

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS PROFESSORA CINOBELINA ELVAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
MESTRADO EM SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

**FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM FUNÇÃO DE FONTES E
DOSES DE FERTILIZANTE MINERAL E ORGANOMINERAL NO CERRADO
PIAUIENSE**

MARCELA CHRISTOVAM BERTECHINI

BOM JESUS – PI
2017

MARCELA CHRISTOVAM BERTECHINI

**FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM FUNÇÃO DE FONTES E
DOSES DE FERTILIZANTE MINERAL E ORGANOMINERAL NO CERRADO
PIAUIENSE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, para obtenção do título de “Mestre” em Agronomia, na área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial de Bom Jesus
Serviço de Processamento Técnico

Bertechini, Marcela Christovam.

Frações da matéria orgânica do solo em função de fontes e doses de fertilizante mineral e organomineral no cerrado piauiense. / Marcela Christovam Bertechini. – 2017.
48 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Bom Jesus-PI, 2017.

Orientação: “Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke”.

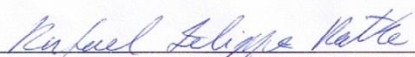


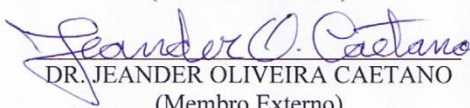
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS PROFESSORA CINOBELINA ELVAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

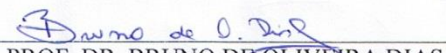


Ata da Reunião da Comissão Julgadora de Defesa de Dissertação de Mestrado de MARCELA CHRISTOVAM BERTECHINE. Aos dezenove dias do mês de julho do ano de dois mil e dezessete, às quatorze horas, na Sala de videoconferência do CPCE, sob a presidência do Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke, em sessão pública, reuniu-se a Comissão Julgadora da Defesa de Dissertação de MARCELA CHRISTOVAM BERTECHINE, discente do Curso de Pós-Graduação em AGRONOMIA – SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, visando à obtenção do título de “MESTRE EM AGRONOMIA”, assim constituída: Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke (Orientador); Dr. Jeander Oliveira Caetano (Membro Externo); Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias (Membro Interno). Iniciados os trabalhos, o candidato submeteu-se à defesa de sua dissertação intitulada: **“FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM FUNÇÃO DE DOSES DE FERTILIZANTE MINERAL E ORGANOMINERAL NO CERRADO PIAUENSE”**. Terminada a defesa, procedeu-se ao julgamento, cujo resultado foi o seguinte, observada a ordem de arguição: *Dr. Jeander Oliveira Caetano – APROVADO; Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias – APROVADO e Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke – APROVADO*. Apurados os resultados, verificou-se que o candidato foi habilitado, fazendo jus ao título de “MESTRE EM AGRONOMIA”, área de concentração: “SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS”. Do que, para constar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos senhores membros da Comissão Julgadora.

Bom Jesus, 19 de julho de 2017.


PROF. DR. RAFAEL FÉLIPPE RATKE
(Orientador - UFPI)


DR. JEANDER OLIVEIRA CAETANO
(Membro Externo)


PROF. DR. BRUNO DE OLIVEIRA DIAS
(Membro Interno - UFPB)

BIOGRAFIA

Marcela Christovam Bertechini, filha de Márcia Cristina Christovam Bertechini e Germano Bertechini Neto. Nasceu em 15 de julho de 1987 na cidade de Birigui-SP, é Engenheira Agrônoma, pela Universidade Camilo Castelo Branco (UNICASTELO), em 2010. Em setembro de 2015 ingressou no curso de Mestrado em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal do Piauí.

*“Peça a Deus que abençoe os seus planos,
e eles darão certo. Provérbios 16:3 ”*

À toda a minha família, em especial
os meus amados: Germano, Márcia,

Paula e Paulo Vitor.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Piauí, através do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas, aos seus professores, coordenadores e funcionários, pelas oportunidades, pelos ensinamentos e pelo apoio técnico-científico.

À Universidade de Brasília, por possibilitar a estrutura necessária para a realização deste trabalho.

À Capes, pela concessão de bolsa de estudos.

Ao meu orientador, professor Rafael Felipe Ratke, pelos ensinamentos, pela confiança e pela contínua disponibilidade em ajudar.

Ao professor Cícero Célio de Figueiredo, por me orientar na realização das análises laboratoriais e pela sempre disposição em ajudar.

À Priscila Reis, técnica do laboratório de matéria orgânica do solo da Universidade de Brasília, que me auxiliou na realização das análises.

Aos colegas da Pós-Graduação da UFPI, pelos momentos de descontração e pelas ricas discussões e pelo companheirismo.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	i
GENERAL ABSTRACT	ii
LISTA DE TABELAS	iii
LISTA DE FIGURAS	iii
CAPÍTULO 1.....	1
1.INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2.REFERENCIAL TEÓRICO	2
2.1 Solos de Cerrado	2
2.2 Fósforo no Solo.....	3
2.3 Fertilizantes Organominerais	5
2.4 Matéria Orgânica do Solo	6
2.5 Compartimentos e frações da Matéria Orgânica do Solo.....	7
2.5.1 Fracionamento Químico de Substâncias Húmicas.....	8
2.5.2 Fracionamento Físico da Matéria Orgânica do Solo	9
2.5.3 Frações Facilmente Oxidáveis do Carbono	10
3.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	10
CAPÍTULO 2.....	17
RESUMO	17
ABSTRACT.....	18
1.INTRODUÇÃO	19
2.MATERIAL E MÉTODOS	20
3.RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
3.1 Safra 2014/2015, cultivada com milho.	23
3.2 Safra 2015/2016, cultivada com soja	28
4.CONCLUSÕES	33
5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

RESUMO GERAL

BERTECHINI, MARCELA CHRISTOVAM. **Frações da matéria orgânica do solo em função de fontes e doses de fertilizante mineral e organomineral no cerrado piauiense.** 2017. 48p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Piauí, PI¹.

Devido ao elevado grau de intemperismo e à alta capacidade sortiva do fósforo (P) em solos de regiões tropicais e subtropicais, a utilização de fontes mais eficientes de fertilizantes como os fertilizantes organominerais granulados, resultantes da mistura de uma fonte mineral de fósforo com uma ou mais fontes de matéria orgânica, é uma alternativa para aumentar a eficiência da adubação fosfatada nesses solos, possibilitando a redução de perdas, aumento da biodisponibilidade de P e melhoria na qualidade do solo. Nesse sentido o presente trabalho tem por objetivo avaliar o efeito da utilização de fertilizante organomineral granulado e fertilizante com substâncias húmicas em área agrícola com sucessão milho-soja, nos compartimentos da matéria orgânica do solo. O estudo foi desenvolvido a campo em Latossolo Amarelo distrófico no município de Uruçuí, PI, o delineamento experimental foi em blocos casualizados arranjado em esquema fatorial (2x5), com quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se de duas fontes de fertilizantes (organomineral e NPK com substâncias húmicas), aplicados em cinco doses crescentes (0, 20, 40, 60 e 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅). As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0 a 0,2 m e determinados os teores de carbono orgânico total, carbono orgânico particulado, carbono lábil, carbono orgânico associado aos minerais e o carbono das frações ácido húmico, ácido fúlvico e da humina . Os tratamentos que receberam adubação mostraram-se superiores em relação à testemunha, sem adição de fertilizante, nos compartimentos da matéria orgânica. O uso de fertilizantes organominerais granulados e minerais com substâncias húmicas incrementa os teores de carbono orgânico total, frações lábeis e húmicas na sucessão milho-soja em solos do Cerrado piauiense.

Palavras – Chave: Latossolo, fósforo, carbono orgânico.

¹Orientador: Rafael Felipe Ratke – UFPI/Bom Jesus

GENERAL ABSTRACT

BERTECHINI, MARCELA CHRISTOVAM. **Fractions of soil organic matter in function of sources and doses of mineral and organomineral fertilizer in the Cerrado of Piauí.** 2017. 48p. Dissertation (Masters in Soil and Plant Nutrition) – Federal University of Piauí.PI¹.

