

LAURI CAETANO RODIO

**FRAÇÕES DE CARBONO ORGÂNICO EM NITOSSOLO E
CAMBISSOLO COM FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Curso de Pós-graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC.

Orientador: Dr. Álvaro Luiz Mafra

**LAGES, SC
2014**

R692f

Rodio, Lauri Caetano

Frações de carbono orgânico em nitossolo e cambissolo com fertilizantes organominerais / Lauri Caetano Rodio. - Lages, 2014.

96 p.: il.; 21 cm

Orientador: Álvaro Luiz Mafra

Coorientador: David Jose Miquelluti

Coorientador: Ildegardis Bertol

Bibliografia: p. 77-93

Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, 2014.

1. Adubação. 2. Matéria orgânica. 3. Plantio direto.

I. Rodio, Lauri Caetano. II. Mafra, Álvaro Luiz. III. Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. IV. Título

CDD: 631.81 - 20.ed.

LAURI CAETANO RODIO

**FRAÇÕES DE CARBONO ORGÂNICO EM NITOSSOLO E
CAMBISSOLO COM FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Banca Examinadora:

Orientador: _____

Professor Dr. Álvaro Luiz Mafra
Universidade do Estado de Santa Catarina

Co-orientador: _____

Pesquisador Dr. Juliano Corulli Corrêa
EMBRAPA Suínos e Aves

Membro: _____

Professor Dr. Paulo Cezar Cassol
Universidade do Estado de Santa Catarina

Lages-SC, 31 de julho de 2014

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e as oportunidades concedidas.

À minha esposa Sônia e meus filhos Eduardo e Vitória pelo apoio e compreensão na minha ausência.

Ao prof. Álvaro, pelo seu profissionalismo, camaradagem, disposição e presente sempre que solicitado.

Dr. Juliano Corulli Corrêa, pelo companheirismo, disposição e seu aprendizado transmitido.

À EMBRAPA, através do Dr. Juliano, pela parceria de trabalho e disposição das áreas para avaliação.

A todos os professores do Curso de Pós-graduação em Ciência do Solo pelos ensinamentos compartilhados.

À UDESC pelo ensino de qualidade e pela oportunidade de realizar o curso de Mestrado em Ciências do Solo.

Ao IFC - Campus Concórdia, pelo incentivo e parceria no desenvolvimento do experimento.

À CAPES pelos dez meses de bolsa.

Aos Professores Coorientadores.

Aos amigos Agostinho Rebellatto, Roberto Grave, Paulo Hentz e Remi Pastore, colegas, bolsistas e voluntários que nos auxiliaram nos experimentos e nos confortaram nos momentos de dificuldade.

À Letícia Lopes, pelo auxílio nas análises estatísticas dos dados da pesquisa.

Aos colegas da Pós-graduação.

Ao Marcos Ceconello, Inécio Heinrichs e ao Edgar Cesar Giordani pelo apoio aos trabalhos de campo.

Aos laboratoristas da Embrapa, pela dedicação e pela competência com que realizam seus trabalhos.

À Copercampos pela disponibilização do fertilizante organomineral BioCoper 03-12-06 na forma sólida.

RESUMO

RODIO, Lauri Caetano. **Frações de carbono orgânico em Nitossolo e Cambissolo com fertilizantes organominerais.** 2014. 96 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, SC. 2014.

O teor de carbono orgânico do solo pode sofrer alterações com as práticas agrícolas adotadas em especial o uso eficiente de nutriente associado a novas tecnologias de fertilizantes. O objetivo foi quantificar os teores e estoques de carbono orgânico total (COT), particulado (COP), associado aos minerais (COam), em diferentes camadas de Nitossolo e Cambissolo submetidos à aplicação de fertilizantes minerais e organominerais nas formas sólidas e fluidas. Os tratamentos caracterizam fatorial 2x5, em blocos casualizados com grupos de experimento e quatro repetições, descritos a seguir: Fator A: Solo: Nitossolo Vermelho Eutroférico típico e Cambissolo Háplico Eutroférico léptico. Fator B, adubação descrita a seguir: controle, organomineral líquido (OF), organomineral sólido (OS), mineral líquido (MF) e mineral sólido (MS). A resposta foi avaliada em cultivos sucessivos de milho e aveia, sorgo forrageiro e trigo, no período de 2010 a 2013. O uso de diferentes fertilizantes minerais e organominerais nas formas sólidas e líquidas após três anos de culturas sob plantio direto não alterou os teores de COT, COP e COam tanto em Nitossolo como Cambissolo, salva exceção no tratamento MF para Cambissolo em COT e COam na camada de 0-5 e 0-20 cm e COP na camada de 5-10 cm, resultados que refletem os

estoques de COT e COam na camada de 0-20 cm, onde MF foi igual a MS e OS, e superior aos demais tratamentos. Pode-se verificar diferença para IMC apenas na camada 5-10 cm para Cambissolo, sendo o MF igual ao OS e superior aos demais tratamentos. Quanto ao aporte de C o tratamento OF foi superior aos demais, com maior produção de biomassa seca de aveia, sorgo, trigo e milho na condição de Nitossolo, enquanto que em Cambissolo, os fertilizantes mostram superioridade em relação ao controle. Não houve correspondência entre aporte de C, maior no tratamento OF, com os teores de COT, COP e COam, que foram maiores no MF.

Palavras-chave: Adubação, Matéria orgânica, Plantio direto.

ABSTRACT

RODIO, Lauri Caetano. Organic carbon fractions on a Rhodic Kandudalf and a Typic Eutrudept with organomineral fertilizer. 2014 96 p. Thesis (MS in Soil Science) - Santa Catarina State University. Graduate Program in Soil Science, Lages, SC. 2014.

Soil organic carbon contents can change due to agricultural practices, mainly related to the efficient use, considering new fertilizer technologies. The objective was quantify contents and stocks of total organic carbon (TOC), particulate (COP), associated with minerals (OCam), in different layers of a Rhodic Kandudalf and a Typic Eutrudept using mineral and organomineral fertilizers, applied in dry and fluid forms. The experiment was characterized by using 2x5 factorial design, with four replications, in randomized blocks, described as follows: Factor A: Soil: Rhodic Kandudalf and Typic Eutrudept. Factor B, fertilization described as follows: control, fluid organomineral (FO), dry organomineral (DO), fluid mineral (FM) and dry mineral (DM). The crop system evaluated was maize, oats, sorghum and wheat, from 2010 to 2013. Use of different mineral and organomineral fertilizers in dry and fluid forms after three years under no-till system did not change TOC, COP and OCam contents on these two soils, with the exception of FM treatment on Typic Dystrudept regarding to TOC and OCam in 0-5 and 0-20 cm layers and COP in 5-10 cm layer, these results reflect the stock of TOC and OCam in 0-20 cm layer where FM was equivalent to DM and DO and higher than the other treatments. There was significance difference for carbon management indices only in 5-10 cm layer on Typic Eutrudept, where FM was similar to

DO and higher than the others treatments. FO treatment showed higher carbon input comparing to the other treatments, with high dry mass of oats, sorghum, wheat and maize produced on Rhodic Kandudalf, while on Typic Eutrudept fertilizers were more productive compared to the control treatment. There was no relation between C inputs, highest in the FO treatment, and TOC, COP and OCam contents, highest C in the FM treatment.

Key-words: Fertilization, No-tillage, Organic matter.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Características químicas e teor de argila dos solos, Nitossolo Vermelho Eutroférico típico, e Cambissolo Háptico Eutroférico léptico, da área do experimento antes da sua instalação na camada de 0,0-0,20m. Médias de 4 repetições.....	50
Tabela 2-	Atributos químicos de dejetos de suínos utilizado para a elaboração do fertilizante organomineral fluído.....	52
Tabela 3-	Teores de carbono orgânico total (COT) e estoque de carbono orgânico total em razão da aplicação de fertilizantes organominerais (O) e minerais (M) nas formas sólidas (S) e fluidas (F) em Nitossolo e Cambissolo.....	60
Tabela 4-	Teores de carbono orgânico particulado (COP) e estoque de carbono orgânico particulado (eCOP) pela aplicação de fertilizantes organominerais (O) e minerais (M) nas formas sólidas (S) e fluidas (F) em Nitossolo e Cambissolo.....	62
Tabela 5-	Teores de carbono orgânico associado aos minerais (COam) e estoque de carbono orgânico associado aos minerais (eCOam) pela aplicação de fertilizantes organominerais (O) e minerais (M) nas formas sólidas (S) e fluidas (F) em Nitossolo e Cambissolo.....	65

Tabela 6-	Índice de manejo do carbono (IMC) em razão da aplicação de fertilizantes organominerais (O) e minerais (M) nas formas sólidas (S) e fluidas (F) em Nitossolo e Cambissolo.....	68
Tabela 7-	Produtividade de grãos de trigo e biomassa seca da parte aérea do sorgo em razão da aplicação de fertilizantes organominerais (O) e minerais (M) nas formas sólidas (S) e fluidas (F) em Nitossolo e Cambissolo na safra 2013...	70
Tabela 8-	Estimativa de aporte de (C) apartir da Biomassa das culturas de aveia, sorgo, milho e trigo referente ao período de 2010 a 2013, com aplicação de fertilizantes organominerais (O) e minerais (M) nas formas sólidas (S) e fluidas (F) em Nitossolo e Cambissolo.....	73

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1-** Precipitação (mm), temperaturas máxima (°C) e mínima (°C) registradas durante a condução do experimento, nos anos 2010 a 2013..... **48**
- Figura 2-** Croqui do experimento, com a distribuição dos blocos e parcelas no Nitossolo Vermelho Eutroférico típico e Cambissolo Háplico Eutroférico léptico, escolhidos para implantar o experimento. As siglas representam os tratamentos conforme segue: C= Controle, MS= Mineral sólido, OS= Organomineral sólido, MF= Mineral fluido, OF= Organomineral fluido, e os números representam os blocos..... **51**

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	25
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	27
2.1	IMPORTÂNCIA DO CARBONO NO SOLO.....	27
2.2	FRACIONAMENTO FÍSICO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO.....	30
2.3	USO DE FERTILIZANTES.....	32
2.4	ESTOQUES DE CARBONO NO SOLO.....	37
2.5	ÍNDICE DE MANEJO DE CARBONO.....	40
2.6	NUTRIENTES NO SOLO E O USO DE FERTILIZANTES FLUIDOS.....	42
2.6.1	Fertilizantes fluidos a partir de dejetos de suínos.....	42
2.6.2	Fertilizantes organominerais.....	43
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	47
3.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	47
3.2	CARACTERIZAÇÃO DO SOLO E HISTÓRICO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	48
3.3	TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	49
3.4	CULTIVOS.....	52
3.5	CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	52
3.6	AMOSTRAGENS E AVALIAÇÕES REALIZADAS.....	54
3.6.1	Amostragem de solo e determinação dos teores de carbono no solo.....	54
3.6.2	Avaliação dos componentes da produção e produtividade.....	56
3.6.3	Estimativa de aporte de carbono.....	57
3.7	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	57

4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	59
4.1	CARBONO ORGÂNICO TOTAL.....	59
4.2	CARBONO ORGÂNICO PARTICULADO.....	61
4.3	CARBONO ORGÂNICO ASSOCIADO AOS MINERAIS.....	64
4.4	ÍNDICE DE MANEJO DE CARBONO (IMC).....	67
4.5	PRODUTIVIDADE DE SORGO E TRIGO.....	70
4.6	APORTE DE CARBONO POR RESÍDUOS.....	72
5	CONCLUSÃO.....	76
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
	APÊNDICES.....	94

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores do mundo de proteína animal, atividade que busca tecnificação, menor geração de passivos ambientais e uso eficiente dos recursos naturais. Desta forma, pesquisa para tecnologias de uso fertilizantes e seu uso que deverão emergir com base em conciliar a necessidade do uso eficiente de nutrientes na produção de alimentos, com os menores impactos ambientais. Porém há regiões onde o grande volume de dejetos gerado e a limitação da área agrícola traz a necessidade de tecnologias alternativas para uso agrícola para reutilização de nutrientes, estando a tecnologia de fertilizantes organominerais entre elas.

A partir do fracionamento de carbono no solo pode-se avaliar o efeito desses fertilizantes sobre a matéria orgânica do solo. Dessa forma, pode-se verificar como este manejo está interferindo na degradação ou na recuperação do carbono no solo.

O teor de matéria orgânica do solo (MOS) é indicador de sua qualidade, já que influencia diretamente atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Assim, sua avaliação pode ser sensível às alterações provocadas pelo manejo, com interesse especial para o uso de resíduos orgânicos como fertilizantes, de forma geral as boas práticas que contribuem para a redução e, ou, sequestro do carbono no solo, também aumenta a produtividade das lavouras.

Com base na hipótese deste trabalho procura-se verificar se a aplicação de fertilizantes minerais e organominerais nas formas sólidas e fluidas no sistema de produção plantio direto (PD) proporciona acúmulo de carbono (C) nas frações granulométricas do solo e em diferentes camadas do perfil, em dois tipos de solo representativos do ambiente de produção no Oeste de Santa Catarina.

Como há poucos trabalhos nacionais sobre o uso de fertilizantes organominerais e suas relações com as frações de C no solo, o desafio deste trabalho foi gerar novos conhecimentos sobre o assunto, com o objetivo geral de quantificar o teor de carbono orgânico total, particulado, associado aos minerais e estoque de carbono nas frações granulométricas do solo em diferentes camadas de Nitossolo e Cambissolo submetidos à aplicação de fertilizantes minerais e organominerais nas formas sólidas e fluidas.

Os objetivos específicos do trabalho foram:

- Verificar se as adubações e a adição de resíduos conferem alterações do carbono distribuídas nas frações granulométricas nos dois tipos de solo;
- Quantificar os estoques de (C) em cada camada avaliada e a soma do carbono acumulado nas mesmas ao longo do ciclo dos cultivos nos dois tipos de solo;
- Quantificar os aportes de (C) nos diferentes adubos e nos restos de culturas visando relacionar com os teores de carbono no solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA DO CARBONO NO SOLO

A importância da matéria orgânica do solo (MOS) para os diversos processos físicos, químicos e biológicos é amplamente conhecida no meio científico especialmente na área de Ciência do Solo. Por apresentar várias funções no ambiente solo a MOS é muito estudada e existem muitas informações na literatura que tratam dos seus benefícios para o sistema solo, exercendo funções relacionadas com a ciclagem e retenção de nutrientes, agregação do solo, retenção da água no solo e é fonte básica de energia para a atividade biológica (ROSCOE et al., 2006).

O conteúdo de matéria orgânica de um solo sem interferência antrópica como as áreas de vegetação natural revela um sistema estabilizado quanto as entradas e saídas de energia e matéria. O uso agrícola inadequado pode reduzir esse conteúdo de matéria orgânica, principalmente quando são adotados sistemas de preparo com uso intenso e revolvimento do solo e sistemas de cultivo com baixo aporte de resíduos vegetais (BAYER e MIELNICZUK, 2008).

Em sistemas agrícolas, o uso do solo modifica as entradas e saídas de C do solo para a atmosfera, dependendo da produção de resíduos, do número de cultivos e das espécies adotadas, da adubação, da colheita, dos métodos de preparo do solo e do manejo dos restos culturais (LAL e BRUCE, 1999).

O conteúdo de MOS é determinado pela diferença entre as quantidades de carbono adicionadas e perdidas (BAYER e MIELNICZUK, 2008), sendo sua variação no tempo expressa pela equação: $dC/dt = k_1.A - k_2.C$ onde: “A” representa o carbono fotossintetizado e adicionado ao solo na forma de resíduos orgânicos, exsudatos radiculares, e raízes; o “C” representa o carbono da matéria orgânica no solo; k_1 e k_2 representam os coeficientes associados a humificação e

mineralização, respectivamente. O carbono efetivamente adicionado (A) e retido na matéria orgânica (humificação) é modificado pelos valores de k_1 , e a quantidade perdida para a atmosfera na forma de decomposição microbiana, lixiviação e erosão são abrangidos pelos valores de k_2 . Esses coeficientes são afetados por fatores climáticos como temperatura e umidade, tipo de solo (textura, mineralogia) e pelas práticas de manejo do solo, especialmente o grau de revolvimento do seu preparo.

