

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
AGRONOMIA

FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM FUNÇÃO DE
CULTURAS, SOB SUCESSÃO E ROTAÇÃO

GISLAINE PAOLA DE OLIVEIRA BARBOSA

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2017

FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM FUNÇÃO DE CULTURAS, SOB SUCESSÃO E ROTAÇÃO

GISLAINE PAOLA DE OLIVEIRA BARBOSA

Orientadora: PROF.^a DR.^a MARLENE ESTEVÃO MARCHETTI

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal da Grande Dourados, como
parte das exigências do Curso de Agronomia, para
obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2017

FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM FUNÇÃO DE CULTURAS, SOB SUCESSÃO E ROTAÇÃO

Por

Gislaine Paola de Oliveira Barbosa

Monografia apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
ENGENHEIRA AGRÔNOMA

Aprovada em: 22/08/2017



Prof.^a Dr.^a. Marlene Estevão Marchetti

Orientadora – UFGD/FCA



Prof.^a Dr.^a. Elisângela Dupas

UFGD/FCA



Matheus Andrade Martinez

Doutorando – UFGD



Tárík Cazeiro El Kadri

Mestrando – UFGD

AGRADECIMENTOS

A Deus, que se mostrou criador, que foi criativo. Seu fôlego de vida em mim me sustentou dando coragem para questionar realidades e propor sempre um novo mundo de possibilidades.

À professora Marlene Estevão Marchetti pela paciência na orientação nesses cinco anos, e incentivo que tornaram possível a conclusão desta monografia e professor Luiz Carlos Ferreira de Souza. Agradeço também a todos os professores que me acompanharam durante todo o período da minha graduação.

Aos meus pais Marcia de Lima Oliveira e Paulo Sergio Barbosa, irmãos Paulo Gerson e Rochele Poliana de Lima Oliveira, minha avó Paulina de Lima Oliveira, Otthon Wells Figueira Dimeira dos Reis e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida. Aos técnicos de laboratório da faculdade especialmente a João Augusto Machado da Silva, aos amigos, colegas pelo incentivo e pelo apoio constante e ajuda e reforçando que sozinha não teria conseguido ir muito longe.

Aos meus amigos, pelas alegrias, tristezas e dores compartilhadas. Com vocês, as pausas entre um parágrafo e outro de produção melhora tudo o que tenho produzido na vida.

E, por fim, agradeço ao grande homem de minha vida, meu avô Waldemar Sabino de Oliveira, que não está mais entre nós, mas que em toda a sua vida me fez querer ser uma pessoa melhor e por ter me ensinado a gostar da terra e viver com simplicidade.

SUMÁRIO

LISTA DE QUADRO.....	v
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUÇÃO	8
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
5. CONCLUSÕES	22
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

LISTA DE QUADRO

	Página
QUADRO 1. Sistema de culturas outono/inverno e cultura de verão 2013/2014 e 2014/2015.....	13
QUADRO 2. Atributos químicos do solo nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm.....	15
QUADRO 3. Resumo da análise de variância para Carbono Orgânico Total.....	18
QUADRO 4. Teores de carbono orgânico total (COT) em g/Kg, em diferentes culturas de outono/inverno em sistema plantio direto, no ano agrícola de 2014/2015 em quatro camadas de solo.....	18
QUADRO 5. Análise de variância para Carbono Orgânico Particulado.....	20
QUADRO 6. Carbono orgânico particulado (COP) em g/Kg, em diferentes culturas de outono/inverno em sistema plantio direto, no ano agrícola de 2014/2015 em quatro camadas de solo.....	20

FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM FUNÇÃO DE CULTURAS, SOB SUCESSÃO E ROTAÇÃO

Gislaine Paola de Oliveira Barbosa¹; Marlene Estevão Marchetti²

¹Acadêmica do Curso de Graduação em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrárias, UFGD.

²Orientadora, Professora Adjunta da Faculdade de Ciências Agrárias, UFGD.