Due to the high degree of weathering and the high sorption capacity of phosphorus (P) in soils of tropical and subtropical regions, the use of more efficient sources of fertilizers such as granular organomineral fertilizers resulting from the mixing of a mineral source of phosphorus with one or more sources of organic matter, is an alternative to increase the efficiency of phosphate fertilization in these soils, making it possible to reduce losses, increase the bioavailability of P and improve soil quality determined by soil carbon content. In this sense, the present work aims to evaluate the effect of the use of granulated organomineral fertilizer and fertilizer with humic substances in an agricultural area with corn-soybean succession, in the compartments of the organic carbon of the soil. The study was carried out in a randomized complete block design in a dystrophic yellow Latosol in the municipality of Uruçuí, PI. The experimental design was a randomized complete block (2x5), with four replications. The treatments consisted of two sources of fertilizers (organomineral and NPK with humic substances), applied in five increasing doses (0, 20, 40, 60 and 80 kg ha⁻¹ of P₂O₅). Soil samples were collected at depths of 0 to 0.2 m and determined the total organic carbon, particulate organic carbon, labile carbon, organic carbon associated with the minerals and the carbon of the humic acid, fulvic acid and humina fractions. The treatments that received fertilization were superior in relation to the control, without addition of fertilizer, in the compartments of the organic matter. The use of granular organomineral fertilizers and minerals with humic substances increases the levels of total organic carbon, labile and humic fractions in corn-soybean succession in soils of the Cerrado of Piauí.

Key Word: Oxisol, phosphorus, organic carbon.

¹Adviser: Rafael Felipe Ratke – UFPI/Bom Jesus

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

Tabela 1. Análise química do Latossolo Amarelo distrófico na profundidade de 0 a 0,2 m antes da implantação do experimento.....	21
Tabela 2. Análise de variância e os teores das frações orgânicas do solo e a produtividade do milho, relacionado aos dois fertilizantes, cinco doses e suas possíveis interações. Safra 2014/2015.....	23
Tabela 3. Análise de variância e os teores das frações orgânicas do solo e a produtividade da soja, relacionado aos dois fertilizantes e cinco doses. Safra 2015/2016.	28

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2

Figura 1. Variação média mensal de precipitação pluvial e temperatura, durante o período de 2013 a 2016. (Dados de precipitação da Fazenda Emílio, ao lado da área do experimento; Dados de Temperatura da estação meteorológica de Uruçuí-PI, disponibilizados pelo INMET).....	23
Figura 2. Carbono orgânico total (COT) em função dos fertilizantes e doses de P ₂ O ₅ . Safra 2014/2015 (milho).....	24
Figura 3. Carbono lábil (CL), em função das fontes dos fertilizantes. Safra 2014/2015 (milho).	25
Figura 4. Carbono orgânico particulado (COP) em função dos fertilizantes e doses de P ₂ O ₅ . Safra 2014/2015 (milho).....	26
Figura 5. Produtividade em função das doses de P ₂ O ₅ . Safra 2014/2015 (milho).	28
Figura 6. Carbono orgânico total (COT) em função dos fertilizantes e doses de P ₂ O ₅ . Safra 2015/2016 (soja).....	29
Figura 7. Carbono orgânico particulado (COP) em função das doses de P ₂ O ₅ . Safra 2015/2016 (soja).	30
Figura 8. Ácido Húmico (AH)(A/B), ácido fúlvico (AF) (C) em função das doses de P ₂ O ₅ . Safra 2015/2016 (soja).....	32

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO GERAL

O agronegócio brasileiro vem sendo um dos setores econômicos mais importantes para o país, nos últimos anos, sobretudo, em função da contribuição significativa nos sucessivos saldos positivos da balança comercial, representando quase 23% do total produto interno nacional (Conab, 2016).

Uma prática indispensável para a obtenção de elevados índices de produção é a adubação de solos altamente intemperizados, como os do Cerrado, principalmente em função das condições físico-químicas desses solos. Segundo a Conab (2016), o maior índice de participação nos custos operacionais são os fertilizantes com média de 27,82% e 38,37%, na soja e no milho respectivamente. O Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes no mundo. No ano de 2016, foram consumidas 34 milhões de toneladas de fertilizantes no país, dos quais, 24 milhões de toneladas (70,6%) foram importadas (ANDA, 2016).

O uso eficiente de fertilizantes é o fator que, isoladamente, mais contribui para o aumento da produtividade agrícola. Dentre os fertilizantes consumidos no país, os fosfatados se destacam, devido ao elevado grau de intemperismo dos solos, que resulta em menores teores de fósforo (Yamada & Abdalla, 2004) associados à alta capacidade sortiva do nutriente as cargas elétricas positivas, presentes nos oxidróxidos de Fe e Al (Resende et al., 1995).

Nos solos do Cerrado, os teores de fósforo (P) são baixos e este o nutriente que mais influencia o início do desenvolvimento e crescimento das plantas, com a particularidade de ter que aplicar uma quantidade várias vezes maior do que aquela exigida pelas plantas, para saturar os componentes responsáveis pela fixação do P (Furtini Neto et al., 2001). Ressalta-se, ainda, que as reservas mundiais de P são finitas, sendo assim a utilização do nutriente deve obedecer a uma filosofia de maximização da sua eficiência nas adubações.

Neste sentido, a ciência do solo vem estudando diferentes maneiras de melhorar a eficiência da adubação fosfatada e novas tecnologias de produção de fertilizantes vêm se destacando no cenário agrícola. Uma tecnologia que vem ganhando espaço é o uso de fertilizantes organominerais, pois os sistemas agropecuários dão origem a vários tipos de resíduos orgânicos, acarretando a necessidade de geração de novas tecnologias para

destinar a produção de resíduos de forma segura e desta forma, viabilizar a sustentabilidade deste setor produtivo. O uso desse fertilizante permite a reciclagem dos nutrientes contidos nos dejetos e associados ao enriquecimento de nutrientes na forma mineral, permite produzir fórmulas comerciais específicas para cada cultura, aumentando a uniformidade nas concentrações e disponibilidade de nutrientes, influenciando em uma menor demanda nas taxas de aplicação no campo (Ferreira, 2014).

A utilização da matéria orgânica permite que se tenha uma racionalização do adubo mineral, promovendo um aumento da capacidade de troca catiônica (CTC), reduzindo perdas por lixiviação e auxiliando na liberação dos nutrientes a planta, contribuindo para elevar a produtividade (Bittencourt et al., 2006).

Pesquisas que revelam a eficiência da utilização de fertilizantes organominerais são necessárias para elucidar as melhorias na preservação ambiental, na melhoria da qualidade do solo e nos retornos econômicos que são proporcionados da sua utilização. Nesse sentido o presente trabalho tem por objetivo avaliar o efeito da utilização de fertilizante granulado organomineral e fertilizante com substâncias húmicas em área agrícola com sucessão milho-soja, nos compartimentos da matéria orgânica do solo.

2.REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Solos de Cerrado

O Cerrado brasileiro abrange aproximadamente 204 milhões de hectares (Mueller & Martha Júnior, 2008; Resck et al., 2008), ocupando 24% da superfície nacional (Resck et al., 2008), estando presente nos estados de Goiás, Tocantins, Distrito Federal, e seções da Bahia, Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí e Rondônia (Ribeiro & Walter, 2008; Martins, 2010).

Nos Cerrados, bem como em toda zona intertropical, frequentemente ocorrem períodos de interrupção de chuvas durante a estação chuvosa, fenômeno este regionalmente chamado de veranico (Vargas & Hungria, 1997; RTID/INCRA, 2011). O clima é caracterizado pelo seu aspecto sazonal, com a ocorrência de duas estações bem definidas: seca e úmida.

As classes de solos de ocorrência mais comum no Cerrado são os Latossolos (45,7%), os Neossolos quartzarênicos (15,2%), Argissolos (15,1%), Plintossolos (9,0%), Gleissolos (2,5%), Neossolos litólicos (7,3%), Cambissolos (3,1%) e Nitossolo

vermelho (1,7%) (Correia et al., 2004). Grande parte da extensão do Cerrado é constituída por Latossolo, são solos com elevado grau de intemperismo e, portanto, bastante profundos, com ótica drenagem, bem estruturados, alta estabilidade de agregados, alta permeabilidade, boa aeração, baixa resistência à penetração e que se assentam em relevos planos ou levemente ondulados (Kluthcouski et al., 2003; Evangelista, 2011). Este tipo de solo apresenta algumas características químicas peculiares, que ao serem ajustadas alavancam a produção agrícola (Gomes et al., 2002).