A manutenção dos teores de matéria orgânica no solo resulta de um conjunto de ações que envolvem condições climáticas, tipos de solo e manejo do solo, incluindo neste último práticas de preparo e o manejo das culturas. Além disso, a proteção física no interior dos agregados (FELLER e BEARE, 1997) e a alta estabilidade química encontrada junto as superfícies oxídicas (PARFITT et al., 1997), são fatores determinantes para manutenção dos estoques de matéria orgânica em solos de regiões tropicais e subtropicais. Nestes ambientes, o clima possibilita o crescimento de uma diversidade muito grande de espécies vegetais durante todo o ano, assim viabiliza produção de biomassa suficiente para manutenção dos teores de carbono orgânico (SANCHES, 1976; GREENLAND et al., 1992), considerando ausência de restrições edáficas e hídricas.

O carbono originado da matéria orgânica do solo (MOS) é constituído de materiais diversificado, diferindo em origem, composição e dinâmica (CHRISTENSEN, 2000; CARTER, 2001). A quantidade de MOS é dependente do balanço entre produtividade primária e a taxa de decomposição (PAUL; CLARK, 1989).

Os materiais orgânicos que entram no solo, advindos do ambiente, das rotas de decomposição, mineralização e humificação e também como interações dos compostos orgânicos com a fração mineral, resultam na formação de matéria orgânica do solo heterogênea (SILVA; MENDONÇA,

2007). Assim o carbono do solo pode ter implicações na retenção de C-CO₂ atmosférico, bem como nas alterações em propriedades físicas, biológicas e químicas do solo.

A transformação de sistemas naturais em áreas agrícolas pode levar ao rápido declínio de estoques de carbono, contribuindo para o aumento da emissão de CO₂ à atmosfera (SILVA et al., 1994; LAL, 1997).

Distúrbios no solo são causados pelos cultivos que alteram os processos químicos, físicos e biológicos que podem reduzir a entrada de resíduos no solo. Portanto é fundamental dispor de metodologias apropriadas para avaliar os efeitos do uso e manejo do solo sobre os compartimentos da MOS. Devido a sua complexidade e diversidade estrutural (CLAPP e HAYES, 1999) e às possibilidades de interação com a matriz mineral do solo, a MOS representa um conjunto heterogêneo de materiais orgânicos que se diferem em composição, grau de disponibilidade para a microbiota e função no ambiente.

Os resíduos culturais fornecem o carbono que serve de substrato para a biota do solo. A importância da biomassa microbiana que, embora participe com apenas 2% a 3% do carbono orgânico total presente no solo, controla a maior parte das reações que ocorre no ciclo interno do carbono por meio da respiração edáfica.

O produto final da decomposição dos resíduos em solos agrícolas é o CO₂, liberado para atmosfera. No entanto, vários produtos intermediários podem ser produzidos devido a incompleta oxidação dos substratos, e esses intermediários podem subsequentemente sofrer oxidação. A oxidação fornece energia para os organismos heterotróficos via fosforilação oxidativa, com o máximo rendimento de energia obtida por oxidação completa de CO₂ (WAGNER; WOLF, 1999).

O uso e o manejo do solo na agricultura influenciam na entrada de matéria orgânica, por alterar a taxa de decomposição, produção de resíduos, seleção de cultivares,

fertilização, procedimentos de colheita e manejo dos resíduos vegetais (SILVA; RESCK, 1997).

O incremento de carbono em solos pode ser obtido com o aporte pela adubação, rotação de culturas, intensificação dos cultivos, utilização de culturas de cobertura na entressafra, fertilização adequada, incremento nas doses de nitrogênio, estímulo ao crescimento radicular, entre outros (STEWART et al., 2007).

Muitos pesquisadores consideram a MOS o melhor indicador de qualidade do solo pelo fato de estar relacionado com a capacidade produtiva e com os processos físicos, químicos e os biológicos do solo, estarem diretamente relacionados a presença da matéria orgânica (FRANZLUEBBERS, 2002; SHUKLA et al., 2006). Além de atuar diretamente sobre os fatores ligados à produção agrícola, tem importância sobre questões ambientais, onde diversos estudos mostram a importância no manejo da MOS para o sequestro de CO₂ atmosférico (ZANATTA et al., 2007).

Em função disso, e principalmente quanto ao manejo de solo adotado, trabalhos de pesquisa vêm sendo realizados no intuito de identificar qual o componente da MOS que melhor representa os critérios para constituir um indicador de qualidade do solo (VEZZANI e MIELNICZUK, 2009).

2.2 FRACIONAMENTO FÍSICO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

A MOS se distribui em diferentes compartimentos no solo (GOLDCHIN et al., 1997), O fracionamento físico da MOS tem sido preferencialmente utilizado nos estudos de seus compartimentos, tal como de sua qualidade (CONCEIÇÃO, 2006; SOUZA et al., 2008), permitindo diferenciá-la quanto ao estado de decomposição, humificação do material, estrutura e função in situ no sistema, além de ser menos destrutível, quando comparadas com as técnicas químicas de

fracionamento (CAMBARDELLA e ELLIOT, 1992; CHRISTENSEN, 1992; SIX et al., 2002).

Um dos métodos de fracionamento físico separa a MOS nas frações leve livre, leve oclusa e pesada. A MOS leve livre é constituída por materiais orgânicos em estágios iniciais de decomposição e, por isso, localizados na superfície dos agregados ou nos espaços existentes entre os mesmos (ROSCOE e MACHADO, 2002), sendo assim o compartimento mais suscetível à decomposição e a variações edafoclimáticas. A MOS leve oclusa localiza-se no interior dos agregados, sem interação direta com as partículas minerais, apresentando mais estabilidade do que a fração leve livre, pois dispõe da proteção física para resistir à decomposição microbiana. A fração pesada da MOS é composta por substâncias orgânicas altamente humificadas e ligadas quimicamente à superfície das argilas, de forma que os microrganismos têm dificuldade em remover o substrato orgânico da superfície onde se encontra adsorvido.

Por outro lado, somente a determinação da MOS pode não ser eficiente na discriminação das alterações, de curto prazo, na qualidade do solo, influenciadas pelos sistemas de manejo (SOUZA, 2008). O fracionamento físico granulométrico (CAMBARDELLA e ELLIOT, 1992) permite a obtenção de frações lábeis (matéria orgânica particulada - MOP) e estáveis da MOS (matéria orgânica associada aos minerais - MOM), de acordo com o tamanho de partículas que a compõe (ROSCOE e MACHADO, 2002). A MOP corresponde à fração retida na peneira de 53 μm juntamente com a areia, sendo possível identificar, neste compartimento, fragmentos de material vegetal, hifas fúngicas e exoesqueletos da fauna (ROSCOE e MACHADO, 2002). É a fração da MOS com baixo grau de humificação (GOLDCHIN et al., 1997), sendo considerada mais sensível as práticas de manejo do solo (JANZEN et al., 1992) assemelhando-se às frações leve livre e oclusa (CONCEIÇÃO, 2006). A MOam, por sua vez, engloba

as frações mais humificadas e que passam pela peneira de 53 µm juntamente com o silte e a argila, correspondendo predominantemente à fração pesada (ROSCOE e MACHADO, 2002). O carbono constituinte da MOP representa em média de 2 a 25% do C orgânico total do solo (COT) de regiões tropicais (ROSCOE e MACHADO, 2002). (CAMBARDELLA e ELLIOT, 1992; CHAN, 1997) encontraram que aproximadamente 50 % do COT é constituinte da MOP, em estudos em solos de regiões frias e/ou semiáridas. Enfim, em manejos conservacionistas, a literatura demonstra um aumento relativo nos estoques de carbono orgânico particulado (COP) maiores que no COT, indicando que a fração lábil da MOS é mais sensível às alterações no manejo do que a MOS. Sendo assim, a fração lábil da MOS pode ser considerada o indicador mais sensível no estudo da dinâmica da MOS influenciada pelo manejo (SOUZA et al., 2006a; SOUZA et al., 2006b).

Ainda segundo Alves et al. (2008), o limite de acumulação de C no solo é dependente da quantidade de resíduos produzida. A diferença está na estabilidade do C no solo, uma vez que a livre da MOS, que pode acumular indefinidamente, é muito susceptível a ação microbiana, e por isso sua quantidade no solo é muito sensível à variação de produção primária da vegetação. A fração leve, que corresponde também ao COP, é mais sensível às práticas de manejo, o que a torna uma importante fração na avaliação da qualidade do sistema de manejo no curto prazo (BAYER et al., 2001; CONCEIÇÃO et al., 2005).

2.3 USO DE FERTILIZANTES

Alguns estudos têm mostrado que o aumento no estoque de carbono no solo está diretamente relacionado com a quantidade de resíduos adicionados ao solo (RASMUSSEN et al., 1980), incluindo os esterco (HARTWIG e AMOM, 2002). Alguns trabalhos com utilização de fertilizantes orgânicos apontam manutenção dos teores de carbono orgânico a curto

prazo (ARRUDA et al., 2010; COSTA et al., 2011). Entretanto, várias pesquisas com longo tempo de avaliação mostram aumento nos teores de carbono orgânico no solo com aplicação de esterco de animais (BARILLI, 2005; HATI et al., 2006; GONG et al., 2009).

Um fato a ser considerado é que em alguns trabalhos os resíduos orgânicos adicionados ao solo são restos culturais juntamente com esterco de animais, ou esterco de animais associado a fertilizantes minerais e esta estratégia pode ser importante para aumentar os teores de carbono, uma vez que a maioria dos fertilizantes orgânicos de origem animal (principalmente de suínos) apresenta baixa relação C/N, que associado a materiais com alta relação C/N podem em conjunto aumentar os estoques de carbono orgânico. Já em condições onde se aplicam apenas fertilizantes orgânicos com características de baixo teor de matéria seca e de carbono orgânico, pode este, aumentar a atividade microbiana, resultando em maior intensidade de mineralização da matéria orgânica do solo e assim apenas manter ou até reduzir os estoques de carbono no solo.

Segundo Gong (2009), a aplicação de esterco de animal pode aumentar os teores de matéria orgânica do solo. Este efeito tem sido reconhecido e usado há aproximadamente 4000 anos na China, Japão e Coreia com o objetivo de restaurar a fertilidade e melhorar o rendimento das culturas (DORMAAR et al., 1988).

A presença da MOS pode melhorar o suprimento de nutrientes, e as propriedades físicas do solo, além de proteger contra a erosão e promover a atividade biológica (JIMENEZ et al., 2002).

Kiehl (1985), afirma que a incorporação da matéria orgânica nos solos, na forma de esterco animal ou de compostos orgânicos, principalmente em solos velhos aumenta a capacidade de troca catiônica, chegando a 70% da CTC oriunda da matéria orgânica, e melhora a estrutura,

caracterizada pela diminuição de densidade do solo, aumento da porosidade e da taxa de infiltração de água, além de aumentar direta e indiretamente a capacidade do solo de armazenar água.

Zhao et al. (2009), após 25 anos de experimento conduzido na China, em solo com 23% de areia, 43% silte e 33% de argila, avaliando tratamentos que incluíam adubação mineral, adubação mineral mais resíduos vegetais e uma combinação de adubo mineral (N+P) com esterco de suíno, observaram maior rendimento de grãos no tratamento com esterco suíno em relação ao demais, na média dos 25 anos de condução do experimento. O teor de carbono foi significativamente maior no tratamento que recebeu esterco suíno em relação ao tratamento com fertilizante mineral, porém foram iguais ao tratamento com adubo mineral e palha. Estes resultados mostram que os níveis de matéria orgânica tendem a aumentar em solos que recebem fertilizantes orgânicos animais ou vegetais. Estes aumentos são muito importantes em solos que têm níveis mais baixos de matéria orgânica.

Couto (2010) avaliou a dinâmica do carbono e o rendimento de culturas em um Argissolo Vermelho submetido à aplicação de dejetos suíno em sistema de plantio direto, em experimento realizado em Braço do Norte (SC), testando adubos orgânicos e fertilizante nitrogenado mineral. A aplicação no solo de dejetos suíno na forma líquida e sólida, e de fertilizante nitrogenado mineral não afetaram o teor de carbono orgânico total no solo, e pouco influenciaram a biomassa microbiana. As doses de dejetos suíno e fertilizante nitrogenado não afetaram a decomposição da palhada nem o rendimento da aveia e do milho, mas influenciaram os atributos químicos pH, P, K, Ca e Mg nos diferentes tratamentos, com os maiores valores no tratamento cama sobreposta duas vezes a recomendação.

Aita et al. (2007) trabalhando com a aplicação de dejetos líquidos de suíno sobre a palhada de trigo observaram

que os níveis de mineralização do material (na forma de liberação de CO₂) aumentaram, o que pode comprometer o acúmulo de carbono orgânico no solo devido à baixa relação C/N dos dejetos suínos.

Ainda Couto (2010) verificou que a adubação com fertilizante nitrogenado mineral (uréia) aplicada na sequência milho e aveia, propiciou acúmulo de COT no solo, mas nesses tratamentos os estoques foram mantidos após a queda inicial, logo após a instalação do experimento. O mesmo efeito foi observado por Diekow (2003) ao estudar sucessão aveia/milho sob adubação nitrogenada, onde não houve acúmulo e nem perdas dos níveis de matéria orgânica do solo em 17 anos de experimento.

Poirier et al.(2009), avaliando diferentes sistemas de manejo com adubação nitrogenada durante 14 anos também concluíram que a adubação nitrogenada em sistema plantio direto não influenciou os estoques de carbono; manteve os níveis do início do experimento. Assim, em função da intensidade e da frequência que o solo é submetido a estas adubações, e da quantidade de resíduos que permanece sobre o solo, poderá ocorrer redução no estoque de MOS a médio e longo prazo.

O trabalho de Brunetto et al. (2012), demonstrou que a aplicação de dejetos de suínos na dose de 180 kg de N ha⁻¹ em sistema plantio direto ao longo de vários anos contribui no incremento de C-org do solo na condição de Argissolo Vermelho até a profundidade de 30 cm, sendo que esta mesma contribuição é decorrente também da alta produção de biomassa. Os trabalhos de Barilli (2005), Hati et al. (2006), Gong et al. (2009), também com dejetos de suínos demonstram também o aumento nos teores de carbono orgânico no solo. Já o trabalho de Scherer et al. (2010) com aplicações sucessivas de dejetos de suínos entre 15 a 25 anos em sistema de plantio direto, demonstrou que o teor de C-org no solo não foi alterado

na condição de Neossolo litólico, Cambissolo háplico e Latossolo vermelho.

Adeli et al. (2007), aplicando doses anuais de 6,7 Mg ha⁻¹ de cama de aves, ao fim de três anos de estudo, verificaram aumento de 18, 20 e 34 % no N, C total e estabilidade de agregados do solo, respectivamente, em comparação com o tratamento com adubo mineral. No sistema de plantio direto a aplicação de cama de aves aumenta a mineralização de C e N no solo, permite retenção de nutrientes e matéria orgânica no sistema (TEWOLDE et al., 2008).

Estudos realizados por Malhi e Gill (2002), salientam que a adição de fertilizantes orgânicos através do aumento na disponibilidade de nutrientes, aumenta a produção de biomassa e raízes, e conseqüentemente irá adicionar carbono orgânico ao solo. Ainda, Bayer et al. (2011), cita que em média 21,1% do carbono adicionado pelas raízes passa a ser incorporado à matéria orgânica do solo, enquanto a conversão do carbono da biomassa aérea para a MOS é em média de 12,2%.