RESUMO- O sistema plantio direto, tem sido adotado pela maioria dos produtores de grãos na região dos cerrados, pois quando bem manejado pode aumentar os teores de matéria orgânica do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o aporte de carbono orgânico total (COT) e carbono orgânico particulado (COP) em função de culturas de cobertura utilizadas em sistema plantio direto. O experimento foi realizado na Fazenda Experimental de Ciências (FAECA) da Universidade Federal da Grande Dourados, localizada no município de Dourados – MS, sendo implantado na safra 2014/2015 em um solo classificado como Latossolo Vermelho distroférrico. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com sete tratamentos e três repetições, os tratamentos foram constituídos por: pousio/soja, milho/soja, milho + *Brachiaria*/soja, aveia/soja, trigo /soja, crambe/soja, níger/soja e as amostras coletadas nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm. Foi quantificado o carbono orgânico total e realizado o fracionamento granulométrico do carbono orgânico particulado. A área em que o níger foi plantado teve os maiores teores de COP nas camadas 0-5 e 5-10 cm, o destaque do níger em relação as demais culturas, provavelmente, foi associado ao seu elevado aporte de fitomassa, enquanto que para COT os tratamentos com gramíneas obtiveram melhores resultados no ano agrícola de 2014/2015, a fração particulada por ser a mais lábil da matéria orgânica é tida como um eficiente indicador do manejo adotado no solo, podemos constatar que as camadas de 0-5 cm e 5-10 cm todas as culturas obtiveram bom desempenho com relação ao COP, logo a escolha de qual cobertura seria a ideal a se usar dependeria da qual é de mais fácil obtenção, custo benefício ótimo entre outros fatores que afetariam a tomada de decisão. Estes resultados devem-se, principalmente, ao não revolvimento do solo, fator essencial para o acúmulo de carbono, a melhoria da fertilidade pelas adubações, calagens e contribuição da fitomassa do milho ao longo dos anos na sucessão com a soja e rotação com as culturas de outono inverno na área experimental.

Palavras-chave: carbono orgânico total, fracionamento granulométrico, cerrado.

FRACTIONS OF ORGANIC MATTER OF THE SOIL IN THE FUNCTION OF CULTURES, UNDER SUCCESSION AND ROTATION

Gislaine Paola de Oliveira Barbosa¹; Marlene Estevão Marchetti²

¹Academic of the undergraduate Course in Agronomy, Faculdade de Ciências, UFGD.

²Adjunct Professor Course in Agronomy, Faculdade de Ciências, UFGD.

ABSTRACT - The no-tillage system has been adopted by most grain producers in the Cerrado region, because when properly managed, it can increase soil organic matter contents. The objective of this work was to evaluate the contribution of total organic carbon (TOC) and particulate organic carbon (TOC) as a function of cover crops used in no - tillage system. The experiment was carried out at the Fazenda Experimental de Ciências (FAECA) of the Universidade Federal da Grande Dourados, located in the municipality of Dourados - MS, being implanted in the 2014/2015 crop in a soil classified as a Distroferric Red Latosol. The treatments consisted of: fallow/soybean, corn/soybean, corn + *Brachiaria*/soybean, oats/soybean, wheat/soybean, crambe/soybean, niger/soybean And the samples collected in the layers of 0-5, 5-10, 10-20 and 20-40 cm. The total organic carbon was quantified and particle size fractionation of the particulate organic carbon was performed. The area in which Niger was planted had the highest TOC levels in the 0-5 and 5-10 cm layers, the Niger highlight in relation to other crops was probably associated with its high phytomass contribution, whereas for the POPs The treatments with grasses obtained better results in the agricultural year of 2014/2015, the particulate fraction being the most labile of organic matter is considered as an efficient indicator of the management adopted in the soil, we can verify that the layers of 0-5 cm and 5 -10 cm in all crops had a good performance in relation to the POC, so the choice of which coverage would be ideal would depend on which is easier to obtain, cost optimal benefit among other factors that would affect decision making. These results are mainly due to non-tillage, an essential factor for the accumulation of carbon, the improvement of fertility by fertilization, liming and contribution of corn phytomass over the years in succession with soybean and rotation with crops of autumn winter in the experimental area.

Keywords: total organic carbon, granulometric fractionation, cerrado;

1. INTRODUÇÃO

A matéria orgânica no sistema plantio direto (SPD) se tornou um dos maiores fatores de sucesso na produção, devido aos inúmeros benefícios para o solo e consequentemente grande contribuição para a produtividade de soja e milho no Mato Grosso do Sul.

É uma tecnologia que não tem necessidade do revolvimento do solo, evita erosão por ter a palha protegendo a superfície da gotas da chuva, essa mesma palhada que o protege tem a capacidade de manter a umidade evitando assim a perda de água, além de, acumular carbono e elevar a produção das lavouras. Outros benefícios do sistema são a economia com combustível, maquinário e em alguns casos até reduz os gastos com defensivos e adubos.

Com relação às características químicas do solo no SPD, tem-se o aumento na disponibilidade de nutrientes oriundos da decomposição da matéria orgânica (M.O.), elevação da capacidade de troca de cátions, pois quanto maior a decomposição da M.O maior vai ser o número de cargas negativas no solo, entre outros benefícios. A introdução de novas espécies de plantas de cobertura no sistema de produção do Cerrado pode contribuir para otimização da semeadura direta, por meio da manutenção da cobertura do solo com resíduos vegetais destas, propiciando melhoria das características físicas e químicas do solo, além dos efeitos benéficos no estoque de matéria orgânica desses solos (BOER et al., 2008).