O Latossolo apresenta a particularidade de uma elevada acidez, pouca capacidade de troca de cátions, baixo teor do elemento fósforo (Montezano, 2009), reduzida saturação por bases, alto nível de alumínio (Prado, 2003) e reduzidos teores de cálcio e magnésio (Ramos et al., 2006). Em sua maioria, são compostos por minerais de argila do tipo 1:1, como a caulinita, que são argilas de baixa atividade, e por óxidos de ferro (hematita e goethita) e alumínio (gibbsita), que apresentam cargas variáveis (dependente de pH) (Resende et al., 1997; Braida et al., 2011).

A possibilidade de corrigir a acidez e a baixa fertilidade com o uso adequado de corretivos e de fertilizantes foi o grande marco para expansão da área agrícola no Cerrado. Além disso, por serem bem drenados, resistentes à compactação e se assentarem em relevos planos, são solos fisicamente favoráveis à mecanização, quando bem manejados. É importante ressaltar que sem o manejo agrícola correto da matéria orgânica do solo (MOS) tais ganhos com a correção e aporte de nutrientes ao solo não promoveriam efeitos em longo prazo, uma vez que a MOS funciona como uma geradora de cargas, evitando que muitos nutrientes sejam lixiviados, além de servir como fonte de energia e nutrientes para biota do solo, e de atuar na agregação e estabilidade do solo (Braida et al., 2011).

2.2 Fósforo no Solo

O elemento fósforo (P) é um não-metal essencial à vida dos organismos, sua forma química no solo está associada a três principais frações inorgânicas ligadas ao ferro, cálcio e alumínio que, de modo geral, em ordem de grandeza em concentrações no solo tem-se: $P-Fe > P-Al > P-Ca$ (Raij, 2004). O grau de intemperização do mineral primário determinará a solubilidade e principalmente a disponibilidade deste nutriente no solo. Segundo Stauffer & Sulewski (2004) há naturalmente um processo de proteção ambiental que sugere manter um baixo pool de P disponível na forma inorgânica,

fazendo com que o ambiente local se adeque a esta demanda combinando dispersão das raízes das plantas, mineralização da matéria orgânica e intemperização mineral.

O ciclo do P no solo começa com a degradação lenta e gradual dos minerais primários pelo processo de intemperismo. O fósforo inorgânico (Pi) migra à solução mantendo equilíbrio com a fase sólida, nesta etapa, parte do P da solução precipita formando os minerais secundários, a outra parte está disponível às plantas e aos microorganismos, podendo após o processo de decomposição retornar ao solo na forma orgânica, este Po pode se estabilizar na presença de carbono orgânico (CO) e interagir com componentes minerais do solo. O processo de mineralização do Po fornece Pi para vegetais e microorganismos (Fasbender & Bornemisza, 1987; Guerra et al., 1996; Siqueira et al., 2004).

Para entender a sua dinâmica, o P do solo é dividido em dois grandes grupos, fósforo inorgânico (Pi) e fósforo orgânico (Po), dependendo da natureza do composto a que está ligado. O fósforo inorgânico é encontrado no solo em formas cristalinas (na forma de apatita), amorfas, adsorvidas ao complexo coloidal ou na solução do solo (Tsai & Rosseto, 1992; Troeh & Thompson, 2007). Já o fósforo orgânico é originário dos resíduos vegetais e animais adicionados ao solo, que formam a matéria orgânica do solo, do tecido microbiano e dos produtos de sua decomposição (Rheinheimer et al., 2000; Conte et al., 2002 e 2003; Martinazzo et al., 2007). Para que o P associado à matéria orgânica do solo seja aproveitado pelas plantas, é preciso que ocorra a conversão do P orgânico a inorgânico, através do processo de mineralização, cujas reações em solo são mediadas por enzimas denominadas fitases e fosfatases, produzidas pela atividade microbiana do solo (Barber, 1984; Stevenson & Cole, 1999; Lopes et al., 2004).

Em solos altamente intemperizados predominam formas inorgânicas de P ligados com alta energia aos minerais do solo, tornando-se limitante ao desenvolvimento vegetal (Rheinheimer et al., 2008). Em solos tropicais, de modo geral, o conteúdo total de P é relativamente baixo e depende fundamentalmente da origem dos solos. Nos solos da região do Cerrado, o P é um dos nutrientes que merecem mais atenção para a produção agrícola, pois a disponibilidade desse elemento em condições naturais é muito baixa, essa característica associada à alta capacidade que esses solos têm para reter o P na fase sólida é a principal limitação para o desenvolvimento de qualquer atividade agrícola rentável sem aplicação de adubos fosfatados, dessa forma, a adubação fosfatada é prática imprescindível nesse ambiente (Souza & Lobato, 2004).

A adsorção de P em solos tropicais ocorre principalmente, pelos óxidos de ferro (hematita e goetita) e alumínio (gibbsite), pelos argilosilicatos do tipo 1:1 (caulinita) principalmente e pela matéria orgânica (MO). Nos oxidróxidos, inicialmente ocorre atração eletrostática, seguida pela adsorção por oxidróxidos, por meio de troca de ligantes como OH^- e OH_2^+ , (Sanyal & De Datta, 1991; Laboski & Lamb, 2003; Novais et al., 2007), também denominada de quimiossorção, na superfície dos óxidos, por fosfato da solução. É uma ligação predominantemente covalente (adsorção específica). No caso dos argilosilicatos como a caulinita (1:1), em solos ácidos, o ânion fosfato reage rapidamente com o octaedro de Al, pela substituição dos grupos OH^- localizados na superfície do mineral, formando complexos de esfera interna (McBride, 1994).

2.3 Fertilizantes Organominerais

Nos últimos anos a agricultura brasileira cresceu bastante e, atrelado a esse crescimento, houve aumento no consumo de fertilizantes fosfatados. A produção dos fertilizantes fosfatados a partir de reservas de rochas fosfáticas corresponde a 99%, e apenas uma quantidade muito pequena é fornecida na forma de escórias básicas, um subproduto da indústria de aço (Frazão, 2013). A demanda crescente desse recurso natural é um dos pontos de maior preocupação em relação aos recursos mundiais de rochas fosfáticas, devido à possível longevidade de exploração das jazidas (Yamada & Abdalla, 2004).

Em virtude dessa preocupação, é necessário buscar alternativas que viabilizem a maior longevidade das reservas mundiais de fósforo. Uma boa alternativa são os fertilizantes organominerais, compostos basicamente de uma mistura de fertilizantes minerais e orgânicos, que apresentam potencial de uso agrícola, pois tendem a ter um menor custo em relação aos fertilizantes químicos, e advém de resíduos de outros sistemas produtivos, como por exemplo, a cama de frango, viabilizando investimentos em seu uso e pesquisa por atender os ideais de conscientização crescente de uma produção, manejo e desenvolvimento rural sustentável (Malaquias & Santos, 2016). A cama de frango, que são resíduos provenientes da criação intensiva de frangos, são ricos em nutrientes e, por estarem disponíveis nas propriedades a um baixo custo, podem ser viabilizados pelos produtores na adubação das culturas comerciais (Costa et al., 2009).

Fonte de vários nutrientes, principalmente de nitrogênio (N), a cama de frango tem potencial para suprir parcial ou totalmente o fertilizante químico, desde que manejada corretamente. Além de sua utilização como fonte de nutrientes, o seu uso

melhora teor de matéria orgânica que conseqüentemente beneficia os atributos físicos do solo, aumenta a capacidade de retenção de água, reduz a erosão, melhora a aeração e cria um ambiente mais favorável ao desenvolvimento da microbiota do solo (Malaquias & Santos, 2016). Segundo Bittencourt et al. (2006), a utilização da matéria orgânica permite que se tenha uma racionalização do adubo mineral, promovendo um aumento da capacidade de troca catiônica (CTC), reduzindo perdas por lixiviação e auxiliando na liberação dos nutrientes a planta, contribuindo para elevar a produtividade.

O fertilizante organomineral apresenta potencial químico reativo relativamente inferior ao fertilizante mineral, porém sua solubilização é gradativa no decorrer do período de desenvolvimento da cultura, quando sua eficiência agrônômica pode se tornar maior se comparado às fontes minerais solúveis (Kiehl, 2008). Aumentando assim, a interação planta-nutriente por reduzir a adsorção de íons, em especial o íon fósforo (Parent et al., 2003) em consequência a diminuição da transformação de P_2O_5 em formas indisponíveis para a planta (Khiari & Parent, 2005).