Andrade (2013), pesquisando diferentes usos do solo associados à aplicação de esterco de animais proporcionaram diferença quanto aos teores de carbono orgânico total (COT) em todas as camadas avaliadas. Porém a adição de esterco não aumentou os teores de carbono no solo em relação aos sistemas sem adição de esterco. Houve interação entre tratamentos e profundidades tanto para os teores de carbono como para os estoques de carbono orgânico. O tempo de aplicação de esterco não influenciou os teores de carbono orgânico no solo como esperado, principalmente nas condições de alta exportação de biomassa e quando em condições de revolvimento do solo (escarificação), manejos estes que proporcionam maior velocidade de decomposição da MOS pelos microorganismos. Portanto, esses resultados podem ser justificados pelo aumento da atividade microbiana do solo e maior intensidade de mineralização da matéria orgânica após aplicação de esterco. Outro fator que contribui para essa

condição nas áreas que recebem esterco é o fato de que a adição de C anual pelo esterco de suínos e aves é de 450 e 115 kg, respectivamente.

Arruda et al., (2010) também não observaram aumento nos teores de carbono orgânico mesmo com aplicação de altas doses ($200\text{m}^3\text{ ha}^{-1}$) de dejetos líquidos de suíno, após nove anos em Latossolo Vermelho, em Campos Novos, SC. Scherer et al. (2010), também não observaram aumento nos teores de MO em três solos derivados de basalto que receberam fertilizantes de suínos por mais de 20 anos no oeste de Santa Catarina. Tal resultado foi atribuído ao baixo teor de matéria seca (média de 30g dm^{-3}) e carbono orgânico no dejetos (SCHERER et al., 1996).

2.4 ESTOQUES DE CARBONO NO SOLO

Os estudos voltados à mensuração dos estoques de carbono orgânico no solo têm sido intensificados nos últimos anos, os quais demonstram que as duas principais práticas agrícolas que impactam esses estoques de carbono são o preparo do solo e o sistema de cultura (BAYER et al., 2011). Geralmente o não revolvimento do solo no plantio direto ou a mínima mobilização do solo intensificam a estabilização do carbono evidenciada pelas menores taxas de decomposição. Por outro lado a intensa movimentação do solo no sistema convencional promove rápida degradação dos resíduos orgânicos adicionados, ocasionando baixa retenção de carbono no solo.

O uso intensivo do solo e a utilização de fertilizantes solúveis, em geral ocasionam a perda gradual dos teores de matéria orgânica nativa dos solos agrícolas. O uso de DS como alternativa para aumentar os teores de matéria orgânica (MO) e a capacidade produtiva do solo através dos benefícios indiretos da (MO) é valorizado pelos produtores, juntamente com

manejo do solo em sistema de plantio direto (PD) (BAYER et al., 2000a; SISTI et al., 2004).

Entre os efeitos da aplicação de resíduos de animais, como o (DS), destaca-se a possibilidade de aumentar a matéria orgânica do solo. Diversos estudos mostraram que a fertilização com esterco sozinho ou combinado, é mais eficiente para aumentar os teores de COT do que o fertilizante mineral (YANG et al, 2005; BLAIR et al., 1995). Por esta razão, é importante a adoção de práticas que mantenham teores adequados de COT, assegurando a qualidade química, física e biológica do solo (SANTOS e CAMARGO, 1999). Por outro lado, a adição de DS ao solo também pode favorecer o processo de mineralização da matéria orgânica nativa do solo, devido ao alto teor de N (GIACOMINI e AITA, 2008).

Os estudos voltados para o conhecimento de estoques de carbono em solos têm sido realizados com o objetivo de se conhecer as condições do solo como armazenador de carbono como subsidio aos levantamentos dos conteúdos de carbono orgânico seqüestrados nos ecossistemas terrestres (LORENZ et al., 2007). Há também interesse de aumentar a retenção de carbono nos solos pelo conhecimento de suas reservas de carbono em seu ciclo terrestre, embora as estimativas sobre sua capacidade de retenção de carbono variem muito (GUEDES, 2008).

Alguns estudos têm mostrado que o aumento no estoque de carbono no solo está diretamente relacionado com a quantidade de resíduos adicionados ao solo (RASMUSSE et al., 1980), incluindo os esterco (HARTWIG e AMOM, 2002). Alguns trabalhos com utilização de fertilizantes orgânicos apontam manutenção dos teores de carbono orgânico a curto prazo (ARRUDA et al., 2010, COSTA et al., 2011). Entretanto, várias pesquisas com longo tempo de avaliação mostram aumento nos teores de carbono orgânico no solo com aplicação de esterco de animais (BARILLI, 2005; HATI et al., 2006; GONG et al., 2009). Um fato a ser considerado é que em

alguns trabalhos os resíduos orgânicos adicionados ao solo são restos culturais juntamente com esterco de animais, ou esterco de animais associado a fertilizantes minerais e esta estratégia pode ser importante para aumentar os teores de carbono, uma vez que a maioria dos fertilizantes orgânicos de origem animal (principalmente de suínos) apresenta baixa relação C/N, que associado a materiais com alta relação C/N podem em conjunto aumentar os estoques de carbono orgânico. Já em condições onde se aplicam apenas fertilizantes orgânicos com características de baixo teor de matéria seca e de carbono orgânico, pode este, aumentar a atividade microbiana, resultando em maior intensidade de mineralização da matéria orgânica do solo e assim apenas manter ou até reduzir os estoques de carbono no solo.

Malhi e Gill (2002) salientam o efeito indireto da adição de fertilizantes orgânicos pelo aumento na disponibilidade de nutrientes, que aumenta a produção de biomassa e raízes, e conseqüentemente irá adicionar carbono orgânico ao solo. Segundo Gong (2009), a aplicação de esterco de animal pode aumentar os teores de matéria orgânica do solo. Este efeito tem sido reconhecido e usado há aproximadamente 4000 anos na China, Japão e Coreia com o objetivo de restaurar a fertilidade e melhorar o rendimento das culturas (DORMAAR et al., 1988).

Zhao et al. (2009), após 25 anos de experimento conduzido na China, em solo com 23% de areia, 43% silte e 33% de argila, avaliando tratamentos que incluíam adubação mineral, adubação mineral mais resíduos vegetais e uma combinação de adubo mineral (N+P) com esterco de suíno, observaram maior rendimento de grãos no tratamento com esterco suíno em relação ao demais, na média do tempo de condução do experimento. O teor de carbono foi significativamente maior no tratamento que recebeu esterco suíno em relação ao tratamento com fertilizante mineral, porém foram iguais ao tratamento com adubo mineral e palha. Estes

resultados mostram que os níveis de matéria orgânica tendem a aumentar em solos que recebem fertilizantes orgânicos animais ou vegetais. Estes aumentos são muito importantes em solos que têm níveis mais baixos de matéria orgânica.

O crescente aumento na produção de carne de suínos e frangos tem como consequência melhorias nas tecnologias de produção e também na quantidade de esterco produzidos por estas atividades. No entanto, os agricultores encontram a possibilidade de adubar os solos de suas propriedades, pois estão disponíveis a baixo custo. Portanto, estudos que envolvem as relações agricultura e ambiente é crescente a necessidade de adoção de critérios que possam avaliar de forma correta, as condições atuais, a qualidade do solo, bem como fornecer subsídios aos agricultores sobre os melhores agroecossistemas agrícolas.

O alto volume de material orgânico gerado nesse sistema, aliado à concentração das atividades pecuárias em regiões que apresentam limitação de áreas agrícolas para uso dos dejetos, bem como seu uso inadequado, potencializa o impacto negativo destas atividades sobre o ambiente (GIACOMINI e AITA, 2008). Para evitar estes impactos negativos devem-se buscar alternativas econômicas e de uso agrícola para a reutilização desses resíduos nestas regiões, onde critérios como análise de solo e dos resíduos animais, bem como a necessidade nutricional da cultura devem ser os pilares para a recomendação agrônômica quanto à quantidade a ser aplicada, bem como sua forma de aplicação.

2.5 ÍNDICE DE MANEJO DE CARBONO

O índice de manejo de carbono (IMC) proposto inicialmente por Blair et al. (1995), é uma ferramenta que permite avaliar o manejo adotado ao solo. Esse índice leva em consideração as variações no estoque de carbono e na labilidade desse carbono, e utiliza um sistema de manejo

considerado como referência, para o qual o IMC é definido como 100. O sistema definido como referência pode ser uma área de vegetação natural, solo em estado de degradação sob manejo inadequado, ou qualquer outro sistema que seja considerado como o padrão para o estudo.

O índice de manejo de carbono (IMC) é uma ferramenta que permite avaliar o manejo adotado ao solo, além de ser um indicador de qualidade do manejo do solo ele permite avaliar o processo de perda ou ganho de qualidade do solo. Quanto maior o IMC, melhor a qualidade do solo e vice-versa. Os compartimentos de carbono orgânico do solo e a labilidade do carbono influenciam os atributos físicos do solo, bem como a capacidade de auto-organização dos solos (ADDISCOTT, 1995; BLAIR e CROCKER, 2000; VEZZANI, 2001). Vieira et al. (2007), discorrem que apesar da existência de grande número de experiências a longo prazo capazes de fornecer dados pertinentes relativos ao manejo do solo, poucos estudos avaliam a integração entre a labilidade do carbono e seus compartimentos.

O cálculo do índice de manejo do carbono (IMC), leva em conta os teores de carbono orgânico total nos tratamentos avaliados e sua proporção na fração particulada, que indica labilidade, sendo apresentado de forma relativa em relação a um sistema referência, com a mata nativa (VIEIRA et al., 2007).

Diekow et al. (2005) avaliando diferentes coberturas em um Argissolo no sul do Brasil, verificaram que a sucessão de milho e feijão guandú apresentou IMC 272% maior que o solo descoberto, aumentando ainda mais quando ocorreu aplicação de nitrogênio mineral, equivalendo a uma elevação de 417% em relação ao mesmo solo descoberto. Em estudo sobre um Argissolo sob pastagem natural no Sul do Brasil, reduzindo o IMC com a redução da oferta de forragem, obtendo 39,7% do IMC na menor oferta de forragem, o que indicou perda da

qualidade do solo nesses sistemas de manejo, apresentando riscos para a sustentabilidade do sistema (CONTE et al., 2011).

2.6. NUTRIENTES NO SOLO E O USO DE FERTILIZANTES FLUIDOS

Os fertilizantes fluidos surgiram no mercado dos Estados Unidos há mais de 20 anos e, desde então, têm aumentado sua participação em relação aos demais tipos de fertilizantes, em razão de seu fácil manejo e versatilidade de aplicação (HAVLIN et al., 2005, OTTMAN et al., 2006).

Nutrientes como P, Ca e Mg, que em condições de sequeiro são mais retidos no solo, quando aplicados via fertilizantes fluidos, têm a movimentação no perfil do solo acelerada, o que em parte, ajuda a explicar os ganhos de eficiência com esse sistema (VITTI et al., 1994).

2.6.1 Fertilizantes fluidos a partir de dejetos de suínos

Segundo Associação Catarinense de Criadores de Suínos (ACCS, 2011), o Estado conta com 8 mil suinocultores alocados em propriedades familiares localizadas em regiões de relevo acidentado, o que acarreta maiores problemas com o descarte dos resíduos.

A aplicação de dejetos de suínos para fabricação de fertilizantes fluidos poderá contribuir de forma positiva ao ambiente, pois pode favorecer a disponibilidade de nutrientes, além de aumentar o teor de matéria orgânica do solo. Pode melhorar as propriedades físicas do solo como agregação das partículas, porosidade, densidade, aeração, infiltração e retenção de água no solo; e propriedades biológicas pelo aporte de microrganismos benéficos ao solo (BARILLI, 2005), fatores que condicionam a maior produtividade das culturas agrícolas (KONZEN, 2003). Porém, quando dejetos são adicionados em doses superiores à capacidade de retenção do solo; nessas

condições, passam de fertilizantes a poluentes ambientais, entretanto os fertilizantes fluidos são adicionados em doses bem menores e recomendados de acordo com a quantidade de nutrientes requeridos pelas culturas, baseado em análise de solo, essa preocupação com a poluição do solo se torna bem menor (GATIBONI et al., 2008).

Entre as vantagens de se aplicar adubos fluidos em relação aos sólidos estão: a redução de mão de obra, a segregação de nutrientes é menor; permite o uso de inseticidas e herbicidas juntamente com o adubo; maior rendimento operacional durante a aplicação; permite o uso de micronutrientes nas misturas; grande versatilidade nas formulações; menor custo de produção; menor poluição ambiental. Entre as desvantagens pode-se citar: menor concentração de nutrientes, investimento inicial alto, necessidade de agitação para transporte, armazenamento e aplicação; alta corrosividade; formação de precipitados e entupimento de bicos (BOATTO et al., 1994).

2.6.2 Fertilizantes organominerais

O cenário para as cadeias produtivas de gado de leite, suínos e aves segundo AGE/MAPA 2010 é de crescimento até 2020. Assim, a produção de resíduos segue a mesma proporção, o que destaca a importância de racionalidade para o uso destes como biofertilizantes orgânicos ou organominerais, potencializando o uso como fertilizante. Portanto, vale ressaltar a grande importância do uso correto de fertilizantes mais eficientes em nossos sistemas produtivos, o Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes do mundo, sendo mais da metade desses importados, condição que deixa nosso país vulnerável as oscilações de preço do mercado internacional. Para amenizar este quadro é possível produzir fertilizantes orgânicos e organominerais a partir de esterco animais com eficiência de liberação de nutrientes às plantas,

resultando em impacto significativo sobre a produtividade de lavouras com menor impacto ao ambiente.

O mercado de fertilizantes organominerais vem crescendo no Brasil nos últimos anos, principalmente para culturas como soja, milho e cana-de-açúcar. As regiões Sul e Centro-Oeste são as que mais demandam pelo insumo.

Os processos de produção de fertilizantes organominerais seguem a legislação brasileira do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e Secretaria de Defesa Agropecuária (Instrução Normativa SDA nº 25, de 23 de julho de 2009, Anexo I, Capítulo III, Seção V, Art.8º, § 1º), onde são estabelecidas as especificações, características e garantias dos Fertilizantes organominerais sólidos para aplicação no solo.

Como um bom exemplo de adubo organomineral pode-se citar a mistura de esterco animal com superfosfato simples o que diminui as perdas de amônia do esterco por volatilização e enriquece o material com fósforo, cálcio e enxofre presentes em quantidades expressivas nesse fertilizante. Outro exemplo é o uso da cama de frango com map, para aumentar o suprimento de fósforo. Diversos outros produtos são avaliados em estudos da Rede Fert Brasil, um projeto do Ministério da Agricultura, que visa desenvolver novas fontes de nutrientes para a produção agrícola brasileira.

Fertilizante organomineral se caracteriza por apresentar potencial químico reativo relativamente inferior ao fertilizante mineral, porém sua solubilização é gradativa no decorrer do período de desenvolvimento da cultura, assim, sua eficiência agrônômica pode se tornar maior se comparado às fontes minerais solúveis (KIEHL, 2008).

É necessária a avaliação agrônômica desta categoria de fertilizantes com solubilidade variada nas mais distintas condições de solo para avaliar o desempenho agrônômico, ou seja, a eficiência destes no sistema solo planta.

Banger et al. (2009) avaliando adubos minerais e orgânicos no cultivo de arroz ao longo de 16 anos na Índia, observaram maiores teores de carbono orgânico na superfície em todos os tratamentos avaliados. Os maiores estoques foram observados no tratamento com adubo orgânico, ou quando associado ao adubo mineral.

