores, estoques e índices de manejo de carbono devido à variação do resíduo vegetal pela sucessão de culturas, contribuindo para esse modelo de dispersão gráfica.

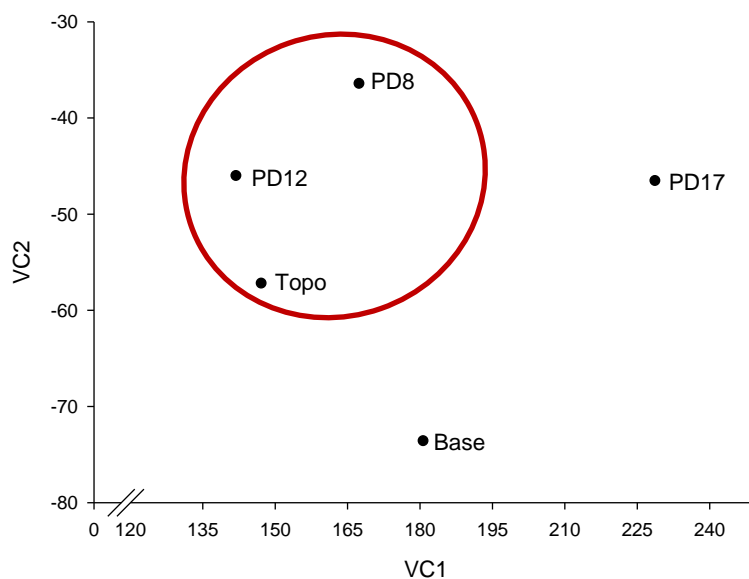


Figura 5. Dispersão gráfica dos tratamentos pelas duas primeiras variáveis canônicas e agrupamento pelo método de Tocher em um Plintossolo Háplico de Cerrado. Tratamentos: Base e Topo de murundus (áreas nativas), PD 17, 11 e 7 referem-se aos anos de cultivo em plantio direto.

As variáveis que mais contribuíram para dispersão dos dados observados na figura 5 estão apresentadas na tabela abaixo (Tabela 6). A relação BM/COT e C-BM contribuem juntas com 49,2% da diversidade avaliada. Quando observamos a tabela 4, concluímos que a área PD17 se igualou a área referência (Topo) para C-BM, superou todas para BM/COT. Como a cultura estava em pleno estágio vegetativo, as raízes também estavam em atividade, retirando nutrientes para suprimento da planta, exsudando mucilagens e polissacarídeos, servindo com fonte de C e energia aos microrganismos (Moreira & Siqueira, 2006; Vezzani & Mielniczuk, 2011), aumentando essa fração no solo. Assim foram necessários 17 anos para que essa fração ultrapassasse a área Topo, aumentando a quantidade de C microbiano na fração total de C do solo.

Tabela 6. Contribuição relativa dos caracteres para diversidade avaliada pelo critério de Singh (1981), baseado na distância generalizada de Mahalanobis em um Plintossolo Háplico de Cerrado.

Variável	Valor em %
BM/COT	35,4
C-BM	13,8
ECOT	9,52
ILC	8,85
IMC	7,85
$q\text{CO}_2$	7,17
E-NT	5,21
IEC	3,63
ECOP	3,51
DMP ²	1,32
C-CO ₂	1,13
N-BM	0,91
E-NP	0,76
LC	0,56
DMP ¹	0,21
DMP ³	0,14

DMP¹, ², ³ referem-se às profundidades 0-5; 5-10 e 10-20 cm, respectivamente.

CONCLUSÕES

1. O cálculo dos estoques de C total em camada equivalente de solo superestimam os valores.
2. Os estoques de C e N particulado e total se recuperou após 12 anos de plantio direto, superando a área Topo.
3. Após 12 anos de PD o DMP se igualou à área nativa Topo de murundu.
4. A inserção do plantio direto, após 8 anos (PD8) demonstrou melhor qualidade pelo índice IMC que o tratamento referência (Topo).
5. A atividade microbiana recuperou após 17 anos de PD.

6. As duas primeiras variáveis canônicas explicam 93% da variação total dos dados.
7. Foram formados três grupos de acordo com agrupamento de Tocher, com a área PD17 ficando em um grupo isolado.