No Brasil, por meio da INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 23, de 31 de agosto de 2005 do MAPA, os fertilizantes organomineral é definido como: “produto resultante da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos”. No CAPÍTULO III da INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 25, de 23 de 2009, SEÇÃO V, Artigo 8, inciso 1º; são estabelecidos as seguintes especificações, garantias e características dos fertilizantes organominerais sólidos para aplicação no solo. Segundo a referida normativa, os fertilizantes organominerais sólidos deverão apresentar, no mínimo: carbono orgânico: 8%; CTC: 80 mmolc kg^{-1} ; macronutrientes primários isolados (N, P, K) ou em misturas (NP, NK, PK ou NPK): 10%; macronutrientes secundários: 5% e umidade máxima de 30%. Essa atualização na legislação foi de grande importância para os produtores, pois assim há uma garantia mínima do produto que será adquirido, auxiliando no planejamento da adubação.

2.4 Matéria Orgânica do Solo

A matéria orgânica do solo (MOS) é o componente do solo mais complexo, dinâmico e reativo, além de contribuir para o crescimento e desenvolvimento das plantas através do seu efeito sobre as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (Tabatabai, 1996). Em sentido amplo a MOS é composta por organismos vivos, resíduos de plantas e animais pouco ou bem decompostos, variando consideravelmente em estabilidade e estágio de decomposição.

Em solos de ambientes tropicais e subtropicais a MOS tem grande importância como fonte de nutrientes para as culturas na retenção de cátions, na complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes, na estabilidade da estrutura, na infiltração e retenção de água e na aeração; ainda serve como fonte de carbono (C) e energia aos microorganismos heterotróficos, constituindo-se, assim, num componente fundamental do potencial produtivo desses solos (Bayer & Mielniczuk, 2008).

Em solos de regiões tropicais e subtropicais, a fração argila é constituída principalmente por óxidos de ferro (hematita e goethita) e alumínio (gibbsita) e por filossilicatos do tipo 1:1 (caulinita), cujas superfícies possuem baixa concentração de grupos funcionais de carga negativa e, por conseguinte, baixa CTC em relação aos minerais filossilicatos do tipo 2:1, como esmectitas, comuns em solos de regiões temperadas. Comparando-se com a caulinita que apresenta CTC baixa (3-5 cmol_c kg⁻¹), a fração húmica da MOS pode gerar em torno de 400 a 1400 cmol_c kg⁻¹, justificando a sua significativa importância na CTC desses solos. No que se refere ao fornecimento de nutrientes pela MOS, a qualidade e quantidade de resíduos aportados no solo bem como a atividade microbiana e suas enzimas afetam diretamente esse mecanismo (Singh et al., 1989).

A matéria orgânica é considerada um dos principais parâmetros na avaliação da qualidade do solo, devido a sua influencia sobre as características do solo e a sensibilidade às práticas de manejo (Doran & Parkin, 1994). Desse modo, o acúmulo de matéria orgânica em solos agrícolas constitui-se numa importante estratégia para a melhoria da qualidade do solo e do ambiente, deve-se levar em consideração a adoção de sistemas de uso e manejo do solo que favoreçam o aumento ou manutenção de seus teores, para usufruir-se dos efeitos benéficos da MOS.

2.5 Compartimentos e frações da Matéria Orgânica do Solo

A compreensão dos compartimentos da MOS é antiga, mas os métodos para definir e quantificar esses compartimentos são relativamente recentes, com a maioria das pesquisas sendo realizadas nas últimas duas décadas (Stevenson & Cole, 1999). A MOS pode ser encontrada em partículas individuais de materiais parcialmente decompostos de plantas e animais e não associadas aos minerais do solo, ou adsorvidas aos agregados do solo.

Segundo Wander (2004) as frações da matéria orgânica podem ser classificadas como:

- MOS lábil ou ativa: É composta por material fresco e organismos vivos, com altos teores de nutrientes e energia e, portanto, tem meia vida de dias ou até poucos anos. Esta fração não está protegida fisicamente, e está presente na formação de macroagregados na superfície do solo (biomassa microbiana, compostos como polissacarídeos e carboidratos). São chamadas de substâncias não húmicas, corresponde aos compostos mais facilmente degradados por microorganismos.

- MOS intermediária ou pouco transformada: Apresenta em sua composição resíduos parcialmente decompostos, compostos amínicos, glicoproteínas, e alguns compostos húmicos solúveis em ácido/base, com período de meia vida de poucos anos até décadas.

- MOS recalcitrante, estável ou inerte: Formada por macromoléculas alifáticas, ligninas, substâncias húmicas de alto peso molecular como a humina. Por estar bioquimicamente estável fortemente adsorvida á superfície dos minerais do solo, apresenta meia vida de décadas e até séculos. São substâncias húmicas com estruturas muito complexas ou macromoléculas.

Diversas técnicas de fracionamento físico e químico têm sido desenvolvidas com a finalidade de separar e isolar frações de carbono orgânico total do solo (COT) (Cheng e Kimble (2001). São baseadas principalmente na sua localização na matriz mineral (fracionamento físico por tamanho de partícula), no seu grau de associação com a fração mineral (fracionamento físico por densidade) ou em características de solubilidade dos compostos orgânicos (fracionamento químico) (Pilon et al., 2002).

2.5.1 Fracionamento Químico de Substâncias Húmicas

O fracionamento químico da MOS, geralmente é empregado em estudos que objetivam caracterizar química e estruturalmente os compostos húmicos, além de avaliar o grau de decomposição e reatividade dos compartimentos químicos resultantes no ambiente (Dick et al., 2009). O uso dessa técnica auxilia na avaliação do impacto de diferentes manejos nos teores de carbono das frações húmicas do solo (Silva et al., 2009; Martins et al., 2009; Loss, et al., 2010). O procedimento clássico de extração do solo resulta em três frações principais, que se diferem quanto a solubilidade no meio aquoso em função do pH da solução extratora: ácidos húmicos (AH) que são solúveis em meio alcalino e insolúveis em meio fortemente ácido; ácidos fúlvicos (AF) que apresentam grande quantidade de grupamentos funcionais oxigenados e são solúveis

tanto em meio ácido como básico; e huminas (HU) que representam a matéria orgânica intimamente ligada à fração mineral do solo, e por isso insolúvel (Canellas et al., 2001; Dick & Martinazzo, 2006). As substâncias húmicas representam mais de 70% do carbono presente no solo e são diferenciadas uma das outras pela cor, massa molecular, presença de grupos funcionais (carboxílicos, fenólicos, entre outros) e grau de polimerização (Schnitzer, 1978).

Dentre as frações humificadas a fração AF é considerada mais móvel, pois apresenta menor peso molecular e maior polaridade revelando maior solubilidade. Diversos autores encontraram maiores quantidades de COT nessa fração em maiores profundidades do solo (Silva & Mendonça, 2007; Passos et al., 2007; Dick et al., 2009).

A fração AH participa da maioria das reações que ocorrem no solo, favorecendo a agregação e estabilidade dos agregados pela formação de complexos organominerais, além de servir como reserva de nutrientes às plantas (Canellas et al., 2000).

A fração HU é estruturalmente composta em maior quantidade por lignina e sendo assim quimicamente mais recalcitrante (Tomasi, 2011). Possui a tendência de decrescer em profundidade e pode contribuir com mais de 50% do C na camada de 0-5 cm do solo (Dick et al., 2009). Essa predominância da fração HU está relacionada à sua insolubilidade e resistência à biodegradação favorecida pela formação de complexos argilo-húmicos estáveis (Passos et al., 2007; Silva et al., 2011; Fontana et al., 2011).

2.5.2 Fracionamento Físico da Matéria Orgânica do Solo

Os métodos de fracionamento físicos tem sido frequentemente empregados nos estudos de solos pela sua eficiência em isolar subfrações de solo que permitem avaliar a acessibilidade da MOS, e ainda a biodisponibilidade ou sequestro de nutrientes limitantes como o nitrogênio (Von Lutzow et al., 2007). Comparado ao fracionamento químico, o físico é menos destrutivo no que se refere à estrutura e se relaciona diretamente com a função e estrutura da MOS in situ (Christensen, 1992). Os métodos podem ser densimétricos ou granulométricos (Roscoe & Machado, 2002). O princípio do método densimétrico baseia-se na separação de materiais orgânicos (densidade menores que $1,5 \text{ g cm}^{-3}$) e minerais (densidades superiores a $2,0 \text{ g cm}^{-3}$), sendo consideradas diferenças de densidade. E o princípio do método granulométrico é com base no tamanho das partículas, Carbardella & Elliott (1992) separaram a matéria orgânica por fracionamento físico granulométrico e consideraram duas frações básicas da MOS, a matéria orgânica particulada (MOP) ($> 53 \mu\text{m}$) e matéria orgânica associada

aos minerais (COAM) (< 53 μm) do tamanho do silte e argila, a MOP é constituída por materiais que ainda apresentam tecidos intactos, como pedaços de folhas e raízes, apresentando tempo de reciclagem mais rápido do que a COAM, cuja apresenta formas de proteção que proporcionam tempo de reciclagem muito lento.