Em Nitossolo Vermelho em Chapecó, Santa Catarina, Andreola et al. (2000) verificaram que a utilização de plantas de cobertura de inverno [*Avena strigosa* (aveia preta) + *Raphanus sativus* (nabo forrageiro)], quando associadas à adubação orgânica, aumentaram o teor de carbono orgânico no solo, enquanto os adubos organomineral e mineral mostraram tendência à redução. Este estudo teve como objetivo verificar os efeitos de sistemas de culturas e fontes de nutrientes (mineral e orgânico) nos teores e no estoque de carbono orgânico do solo em sistema de plantio direto.

O dejetos de suínos quando utilizado em dose adequada, constitui um fertilizante capaz de substituir com vantagem parte ou, em determinadas situações, totalmente a adubação mineral das culturas (SCHERER et al., 1996), podendo assim, constituir fertilizantes eficientes e seguros na fertirrigação e fertilização das culturas, desde que precedidos dos ativos ambientais que assegurem a proteção do meio ambiente, antes de sua reciclagem (KONZEN et al., 2003).

A aplicação de biofertilizante a base de dejetos de suínos no solo pode aumentar a matéria orgânica do solo, o fornecimento de macro e micronutrientes, fatores que melhoram as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, devendo para isso se conhecer a composição e o volume a ser aplicado. Assim a dosagem de biofertilizante na forma fluida deve obedecer a reposição da exportação de nutrientes pela cultura (adubação de manutenção), ou em razão da exigência nutricional da cultura conforme a expectativa de produção e a fertilidade do solo (adubação de manutenção e de correção). Aplicações frequentes na mesma área, de forma

inadequada, podem resultar no excesso de alguns elementos, promovendo o desequilíbrio químico, físico e biológico do solo, resultando na absorção desbalanceada desses pela planta, além da seletividade de espécies vegetais e alterações na diversidade e funcionalidade dos microrganismos do solo (SEGANFREDO, 2000, 2003, 2004 e 2007).

Trabalhos com a cultura do milho e aplicação de dejetos de suínos têm demonstrado que esse resíduo pode substituir a adubação química, como exemplos: Seganfredo (1998) trabalhando em Chernossolo em Santa Catarina; Konzen (2003) em Latossolo Vermelho no estado de Goiás sugere que os dejetos de suínos seriam capazes de suprir integralmente a demanda de nitrogênio para alcançar produtividades de 7 a 8 Mg ha⁻¹ de milho; este mesmo autor atribui produções de 10.300 kg ha⁻¹ de milho com aplicações de 187 kg de N pelos dejetos. Menezes et al. (2007) obtiveram maior produtividade do milho quando a dose foi de 100 m³ ha⁻¹, ou de 50 m³ suplementado com adubação de cobertura com uréia. Por outro lado, em estudos realizados em Latossolo Vermelho Distroférrico de Santa Catarina, foi observado que a dose anual de 50 m³ de dejetos de suínos pode possibilitar rendimento de milho equivalente ao obtido com adubação mineral (CASSOL et al., 2010). Nestes estudos, também se observou efeitos favoráveis da combinação do resíduo com adubos minerais.

3. MATERIAL E MÉTODOS

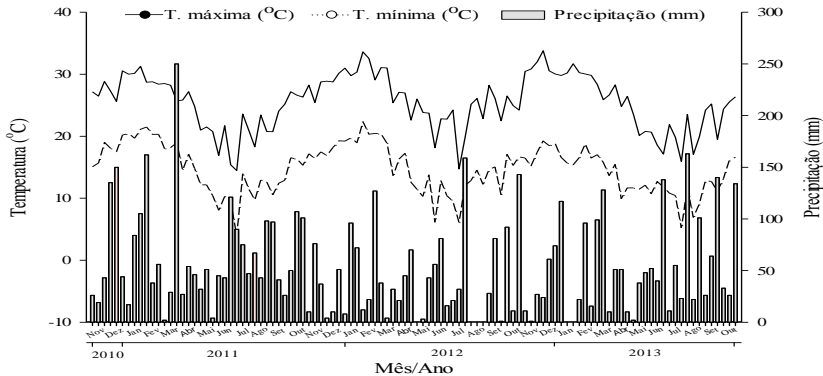
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA ÁREA EXPERIMENTAL

A área experimental está localizada em Concórdia, SC, às margens da Rodovia SC 283 km 08, com as seguintes coordenadas geográficas, latitude $27^{\circ} 12' 0,08''\text{S}$ e longitude $52^{\circ} 4' 58,22''\text{O}$.

O clima da região é subtropical úmido (Cfa), onde os meses mais frios (junho e julho) apresentam temperaturas médias em torno de 15°C e temperatura média de 23°C , segundo a classificação de Köppen. As chuvas são regulares e bem distribuídas, sem deficiências hídricas e com precipitações totais anuais acima de 1.500 mm e altitude de 569 m acima do nível do mar.

Os dados diários referentes às temperaturas máxima e mínima com precipitação pluvial durante os três anos de condução do experimento foram coletados na Estação Meteorológica da Embrapa Suínos e Aves, distante cerca de 20 km da área experimental e estão contidos na (Figura 1).

Figura 1 Precipitação (mm), temperaturas máxima (°C) e mínima (°C) registradas durante a condução do experimento, nos anos 2010 a 2013.



FONTE: Estação Meteorológica da Embrapa/CNPISA; Concórdia-SC.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO E HISTÓRICO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Os solos da área experimental foram descritos como Nitossolo Vermelho Eutroférico típico, e, Cambissolo Háplico Eutroférico léptico de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2009). Estas duas áreas eram cultivadas com lavoura de milho de 1994 até 2009. Durante este período foram realizadas duas calagens, aplicando-se a lança e incorporadas na camada 0,0 a 0,20 m, cinco toneladas de calcário dolomítico por ha. A fertilização da área era realizada com dejetos de suínos, seguindo instrução normativa do órgão estadual de meio ambiente de Santa Catarina (FATMA). No caso do milho também foram aplicados fertilizantes minerais conforme a necessidade da cultura definida pela análise de solo e produtividade da cultura.

Durante a instalação do experimento, em 2009, foi feita dessecação com aplicação do herbicida glifosato (2.160 g ha^{-1} de ingrediente ativo) para posterior semeadura da cultura do milho, em ambos os solos. Antes da cultura de inverno, houve

uma escarificação para descompactação superficial da área no Nitossolo e posterior dessecação com aplicação do herbicida glifosato (2.160 g ha^{-1} de ingrediente ativo). Nas culturas de milho, sorgo, aveia e trigo nos anos de 2011, 2012 e 2013 também houve dessecação com aplicação do mesmo herbicida, com posterior semeadura, sempre após 14 dias desta prática.

Em março de 2009, foram amostrados os solos, na camada de 0 a 20 cm, sendo que os resultados são apresentados na (Tabela 1).

3.3 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os tratamentos foram um controle e os quatro tipos de fertilizantes a seguir: organomineral fluido (OF), organomineral sólido (OS), mineral fluido (MF) e mineral sólido (MS), todos na formulação 03-12-06 (N-P₂O₅-K₂O). O fertilizante mineral sólido (MS) foi composto de ureia, MAP e cloreto de potássio; o organomineral sólido (OS) foi formulado à base de cama de aves complementada com ureia, fosfato natural (fosforita) e cloreto de potássio. O mineral fluido (MF) foi composto de água 1.667 L ha^{-1} e ureia, MAP e cloreto de potássio; enquanto o organomineral fluido (OF) foi formulado a base de dejetos de suínos 1.667 L ha^{-1} e adicionados de ureia, MAP e cloreto de potássio.

A aplicação dos tratamentos foi realizada somente nas culturas do milho e sorgo forrageiro, sendo a dose baseada na recomendação de adubação de manutenção, que foi definida em $150 \text{ kg de N ha}^{-1}$, $200 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ e $100 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ visando atingir uma produtividade de 10 Mg ha^{-1} de grãos de milho e 8 Mg ha^{-1} de massa seca na cultura do sorgo forrageiro, tendo-se aplicado o nitrogênio 33% na semeadura e 66 % em cobertura usando a ureia como fonte em todos os tratamentos, exceto no controle. Assim, os cultivos de milho e sorgo forrageiro, além das aplicações dos diferentes formas de fertilizantes na

semeadura, também receberam 100 kg ha^{-1} de N na forma de ureia, aplicada quando as plantas apresentaram quatro folhas, correspondendo ao estágio fenológico 1.

Tabela 1. Características químicas e teor de argila dos solos, Nitossolo Vermelho Eutroférico típico, e Cambissolo Háplico Eutroférico léptico, da área do experimento antes da sua instalação na camada de 0,0-0,20m. Médias de 4 repetições.

Solos	Trat.	Argila	pH	C.O	P	K	Ca	Mg
		g kg^{-1}	H_2O	g kg^{-1}	mg dm^{-3}	----	mmolc dm^{-3}	--
Cambissolo	C	690	5,6	24	67	8	74	30
Cambissolo	MS	660	5,7	26	79	9	96	45
Cambissolo	OS	660	5,6	25	64	9	83	32
Cambissolo	MF	700	5,6	23	64	7	97	41
Cambissolo	OF	690	5,7	25	78	7	99	42
Nitossolo	C	700	5,4	25	83	9	64	32
Nitossolo	MS	700	5,3	26	78	9	60	32
Nitossolo	OS	700	5,3	24	84	9	64	35
Nitossolo	MF	700	5,2	23	61	8	56	31
Nitossolo	OF	700	5,3	25	90	8	62	34

Fonte: Rebellatto (2013).

As siglas representam os tratamentos conforme segue: C= Controle, MS= Mineral sólido, OS= Organomineral sólido, MF= Mineral fluido, OF= Organomineral fluido.

A aveia preta e o trigo utilizado como culturas de inverno não receberam fertilização, sendo beneficiadas com o efeito residual da fertilização do milho e do sorgo nos três anos de cultivo.

O experimento foi conduzido em condição de campo, caracterizando um fatorial 2×5 organizado no delineamento grupo de experimento em blocos casualizados com quatro repetições. A distribuição das parcelas para os mesmos tratamentos seguiram metodologia de análise multivariada de componentes principais, baseada na análise química inicial do solo de cada parcela, na camada de 0,0 a 0,20 m, permitindo desta forma agrupar os tratamentos em condições de maior

semelhança para as variáveis químicas do solo. Com isso, ocorrer menor distorção de valores para a mesma variável e, conseqüentemente, menor valor de coeficiente de variação. Cada parcela foi dimensionada com 42 m² (6,0 m x 7,0 m), com espaçamento de 3,0 m entre as parcelas dentro de cada bloco e de 3,0 m entre os blocos conforme Figura 2.

Figura 2. Croqui do experimento, com a distribuição dos blocos e parcelas no Nitossolo Vermelho eutroférico típico e Cambissolo háplico eutroférico léptico, escolhidos para implantar o experimento. As siglas representam os tratamentos conforme segue: C= Controle, MS= Mineral sólido, OS= Organomineral sólido, MF= Mineral fluido, OF= Organomineral fluido, e os números representam os blocos.

C1	OS1	MS1	OF2	MF1	MF1	C3	OF3	MF3	MS3
OS2	OS3	MS3	OF2	MF3	MS1	OF1	MS4	OS3	C4
MS2	C3	C2	MF1	OF4	MS2	C2	OF2	MF2	OS4
C4	OS4	MS4	MF4	OF3	OF4	OS2	OS1	C1	MF4
Nitossolo Vermelho eutrófico típico					Cambissolo háplico eutroférico léptico				

Fonte: Rebellatto (2013).

A aplicação dos fertilizantes foi realizada em superfície ao lado da linha de semeadura, sendo realizada apenas na cultura do milho e sorgo forrageiro. A amostra do dejetos utilizado para compor o fertilizante fluido à base de dejetos de suínos foi coletada na tubulação de descarga do biodigestor instalado na Embrapa Suínos e Aves, Concórdia SC. O mesmo foi analisado de acordo com metodologia oficial (AOAC International, 2000 e APHA, 1992), determinando-se os teores de macronutrientes, nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e carbono orgânico (CO), conforme Tabela 2.

Tabela 2. Atributos químicos de dejetos de suínos utilizado para a elaboração do fertilizante organomineral fluído.

Amostra	Data	N	P	K	CO
		-----g L ⁻¹ -----			
Dejeto	19/02/2013	2,13	1,3	1,1	22

Fonte: Produção do próprio autor

A utilização da fórmula 03-12-06 foi adotada em razão do aproveitamento do fertilizante organomineral sólido já em processo de produção pela Cooperativa Copercampos de Campos Novos/SC, o que diminuiu a necessidade da elaboração de parte dos fertilizantes testados.

3.4 CULTIVOS

No ano agrícola 2010/11 cultivou-se milho híbrido simples 240 Yieldgard (Dekalb) e na safra 2011/12, foi utilizado milho híbrido simples Celeron TL (Syngenta). No ano agrícola 2013 cultivou-se sorgo forrageiro híbrido BRS 802, para corte e pastejo.

Nas safras de inverno nos dois primeiros anos 2011 e 2012, cultivou-se aveia preta, cultivar comum (*Avena strigosa*). Em 2013 cultivou-se trigo (*Triticum aestivum* L.), cultivar BRS Parrudo. As operações de semeadura das culturas foram realizadas utilizando-se semeadora adubadora marca Stara, modelo Ceres 1000, equipada com disco duplo de sulcamento.

3.5 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi implantado em março de 2009. Em 15/11/2010 foi realizado a primeira aplicação dos fertilizantes e a semeadura de milho, com população de 5,6 sementes por metro linear, e espaçamento entre linhas de 0,80 m. Cada subparcela foi constituída por 7 linhas com 7 metros de comprimento. A adubação de base foi realizada com os fertilizantes em avaliação, na dose de 1.667 kg ha⁻¹ da

formulação 03-12-06, em percentagens de N P_2O_5 e K_2O , sendo sua concentração de 50 kg de N organomineral, 200 kg P_2O_5 ha^{-1} e 100 kg K_2O ha^{-1} respectivamente. A adubação de cobertura foi realizada 38 dias após a semeadura com ureia na dose de 100 kg ha^{-1} de N em todos os tratamentos. Assim, a dose total de N foi 150 kg/ha de N, objetivando atender a necessidade de adubação de manutenção e reposição para alcançar a produtividade igual ou superior a dez toneladas por hectare de grãos (CANTARELLA et al., 2004). A colheita foi efetuada em 03/03/2011.

Após a colheita dessa primeira safra de milho, a vegetação remanescente na área experimental foi dessecada mediante a aplicação de herbicida glifosato (2.160 g ha^{-1} de i.a.). Em 15/06/2011, foi realizada a semeadura de aveia preta em toda a área experimental, utilizando-se 50 kg/ha de sementes, aproximadamente 80 sementes por metro linear, num espaçamento entre linhas de 0,20 m. Não houve adubação durante todo o ciclo vegetativo dessa cultura. A coleta de biomassa para determinação da produtividade foi realizada em 25/09/2011, cinco dias após o pleno florescimento da cultura.

Em 13/10/2011, foi realizada a segunda aplicação dos tratamentos e a semeadura do segundo cultivo de milho, utilizando-se 5,6 sementes por metro linear, num espaçamento entre linhas de 0,80 m. Repetiu-se a adubação de base do ano anterior, aplicando-se 1.667 kg ha^{-1} da formulação 03-12-06. A adubação de cobertura foi realizada no dia 27/11/2012 com ureia na dose de 100 kg ha^{-1} de N, totalizando 150 kg ha^{-1} de N. O florescimento pleno desse cultivo de milho ocorreu em 24/02/2012, sendo que essa cultura recebeu irrigação durante o mês de fevereiro, época de florescimento, do milho, onde foi suprida a necessidade hídrica de 50 mm de água, aplicada em duas vezes no intervalo de 15 dias. A colheita foi realizada manualmente e individualmente por unidade experimental em 02/03/2012.