Com a crescente adoção da semeadura direta na região Centro-Oeste do Brasil e pelo fato de que nas últimas décadas o sistema de plantio direto tem sido adotado pela maioria dos produtores de grãos na região dos cerrados, faz-se necessário maior conhecimento sobre as plantas de cobertura, para produção de palha e seu efeito na matéria orgânica do solo. Nesse sistema de cultivo, tem-se notado dificuldades em definir quais são as melhores espécies para compor o sistema de rotação de cultura, no período de outono-inverno, objetivando uma maior produção de grãos e de palha (BARBOSA et al., 2011).

O uso do milheto como planta de cobertura também é eficiente no acúmulo de carbono orgânico no solo. Caetano et al. (2013) constataram que o cultivo de soja em

sucessão ao milho foi capaz de manter inalterado o estoque de carbono no solo ao longo do tempo. Nunes et al. (2011) verificaram que os estoques de carbono orgânico foram maiores no Sistema Plantio Direto (SPD) ($38,06 \text{ Mg ha}^{-1}$) em relação ao preparo convencional ($35,23 \text{ Mg ha}^{-1}$), ambos tendo o milho como planta de cobertura.

Com o objetivo de contribuir com mais informações sobre esse tema, o presente trabalho foi desenvolvido, tendo por objetivo a quantificação do carbono orgânico total e o carbono orgânico particulado, em função de culturas de cobertura utilizadas sob sucessão e rotação.

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

A rotação de culturas, juntamente com a cobertura permanente e o mínimo revolvimento do solo, compõe os princípios básicos do sistema plantio direto (SPD). A ausência dessa prática acarreta o surgimento de alterações de ordem química, física e biológica no solo, que podem comprometer a estabilidade do sistema produtivo. Dentre as alterações observadas se destacam: a diminuição do estoque de matéria orgânica do solo; a degradação da estrutura do solo; a intensificação dos processos erosivos; a redução da atividade e diversidade biológica; o aumento da incidência e severidade de pragas e doenças; e aumento da infestação de plantas daninhas. O conjunto desses problemas se reflete na instabilidade da produtividade das culturas e no aumento dos custos de produção (FRANCHINI et al., 2011).

Em comparação ao solo em plantio convencional (PC) com culturas estivais, o efeito positivo do plantio direto (PD) com culturas estivais e outonais sobre a MO particulada pode estar relacionado à maior adição anual e manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo, em adição à diminuição da atividade microbiana pela redução da temperatura do solo e menor aeração, e principalmente, à proteção física da M.O no interior de agregados (BAYER et al., 2004).

As leguminosas, como crotalária, fornecem maiores quantidades de nitrogênio orgânico ao solo, favorecendo assim, a formação de frações mais estáveis da MOS. Além disso, no SPD a diversidade de espécies de cobertura em sucessão, rotação e consórcio de cultivos apresentam potencial para incrementar os estoques de carbono e nitrogênio inicialmente nas camadas superiores e, com o tempo de adoção, nas camadas mais profundas do solo (RIBEIRO et al., 2011).

Ensinas (2016) estudando o efeito de consorciação de milho com *Brachiaria ruziziensis* e *B. brizantha* cv. Marandu, observou incrementos nos estoques de carbono orgânico total. As coberturas vegetais, em sistema plantio direto, contribuíram para maior concentração de carbono associado aos minerais e o carbono orgânico particulado foi sensível em detectar as alterações nos estoques de carbono. Ainda, segundo a autora as coberturas vegetais em sistema plantio direto, ao longo do tempo de adoção do

sistema, proporcionaram manutenção e/ou aumento nos estoques de carbono orgânico total.

CULTURAS UTILIZADAS NA ROTAÇÃO

-Milho (*Zea mays* L.)

O milho pertence a família Poaceae, antiga família das gramíneas, com origem através do melhoramento do teosinto. É uma planta anual, herbácea e monóica (FANCELLI e DOURADO NETO, 2004), permite a polinização cruzada entre plantas pela localização estratégica de seus órgãos reprodutivos e ampla disseminação do pólen pelo vento.

A cultura do milho tem a vantagem de deixar uma grande quantidade de restos culturais que, uma vez bem manejados, podem contribuir para reduzir a erosão e melhorar o solo. Dessa forma, sua inclusão em um esquema de rotação é fundamental (CRUZ et al., 2008).