2.5.3 Frações Facilmente Oxidáveis do Carbono

Conceitualmente, o carbono lábil é aquele constituinte de compostos orgânicos mais facilmente mineralizados pelos microrganismos do solo (Rangel et al., 2008). Procedimentos que oxidam frações mais lábeis do carbono tem sido feita para melhor compreensão do resultado de diferentes práticas de manejo sobre o carbono orgânico do solo.

Procedimentos colorimétricos baseados na oxidação do carbono com permanganato de potássio (KMnO_4) têm sido utilizados para diferenciar a labilidade do carbono (Blair et al., 1995), considerando lábil o carbono oxidável por uma solução de KMnO_4 0,333 mol L^{-1} . Entretanto, para oxidar carbono lábil (CL) em Latossolos, Shang & Tiessen (1997) propuseram a concentração de 0,033 mol L^{-1} , justificando que o emprego de um oxidante mais diluído que o utilizado por Blair et al. (1995) se deve ao fato de a MOS ser relativamente mais lábil nestes solos do que em solos de regiões temperadas, para os quais o método foi desenvolvido.

O fracionamento da matéria orgânica em seus compartimentos apresenta-se como alternativa para incremento de sensibilidade (Conceição et al., 2005), em situações onde há histórico de curto período de manejo, as variações nos conteúdos de carbono e nitrogênio do solo, não são suficientes para que possam diferenciar os tipos de manejos aplicados ao solo. A partir da identificação e estabelecimento dos diferentes compartimentos da MOS é possível avaliar, por exemplo, os impactos do manejo nas propriedades do solo.

3.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDA. Anuário estatístico do setor de fertilizantes de 2016. São Paulo: ANDA. 2017. Disponível em: <<http://www.anda.org.br/>>. Acesso em 01 jul. 2017.

BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ª Ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 1-5.

- BARBER, S.A. **Soil nutriente bioavailability: a mechanistic approach**. New York: Wiley Interscience, 1984, 398p.
- BITTENCOURT, V. C.; STRINI, A. C.; CESARIM, L. G.; SOUZA, S. R. Torta de filtro enriquecida. **Revista Idea News**, v. 6, p. 2-6.2006.
- BLAIR, G.J.; LEFROY, R.D.B.; LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.46, p. 1459-1466, 1995.
- BRAIDA, J.A.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J. A. & REICHERT, J. M. Matéria orgânica e seu efeito na física do solo . In: FILHO, O.K.et al.(Org.).Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.VII, p.222 -227, 2011. Disponível em:<http://www.fiscadosolo.ccr.ufsm.whoos.com.br/downloads/Disciplinas/FisicaSolo/Braida_J.A_TCS2011.pdf>. Acesso em: 30 de jun. de 2017.
- CAMBARDELLA, C.A. & ELLIOTT, E.T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.56, p. 777-783, 1992.
- CANELLAS, L.P.; BERNER, P.G.; SILVA, S.G. da; SILVA, M.B.; SANTOS, G.A. Frações da matéria orgânica em seis solos de uma toposequencia no Estado do Rio de Janeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p. 133-143, 2000.
- CANELLAS, L.P.; SANTOS, G.A.; RUMJANEK, A.A.M.; GURIDI, F. Distribuição da matéria orgânica e características de ácidos húmicos em solos com adição de resíduos de origem urbana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p. 529-1538, 2001.
- CHENG, H.H.; KIMBLE, J.M. Characterization of soil organic carbon pools. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; FOLLET, R.F.; STEWART, B.A. (Eds). **Assessment methods for soil carbon**. Boca Raton, Lewis Publishers, 2001. p.117-130.
- CHRISTENSEN, B.T. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. **Advances in Soil Sciences**, v.20, p. 1-90, 1992.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Custo de produção de milho e soja – safra 2015/2016. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em 01 jul. 2017.
- CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T.J.C. & MIELNICZUK, J. & SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.777-788, 2005.
- CORREIA, J. R.; REATTO, A.; SPERA, S. T. Solos e suas relações com o uso e o manejo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação . 2 ed. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2004. 416p.
- COSTA, A. M.; BORGES, E. N.; SILVA, A. A.; NOLLA, A.; GUIMARÃES, E. C. Potencial de recuperação física de um Latossolo Vermelho, sob pastagem degradada,

influenciado pela aplicação de cama de frango. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, p. 1991-1998, 2009.

DICK, D.P.; NOVOTNY, E.H.; DIECKOW, J.; BAYER, C. Química da matéria orgânica do solo. In: MELO, V.F.; ALLEONI, L.R.F. (Eds.). **Química e mineralogia do solo**. 1. ed. Viçosa: SBCS, 2009. p. 1-67.

DICK, D.P.; MARTINAZZO, R. Matéria orgânica em ambientes terrestres e aquáticos: composição, reações e técnicas de caracterização. In: POLETO, C.; MERTEN, G. (Org.). **Qualidade de Sedimentos**. Porto Alegre, 2006. v.1, p.65-80.

EVANGELISTA, B. A. **Projeção de cenários atuais e futuros de produtividade de cana - de-açúcar em ambiente de Cerrado**. 2011. 164p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas.

FASBENDER, H.; BORNEMISZA, E. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 420 p. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José, Costa Rica.

FONTANA, A.; SILVA, C.F.S.; PEREIRA, M.G.; LOSS, A.; BRITO, J.R.; BENITES, V.M. Avaliação dos compartimentos da matéria orgânica em área da mata atlântica. **Acta Scintiarum. Agronomy**, v.33, p. 545-550, 2011.

FRAZÃO, J.J. **Eficiência agronômica de fertilizantes organominerais granulados à base de cama de frango e fontes de fósforo**. 2013. 90f. Dissertação (Mestrado em Solo e Água) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

FURTINI NETO, A.E.; VALE, F.R.; RESENDE, A.V.; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A.A. **Fertilidade do solo**. 1ª ed. Lavras, ESAL/FAEPE, 2001.252p.

GOMES, F.T.; BORGES, A.C.; NEVES, J.C.; FONTES, P.C.R. Influência da calagem nas propriedades químicas do solo, estado nutricional e produção da alfafa em um solo ácido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.12, p.1779-1786, 2002.

GUERRA, J.G.M. et al. Conteúdo de fósforo orgânico em amostras de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, p.291-299, 1996.

KHIARI, L.; PARENT, L. E. Phosphorus transformations in acid light-textured soils treated with dry swine manure. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.85, p.75-87, 2005

KIEHL, E.J. **Fertilizantes organominerais**. 4 ed. Piracicaba: Editora Degaspari, 2008, 160p.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; ADAIR, H. Integração lavoura - pecuária. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 570 p

LABOSKI, C.A.M.; LAMB, J.A. Changes in soil test phosphorus concentration after application of manure or fertilizer. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.67, p. 544-554, 2003.

LOPES, A.S.; SILVA, C.A.P.; BASTOS, A.R.R. Reservas de fosfatos e produção de fertilizantes fosfatados no Brasil e no mundo. In YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2004. p. 13-34.

LOSS, A.; PEREIRA, G.M.; SCHULTZ, N.; dos ANJOS, L.H.C.; SILVA, E.M.R. Quantificação do carbono das substâncias húmicas em diferentes sistemas de uso do solo e épocas de avaliação. **Bragantia**, v.69, p. 913-922, 2010.

MALAQUIAS, C. A. A.; SANTOS, A. J. M.. Adubação organomineral e NPK na cultura do milho (*Zea mays* L.). **PUBVET**, v. 11, p. 424-537, 2016.

MARTINAZZO, R.; RHEINHEIMER, D.S.; GATIBONI, L.C.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J. Fósforo microbiano do solo sob sistema plantio direto em resposta à adição de fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.563-570, 2007.

MARTINS, E.L.; CORINGA, J.E.S.; WEBER, O.L.S. Carbono orgânico das frações granulométricas e substâncias húmicas de um latossolo vermelho amarelo distrófico-LVAd sob diferentes agrossistemas. **Acta Amazônica**, v.39, p.656-660, 2009.