Em 05/06/2012, foi realizada a segunda semeadura de aveia preta em toda a área experimental, utilizando-se 50 kg/ha de sementes, aproximadamente 80 sementes por metro linear, num espaçamento entre linhas de 0,20 m. Não houve adubação durante todo o ciclo vegetativo dessa cultura. A coleta de biomassa para determinação da produtividade foi realizada em 22/09/2012, sete dias após o florescimento pleno da cultura.

Em 08/02/2013, foi realizada a terceira aplicação dos tratamentos e a semeadura do terceiro cultivo de verão sendo a cultura de sorgo forrageiro, utilizando-se 20 kg de sementes por ha, em espaçamento entre linhas de 0,80 m. Repetiu-se a adubação de base do ano anterior, aplicando-se 1.667 kg ha^{-1} da formulação 03-12-06. A adubação de cobertura foi realizada no dia 28/02/2013 com ureia na dose de 100 kg ha^{-1} de N, totalizando 150 kg ha^{-1} de N. A colheita para determinação da produção de massa seca foi realizada manualmente em plena floração no dia 01/04/2013.

Em 25/04/2013, foi realizada a semeadura do trigo em toda a área experimental, utilizando-se 50 kg/ha de sementes, aproximadamente 80 sementes por metro linear, num espaçamento entre linhas de 0,20 m. Não houve adubação durante todo o ciclo vegetativo dessa cultura. A colheita dos grãos para determinação da produtividade foi realizada em 15/11/2013.

3.6 AMOSTRAGENS E AVALIAÇÕES REALIZADAS

3.6.1 Amostragem de solo e determinação dos teores de carbono no solo

Foram realizadas amostragens estratificadas do solo em março de 2013 nas camadas 0,0-0,5, 0,5-0,10 e 0,10-0,20m de profundidade. Foram retiradas aleatoriamente no mínimo três amostras simples para cada camada constituindo uma amostra composta, sempre na entrelinha da cultura presente na área,

com a utilização de trado tipo sonda nas camadas de 0,0-0,05 e 0,5-0,10m e trado holandês na camada 0,10-0,20m.

Para determinação da densidade do solo, foram retiradas amostras indeformadas com anéis volumétricos nas mesmas camadas.

Para a análise do carbono orgânico total (COT), foram retiradas sub-amostras das mesmas amostras coletadas, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório sendo destorroada, seca ao ar, moída e passada em peneira de 2mm de diâmetro. O carbono orgânico particulado (COP) foi fracionado a partir da mistura de 20g de solo e 60 mL de hexametáfosfato de sódio (5g L^{-1}), agitado por 16 horas e passando a suspensão em peneira de $53\mu\text{m}$ (CAMBARDELLA e ELLIOT, 1992). Após a separação a fração particulada foi seca em estufa a 60°C e moídas em gral de porcelana, o carbono orgânico associado aos minerais (COam), foi calculado pela diferença entre o COT (Mg ha^{-1}) e COP (Mg ha^{-1}).

Os estoques de COT (Mg ha^{-1}), foram calculados levando-se em consideração os valores de densidade de solo nas três camadas estudadas (Apêndice 1). Os estoques de COP foram calculados considerando a massa particulada retida na peneira utilizada para determinar o teor de COP. O estoque de carbono orgânico associado aos minerais (COam), foi calculado pela diferença entre os estoques de COT (Mg ha^{-1}) e COP (Mg ha^{-1}).

As determinações de carbono orgânico (COT, COP) foram realizadas de acordo com a metodologia de Tedesco et al. (1995), por combustão úmida, com oxidação por dicromato de potássio e determinação por titulometria com sulfato ferroso.

O efeito das adubações sobre as formas do carbono orgânico foram avaliadas de forma relativa pelo cálculo do índice de manejo do carbono (IMC), representado pela fórmula: $\text{IMC} = \text{IEC} \times \text{IL} \times 100$, onde IEC representa índice de

estoque do carbono e IL o índice de labilidade, calculados pelas fórmulas: $IEC = COT_{tratamento}/COT_{mata\ nativa}$ e $IL = L_{tratamento}/L_{mata\ nativa}$. O termo L representa a labilidade da matéria orgânica no tratamento avaliado ($L_{tratamento}$) em relação à labilidade da matéria orgânica do sistema referência ($L_{mata\ nativa}$). A labilidade é representada pelo COP (VIEIRA et al., 2007).

3.6.2 Avaliação dos componentes da produção e produtividade

Nos anos agrícolas 2010/2011 e 2011/2012, foram determinadas as variáveis: rendimento de grãos para milho e de biomassa de aveia. No ano 2013, foram determinadas as variáveis da biomassa do sorgo e rendimento de grãos para o trigo. A colheita de grãos de milho foi manual, recolhendo-se as espigas contidas em 2 fileiras com 2m de comprimento e 0,8m de largura entre fileiras, totalizando 3,2 m². A seguir foi realizada a trilha manual, pesagem e secagem, determinando-se o peso dos grãos colhidos para o cálculo da produtividade de grãos por hectare com 13% de umidade (base úmida). A população de plantas foi determinada mediante a contagem do número de plantas contido na área útil de cada parcela, mediante contagem das espigas contidas em 3,2 m² no momento da colheita.

A colheita de grãos de trigo foi manual, recolhendo-se as espigas contidas em três microparcelsas de 0,25 m² em cada parcela. A seguir foi realizada a trilha manual, pesagem e secagem, determinando-se o peso dos grãos colhidos para o cálculo da produtividade de grãos por hectare com 13% de umidade (base úmida).

Nos cultivos de aveia e sorgo, realizou-se a amostragem da parte aérea das plantas para avaliação do rendimento de biomassa seca. Em cada parcela, foram coletadas as plantas contidas em três microparcelsas de 0,25 m², contando-se a cerca

de 1 cm acima da superfície do solo. Em seguida, as plantas foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até massa constante. A seguir, foram pesadas para determinação da produção de biomassa.

3.6.3 Estimativa de aporte de carbono

A média das adições anuais C foram calculadas a partir dos dados da colheita e os rendimentos da matéria seca das culturas de aveia, sorgo, milho e trigo e fertilizantes organominerais referente ao período experimental de três anos. A produção de matéria seca da parte aérea anual do milho e trigo foi estimada utilizando-se o rendimento de grão conforme dados obtidos por Lovato et al. (2004), onde a produção de matéria seca da parte aérea do milho e trigo (Mg ha^{-1}) = $0,96 \times$ rendimento de grãos de milho e trigo (Mg ha^{-1}) + 2,91 ($r^2 = 0,91$, significativa a $P < 0,05$). Para calcular a adição C na superfície, multiplicou a produção de matéria seca (culturas de milho e trigo + culturas de aveia e sorgo) por um fator de 0,40, assumindo que os resíduos de plantas contem 40% C (BURLE et al, 1997.; BAYER et al., 2000b). A adição de C pela raiz, foi assumido como sendo 30% da produção de C da parte aérea, que é um valor médio calculado a partir dos resultados das culturas de verão e inverno obtidos por Fehrenbacher e Alexander (1955), Buyanovsky e Wagner (1986), Balesdent e Balabane (1992), Crozier e King (1993), Bolinder et al. (1997) e Kissele et al. (2001). A produção de grãos de milho e trigo foi removida do campo a cada ano.

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise estatística, foi adotado o modelo de delineamento com blocos completos casualizados no fatorial 2×5 , com quatro repetições em cada solo. Os dados foram analisados pela análise de variância (ANOVA), testando-se a

significância dos efeitos de tratamentos (4 fertilizantes e o Controle), solos e a interação entre eles pelo teste F. As médias de tratamentos foram comparadas pelo t de Student, ao nível de 5 % de significância. Essa análise foi realizada usando o procedimento GLM do SAS (SAS, 2008).

4. RESULTADOS E DISCUSÕES

4.1 CARBONO ORGÂNICO TOTAL

No Cambissolo o fertilizante mineral fluido (MF) aumentou o teor de carbono orgânico total em relação aos demais tratamentos na camada de 0-5 cm desse solo, o organomineral sólido (OS) foi superior ao controle e organomineral fluido (OF) e equivalente ao mineral sólido (MS) (Tabela 3).

Esta alteração no Cambissolo quanto ao aumento do teor de COT em superfície para o fertilizante mineral fluido (MF) é transferida quando o solo é amostrado na camada de 0-20 cm alterando apenas a condição onde o MF se torna semelhante ao OS.

Para as demais camadas 5-10 e 10-20 cm não houve diferenças de COT entre os tratamentos, ou seja, a prática agrícola de adubação com fertilizantes organominerais e minerais nas formas sólidas e fluidas, permitem manter o mesmo teor quando comparado ao tratamento que não recebeu adubação.

Rangel e Silva (2007), estudando estoques de carbono em diferentes sistemas de uso e manejo de um Latossolo, na região de Lavras-MG, constataram que o cultivo do solo com reflorestamento, pastagem e milho reduziu o carbono em 28% em relação ao solo sob mata nativa.

Estes teores de COT são considerados médios e próximos ao limite superior para altos, de acordo com a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS RS/SC, 2004).

A semelhança entre OS e OF para teor de COT, principalmente, em Nitossolo, reflete eficiência equivalente quando são aplicados fertilizantes orgânicos que promovem a manutenção dos teores a curto prazo (ARRUDA et al., 2010,

COSTA et al., 2011) e podem elevar estes teores a longo prazo (HATI et al., 2006; GONG et al., 2009).

Tabela 3 - Teores de carbono orgânico total (COT) e estoque de carbono orgânico total em razão da aplicação de fertilizantes organominerais (O) e minerais (M) nas formas sólidas (S) e fluidas (F) em Nitossolo e Cambissolo.

Solos	Tratamentos					Pr>F
	Controle	MF	MS	OF	OS	
-----COT (g kg ⁻¹) camada 0-5 cm-----						
Cambissolo	28 c	38 a	32 bc	29 c	33 b	0,0004
Nitossolo	32	34	35	33	32	0,46
Pr>F	0,06	0,08	0,08	0,04	0,63	
-----COT (g kg ⁻¹) camada 5-10 cm-----						
Cambissolo	22	26	23	24	24	0,26
Nitossolo	26	28	27	28	26	0,63
Pr>F	0,03	0,41	0,10	0,05	0,37	
-----COT (g kg ⁻¹) camada 10-20 cm-----						
Cambissolo	22	23	22	21	24	0,27
Nitossolo	24	24	23	23	24	0,94
Pr>F	0,15	0,27	0,22	0,07	0,94	
-----COT (g kg ⁻¹) camada 0-20 cm-----						
Cambissolo	24 c	27 a	25 bc	24 c	26 ab	0,007
Nitossolo	27	28	27	27	26	0,79
Pr>F	0,01	0,81	0,03	0,01	0,91	
-----estoque COT (Mg ha ⁻¹) camada 0-20 cm-----						
Cambissolo	59 bc	69 a	63 abc	57 c	65 ab	0,02
Nitossolo	66	70	67	68	67	0,86
Pr>F	0,07	0,86	0,22	0,01	0,79	

Fonte: Produção do próprio autor:

Letras minúsculas representam diferença entre tratamentos pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Lembrando ainda que esta variável é dependente de fatores climáticos como temperatura e umidade, tipo de solo (textura,

mineralogia) e pelas práticas de manejo do solo (BAYER et al., 2000).

O estoque de carbono orgânico total (eCOT) para profundidade de 0-20 cm apresenta comportamento semelhante ao COT, sendo o MF superior ao OF e Controle e igual a MS e OS; bem como o OS na condição de Cambissolo é superior ao Controle e OF e igual ao MS (Tabela 3). Os valores de estoque de MF e OS encontrados em Cambissolo foram 69 e 65 Mg ha⁻¹ para camada de 0-20 cm. Na condição de Nitossolo não houve efeito dos tratamentos (Tabela 3).

Esta alteração quanto ao COT na camada 0-20 cm de profundidade mostrou que a adubação com fertilizantes organominerais e minerais nas formas sólidas e fluidas, pode tanto aumentar como diminuir o teor de COT no solo.

O sistema de manejo adotado, que integra formas de preparo e sequências de culturas pode contribuir para manutenção dos atributos químicos favoráveis do solo e indica a adequação desse manejo, como também observado por Oliveira et al. (2002) e Perez et al. (2004). Corazza et al. (1999) verificaram taxa anual de acúmulo de 1,43 Mg ha⁻¹ de C em solo sob plantio direto no Cerrado.

Porém, mesmo sob plantio direto o C orgânico do solo é bastante dependente das culturas utilizadas em rotação. Bayer et al. (2004), em trabalho com diferentes coberturas na sucessão soja-milho sob plantio direto verificaram incremento significativo de COT em relação à plantio convencional, apenas na cobertura com nabo-forrageiro.

4.2 CARBONO ORGÂNICO PARTICULADO

Para carbono orgânico particulado (COP) houve alteração apenas na camada de 5-10 cm onde a prática de adubação com fertilizante MF foi superior aos demais tratamentos, bem como o uso de OS e controle foi superior ao OF e igual ao MS em Cambissolo (Tabela 4).

Tabela 4 - Teores de carbono orgânico particulado (COP) e estoque de carbono orgânico particulado (eCOP) pela aplicação de fertilizantes organominerais (O) e minerais (M) nas formas sólidas (S) e fluidas (F) em Nitossolo e Cambissolo.

Solos	Tratamentos					
	Controle	MF	MS	OF	OS	Pr>F
-----COP (g kg ⁻¹) camada 0-5 cm-----						
Cambissolo	6,23	6,92	5,65	4,66	6,10	0,17
Nitossolo	4,07	6,57	5,62	5,99	5,23	0,10
Pr>F	0,02	0,69	0,97	0,15	0,34	
-----COP (g kg ⁻¹) camada 5-10 cm-----						
Cambissolo	2,41 b	3,14 a	2,38 bc	1,87 c	2,62 b	0,001
Nitossolo	2,61	2,98	2,98	2,57	2,87	0,32
Pr>F	0,43	0,53	0,03	0,01	0,33	
-----COP (g kg ⁻¹) camada 10-20 cm-----						
Cambissolo	1,61	1,59	1,64	1,48	2,13	0,16
Nitossolo	1,83	1,69	2,13	1,71	1,97	0,41
Pr>F	0,42	0,73	0,07	0,39	0,57	
-----COP (g kg ⁻¹) camada 0-20 cm-----						
Cambissolo	2,97	3,31	2,83	2,37	3,24	0,05
Nitossolo	2,59	3,23	3,22	2,99	3,01	0,29
Pr>F	0,24	0,80	0,24	0,07	0,48	
-----estoque COP (Mg ha ⁻¹) camada 0-20 cm-----						
Cambissolo	7,39	8,35	7,23	5,76	8,09	0,07
Nitossolo	6,40	8,14	7,97	7,51	7,61	0,38
Pr>F	0,29	0,82	0,42	0,07	0,60	

Fonte: Produção do próprio autor:

Letras minúsculas representam diferença entre tratamentos pelo teste t ($p \leq 0,05$).

A semelhança entre os teores de COP na superfície e nas camadas de 10-20 e 0-20 cm permite indicar que a prática agrícola de adubação com fertilizantes organominerais e minerais nas formas sólidas e fluidas pouco interfere nesta forma de COP no solo, uma vez que não houve diferença do Controle.

Os teores de COP referentes ao sistema plantio direto com diferentes práticas de adubação com fertilizantes organominerais e minerais nas formas sólidas e fluidas foram inferiores aos teores referência da mata nativa na camada 0-20 cm, que são de 7,9 e 7,9 g kg⁻¹ para Cambissolo e Nitossolo, respectivamente. O COP é a fração com baixo grau de humificação (GOLDCHIN et al., 1997), considerada fração lábil (CAMBARDELLA e ELLIOT, 1992), sendo portanto mais influenciada pelas práticas de manejo do solo (Janzen et al., 1992).