-Milho + *Brachiaria*

No consórcio do milho com braquiária, a forrageira pode ter dupla finalidade, servindo como alimento para a exploração pecuária, a partir do final do verão até início da primavera, e, posteriormente, para formação de palhada no sistema plantio direto. Existe a possibilidade também da utilização da forrageira exclusivamente como planta produtora de palhada, proporcionando cobertura permanente do solo até a semeadura da safra de verão subsequente (CRUSCIOL e BORGUI, 2007).

-Aveia amarela (*Trisetum flavescens*)

O interesse por esta espécie é atribuído à sua rusticidade, ao rápido crescimento inicial, que favorece a cobertura do solo, à facilidade de produção de sementes e de semeadura e ao menor custo de produção, em comparação às leguminosas (CERETTA, et al., 2002).

-Crambe (*Crambe abyssinica hochst*)

O Crambe é uma planta de ciclo anual, pertencente à família Brassicaceae cujas sementes contém cerca de 35-60% de óleo. É nativa do mediterrâneo e cultivada em algumas regiões tropicais e subtropicais pelo interesse industrial no óleo extraído das sementes, e mais recentemente para produção de óleo para biodiesel (CARNEIRO et.al, 2009).

-Níger (*Guizotia abyssinica* Cass.)

O níger é uma planta originária da Etiópia, pertencente à família Compositae, planta anual herbácea, cultivada principalmente na Etiópia e na Índia em rotação com cereais e leguminosas (SARIN et al., 2009). Na Etiópia, essa espécie é responsável por 50 a 60% do óleo produzido no país, enquanto que na Índia é responsável por 2% (RAMADAN e MORSEL, 2002) e segundo Carneiro et al.(2008) o níger é uma escolha promissora para a produção de fitomassa quando utilizada como cobertura do solo, podendo obter rendimentos de fitomassa, superiores a 14 t ha⁻¹ no outono-inverno.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, situada no município de Dourados-MS, latitude 22°13'16"S, longitude 54°48'2"W e altitude média de 458 m, na safra 2014/2015, em um solo classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (SANTOS, et al, 2014).

A área em que se desenvolveu o experimento foi cultivada, por vários anos, com a cultura da soja no verão e o milho no outono-inverno. Em 2009 foi instalada a área experimental, com 29 sistemas de produção, sendo que a partir desse ano não houve mais o revolvimento do solo. Antes da instalação da área experimental, realizou-se a calagem em setembro de 2009, com aplicação de 4,0 t ha⁻¹ de calcário em área total, seguido de uma aração e gradagem com grade pesada; a seguir, foi aplicado 2,0 t ha⁻¹ de gesso e incorporado com grade niveladora.

Para este trabalho foram selecionados 7 sistemas de produção dentre os 29 que compõe a área experimental total pousio/soja, milho/soja, milho + *Brachiaria*/soja, aveia/soja, trigo /soja, crambe/soja, níger/soja (QUADRO 1). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com sete tratamentos, e três repetições.

QUADRO 1. Sistema de culturas outono/inverno e cultura de verão 2013/2014 e 2014/2015.

Ano agrícola 2013/2014		Tratamentos	Ano agrícola 2014/2015	
Culturas de Outono/inverno	Culturas de Verão		Culturas de Outono/inverno	Culturas de Verão
Pousio	Soja	1	Pousio	Soja
Milho	Soja	2	Milho	Soja
Milho + <i>Brachiaria</i>	Milho	3	Milho + <i>Brachiaria</i>	Soja
Girassol	Milho	4	Aveia	Soja
Níger	Milho	5	Trigo	Soja
Trigo	Milho	6	Crambe	Soja
Milho	Soja	7	Níger	Soja

Cada parcela experimental teve 35m de comprimento por 15m de largura (525m²). As amostras dos sete tratamentos avaliados foram coletadas em março de 2016 e, posteriormente, submetidas às análises químicas. Foram realizadas as amostragens do solo, coletando aleatoriamente 10 sub amostras por parcela, nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, utilizando um trado tipo sonda. As amostras foram secas ao ar, passadas em peneira 2 mm e analisadas quanto às características químicas, conforme metodologia proposta por Claessen (1997). Os dados dos atributos químicos do solo encontram-se no QUADRO 2.

QUADRO 2. Atributos químicos do solo nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm.