MARTINS, M. L. **Fenologia, produção e pós-Colheita de frutos de Buriti (*Mauritia Flexuosa* L.f.) em três veredas do Cerrado no Estado de Goiás**. 2010. 144 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

MCBRIDE, M.B. **Environmental chemistry of soils**. New York: University Press, 1994, 406p.

MONTEZANO, Z. F. Aplicação de doses de calcário em área de rotação soja-milho em plantio direto no Cerrado para fins de definição de doses variadas. 2009. 110 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MUELLER, C. C.; MARTHA JÚNIOR, G. B. A agropecuária e o desenvolvimento socioeconômico recente do Cerrado. Capítulo 4. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. de (Org.). Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008.p.105-169.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; F.N. Fósforo. 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: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 471-550.

PARENT, L. E.; KHIARI, L.; PELLERIN, A. The P fertilization of potato: increasing agronomic efficiency and decreasing environmental risk. **Acta Horticulturae**, v.627, p.35-41, 2003.

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

PRADO, R. M. A. Calagem e as propriedades físicas de solos tropicais: revisão de literatura. **Revista Biociência**, v.9, p.7-16, 2003.

RAIJ, B.V. Fósforo no solo e interação com outros elementos. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R. (Ed.). Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: POTAFOS, 2004.p.107-116.

RAMOS, L.A.; NOLLA, A.; KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.849-857, 2006.

RANGEL, O.J.P.; SILVA, C.A.; GUIMARÃES, P.T.G.; GUILHERMES, L.R.G. Frações oxidáveis do carbono orgânico de Latossolo cultivado com cafeeiro em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p. 429-437, 2008.

RESENDE, M.; CURI, N.; RESENDE, S.B.; CORRÊA, G.F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa: NEPUT, 1995, 304 p.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 2 ed. Viçosa: NEPUT, 1997. 367p

RESCK, D. V. S.; FERREIRA, E. A. B.; SANTOS JÚNIOR, J. de D. G. dos; SÁ, M. A. C. de; FIGUEIREDO, C. C. de. Manejo do solo sob um enfoque sistêmico. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. de (Org.). Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. p.417-473.

RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, E.J.S.; KAMINSKI, J. & XAVIER, F.M. Aplicação superficial de calcário no sistema plantio direto consolidado em solo arenoso. **Ciência Rural**, v. 30, p.263-268, 2000.

RHEINHEIMER, D.S.; GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.38, p.576-586, 2008.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. & RIBEIRO, J.F. (Org.). **Cerrado: Ecologia e Flora**. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2008. p.151-212.

ROSCOE, R.; MACHADO, P.L.O. de A. **Fracionamento físico do solo em estudos de matéria orgânica**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 86p.

SANYAL,S.K.; DE DATTA, S.K. Chemistry of Phosphorus Transformations in Soil. In: STEWART, B.A. (Ed.). **Advances in Soil Science**. New York: Springer, v.16,1991. p. 1-120.

SCHNITZER, M. Humic substances: chemistry and reactions. In: SCHNITZER, M.; KHAN, S.U. (Ed). **Soil organic matter**. New York: Elsevir, 1978. p. 1-64.

SHANG, C. & TIESSEN, H. Organic matter lability in a tropical Oxisol: evidence from shifting cultivation, chemical oxidation, particle size, density, and magnetic fractionations. **Soil Science**, v.162, p.795-807, 1997.

SILVA, E.F.; LOURENTE, E.P.R.; MARCHENTTI, M.E.; MERCANTE, F.M.; FERREIRA, A.K.T.; FUJII, G.C. Frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica do solo sob integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1321-1331, 2011.

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

SILVA, E.E.; DE-POLLI, H.; LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; RIBEIRO, R.L.D.; GUERRA, J.G.M. Matéria orgânica e fertilidade do solo em cultivos consorciados de couve com leguminosas anuais. **Revista Ceres**, v.56, p. 93-102, 2009.

SINGH, J.P.; KARAMANOS, R.E.; STEWART, J.W.B. The mechanism of phosphorus-induced zinc deficiency in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Canadian Journal of Soil Science**, v.68, p. 345-358, 1988.

SIQUEIRA, J.O.; ANDRADE, A.T., FAQUIM, V. O papel dos microorganismos na disponibilização e aquisição de fósforo pelas plantas. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. (Org.). Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: Potafos, 2004. P. 117-56.

SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, 416 p.

STAUFER, M.D.; SULEWSKI, G. Fósforo – essencial para a vida. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. (Org.). Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: Potafos, 2004. P. 1-12.

STEVENSON, F.J.; COLE,M.A. **Cycles of soils: carbono, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients**, 2. ed. New York: J. Wiley, 1999. 427 p.

TABATABAI, M.A. Soil organic matter testing: an overview. In: MAGDOFF, F.R., TABATABAI, M.A., HANLON, Jr. (Ed.). **Soil organic matter: Analysis and Interpretation**. Madison, WI. 1996. 51p.

TOMASI, C.A. **Atributos químicos e matéria orgânica em Latossolo Vermelho de altitude sob usos e manejos distintos.** 2011. 79 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

TROE, F.R.; THOMPSON, L.M. Solos e Fertilidade do Solo. 6 ed. São Paulo, 2007, 693 p.

TSAI, S.M.; ROSSETO, R. Transformações microbianas do fósforo. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. (Ed.). Microbiologia do solo. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 231-242.

VARGAS, M. A. T. & HUNGRIA, M. Biologia dos solos do cerrado . EMBRAPA. Planaltina. 1997. 524p

VON LÜTZOW, M.; KÖGEL-KNABNER, I.; EKSCHMITT, K.; FLESSA, H.; GUGGENBERGER, G.; MATZNER, E.; MARSCHNER, B. SOM fractionation methods: relevance to functional pools and to stabilization mechanisms. **Soil Biology and Biochemistry**, v.39, p. 2183-2207, 2007.

YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004, 726 p.

WANDER, M. M. Soil organic matter fractions and their relevance to soil function. In: MAGDOFF, F. & WEIL, R. (Eds). **Advances in Agroecology**. CRC Press LLC, 2004, p.67-102.

CAPÍTULO 2

FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM FUNÇÃO DE FONTES E DOSES DE FERTILIZANTE MINERAL E ORGANOMINERAL NA SUCESSÃO MILHO-SOJA NO CERRADO PIAUIENSE

RESUMO

BERTECHINI, MARCELA CHRISTOVAM. **Frações da matéria orgânica do solo em função de fontes e doses de fertilizante mineral e organomineral na sucessão milho-soja no cerrado piauiense.** 2017. 48p. Dissertação (Mestrado em Solos e nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Piauí, PI¹.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da utilização de fertilizante granulado organomineral e fertilizante com substâncias húmicas em área agrícola com sucessão milho-soja, no teor de carbono orgânico total, carbono lábil e nas frações húmicas e granulométricas da matéria orgânica do solo. O estudo foi desenvolvido a campo em Latossolo Amarelo distrófico no município de Uruçuí, PI, o delineamento experimental foi em blocos casualizados arranjado em esquema fatorial (2x5), com quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se de duas fontes de fertilizantes (organomineral e NPK com substâncias húmicas), aplicados em cinco doses crescentes (0, 20, 40, 60 e 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅). As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0 a 0,2 m e determinados os teores de carbono orgânico total, carbono orgânico particulado, carbono lábil, carbono orgânico associado aos minerais e o carbono das frações ácido húmico, ácido fúlvico e da humina . Os tratamentos que receberam adubação mostraram-se superiores em relação à testemunha, sem adição de fertilizante, nos compartimentos da matéria orgânica. O teor do carbono orgânico total, carbono orgânico particulado, frações ácido húmico e fúlvico e a produtividade média do milho e da soja foram influenciadas positivamente com o uso dos fertilizantes.

Palavras-chave: carbono orgânico, fósforo, fracionamento da matéria orgânica.

¹Orientador: Rafael Felipe Ratke – CPCE/UFPI/Bom Jesus

ABSTRACT

BERTECHINI, MARCELA CHRISTOVAM. **Fractions of soil organic matter as a function of sources and doses of mineral and organomineral fertilizer in the corn-soybean succession in the Piauí cerrado.** 2017. 48p. Dissertation (Masters in Soil and Plant Nutrition) – Federal University of Piauí.PI¹.