O COP é considerado indicador sensível ao estudo da dinâmica da MOS e influenciada pelo manejo (SOUZA et al., 2006a; SOUZA et al., 2006b) e possibilitando verificar o efeito do manejo em curto prazo (BAYER et al., 2001, 2002).

Segundo Conceição et al. (2005), sistemas de manejo que promovem diferentes aportes de biomassa vegetal e a aplicação de resíduos de animais podem ter efeitos distintos sobre a fração particulada da MOS, sendo esta possível de ser utilizada como ferramenta para avaliar a qualidade do solo.

Quanto ao estoque de carbono orgânico particulado (COPE) não houve diferença entre tratamentos nos dois solos na profundidade de 0-20 cm.

Segundo Conceição et al. (2005), sistemas de manejo que promovem diferentes aportes de biomassa vegetal e a aplicação de resíduos de animais podem ter efeitos distintos sobre a fração particulada da MOS, sendo esta possível de ser utilizada como ferramenta para avaliar a qualidade do solo.

Quanto ao estoque de carbono orgânico particulado (COPE) não houve diferença entre tratamentos nos dois solos na profundidade de 0-20 cm.

O aumento dos teores de COP observado nas maiores doses do DS nas camadas superficiais até 5 cm pode ser uma evidência da contribuição dos resíduos culturais e também das raízes das plantas na acumulação do COP no solo (MAFRA,

2013). Caracterizando uma fração que depende da ciclagem contínua de compostos orgânicos.

4.3 CARBONO ORGÂNICO ASSOCIADO AOS MINERAIS

A adoção de diferentes práticas agrícolas de adubação com fontes de fertilizantes organominerais e minerais nas formas sólidas e fluidas alterou o teor de carbono orgânico associado aos minerais (COam) na camada de 0-5 cm, sendo o MF superior aos demais tratamentos, bem como o uso de OS e MS foram superiores ao Controle e iguais ao OF, na condição de Cambissolo (Tabela 5). Esta modificação quanto ao teor de COam em superfície é transferida quando o solo é amostrado na camada de 0-20 cm, alterando apenas a condição onde o MF se torna semelhante ao OS, sendo este superior ao Controle e semelhante ao MS e OF para Cambissolo. Na condição de Nitossolo não houve diferenças.

Para as demais camadas 5-10 e 10-20 cm não houve diferenças de COam entre os tratamentos, ou seja a prática agrícola de adubação com fertilizantes organominerais e minerais nas formas sólidas e fluidas, permitem manter o mesmo teor quando comparado ao tratamento Controle.

Os teores de COam referentes ao sistema plantio direto com diferentes práticas de adubação com fertilizantes organominerais e minerais nas formas sólidas e fluidas foram inferiores aos teores referência da mata nativa, que são de 26,5 e 26,5 g kg⁻¹ para Cambissolo e Nitossolo na camada 0-20 cm, respectivamente, o que demonstra o processo de degradação e perda de COam neste sistema de produção. O uso agrícola do solo pode reduzir os teores de COam comparativamente à mata nativa em virtude da ruptura dos agregados nas áreas cultivadas, expondo o carbono à ação microbiana (ANDRADE, 2013).

Tabela 5 - Teores de carbono orgânico associado aos minerais (COam) e estoque de carbono orgânico associado aos minerais (eCOam) pela aplicação de fertilizantes organominerais (O) e minerais (M) nas formas sólidas (S) e fluidas (F) em Nitossolo e Cambissolo.

Solos	Tratamentos					Pr>F
	Controle	MF	MS	OF	OS	
-----COam (g kg ⁻¹) camada 0-5 cm-----						
Cambissolo	22 c	31 a	26 b	24 bc	27 b	0,0006
Nitossolo	28	28	30	27	27	0,63
Pr>F	0,002	0,08	0,06	0,11	0,95	
-----COam (g kg ⁻¹) camada 5-10 cm-----						
--						
Cambissolo	20	23	21	22	21	0,45
Nitossolo	24	25	24	26	23	0,63
Pr>F	0,05	0,40	0,19	0,12	0,47	
-----COam (g kg ⁻¹) camada 10-20 cm-----						

Cambissolo	20	21	20	19	22	0,39
Nitossolo	22	23	21	22	22	0,84
Pr>F	0,17	0,27	0,34	0,08	0,98	
-----COam (g kg ⁻¹) camada 0-20 cm-----						
--						
Cambissolo	21 c	24 a	22 bc	21 bc	23 ab	0,01
Nitossolo	24	25	24	24	23	0,84
Pr>F	0,001	0,72	0,04	0,009	0,72	
---estoque COam (Mg ha ⁻¹) camada 0-20 cm---						
--						
Cambissolo	51 b	61 a	55 ab	51 b	57 ab	0,03
Nitossolo	59	62	59	60	59	0,92
Pr>F	0,02	0,78	0,23	0,01	0,64	

Fonte: Produção do próprio autor:

Letras minúsculas representam diferença entre tratamentos pelo teste t ($p \leq 0,05$).

O COam é, normalmente, menos modificado pelas diferentes formas de manejo adotadas. A mata nativa

apresentou o maior valor de COam na camada 0-20 cm. A estabilidade do COam está relacionada à interação com a fração mineral e com a proteção física que ocorre no interior de microagregados ($< 53\mu\text{m}$) (BAYER et al., 1999).

Quanto ao estoque de carbono orgânico associado aos minerais (eCOam) na camada 0-20 cm, houve significância entre tratamentos somente no Cambissolo, sendo o MF superior aos tratamentos OF e Controle e igual aos tratamentos MS e OS e estes sendo iguais ao OF e Controle, entretanto, o teor de COam foi maior na camada superficial e diminuiu em profundidade até 20 cm e essa diminuição foi mais regular e gradual do que o observado no COP, resultados que corroboram Mafra 2013 e Andrade 2013. Isto se explica porque o COam representa a fração de partículas orgânicas menores, com forte interação aos minerais de argila e silte e no interior de microagregados, caracterizando formas mais protegidas e, por isso, mais estáveis e menos dependentes das variações de curto prazo decorrentes do manejo do solo (MAFRA, 2013).

De modo semelhante ao observado na fração COP, o efeito dos tratamentos no teor de COam também se concentrou nas camadas superficiais até 5 cm e nas camadas inferiores não foi observada variação desse teor entre tratamentos.

Observou-se ainda que a magnitude das variações foi semelhante às observadas no teor de COT e menor do que as observadas no de COP, o que evidencia a maior discriminação do método de separação das frações na análise dos efeitos das práticas de manejo na acumulação de COS. Loss et al. (2009) trabalhando em um Argissolo com diferentes usos, observaram que o teor de COP foi o melhor indicativo de qualidade da MOS em relação às alterações de manejo em curto prazo.

Outro aspecto importante do COam é que o efeito do manejo na matéria orgânica protegida em microagregados deve ser dependente da textura e, principalmente da mineralogia, as quais influenciam na estabilidade de agregados (BAYER et al., 2004).

Estes resultados estão coerentes com a dinâmica da decomposição da matéria orgânica no solo, quando ocorre inicialmente a rápida decomposição dos materiais mais frágeis e posteriormente a decomposição das frações mais resistentes como indicado por Blair (2000). Este autor relata ainda que a manutenção das frações lábeis do carbono do solo é essencial para a melhoria da qualidade e sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola.

4.4 INDÍCE DE MANEJO DE CARBONO (IMC)

O índice de manejo do carbono (IMC) apresentou diferença entre os tratamentos, na camada de 5-10 cm na condição de Cambissolo, sendo a adubação com fertilizante MF foi superior aos demais tratamentos e igual ao OS, bem como o uso de OS é igual ao controle e MS e superior ao OF (Tabela 6), resultados estes que se assemelham ao COP para mesma profundidade (Tabela 4). Nas camadas mais profundas observa-se maiores IMC, o que pode ter relação com a textura desses usos nas duas últimas camadas.

O IMC mede as alterações nos estoques de COT considerando os aspectos da labilidade do carbono orgânico do solo (VIEIRA et al. 2007), sendo considerada indicador de qualidade do manejo do solo, pois permite avaliar o processo de perda ou ganho de C no solo em relação a um referencial (MAFRA, 2014).

O IMC foi baixo em todos os tratamentos com uso agrícola em relação à condição de mata nativa e o fator que mais contribuiu para os baixos índices de IMC, foi à diferença entre a labilidade do C da mata e da área cultivada, essa maior labilidade do C da mata se deve à maior presença e ciclagem de raízes e material orgânico decomponível, responsáveis pela acumulação de C na forma de COP (ANDRADE, 2013).

Tabela 6 – Índice de manejo do carbono (IMC) em razão da aplicação de fertilizantes organominerais (O) e minerais (M) nas formas sólidas (S) e fluidas (F) em Nitossolo e Cambissolo.

Solos	Tratamentos					
	Controle	MF	MS	OF	OS	Pr>F
	----- camada 0-5 cm -----					
Cambissolo	26,81	28,12	22,80	18,48	24,60	0,23
Nitossolo	15,59	27,21	22,30	24,46	20,74	0,12
Pr>F	0,02	0,83	0,91	0,18	0,38	
	----- camada 5-10 cm -----					
Cambissolo	39,50 b	52,11 a	38,61 bc	29,79 c	42,81 ab	0,001
Nitossolo	42,54	49,19	49,32	41,55	47,49	0,30
Pr>F	0,52	0,53	0,03	0,02	0,32	
	----- camada 10-20 cm -----					
Cambissolo	39,66	38,94	40,64	36,45	53,16	0,17
Nitossolo	44,79	40,93	53,14	41,70	48,60	0,39
Pr>F	0,47	0,78	0,08	0,46	0,52	
	----- camada 0-20 cm -----					
Cambissolo	33,18	36,72	31,16	25,75	36,06	0,06
Nitossolo	28,10	35,89	35,78	33,03	33,32	0,30
Pr>F	0,21	0,83	0,25	0,07	0,49	

Fonte: Produção do próprio autor:

Letras minúsculas representam diferença entre tratamentos pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Estes resultados de IMC para MF e OS permitem afirmar que estes fertilizantes indicam os melhores manejos de adubação por permitirem menores perdas de C no solo em relação à condição de mata nativa utilizada como referência. Valores de IMC inferiores a 100 indicam práticas prejudiciais a manutenção do carbono orgânico e da qualidade do solo (BLAIR et al., 2005).

Para as demais camadas 0-5, 10-20 e 0-20 cm o IMC foi semelhante entre os tratamentos.

Os resultados demonstram que o sistema de produção não atingiu equilíbrio em relação à condição original e que o cultivo está favorecendo a diminuição dos teores de MOS decorrente do pouco tempo de condução do experimento.

Outra explicação para os baixos valores de IMC pode estar relacionada a mudanças na relação C/N com a adição de fertilizantes organominerais e minerais nas formas sólidas e fluidas que aumentam o crescimento das populações de microrganismos decompositores, dependendo do grau do efeito ativador pode levar ao declínio nos teores de COT original (AITA et al., 2007; ANDRADE, 2013).

O IMC nos tratamentos do OF e MF variaram de 30 a 52 % do COT x COP encontrado na mata na camada de 5-10 cm em Cambissolo. Os estoques de COP dos tratamentos representam em torno de 33 a 55 % da COP da mata, o que significa que os teores da fração lábil (COP) na área cultivada estão abaixo dos teores da mata, ou seja esta havendo menor acúmulo de C em comparação à mata.

O IMC parece ser uma ferramenta útil para subsidiar informações acerca dos melhores sistemas de manejo de solos e culturas, pois integra, numa mesma medida, as variações ocorridas nas diferentes frações da MOS (NICOLOSO et al., 2008).

Salton (2005), avaliando um solo LV distroférico, em Dourados/MS, verificou um IMC superior ao cerrado nativo, quando foram utilizados sistemas integrados de produção. Oliveira et al. (2007), não observaram IMC superiores a 100 (vegetação natural), ressaltando que o manejo adotado de adubação orgânica nas entrelinhas e restos culturais espalhados na área não estava sendo suficiente para manter a sustentabilidade do sistema.

4.5 PRODUTIVIDADE DE SORGO E TRIGO

Na safra de sorgo forrageiro em 2013, os fertilizantes organominerais e minerais nas formas sólidas e fluidas apresentaram rendimentos da biomassa seca da parte aérea diferentes entre si, sendo que na prática de adubação com fertilizante MS e OS o rendimento foi superior aos demais tratamentos, bem como o uso de MF foi superior ao Controle e igual ao OF para Cambissolo, já para Nitossolo, o rendimento com OF foi superior aos demais tratamentos, já o OS, MF e MS foram iguais e superiores ao Controle (Tabela 7).

Tabela 7 - Produtividade de grãos de trigo e biomassa seca da parte aérea do sorgo em razão da aplicação de fertilizantes organominerais (O) e minerais (M) nas formas sólidas (S) e fluidas (F) em Nitossolo e Cambissolo na safra 2013.

Solos	Tratamentos					Pr>F
	Controle	MF	MS	OF	OS	
Biomassa sorgo, Mg ha ⁻¹						
Cambissolo	5,9 c	6,5 b	8,0 a	6,1 bc	8,6 a	<0,0001
Nitossolo	5,7 c	8,6 b	8,2 b	9,7 a	8,5 b	<0,0001
Pr>F	0,45	<0,0001	0,50	<0,0001	0,81	
-Produtividade de grãos de trigo, Mg ha ⁻¹ --						
Cambissolo	2,5 c	4,0 ab	3,5 bc	4,6 a	3,5 bc	<0,007
Nitossolo	3,7	4,2	4,4	4,0	4,5	0,57
Pr>F	0,03	0,74	0,10	0,28	0,06	

Fonte: Produção do próprio autor:

Letras minúsculas representam diferença entre tratamentos pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Rebellatto (2013), contabilizando a soma da produção de biomassa seca de aveia neste mesmo experimento das safras 2011 e 2012, o fertilizante OF em Cambissolo proporcionou maior produção 11,8 Mg ha⁻¹, condição que se repete em

Nitossolo onde o fertilizante MF é igual ao OF e maiores que os demais tratamentos.

Os resultados de produtividade de biomassa seca da parte aérea de sorgo não são justificados pela maior presença de COT, COP, COam e IMC que apresentaram sua maior eficiência em MF e OS para Cambissolo (Tabelas 3, 4, 5 e 6), talvez em razão do solo já apresentar teores de MOS considerados próximos do nível alto, e que justificaria a eficiência dos outros fertilizantes em disponibilizar outros nutrientes e não só elevar o teor de diferentes formas de carbono no solo.

Entre os dois tipos de solo, a produção da biomassa seca da parte aérea do sorgo forrageiro foi superior nos tratamentos OF e MF, onde o Nitossolo é superior ao Cambissolo em ambas às situações (Tabela 7).

Na safra de trigo em 2013, o uso de fertilizantes OF e MF proporcionou maior produção de grãos em relação aos demais tratamentos, sendo o MF semelhante ao OS e MS e superior ao Controle na condição de Cambissolo, já para Nitossolo, não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 7).

Rebellatto (2013), contabilizando a soma da produção de grãos da cultura do milho neste mesmo experimento das safras 2011 e 2012, os fertilizantes OF, MF, MS e OS em ambos os solos foram iguais proporcionando maior produção de grãos em relação ao controle, sendo o OS no Cambissolo e o MF no Nitossolo semelhantes ao Controle.

Os resultados de MF para as variáveis COT, COP, COam e IMC em Cambissolo podem explicar em parte os resultados de produtividade de trigo para este mesmo tratamento, em razão da melhoria no solo (Tabelas 4, 5, 6).