Tratamentos	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	SB	Al ³⁺	CTC	V%
0-5 cm										
Pousio	4,99	18,60	0,62	6,46	1,89	6,46	8,89	0,00	15,36	58,17
Milho	4,86	34,00	0,62	6,19	1,99	6,62	8,82	0,00	15,44	57,12
Milho+ <i>Brachiaria</i>	5,01	34,02	0,55	6,15	1,87	6,69	7,48	0,04	15,27	56,47
Aveia	4,89	39,70	0,56	5,23	1,68	7,39	8,82	0,04	14,88	50,90
Trigo	4,79	47,06	0,60	5,67	1,82	7,87	8,09	0,08	15,96	50,59
Crambe	4,80	43,05	0,51	5,38	1,56	8,06	7,46	0,08	15,52	48,22
Níger	4,82	36,02	0,61	6,31	1,85	8,37	8,78	0,08	17,15	51,50
5-10 cm										
Pousio	4,81	16,62	0,40	5,18	1,42	7,22	7,00	0,12	14,23	49,61
Milho	5,10	37,36	0,44	5,85	1,80	6,22	8,11	0,02	14,34	56,63
Milho+ <i>Brachiaria</i>	5,21	26,66	0,41	4,93	1,47	5,83	6,82	0,04	12,65	54,04
Aveia	4,97	22,31	0,42	5,16	1,61	6,97	7,19	0,14	14,17	51,29
Trigo	4,81	32,68	0,41	5,15	1,59	8,29	7,16	0,12	15,46	46,42
Crambe	4,74	34,35	0,38	5,12	1,42	8,01	6,93	0,12	14,95	46,47
Níger	4,78	26,99	0,45	5,12	1,45	8,07	7,04	0,12	15,11	46,86
10-20 cm										
Pousio	4,59	10,27	0,24	4,12	1,21	8,02	5,58	0,20	13,60	40,91
Milho	4,61	19,30	0,28	4,53	1,51	7,51	6,33	0,24	13,85	46,26
Milho+ <i>Brachiaria</i>	4,95	13,61	0,29	4,30	1,33	6,53	5,93	0,12	12,46	47,07
Aveia	4,56	11,94	0,28	4,07	1,37	7,75	5,73	0,24	13,49	43,72
Trigo	4,63	16,96	0,26	3,93	1,30	8,34	5,50	0,28	13,84	39,76
Crambe	4,66	15,29	0,26	4,06	1,19	8,30	5,51	0,20	13,82	39,98
Níger	4,64	17,96	0,32	4,03	1,22	8,89	5,58	0,30	14,47	38,98
20-40 cm										
Pousio	4,73	7,59	0,20	3,04	0,97	6,64	4,22	0,16	10,86	38,27
Milho	4,46	11,94	0,30	3,78	1,29	7,57	5,38	0,32	12,96	41,74
Milho+ <i>Brachiaria</i>	4,90	10,60	0,22	3,48	1,20	6,23	4,91	0,16	11,15	44,23
Aveia	4,53	8,60	0,19	3,12	1,13	7,44	4,45	0,24	11,89	37,76
Trigo	4,63	8,93	0,22	4,40	1,34	7,74	5,98	0,24	13,72	42,69
Crambe	4,72	10,27	0,19	3,45	1,19	7,21	4,85	0,28	12,06	40,12
Níger	4,75	10,94	0,24	3,84	1,28	7,75	5,37	0,28	13,13	41,26

Para a determinação do carbono orgânico total (COT), as amostras foram maceradas em almofariz e passadas em peneira com malha de 0,210 mm. O carbono orgânico total foi determinado segundo o método de oxidação via úmida, onde 0,2 a 0,3 g de solo foram colocadas em tubos tipo Kjeldahl, sendo posteriormente adicionado pela parede do tubo 5 mL $K_2Cr_2O_7$ 0,167 mol L^{-1} e 7,5 de H_2SO_4 P.A. Os tubos foram colocados em bloco de digestor à temperatura de 170°C por 30 minutos. Em cada bateria de 40 amostras foram utilizadas duas provas em branco controle aquecidas (branco quente) e duas provas em branco controle sem aquecimento (branco frio). Após o período de digestão, o conteúdo dos tubos foi transferido para um recipiente (copo de polipropileno) de 100 mL, sendo em seguida adicionados 50 mL de água destilada. Para a titulação das amostras utilizou-se sulfato ferroso amoniacal $[Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O]$ a 0,4 mol L^{-1} , e três gotas do indicador ferroína (Orto-fenantrolina), ponto de viragem (YEOMANS e BREMMER, 1988).

Para o fracionamento granulométrico da matéria orgânica do solo foi utilizada a metodologia de Cambardella e Elliott (1992) obtendo-se o carbono orgânico particulado (COP) das amostras. Para isso foi utilizado 20 g de terra fina seca ao ar (TFSA) e 60 mL de solução de hexametáfosfato de sódio (5 g L^{-1}), as quais foram agitadas em agitador horizontal por um período de 15 horas. Posteriormente, a suspensão foi passada por peneira de 0,053 mm e pesado para a obtenção do COP.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelos teste F a 10% de probabilidade e, em caso de significância às médias comparadas pelo teste de Tukey a 10 %, utilizando-se o programa computacional SISVAR 5.6. (FERREIRA, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

CARBONO ORGÂNICO TOTAL

A análise de variância para os tratamentos nas diferentes camadas apresentou diferenças significativas no nível de 10% de probabilidade ($p < 0,1$) para as camadas de 0 - 5 cm; 5 - 10 cm; 10 - 20 cm e 20 - 40 cm (QUADRO 3).