LITERATURA CITADA

ALEF, K. & NANNIPIERI, P., eds. *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. London, *Academic Press*, 1995. 576p.

ANDERSON, J.P.E. & DOMSH, K.H. The metabolic quotient (qCO_2) as a specific parameter to assess the effects of environment conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. *Soil Biol. Bioc.*, v.25, p.393-395, 1993.

ANJOS, L.H.C.; PEREIRA, M.G.; PÉREZ, D.V.; RAMOS, D.P. Caracterização e classificação de Plintossolos no município de Pinheiro – MA. *R. Bras. Ci. Solo*, v.31, p. 1035-1044, 2007.

BLAYR, G.J.; LEFROY, R.D.E. & LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index, for agricultural systems. *Aust. Jour. Agric. Res.*, v.46, p.1459-1466, 1995.

BROOKES, P.C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. *Biol. Fert. Soils*, v.19, p.269-279, 1995.

CAMARGO, F.A.O.; SANTOS, G.A.; ZONTA, E. Alterações eletroquímicas em solos inundados. *R. Ci. Rur.*, v.29, p. 171-180, 1999.

CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOT, E.T. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Sci. Soc. Amer. Jour.*, v.56, p.777-783, 1992.

CARNEIRO, M.A.C.; CORDEIRO, M.A.S.; ASSIS, P.C.R.; MORAES, E.S.; PEREIRA, H.S.; PAULIINO, H.B. & SOUZA, E.D. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. *Brag.*, v.67, p.455-462, 2008.

CONTE, O.; WESP, C. de L.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C. de F.; LEVIEN, R. & NABINGER, C. Densidade, agregação e frações de carbono de um Argissolo sob pastagem natural submetida a níveis de ofertas de forragem por longo tempo. *R. Bras. Ci. Solo*, v.35, p.579-587, 2011.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 2. Ed. Viçosa: UFV, 1997. 390 p.

DIECKOW, J.; MIELNICZUK, J.; KNICHER, H.; BAYER, C.; DICK, D.P.; KNABNER, I.K. Carbon and nitrogen stocks in physical fractions of a subtropical Acrisol as influenced by long-term no till cropping systems and N fertilization. *Plant Soil*, v.268, p.319-328, 2005.

ELLERT, B.H. & BETTANY, J.R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. *Can. Jour. Soil Sci.*, Ottawa, v.75, p.529-538, 1995.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 1999, 412p.

FERREIRA, E.A.B.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C.; RAMOS, M.L.G. Dinâmica do carbono da biomassa microbiana em cinco épocas do ano em diferentes sistemas de manejo do solo no cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, v.31, p. 1625-1635, 2007.

GAMA-RODRIGUES, E.F. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, 1999. P. 227-243.

KEMPER, W.D. & CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, I.E. & CLARCK, F.E., eds. Methods of soil analysis. Am. Soc. Agron., Madison, 1965, p.499-510.

KNOBLAUCH, R.; ERNANI, P.R.; WALKER, T.W.; KRUTZ, L.J.; VARCO, J.J.; GATIBONI, L.C.; DESCHAMPS, F.C. Volatilização de amônia em solos alagados influenciada pela forma de aplicação de uréia. R. Bras. Ci. Solo, v.36, p.813-821, 2012.

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

MARIMON, B.S.; MARIMON-JUNIOR, B.H.; MEWS, H.A.; JANCOSKI, H.S.; FRANZAK, D.D.; LIMA, H.S.; LENZA, E.; ROSSETE, A.N.; MORESCO, M.C. Florística dos campos de murundus do Pantanal do Araguaia, Mato Grosso, Brasil. Acta Bot. Bras., v.26, p. 181-196, 2012.

MOREIRA, F.M. de S.; SIQUEIRA, J.O. Matéria Orgânica do Solo. In: MOREIRA, F.M. de S.; SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras, 203-261, 2006.

NASCIMENTO, P.C.; BAYER, C.; NETTO, L.F.S.; VIAN, A.C.; VIEIRO, F.; MACEDO, V.R.M.; MARCOLIN, E. Sistemas de manejo e a matéria orgânica de solo de várzea com cultivo de arroz. R. Bras. Ci. Solo, v.33, p. 1821-1827, 2009.