The objective of this work was to evaluate the effect of the use of organomineral granular fertilizer and fertilizer with humic substances in an agricultural area with corn-soybean succession, total organic carbon content, labile carbon and humic and granulometric fractions of soil organic matter. The study was carried out in a randomized complete block design in a dystrophic yellow latosol in the municipality of Uruçuí, PI. The experimental design was a randomized complete block (2x5), with four replications. The treatments consisted of two sources of fertilizers (organomineral and NPK with humic substances), applied in five increasing doses (0, 20, 40, 60 and 80 kg ha⁻¹ of P₂O₅). Soil samples were collected at depths of 0 to 0.2 m and determined the total organic carbon, particulate organic carbon, labile carbon, organic carbon associated with the minerals and the carbon of the humic acid, fulvic acid and humina fractions. The treatments that received fertilization were superior in relation to the control, without addition of fertilizer, in the compartments of the organic matter. The content of total organic carbon, particulate organic carbon, humic acid and fulvic fractions and the average yield of corn and soybean were positively influenced by the use of fertilizers.

Key Word: organic carbon, phosphorus, fractionation of organic matter.

¹Adviser: Rafael Felipe Ratke – CPCE/UFPI/Bom Jesus

1.INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira, mais especificamente na região dos Cerrados, ocorreu tradicionalmente sobre solos de textura argilosa, e nos últimos anos, a área cultivada principalmente com soja tem-se expandido em solos de textura média e arenosa, nos estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Bahia, Maranhão, Piauí e Tocantins (Santos & Albuquerque, 2017).

Os solos arenosos apresentam limitações para o cultivo de plantas, apresentando geralmente baixa fertilidade natural, presença de Al em forma tóxica e baixo teor de matéria orgânica, responsável pela maior parte da capacidade de troca de cátions (CTC - cargas negativas existentes no solo e provenientes da matéria orgânica e minerais de argila) nesses solos. Além disso, os baixos teores de matéria orgânica aliados aos baixos teores de argila e à estrutura desses solos, com grande volume de macroporos, determinam sua baixa retenção de água, a matéria orgânica desempenha importante papel no solo, não apenas pela melhoria da qualidade estrutural, como também por proporcionar aumento da eficiência dos fertilizantes fosfatados, pela ocupação dos sítios de adsorção de fósforo no solo (Haynes, 1984).

A mistura física resultante de uma fonte orgânica com uma ou mais fontes minerais, dá origem aos fertilizantes organominerais granulados, que surgem como uma possibilidade de melhorar a parte física (granulometria) e aumentar o teor de nutrientes na fonte orgânica, aumentando também a eficiência da fonte mineral de fósforo, devido a menor sorção de nutrientes no solo, possibilitada pela presença de matéria orgânica na forma de substâncias húmicas, que funciona como condicionadora dos fertilizantes minerais por possuir propriedades como alta capacidade de troca catiônica, elevada retenção de água, alta superfície específica e presença de quelados (Kiehl, 1999).

O uso de resíduos provenientes da criação intensiva de frangos, denominados cama de frango melhora o teor de matéria orgânica do solo, por estarem disponíveis nas propriedades a um baixo custo, podem ser viabilizados pelos produtores na adubação das culturas comerciais e associados aos fertilizantes organominerais (Costa et al., 2009).

Nesse contexto, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito da utilização de fertilizante granulado organomineral e fertilizante mineral com substâncias húmicas em área agrícola com sucessão milho-soja, no teor de carbono orgânico total, carbono lábil e nas frações húmicas e granulométricas da matéria orgânica do solo.

2.MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em campo, nos anos agrícolas 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016 na fazenda Balsan, no município de Uruçuí, PI, apresentando as coordenadas geográficas: 8° 18' 09,8"S, 44° 36' 27,03"W e 575,3 m de altitude. O clima é do tipo Aw segundo a classificação de Köppen. Os dados de temperatura média mensal e precipitação apresentaram temperatura e precipitação média anual de 26,7 °C e 779 mm, respectivamente (Figura 1).

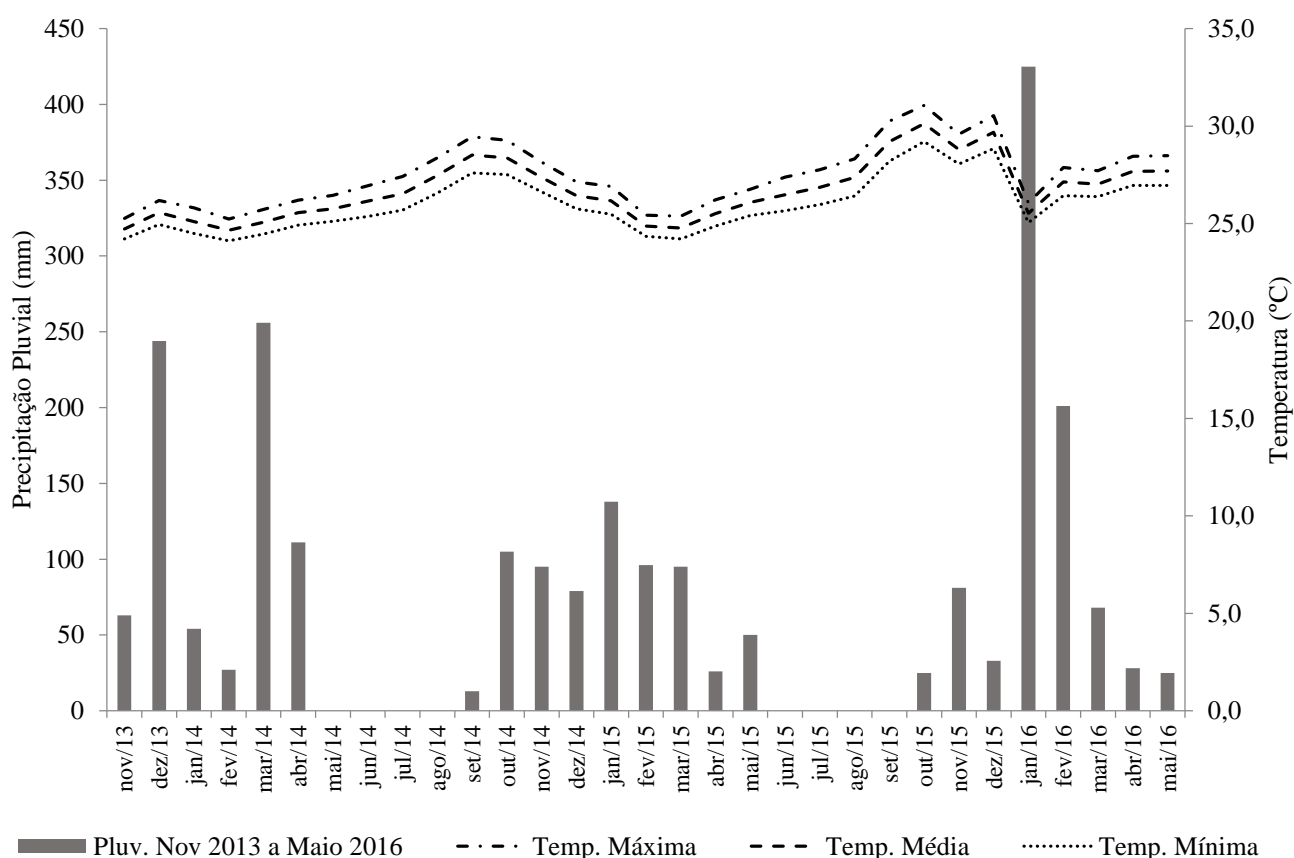


Figura 1. Variação média mensal de precipitação pluvial e temperatura, durante o período de 2013 a 2016. (Dados de precipitação da Fazenda Emílio, ao lado da área do experimento; Dados de Temperatura da estação meteorológica de Uruçuí-PI, disponibilizados pelo INMET).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico (Pragana, 2011), e teor médio de argila, silte e areia de 270, 110, 620 g kg⁻¹ respectivamente. O experimento teve início na safra de 2013/2014, com as condições químicas do solo apresentadas na tabela 1.

Tabela 1. Análise química do Latossolo Amarelo distrófico na profundidade de 0 a 0,2 m antes da implantação do experimento.

pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	CTC	K ⁺	P	V	M.O.
CaCl ₂	----- cmolc dm ⁻³ -----		-----			---- mg dm ⁻³ ----		---- % ----	
5,42	1,59	0,5	2,35	0	4,58	55,74	19,88	48,66	1,52

Extratores: Ca + Mg (KCl 1N); P e K (Mehlich 1); Al + H (Acetato de cálcio 1N); M.O. (Walkley & Black).