Os teores de carbono orgânico total (COT) é comumente empregado para a determinação da qualidade do solo quanto a sua fertilidade, dessa forma quantificando o teor de COT é possível expressar a eficiência do sistema de cultivo utilizado, que indica a presença de material orgânico e o não revolvimento do solo em sistemas de rotação de culturas, pode elevar o acúmulo de C no perfil do solo.

Os resultados obtidos indicam que o teor de COT do solo foi maior quando o niger é utilizado no sistema de rotação de culturas em todas as quatro camadas estudadas (QUADRO 4), sendo que na camada de 0-5 cm obteve o maior valor 29,12 g/Kg e na camada de 20-40 cm obteve o valor de 27,28 g/Kg. O destaque de uso do niger em relação aos demais, provavelmente, esta associado ao elevado aporte de fitomassa. Segundo Carneiro et al. (2008), o niger é uma escolha promissora para a produção de fitomassa quando utilizada como cobertura do solo, podendo obter rendimentos de fitomassa superiores a 14 t ha^{-1} no outono-inverno.

QUADRO 3. Resumo da análise de variância para Carbono Orgânico Total

Camada	FV	GL	QM	F
0-5 cm	TRAT	6	74,48	6,49*
	REP	2	6,06	0,52
	CV%	16,94		
Camada	FV	GL	QM	F
5-10 cm	TRAT	6	59,92	8,87*
	REP	2	1,00	0,14
	CV%	14,05		
Camada	FV	GL	QM	F
10-20 cm	TRAT	6	60,79	8,79*
	REP	2	5,95	0,86
	CV%	15,08		
Camada	FV	GL	QM	F
20-40	TRAT	6	72,33	4,54*
	REP	2	3,65	0,23
	CV%	23,15		

* significativas no nível de 10% de probabilidade ($p < 0,10$) entre os tratamentos.

QUADRO 4. Teores de carbono orgânico total (COT) em g/Kg, em diferentes culturas de outono/inverno em sistema plantio direto, no ano agrícola de 2014/2015 em quatro camadas de solo.

Tratamentos	Camadas			
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	20-40 cm
1. Pousio	20,94 b	19,22 b	17,56 b	15,91 bc
2. Milho	21,61 ab	18,57 b	15,33 c	14,86 c
3. Milho+braquiária	15,89 c	16,89 bc	14,43 c	18,40 ab
4. Aveia	16,04 c	15,91 bc	15,37 bc	14,47 c
5. Trigo	21,55 b	17,72 bc	17,61 b	12,03 d
6. Crambe	14,77 c	13,41 c	14,51 c	17,68 ab
7. Níger	29,12 a	27,64 a	27,20 a	27,28 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 10% de probabilidade.

Os maiores teores de carbono orgânico total foram verificados nos tratamentos níger, milho e trigo comparativamente a aveia que apresentou 14,77 g/Kg na camada de 0-5 cm, esse comportamento demonstra a maior influência no teor de matéria orgânica no solo dos resíduos vegetais deixados em superfície pelas diferentes culturas analisadas.

Na camada 5-10 cm, o milho em consórcio com braquiária proporcionou maiores valores que 0-5 cm de camada o que pode ser explicado pelo fato de que a cultura antecessora era milho. Segundo Alvarenga et al. (2001) quanto à esta característica, as plantas podem ser agrupadas em duas classes, uma de decomposição rápida (leguminosas) e a outra de decomposição lenta (gramíneas), sendo bem aceito um valor de relação C/N próximo a 25 como referência na separação entre elas, ao passo que as gramíneas são de decomposição mais lenta, pois o conteúdo de N na fitomassa é menor.

Nas camadas de 5-10 cm, 10-20 cm e 20-40, o níger manteve bons teores COT de 27,64 g/Kg, 27,20 g/Kg e 27,28 g/Kg respectivamente. Já na camada de 20-40 cm, o teor de COT no tratamento níger foi elevado, no entanto, não houve diferença estatística no teor de COT entre o níger, milho + *Brachiaria* e crambe na mesma camada.

CARBONO ORGÂNICO PARTICULADO

Para o COP a análise de variância para os tratamentos nas diferentes camadas apresentou diferenças significativas no nível de 10% de probabilidade ($p < 0,1$) para as camadas de 0 - 5 cm; 5 - 10 cm; 10 - 20 cm e 20 - 40 cm (QUADRO 5).