OLIVEIRA, V.S.; ROLIM, M.M.; VASCONCELOS, R.F.B.; PEDROSA, E.M.R. Distribuição de agregados e carbono orgânico em um Argissolo Amarelo

distrocoeso em diferentes manejos. R. Bras. Eng. Agr. Amb., v.14, p.907-913, 2010.

RIBEIRO, D.O. Impacto da agricultura nos estoques e na labilidade da matéria orgânica em solo sob coval no cerrado. Tese de Mestrado, Universidade Federal de Goiás, 2012. 56 p.

RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P.; RIBEIRO, J.F. Cerrado: ecologia e flora. Brasília, p. 153-212, 2008.

SILVA, J.G. Índice de qualidade de um Plintossolo Argilúvico para fins agrícolas no Cerrado do sudoeste do Estado de Goiás. Tese de mestrado, Universidade Federal de Goiás, 2010. 78 p.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. R. Bras. Ci. Solo, v.21, p. 313-319, 1997.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. The Indian Journal of Genetics e Plant Breeding, v.41, p.237-245, 1981.

SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.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. R. Bras. Ci. Solo, v.35, p. 1829-1836, 2009.

TEDESCO, M.J., GIANELLO, C., BISSANI, C.A., BOHNEN, H., VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. UFRGS: Dpto de Solos. Faculdade de Agronomia. Boletim técnico nº5, 2. ed. Porto Alegre, 174p, 1995.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring microbial biomass C. *Soil Biol. Bioc.*, Amsterdam. v.19, n.6, p. 703-707, 1987.

VEZZANI, F.M. & MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, v.33, p. 429-437, 2009.

VEZZANI, F.M. & MIELNICZUK, J. O solo como sistema. In: VEZZANI, F.M. & MIELNICZUK, J. Curitiba, 104 p. 2011.

5- Considerações Finais

A inserção de áreas nativas em áreas agrícolas alteram a dinâmica da MOS, pois nem sempre as adições de resíduos vegetais são iguais aos sistemas nativos. Com a antropização a dinâmica, a ciclagem de nutrientes, e a diversidade de organismos do solo que são encontrados em sistemas naturais, são modificados e a população pode ficar sobre estresse até que as relações se reestabeleçam. A derrubada da vegetação, revolvimento dos solos e destruição dos biomas que habitam os mais variados tipos de solo, são rompidos e o tempo de recuperação pode ser de anos a séculos para que as condições originais retornem.

Como observamos no primeiro estudo a área de integração lavoura-pecuária, foi conduzida por 10 anos com pastagem de *Brachiaria decumbens*, sem tratamentos culturais e com pastejo intensivo por bovinos. Após dois anos de inserção do sistema de plantio direto, com rotação soja/braquiária no inverno apresentou maiores estoques de carbono orgânico total em quase todos os tratamentos, porém quando a intensidade de pastejo foi maior (maior quantidade de animais por piquete) esses estoques foram menores.

Quanto ao segundo estudo realizado em área de coval após 12 anos de implantação do sistema conservacionista PD os estoques de C total foram recuperados, igualando-se ao tratamento que foi considerado como referência (Topo de murundu).

A importância do estudo dessas alterações causadas pelo homem como o desmatamento, construção de canais de drenagem, aragem e gradagem todos os anos, pastejo demasiado pelos animais, devem ser cada vez mais avaliados de modo a reduzir as operações de maquinários, custo de produção, perdas de solo e material orgânico e principalmente as emissões de GEE's. Assim a adoção de técnicas que promovam melhorias e redução dos gastos de cultivo como rotação ou sucessão de culturas, introdução de sistemas integrados de produção (ILP) ou o plantio direto, preparo reduzido, semeadura na linha, enfim tantos processos que o homem desenvolve e introduz nos sistemas produtivos, nunca devem ser cessados, pois a população não para de crescer.

A demanda por alimentos e insumos são cada vez maiores e o aproveitamento e uso de cada recurso natural deve ser extremamente manejado e reaproveitado de modo a otimizar cada vez mais os processos produtivos. Isso faz com que reduzimos as perdas do meio de cultivo e de produtividade e, aumente a possibilidade de minimizar a fome e miséria no planeta, levando a chance de cada ser humano poder ter uma alimentação digna.