4.6 APORTE DE CARBONO POR RESÍDUOS

Os fertilizantes organominerais e minerais nas formas sólida e fluida apresentaram diferença entre si quanto à estimativa de aporte de C a partir da biomassa das culturas de aveia, sorgo, milho e trigo referente ao período de 2011 a 2013. A estimativa de aporte de C pela cultura da aveia preta no ano de 2011, o maior valor foi observado no tratamento OF nos dois solos sendo estes semelhantes ao MF, os menores valores foram encontrados no controle (Tabela 9). Os ganhos de produtividade entre o melhor fertilizante e o controle foram de 1,19 e 1,46 Mg ha⁻¹ de aporte de carbono pela parte aérea e raízes pela cultura de aveia preta em Cambissolo e Nitossolo respectivamente. O aporte de carbono pela aveia na safra 2012 no Cambissolo não houve diferença entre os tratamentos, já para Nitossolo o OF foi superior ao controle e igual aos demais tratamentos (Tabela 8).

Na safra de sorgo forrageiro em 2013, aporte de carbono com o fertilizante OS foi superior aos demais tratamentos para cambissolo, já para Nitossolo, o OF foi superior aos demais tratamentos, o controle foi o menor valor em ambos os solos (Tabela 8).

Na cultura do milho no ano 2011, a maior estimativa de aporte de carbono foi observada no tratamento OS sendo superior ao controle e igual aos demais tratamentos em Nitossolo, em cambissolo os valores dos tratamentos são semelhantes entre si (Tabela 9).

No ano de 2012 na cultura do milho no cambissolo os tratamentos OF e MS foram iguais e superiores aos demais, já para Nitossolo os tratamentos são semelhantes entre si diferindo apenas no controle onde foi o menor valor.

Tabela 8. Estimativa de aporte de (C) a partir da Biomassa das culturas de aveia, sorgo, milho e trigo referente ao período de 2011 a 2013, com aplicação de fertilizantes organominerais (O) e minerais (M) nas formas sólidas (S) e fluidas (F) em Nitossolo e Cambissolo.

Solos	Tratamentos				
	Controle	MS	OS	MF	OF
Aporte (C) (Mg ha ⁻¹) aveia 2011					
Cambissolo	1,26c	1,64bc	1,64bc	2,12ab	2,45a
Nitossolo	1,92c	2,59b	2,63b	3,43 ^a	3,38a
Aporte (C) (Mg ha ⁻¹) aveia 2012					
Cambissolo	2,89	3,12	2,84	2,98	3,70
Nitossolo	2,53b	2,95ab	2,89ab	3,07ab	3,56a
Aporte (C) (Mg ha ⁻¹) sorgo 2013					
Cambissolo	3,09c	4,17b	4,45a	3,38bc	3,19c
Nitossolo	2,98c	4,27b	4,42b	4,48b	5,03a
Aporte (C) (Mg ha ⁻¹) fertilizantes. 2011 a 2013					
Cambissolo			0,13		0,03
Nitossolo			0,13		0,03
Aporte (C) (Mg ha ⁻¹) milho 2011					
Cambissolo	1,79	1,83	1,81	1,86	1,86
Nitossolo	1,72b	1,76ab	1,79ab	1,77ab	1,78ab
Aporte (C) (Mg ha ⁻¹) milho 2012					
Cambissolo	1,98b	2,12 ^a	2,03b	2,00b	2,17a
Nitossolo	2,01b	2,12 ^a	2,12a	2,11a	2,14a
Aporte (C) (Mg ha ⁻¹) trigo 2013					
Cambissolo	1,62b	1,67ab	1,67ab	1,70a	1,73a
Nitossolo	1,68	1,72	1,72	1,71	1,70
Soma Total aporte (C) (Mg ha ⁻¹) 2011 a 2013					
Cambissolo	12,63b	14,58 ^a	14,45a	14,05a	15,10
Nitossolo	12,85d	15,41c	15,59c	16,59b	17,59

Fonte: Produção do próprio autor

Letras minúsculas representam diferença entre tratamentos pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Na safra de trigo em 2013, o uso de fertilizantes OF e MF proporcionou maior aporte de carbono em relação ao controle e foram iguais aos demais tratamentos no cambissolo, já para Nitossolo não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 8).

De maneira geral, os trabalhos envolvendo adubação com dejetos animais que demonstram equivalência ou até ganhos de produtividade na cultura do milho em relação ao mineral têm avaliado apenas fertilizantes orgânicos, como dejetos de suínos e cama de aves (SCHERER e NESI 2009; SCHERER et al., 2010; CASSOL et al., 2012).

As justificativas para esses ganhos de produtividade são relacionadas ao aumento nas disponibilidades de N, P, K, Ca, Mg, Zn e Cu no solo, principalmente na camada de 0-10 cm em sistema plantio direto. Assim, considera-se que há escassez de trabalhos relacionados aos fertilizantes organominerais, principalmente na forma fluida (BENEDITO et al., 2010).

Alguns trabalhos encontrados envolvem a adubação orgânica somada à aplicação posterior de minerais em cobertura ou mesmo na semeadura, entretanto, sem envolver a tecnologia de produção de fertilizantes organominerais (COSTA et al., 2011).

A soma total de aporte de (C) a partir da biomassa das culturas de aveia, sorgo, milho e trigo e concentração de carbono nos fertilizantes orgânicos referente ao período de 2011 a 2013, no cambissolo os tratamentos com o uso de fertilizantes foram iguais e superiores ao controle, já para nitossolo o tratamento OF foi superior aos demais e o controle apresentou o menor valor (Tabela 8).

Os ganhos de produtividade entre o fertilizante OF que apresentou maiores resultados e o controle que apresentou os menores foram de 2,47 e 4,74 Mg ha⁻¹ de aporte de carbono em Cambissolo e Nitossolo. No Nitossolo o aporte de carbono foi superior ao Cambissolo em todos os tratamentos.

O aporte de carbono pelos fertilizantes orgânicos pouco influenciaram nos resultados em função da baixa concentração de carbono nas formulações dos fertilizantes organominerais utilizados.

5. CONCLUSÃO

O uso de diferentes fertilizantes minerais e organominerais nas formas sólidas e fluídas após três anos de culturas sob plantio direto não altera os teores de COT, COP e COam, tanto em Nitossolo como Cambissolo, salva exceção no tratamento MF para Cambissolo em COT e COam na camada de 0-5 e 0-20 cm e COP na camada de 5-10 cm, resultados que refletem o estoque de C para COTe e COame na camada de 0-20 cm onde MF foi igual a MS e OS e superior aos demais tratamentos. Pode-se verificar diferença para IMC apenas na camada 5-10 cm para Cambissolo, sendo o MF igual ao OS e superior aos demais tratamentos.

Quanto ao aporte de C o tratamento OF apresentou superior aos demais em razão da maior produção estimada de biomassa seca de aveia, sorgo, trigo e milho na condição de Nitossolo, enquanto que em Cambissolo os fertilizantes mostram superioridade em relação ao controle. Não houve correspondência entre aporte de C, maior no tratamento OF, com os teores de COT, COP e COam, que foram maiores no tratamento MF.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCS, Associação Catarinense de Criadores de Suínos. **Relatório anual**, 2011. http://www.accs.org.br/editar/arquivos/editar_relatorios/Relatorio2011%20OK.pdf. Acessado em: 04/05/2014.

ADELI, A. et al. Effects of broiler litter applied to no-till and tillage cotton on selected soil properties. **Soil Science Society American Journal**, v.71, p.974-983, 2007.

ADISCOTT, T. M. Entropy and sustainability. **European Journal of Soil Science**, v. 46, p. 161:168, 1995.

AITA, C.; GIACOMINI, S.J.; HÜBNER, A.P. Nitrificação do nitrogênio amoniacal de dejetos líquidos de suínos em solo sob sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.94-102, 2007.

ALVES, B. J. R. et al. **Dinâmica de Carbono em Solos Sob Pastagens**. In: Santos, G. et al. 2008.

ANDRADE, A. P. Estoque e frações de carbono e atributos físicos em Nitossolo Vermelho relacionados à aplicação de esterco em sistemas de produção. 2013. 86 f. **Tese** (Doutorado em Manejo do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Lages, 2013.

ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma terra roxa estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.857-865. 2000.

APHA (American Public Health Association). **Standard Methods For The Examination Of Dairy Products**. 16. ed. Washington: APHA, 1992.

ASSESSORIA DE GESTÃO ESTRATÉGICA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (AGE/MAPA), **Projeções do Agronegócio** : Brasil 2009/2010 a 2019/2020 – Brasília, 2ª edição. Ano 2010, 76p. Disponível no site. <<http://www.agricultura.gov.br>>no dia 13/07/2014.

APHA - American Public Health Association - **Standard methods for the examination of water and wastewater**. New York: APHA, WWA, WPCR, 19.ed., 1995. Association of Official Analytical Chemists International; **Official Methods of Analysis of AOAC International**, 17th ed., AOAC: Washington, 2000.

ARRUDA, C. A. O. et al. Aplicação de dejetos suínos e estrutura de um latossolo vermelho sob semeadura direta. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 804-809, 2010.

BALESDENT, J. & BALABANE, M. Maize root-derived soil organic carbon estimated by natural ¹³C abundance. **Soil Biol. Biochem.**, v. 24, p. 97-101, 1992.

BALESDENT, J.; MARIOT, A. & GUILLET, B. Natural ¹³C abundance as a tracer for soil organic matter dynamics studies. **Soil Biology and Biochemistry**. V. 19, p. 25-30. 1990.

BANGER, K. et al. T.H. Impact of long-term additions of chemical fertilizers and farm yard manure on carbon and nitrogen sequestration under rice-cowpea cropping system in semiarid tropics. **Plant Soil**, v. 318, p.27–35, 2009.

BARILLI, J. Atributos de um Latossolo Vermelho sob aplicação de resíduos de suínos. 2005. 77p. **Tese** (Doutorado). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista – FCA/UNESP, 2005.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.235-239, 1997.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. **Dinâmica e função da matéria orgânica**. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F.A. de O. (Ed.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemastropicais e subtropicais. Porto Alegre: Genesis, 1999. p.1-26.

BAYER, C. et al. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.7, p.677-683, 2004.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; LOVATO, T. **Potencial de acúmulo de matéria orgânica em sistemas conservacionistas de manejo na região Sul do Brasil**. In: Simpósio Rotação Soja/Milho No Plantio Direto, Piracicaba, 03 a 06 de julho, 2000b. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS. (CD-Rom).

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 damatéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**, 2. ed. rev. e atual. Porto Alegre: Metrópole, p. 7-18. 2008.

BAYER, C. et al. Effect of no-till cropping systems on soilorganic matter in sandy clay loam Acrisol from southernBrazil monitored by electron spin resonance and

nuclear magnetic resonance. **Soil Tillage Research Journal**, 53:95–104, 2000a.

BAYER, C. et al. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil Till. Res.**, 54:101-109, 2000b.

BAYER, C. et al. Changes in soil organic matter fractions under subtropical No-Till cropping systems. **Soil Science Society of American Journal**. 65:1473-1478. 2001.

BAYER, C. et al. Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil. **Plant and Soil**, v. 238, p.133-140, 2002.

BAYER, C. et al. Estabilização do carbono no solo e mitigação das emissões de gases de efeito estufa na agricultura conservacionista. In: Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.1, p.55-117, 2011.

BENEDITO, D.S. et al. **Eficiência agrônômica de compostos orgâno-minerais obtidos pelo processo Humifert**. Bragantina, Campinas, 6 (1): 191-199. 2010.

BLAIR, N., CROCKER, G.J. Crop rotation effects on soil carbon and physical fertility of two Australian soils. **Australian Journal of Soil Research**, v.38, p.71–84, 2000.

BLAIR, G.J.; LEFROY, R.D.B. e LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. **Australian Journal of Agriculture Research**, v.46, p.1459-1460, 1995.

BOATTO, E. A. ; CRUZ, A. P. & CERQUEIRA LUZ, P. H. Adubo líquido: produção e uso no Brasil. **Fundação Cargil**, 129p. 1994.

BOLINDER, M.A.; ANGERS, D.A. & DUBUC, J.P. Estimating shoot to root ratios and annual carbon inputs in soil for cereal crops. **Agric. Ecosyst. Environ.**, 63:61-66, 1997.

BUYANOVSKY, G.A. & WAGNER, G.H. Post-harvest residue input to cropland. **Plant Soil**, 93:57-65, 1986.

BURLE, M.L.; MIELNICZUK, J.; FOCCHI, S. Effect of cropping systems on soil chemical characteristics with emphasis on soil acidification. **Plant Soil**, v.190, p.309-316, 1997.

BRUNETTO, G. et al. Changes in soil acidity and organic carbon in a sandy typic hapludalf after medium-term pigslurry and deep-litter application. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.36, p.1620-1628, 2012.

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

CANTARELLA, H.; VAN RAIJ, B.; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: VAN RAIJ, B. et al. (E d.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. p. 45-71. (**Boletim Técnico, 100**).

CARTER, M. R. Organic matter and sustainability. In: REES, R. M. ; BALL, B. C.; CAMPBELL, C. D.; WATSON, C. A. (Ed). **Sustainable management of soil organic matter**. New York: Cabi, 2001. p 9:22.

CASSOL, P.C. et al. da; Ernani, P. R.; Klauberg Filho, O.; Lucrécio, W. Atributos químicos em Latossolo Vermelho fertilizado com dejetos suíno e adubo solúvel. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.10, n.2, p.103-112, 2011.

CERRI, C. C. Dinâmica da material orgânica do solo no agrossistema can-de-açúcar. Piracicaba, Universidade de São Paulo, 1986. 197 p. (**Tese de livre docência**).

CHRISTENSEN, B.T. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. **Advances in Soil Science**, New York, v.20, p.1-90. 1992.

CLAPP, C. E.; HAYES, M. H. B. Sizes and shapes of humic substances. **Soil Science. Baltimore**, v. 164:777-789, 1999.

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

CONCEIÇÃO, P. C. Agregação e proteção física da matéria orgânica em dois solos do sul do Brasil. 138 f. 2006. **Tese** (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

COSTA, M.S.S.de M. et al. Atributos físicos do solo e produtividade do milho sob sistemas de manejo e adubações. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 15, n. 8, p. 810-815, 2011.

CHAN, K. Y. Consequences of changes in particulate organic carbon in vertisols under pasture and cropping. **Soil Science**

Society of America Journal, Madison, v.61, p.1376-1382, 1997.

CHRISTENSEN, B.T. **Organic matter in soil: structure, function and turnover**. Tjele: Dias, 2000. 95p (Dias Report. Plant Production, 30).

CHRISTENSEN, B.T. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. **European Journal of Soil Science**, v.52, p.345-353, 2001.

CONCEIÇÃO, P. C. et al. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, vol.29, p. 777-788. 2005.

CONCEIÇÃO, P. C. Agregação e proteção física da matéria orgânica em dois solos do sul do Brasil. 138 f. 2006. **Tese** (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

CONTE O. et al. Densidade, agregação e frações de carbono de um argissolo sob pastagem natural submetida a níveis e ofertas de forragem por longo tempo. **Revista Brasileira em Ciências do Solo**, 35:579-587, 2011.

COUTO, R. D. R. Dinâmica do carbono e rendimento de culturas em solo com histórico de aplicação de dejetos suínos e fertilizante nitrogenado mineral, [**dissertação**]- Florianópolis, SC, 2010. 107 p.: il., grafs.

CORAZZA, E. J. et al. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à

vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.425-432, 1999.

Crozier, C.R., King, L.D., 1993. Corn root dry matter and nitrogen distribution as determined by sampling multiple soil cores around individual plants. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 24, 1127–1138.

DIEKOW, J. Estoque e qualidade da matéria orgânica do solo em função de sistemas de culturas e adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. Porto Alegre, RS, 2003. 164 f. (**Tese de Doutorado**), Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

DIEKOW, J. et al. 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, p319–328, 2005.