A fração particulada é a mais lábil da matéria orgânica e é tida como um eficiente indicador do manejo adotado no solo (CONCEIÇÃO et al., 2005), podemos constatar que as camadas de 0-5 cm e 5-10 cm todas as culturas obtiveram bom desempenho com relação ao COP (QUADRO 6), não havendo diferença significativa entre os tratamentos analisados. Logo a escolha de qual cobertura seria a ideal a se usar dependeria da qual é de mais fácil obtenção, custo benefício ótimo entre outros fatores que afetariam a tomada de decisão.

QUADRO 5. Análise de variância para Carbono Orgânico Particulado

Camada	FV	GL	QM	F
0-5 cm	TRAT	6	0,23	0,75*
	REP	2	0,79	2,60
	CV%	23,51		
Camada	FV	GL	QM	F
5-10 cm	TRAT	6	0,30	2,12*
	REP	2	0,13	0,95
	CV%	27,51		
Camada	FV	GL	QM	F
10-20 cm	TRAT	6	0,13	2,43*
	REP	2	0,23	4,29
	CV%	26,57		
Camada	FV	GL	QM	F
20-40	TRAT	6	0,16	1,44*
	REP	2	0,06	0,61
	CV%	36,12		

*significativas no nível de 10% de probabilidade ($p < 0,10$) entre os tratamentos.

QUADRO 6. Carbono orgânico particulado (COP) em g/Kg, em diferentes culturas de outono/inverno em sistema plantio direto, no ano agrícola de 2014/2015 em quatro camadas de solo.

Tratamentos	Camadas			
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	20-40 cm
1. Pousio	2,1 bc	0,8 c	0,8 bc	0,9 ab
2. Milho	2,5 ab	1,5 ab	0,7 bc	1,0 ab
3. Milho+braquiária	2,0 c	1,7 a	0,4 c	0,6 c
4. Aveia	2,0 c	1,1 b	1,0 a	1,2 a
5. Trigo	2,8 a	1,2 b	0,9 ab	1,1 a
6. Crambe	2,3 bc	1,3 ab	1,1 a	0,7 bc
7. Níger	2,4 ab	1,6 a	0,9 ab	0,7 bc

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 10% de probabilidade.

Os maiores teores de COP foram encontrados nas camadas mais superficiais do solo 0-5 e 5-10 cm e foi reduzindo conforme aumentava em profundidade (QUADRO 6), na camada de 0-5 cm o trigo obteve o maior teor sendo este de 2,8 g/Kg, mostrando que esta fração da matéria orgânica, introduzida pelos resíduos vegetais, tem sua decomposição realizada nesta camada superficial do solo e reforça a dependência desta fração pela adição de resíduos vegetais para a manutenção de seus valores.

Nas camadas de 0-5 e 5-10 cm as maiores médias foram nos tratamentos onde gramíneas estavam instaladas o que reforça a afirmação de Do Carmo et al. (2012), o acúmulo de carbono orgânico no solo no sistema de consorciação de culturas em plantio direto se dá preferencialmente nas camadas mais superiores do solo, em função da decomposição dos resíduos vegetais depositados sobre a superfície. Isto reflete a deposição superficial dos resíduos vegetais, associada à menor taxa de decomposição, pelo não revolvimento do solo, além de maior concentração de raízes nesta camada, principalmente de gramíneas.

Para a cultura do crambe as condições da camada sub-superficial (20-40 cm) são fundamentais para o desenvolvimento de seu agressivo sistema radicular pivotante. O aprofundamento de raiz é fundamental para que expresse as características de tolerância à seca (FUNDAÇÃO MS, 2017), na camada de 10-20 cm o tratamento crambe esteve apresetou o maior teor sendo este 1,1 g/Kg e considerando que o outono/inverno no Mato Grosso do Sul são secos suas raízes possivelmente se aprofundaram o que justifica a elevação do teor de COP, ainda na mesma camada a aveia e níger apresentaram teores de COP similares a crambe. A área de pousio esteve entre os menores valores de COP nas camadas avaliadas. Este padrão demonstra a importância do cultivo em sistema plantio direto para elevar o teor de COP.

Estes resultados devem-se, principalmente, ao não revolvimento do solo, fator essencial para o acúmulo de carbono, a melhoria da fertilidade pelas adubações, calagens e contribuição da fitomassa do milho ao longo dos anos na sucessão com a soja na área experimental e rotação com as culturas de outono inverno.