DORMAAR, J. F.; LINDWALL, C. W.; KOZUB, G.C. Effectiveness of manure and commercial fertilizer in restoring productivity of an artificially eroded Dark Brown 77 Chernozemic soil under dryland conditions. **Canadian Journal of Soil Science**, v.68,p. 669-679, 1988.

FEHRENBACHER, J.B. & ALEXANDER, J.D. A method for studying corn root distribution using a soil-core sampling machine and shakertype washer. *Agron. J.*, 47:468-472, 1955.

FELLER, C. ; BEARE, N. H. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. **Geoderma. Amsterdam**, v. 79, p 69:116, 1997.

FRANZLUEBBERS, A.J. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. **Soil and Tillage Research, Amsterdam**, v. 66, p. 95-106, 2002.

GATIBONI, L.C. et al. Formas de fósforo no solo após sucessivas adições de dejetos de suíno em pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1753-1761, 2008.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C. Emissão de dióxido de carbono após aplicação de dejetos líquidos e cama sobreposta de suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, 2008.

GOLDCHIN, A.; BALDOCK, J. A.; OADES, J. M. A model linking organic matter decomposition, chemistry, and aggregate dynamics. In: LAL, R.; KIMBLE, J. M.; FOLLET, R. F.; STEWART, B. **Soil process and the carbon cycle**. Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 245-266.

GONG, W. et al. Long-term manure and fertilizer effects on soil organic matter fractions and microbes under a wheat-maize cropping system in northern China. *Geoderma*. Amsterdam, v.149, p.318-324, 2009.

GREENLAND, D. L.; WILD, A. e ADAMS, D. Organic matter dynamics in soils of the tropics – from myth to complex reality. In: LAL, R. & SANCHES, P. A., eds. **Myths and science of soils of the tropics**. Madison, SSSA/ASA, 1992. P 17-33.

GUEDES, I. M. R. Geoambientes. Estoques de carbono e termodegradação da matéria orgânica de solos da área de proteção ambiental Estadual Cachoeira das Andorinhas, Ouro Preto, Minas Gerais. UFV, Viçosa. 2008. 74p (**tese de doutorado**).

HARTWIG NL, A. U. 50th Anniversary—invited article—cover crops and living mulches. **Weed Science**, v. 50: 688–699, 2002.

HATI, K.M. et al. Effect of inorganic fertilizer and farmyard manure on soil physical properties, root distribution, and water-use efficiency of soybean in Vertisols of central India. **Bioresource Technology**, v.97, p.2182-2188, 2006.

HAVLIN, J. L. et al. **Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management**. 7. ed. New Jersey: Pearson 2005. 515 p.

JANZEN, H. H. et al. Light-fraction organic matter in soils from longterm crop rotations. **Soil Science Society of America Journal, Madison**, v. 56, p. 1799–1806. 1992.

JIMENEZ, M. P. et al. Soil quality: a new index based on microbiological and biochemical parameter. **Biology and Fertility Soils**, v.35, p.302-306. 2002.

KIEHL, J.E. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Organominerais**. 2.ed. Piracicaba, Degaspari, 2008. 160p.

Kissele, K.W. et al., 2001. Budgets for roots-derived C and litter-derived C: comparison between conventional tillage and no tillage soils. **Soil Biol. Biochem.** V. 33, p. 1067–1075.

KONZEN, E.A. **Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 10p. (Circular Técnica 31).

LAL, R. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO₂-enrichment. **Soil Till. Res.**, v.43, p. 81-107,1997.

LAL, R. & BRUCE, J.P. The potential of world cropland soils to sequester C and mitigate the greenhouse effect. **Environmental Science and Policy** 2: 177-185. 1999.

LORENZ, K. et al. Strengthening the soil organic carbon pool by increasing contributions from recalcitrant aliphatic bio(macro)molecules. **Geoderma, Amsterdam**, v. 142, n. 1, p. 1-10, 2007.

LOSS, A. et al. Carbono e frações granulométricas da matéria orgânica do solo sob sistemas de produção orgânica. **Ciência Rural**, 39:1067-1072, 2009.

LOVATO, T. et al. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.175-187, 2004.

MAFRA, M.S.H. Estoque e fracionamento físico do carbono orgânico em Latossolo sob plantio direto com aplicação de dejetos suíno. 2013. 81 f. **Tese** de doutorado em Manejo do Solo. Área: Fertilidade e Nutrição de Plantas. Universidade do Estado de Santa Catarina – Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2013.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MALHI S.S.; GILL, K. S. Fertilizer N and P effects on root mass of brome grass, alfalfa and barley. **Journal Sustainable Agriculture**, v.9, p.51–63, 2002.

MENEZES, J.F.S. et al. Aproveitamento de dejetos de suínos na produção agrícola e monitoramento do impacto ambiental.

Universidade de Rio Verde – GO, 2007. 46p. (**Boletim Técnico 6**).

NICOLOSO, R. S. et al. Balanço do carbono orgânico no solo sob integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.32:2425-2433, 2008.

OLIVEIRA, M.A. Características morfofisiológicas e valor nutritivo de gramíneas do gênero *Cynodon* sob diferentes condições de irrigação, fotoperíodo, adubação nitrogenada e idades de rebrota. **Tese** (D.Sc.), Viçosa, UFV, 2002, 142p., Orientador: Prof. Odilon Gomes Pereira.

OLIVEIRA, T.K. et al., 2007. Produtividade de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com eucalipto. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, p. 748-757.

OTTMAN, M.J.; THOMPSON, T.L.; DOERGE, T.A. Alfalfa Yield and Soil Phosphorus Increased with Topdressed Granular Compared with Fluid Phosphorus Fertilizer. **Agronomy Journal**, v.98, p. 899-906, 2006.

PARFITT, R. L. et al. Effect of clay minerals and land use on organic matter pools. **Geoderma. Amsterdam**, v.75, p1-12, 1997.

PEREZ, K.S.S.; RAMOS, M.L.G. & McMANUS, C. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos Cerrados. **Pesq. Agropec. Bras.**, 39:567-573, 2004.

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. **Soil microbiology and biochemistry**. California: Academic Press, 1989. 275 p.

POIRIER, V. et al. Interactive effects of tillage and mineral fertilization on soil carbon profiles. **Soil Science Society of America Journal**, v. 73, p. 255-261, 2009.

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

RASMUSSEN, P.E. et al. Crop residue influence on soil carbon and nitrogen in a wheat-fallow system. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p.596–600, 1980.

REBELLATTO, A. Avaliação agrônômica de fertilizantes sólidos e fluidos a base de dejetos de suínos e aves. 2013. 113 p. **Tese** (Doutorado em Manejo do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Lages, SC. 2013.

ROSCOE, R.; MACHADO, P. L. O. A. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica**. Dourados: Embrapa Agropecuaria Oeste, 2002. 86 p.

ROSCOE, R.; BODDEY, R. M.; SALTON, J.C. Sistemas de manejo e matéria orgânica do solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; SALTON, J.C. (Eds). **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. EMBRAPA AGROPECUÁRIA, Dourados, 2006.

SALTON, J. C. Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em ambiente tropical. 2005.– Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 2005. 158 p. (**Tese de Doutorado**).

SANCHES, P. A. **Properties and management of soils in the tropics**. New York, Wiley, 1976. 618p.

SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo. Ecosistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. 491p.

SCHERER, E.E.; AITA, C.; BALDISSERA, I.T. Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos da região oeste catarinense para fins de utilização como fertilizante. Florianópolis, Epagri, 1996.46p.(Boletim Técnico, 79).

SCHERER, E.E.; NESI, C.N.; MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1375-1383, 2010.

SCHIAVO, J. A. et al. Índice de manejo de carbono e atributos químicos de Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Viçosa, v. 46, p.1332-1338, 2011.

SEGANFREDO, M.A. A questão ambiental na utilização de dejetos de suínos como fertilizante do solo. Embrapa Suínos e Aves, 2000. 35p. (**Circular Técnica, 22**).

SEGANFREDO, M.A. Efeito de dejetos de suínos sobre o nitrogênio total, amônio e nitratos na superfície e subsuperfície do solo. In: Anais. **Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo**, 2, 1998, Santa Maria, 1998. p.167-170.

SEGANFREDO, M.A. Gestão ambiental na suinocultura. Brasília, DF: **Embrapa Informações Tecnológicas**, 2007. 302p.

SEGANFREDO, M.A. et al. **Potencial fertilizante e poluente dos dejetos de suínos no contexto das pequenas propriedades do Oeste de SC.** Concórdia, Embrapa Suínos e Aves, 2003. 4p. (Comunicado Técnico, 342)

SHUKLA, M. K.; LAL, R.; EBINGER, M. Determining soil quality indicators by factor analysis. **Soil and Tillage Research, Amsterdam**, v.87, p.194-204, 2006.

SILVA, J. E.; LEMAINSKI, J.; RESCK, D.V.S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do Oeste baiano. **Revista Brasileira de Ciências do solo**, v. 18, p. 541-547, 1994.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. **Matéria Orgânica do Solo.** In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (ed). Fertilidade do Solo. Viçosa: SBCS, 2007. P. 275-374.

SISTI, C.P.J.; SANTOS, H.P.; KOHHANN, R.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S. & BODDEY, R.M. **Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in Southern Brazil.** Soil Tillage Research Journal, 76:39-58, 2004.

SIX, J. et al. Soil organic matter, biota and aggregation in temperature and tropical soils effects of no-tillage. **Agronomie, Paris**, v. 22, p. 755-77, 2002.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Comissão de Química e Fertilidade do Solo.** - 10. ed. Porto Alegre, 2004.

SOUZA, E. D. et al. Frações do carbono orgânico em um neossolo quartzarenico submetido a diferentes usos do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, p. 305-311, 2006b.

SOUZA, E. D. et al. Frações do carbono orgânico, biomassa e atividade microbiana em um Latossolo Vermelho sob cerrado submetido a diferentes sistemas de manejos e usos do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, p. 323-329, 2006a.

SOUZA, E. D. Evolução da matéria orgânica, do fósforo e da agregação do solo em sistema de integração agricultura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. 2008. 163 f. **Tese** (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

STEWART, C. E. et al. **Soil C saturation: Concept, evidence, and evaluation**. *Biogeochemistry*, v.86, p.19-31, 2007.

TEDESCO, M.J. et al.: **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995.174p.

TEWOLDE, H. et al. No-till and convention-till cotton response to broiler litter fertilization in an upland soil: Lint yield. ***Agronomy Journal***, v.100, p.502–509, 2008.

VEZZANI, F.M. Quality of soil system in the agriculture production. Ph.D. **Thesis**. Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 184 pp. (in Portuguese), 2001.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade dos solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 743-755, 2009.

VIEIRA, F.C.B. et al. Carbon management index based on physical fractionation of soil matter in an Acrisol under long-term no-till cropping systems. **Soil & Tillage Research**, v.96, p.195-204, 2007.

VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E. & PENTEADO, S. R. **Fertilizantes e fertirrigação**. In: VITTI, G. C. & BOARETTO, A. E. Fertilizantes Fluidos. Piracicaba, POTAFÓS, p. 261-281, 1994.

WAGNER, G. H.; WOLF, D. C. Carbon transformations and soil organic matter formation. In: SYLVIA, D. M.; FUHRMANN, J. J.; HARTEL, P. G.; ZUBERER, D. A. **Principles and applications of soil microbiology**. New Jersey: Prentice, 1999.

YANG, C.M., YANG, L.Z., ZHU, O.Y. **Organic carbon and its fractions in paddy soil as effected by different nutrient and water regimes**. Geoderma, 124: 133–142. 2005.

ZANATTA, J. A. et al. Soil organic carbon accumulation and carbon costs related to tillage, cropping systems and nitrogen fertilization in a subtropical Acrisol. **Soil and Tillage Research, Amsterdam**, v. 94, p. 510-519, 2007.

ZHAO, Y. et al. The effects of two organic manures on soil properties and crop yields on a temperature calcareous soil under a whest-maize cropping system. **European Journal of Agronomy**, v. 31:36-42, 2009.

APÊNDICES

Apêndice 1 – Densidade do solo (g cm^{-3}) em razão da aplicação de fertilizantes organominerais (O) e minerais (M) nas formas sólidas (S) e fluidas (F) em Nitossolo e Cambissolo.

Solos	Tratamentos					Pr>F
	Controle	MF	MS	OF	OS	
camada 0-5 cm ---						
Cambissolo	1,28	1,29 A	1,28 A	1,20	1,22	0,13
Nitossolo	1,20	1,18 B	1,20 B	1,27	1,21	0,25
Pr>F	0,07	0,02	0,05	0,09	0,81	

camada 5-10 cm ---						
Cambissolo	1,25 abc	1,21 Bbc	1,27 ab	1,29 a	1,20 c	0,05
Nitossolo	1,26	1,29 A	1,20	1,27	1,23	0,06
Pr>F	0,73	0,02	0,06	0,61	0,36	

camada 10-20 cm ---						
Cambissolo	1,22	1,26	1,28	1,18	1,29	0,07
Nitossolo	1,24	1,28	1,28	1,23	1,30	0,36
Pr>F	0,67	0,65	0,98	0,23	0,75	

Fonte: Produção do próprio autor:

Letras maiúsculas representam diferença entre solos e minúsculas entre tratamentos pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Apêndice 2 - Valores de referências de COT, COP, Coam e densidade em amostras de solos coletadas em condições de mata nativa sob Nitossolo e Cambissolo no ano de 2013.

SOLOS	TRATAMENTOS			
	COT	COP	Coam	DENSIDADE
	----- (g kg ⁻¹) camada 0-5 cm-----			
Cambissolo	46,80	18,28	27,96	0,85
Nitossolo	45,61	18,13	27,98	0,85
	----- (g kg ⁻¹) camada 5-10 cm-----			
Cambissolo	34,32	5,73	27,62	0,88
Nitossolo	34,08	5,68	27,64	0,88
	----- (g kg ⁻¹) camada 10-20 cm-----			
Cambissolo	28,86	3,82	25,19	1,29
Nitossolo	28,90	3,84	25,09	1,27
	----- (g kg ⁻¹) camada 0-20 cm-----			
Cambissolo	34,46	7,91	26,49	1,07
Nitossolo	34,37	7,87	26,45	1,07
	----- estoque (Mg ha ⁻¹) camada 0-20 cm-----			
Cambissolo	71,5	15,2	56,3	
Nitossolo	70,9	15,0	55,8	

Fonte: Produção do próprio autor:

Letras maiúsculas representam diferença entre solos e minúsculas entre tratamentos pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Apendice 3. Teores de Carbono orgânico total (COT) antes da instalação do experimento no ano de 2010 e após 3 anos anos do experimento e sua variação do (COT) durante este período com aplicação de fertilizantes organominerais (O) e minerais (M) nas formas sólidas (S) e fluidas (F) em Nitossolo e Cambissolo.

Solos	Tratamentos				
	Controle	MS	OS	MF	OF
— COT (g kg ⁻¹) camada 0-20 cm ano 2010 —					
Cambissolo	24,48	25,78	24,92	23,00	24,66
Nitossolo	25,39	25,91	24,22	23,39	25,36
— COT (g kg ⁻¹) camada 0-20 cm ano 2013 —					
Cambissolo	23,52	24,52	26,22	27,47	23,58
Nitossolo	26,66	27,15	26,35	27,75	27,02
Variação COT (Mg ha ⁻¹) camada 0-20 cm ano 2010 - 2013					
Cambissolo	-2,38	-3,20	3,25	11,18	-2,61
Nitossolo	3,12	3,08	5,37	11,14	4,08

Fonte: Produção do próprio autor. A variação de carbono no período de 2010 a 2013 foi calculado a partir dos resultados de (REBELLATTO, 2013).