5. CONCLUSÕES

Dessa forma podemos concluir que:

- Para COT, o tratamento com níger obteve os maiores teores que qualquer outra cultura utilizada na rotação;
- Gramíneas proporcionaram os maiores teores de COP, devido ao seu sistema radicular e relação C/N.
- A escolha da cultura ideal seria baseada nas condições do produtor para melhor tomada de decisão.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, R. C. CABEZAS, W. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2001.

BARBOSA, C. E. M.; LAZARINI, E.; FERRARI, S. Determinação da massa seca teor de nutrientes e cobertura do solo de espécies semeadas no outono-inverno. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, p. 265 – 272, 2011.

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

BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A.J.B.; BARROSO, A.L.L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F.R. Biomassa, decomposição e cobertura do solo ocasionada por resíduos culturais de três espécies vegetais na região Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.32, p.843-851, 2008.

CAETANO, J.O.; BENITES, V. de M.; SILVA, G.P.; da SILVA, I.R.; ASSIS, R.L.; FILHO, A.C. Dinâmica da matéria orgânica de um neossolo quartzarênico de cerrado convertido para cultivo em sucessão de soja e milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.37, n.5, p.1245-1255, 2013.

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.1, p.777-783, 1992.

CARNEIRO, M. A. C.;CORDEIO, M.A S.; ASSIS, P.C. R.; MORAES, E. S.; PERREIRA, H. S.; PAULINO, H.B. SOUZA, E. D. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo do cerrado. **Bragantia**, v.67, n.2, p.455-462, 2008.

CARNEIRO, S. M. D. T. P., ROMANO, E., MARIANOWSKI, T., OLIVEIRA, J. P. D., GARBIM, T. H. D. S., & ARAÚJO, P. M. D. Ocorrência de *Alternaria brassicicola* em crambe (*Crambe abyssinica*) no estado do Paraná. **Summa Phytopathologica**, v.35, n.2, p.154-154, 2009.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; FLECHA, A. M. T.; PAVINATO, P. S.;VIEIRA, F. C. B.; MAI, M. E. M. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 1, 2002.

CLAESSEN, M.E.C. (Org.). **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS,212p. 1997.

CONCEICAO, P. C.; CARNEIRO AMADO, T. J.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 5, p.777-788, 2005.

CRUSCIOL C. A. C.; BORGUI E., Consórcio de milho com braquiária: produção de forragem e palhada para o plantio direto, **Revista Plantio Direto**, v. 100, n. 4, p. 10-14, 2007.

CRUZ, S. C. S.; PEREIRA F. R. da S.; SANTOS J. R.; ALBUQUERQUE, A. W. de; PEREIRA, R. G., Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.1, p.62-68, 2008.

Disponível em:< <http://www.fundacaoms.org.br/produtos/crambe>>. Acesso em: 25/08 de agosto. 2017.

DO CARMO, F. F.; FIGUEIREDO, C. C.; RAMOS, M. L. G.; VIVALDI, L. J.; ARAÚJO, L. G. Frações granulométricas da matéria orgânica em Latossolo sob plantio direto com gramíneas. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 3,p.420-431,2012.

ENSINAS, S. C.; SERRA, A. P.; MARCHETTI M. E.; DA SILVA, E. F.; DO PRADO, E. A. F.; LOURENTE, E. R. P.; ALTOMAR, P. H.; POTRICH, D. C.; MARTINEZ, M. A.; CONRAD, V. A.; JESUS, M. V.; EL KADRI, TÁRIK CAZEIRO, T. C. Cover crops affect on soil organic matter fractions under no till system. **Australian Journal of crop Science**,v.10, n.4, p. 503-512 ,2016.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, p. 360, 2004.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FRANCHINI, J.C.; COSTA, J.M.; DEBIASI, H.; TORRES, E. **Importância da rotação de culturas para produção agrícola sustentável no Paraná**: Londrina: Embrapa Soja. 2011, 52p. (Documento/Embrapa Soja ISSN 1516-781X; n 327).

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

RAMADAN, M. F.; & MORSEL, J. T. Proximate neutral lipid composition of niger. **Czech Journal of Food Sciences**, 20, 98-104, 2002.

RIBEIRO, P.H.; SANTOS, J.V.V.M.; COSER, S.M.; NOGUEIRA, N.O.; MARTINS, C.A.S. Adubação verde, os teores de carbono e nitrogênio e a qualidade da matéria orgânica do solo. **Revista Verde**, Mossoró, v.6, n.1, p.43-50, 2011.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 4 ed. p. 376, 2014.

SARIN, R.; SHARMA, M.; KHAN, A.A. Studies on *Guizotia abyssinica* L. oil: Biodiesel synthesis and process optimization. **Bioresource Technology**, v.100, p.4187-4192, 2009.

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