A área possui dez anos de cultivo, o primeiro ano com arroz, os próximos três anos com soja, e depois se iniciou uma rotação de soja-milho.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, arranjado em esquema fatorial 2x5 (dois fertilizantes e cinco doses), com dez tratamentos e quatro repetições, que foram distribuídos aleatoriamente nas parcelas. Cada tratamento foi constituído de fonte e dose de fertilizante, as doses utilizadas corresponderam a 0, 20, 40, 60 e 80 kg de P₂O₅ ha⁻¹, a curva de resposta foi baseada de acordo com Souza e Lobato (2004), sendo a dose ideal de 60 kg de P₂O₅ ha⁻¹ para adubação de manutenção. As fontes estudadas foram: NPK - S.H. (03-25-08, com 1% de substância húmica, proveniente da leonardina) e ORG (MAP – monoamônio fosfato com 26,6% de P₂O₅ e 18,2% de carbono orgânico (CO), fertilizante organomineral granulado, produzido a partir de cama de frango). Os teores de carbono lábil nos fertilizantes ORG e NPK – S.H. são de 7,0 e 0,7 mg dm⁻³, respectivamente. A aplicação dos tratamentos, fonte e doses de fertilizantes, foram efetuadas no mesmo dia do plantio na primeira safra (2013/2014), distribuídos a lanço, esta uma prática viável como adubação de manutenção para solos que tenham sido adubados e apresentam teores médio a altos de P, segundo Sá (2004). As fontes e doses foram aplicadas somente uma única vez para evidenciar o poder residual do mesmo, e contrastar com o sistema de rotação soja e milho.

A primeira safra (2013/2014) do experimento foi cultivada com soja (cultivar MSOY 9350), sendo semeada durante o verão, no mês de dezembro, em sistema de plantio direto, com uma população de 280.000 plantas ha⁻¹. Dez dias após a emergência das plantas, todas as parcelas receberam 120 kg ha⁻¹ de K₂O sob a forma de cloreto de potássio subtraindo a quantidade aplicada nos tratamentos. A segunda safra (2014/2015) foi cultivada com milho (cultivar Dow 2B810), todas as parcelas receberam 220 kg ha⁻¹ do adubo formulado 21-00-21 (N-P₂O₅-K₂O), 150 kg ha⁻¹ de uréia (45% N) e 100 kg ha⁻¹ de KCl (60% de K₂O) em cobertura. A terceira safra (2015/2016) foi cultivada com soja (cultivar CD 2820 IPRO) e todas as parcelas receberam 130 kg ha⁻¹ do adubo formulado 20-50-00. O controle de plantas daninhas, pragas e doenças foram realizados

conforme a necessidade. As sementes de soja foram inoculadas com *Bradyrhizobium*, 50 ml para cada 100 kg de semente, para fixação biológica de nitrogênio.

A soja e o milho foram colhidos quando atingiram a maturação fisiológica em cada safra, em uma área útil de 2 m² e trilhadas manualmente. No momento da colheita foi medida a umidade atual dos grãos, e posteriormente os grãos foram pesados em balança de precisão (>0,01g). Os valores dos pesos de grãos foram extrapolados para kg ha⁻¹, corrigindo-se a umidade contida nos grãos para 13%.

Para determinação do carbono orgânico total (COT), carbono lábil (CL), fracionamento físico e químico da matéria orgânica do solo, as amostras de solo foram coletadas ao final do ciclo das safras 2014/2015 e 2015/2016, na profundidade de 0 a 0,2 m, sendo uma amostra composta por cada parcela do experimento e cada amostra composta formada por 8 amostras simples (coletadas na linha e nas entrelinhas). O solo foi homogeneizado e separado para análises químicas, essa porção de solo foi seca ao ar e passada em peneira de 2 mm.

O COT foi determinado pela oxidação via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico, seguido da titulação com sulfato ferroso amoniacal sem aquecimento e sem fator de correção (Walkley & Black, 1934). O cálculo do COT foi feito segundo Jackson (1970), como componente da matéria orgânica facilmente oxidável.

A determinação do carbono lábil (CL) foi através da oxidação do carbono por permanganato de potássio, segundo Blair et al. (1995), adaptado por Shang & Tiessen (1997).

O fracionamento granulométrico da MOS foi realizado segundo Cambardella e Elliott (1992), por diferença de tamanho das partículas. O material retido na peneira (> 53 µm) consiste no carbono orgânico particulado (COP) associado à fração areia e o material que passou pela peneira de 53 µm, consiste no carbono orgânico associado aos minerais (COAM) das frações silte e argila, este foi obtido por diferença entre o COT e COP.

O fracionamento químico quantitativo das substâncias húmicas (SH) foi realizado segundo Benites et al. (2003), sendo obtidas as frações huminas (H), ácidos húmicos (AH) e ácidos fúlvicos (AF), por diferença de solubilidade.

Os teores de carbono em suas diferentes frações e as produtividades de milho e soja nos anos de 2015 e 2016 foram analisados estatisticamente utilizando o *software* R-Studio. Os dados foram submetidos à análise de variância, e quando apontou significância para os efeitos simples de fertilizantes, o teste de hipótese Tukey (p<0,05)

foi utilizado para distinção de médias, e para os efeitos simples de dose e da interação foram ajustadas regressões polinomiais, utilizando-se o *software* Sigma Plot 11.0.

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Safra 2014/2015, cultivada com milho.

Os teores de carbono orgânico total (COT) variaram de 11,8 a 15g kg⁻¹ de solo (Tabela 2), esses valores estão na faixa dos encontrados por Pragana et al. (2012) em solos do Cerrado. A interação dupla (fertilizantes x doses) foi significativa, o COT foi influenciado pelo fertilizante e doses do organomineral (ORG), com ajuste linear (Figura 2), sendo o valor de COT na dose 60 kg ha⁻¹ P₂O₅, 18,7% superior ao encontrado no do tratamento testemunha, sem qualquer adição de adubo fosfatado.

Tabela 2. Análise de variância e os teores das frações orgânicas do solo e a produtividade do milho, relacionado aos dois fertilizantes, cinco doses e suas possíveis interações. Safra 2014/2015.

Tratamentos	Dose	COT	COP	COAM	CL	AH	AF	HU	PROD
	kg ha ⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----	----- g kg ⁻¹ -----		mg g ⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----			kg ha ⁻¹
ORG	0	12,2	4,2	8,0	1,3	2,8	1,8	6,8	3365,6
	20	11,9	5,2	6,7	1,6	3,2	1,7	8,1	4725,9
	40	12,5	5,5	7,0	1,3	3,4	1,9	7,3	5430,9
	60	15,0	6,3	8,8	1,3	3,6	1,9	8,3	5844,4
	80	14,1	5,8	8,3	1,4	3,5	1,9	7,6	4575,8
NPK – S.H.	0	12,2	4,2	8,0	1,3	2,8	1,8	6,8	3365,6
	20	13,4	5,8	7,6	1,3	2,7	1,7	7,4	4715,2
	40	13,1	5,2	7,9	1,2	3,3	1,7	7,7	5886,9
	60	13,2	4,9	8,3	1,2	2,9	1,8	7,2	5705,7
	80	11,8	4,4	7,4	1,3	3,3	1,7	7,7	5038,5
Média ORG		13,1	5,4	7,8	1,4 a	3,3	1,8	7,6	4788,5
Média NPK-S.H.		12,7	4,9	7,8	1,3 b	3,0	1,7	7,4	4942,4
CV (%)		5,3	7,0	7,6	8,1	10,4	8,1	10,8	14,66
Valor do Teste F									
Fertilizantes		1,84 ^{ns}	8,95*	0,07 ^{ns}	6,05*	3,23 ^{ns}	2,48 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,23 ^{ns}
Doses		4,43*	9,50**	3,20 ^{ns}	2,69 ^{ns}	2,84 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,92 ^{ns}	7,33**
Fertilizantes x Doses		5,77*	6,03*	1,87 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,16 ^{ns}

COT: carbono orgânico total, COP: carbono orgânico particulado, COAM: carbono orgânico associado aos minerais, CL: carbono lábil, AH: ácido húmico, AF: ácido fúlvico, HU: humina, PROD: produtividade, ORG: fertilizante organomineral, NPK – S.H.: fertilizante com substâncias húmicas e CV:

coeficiente de variação. ** significativo ao nível de 1%, * significativo ao nível de 5% de probabilidade no teste F; ns – não significativo. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

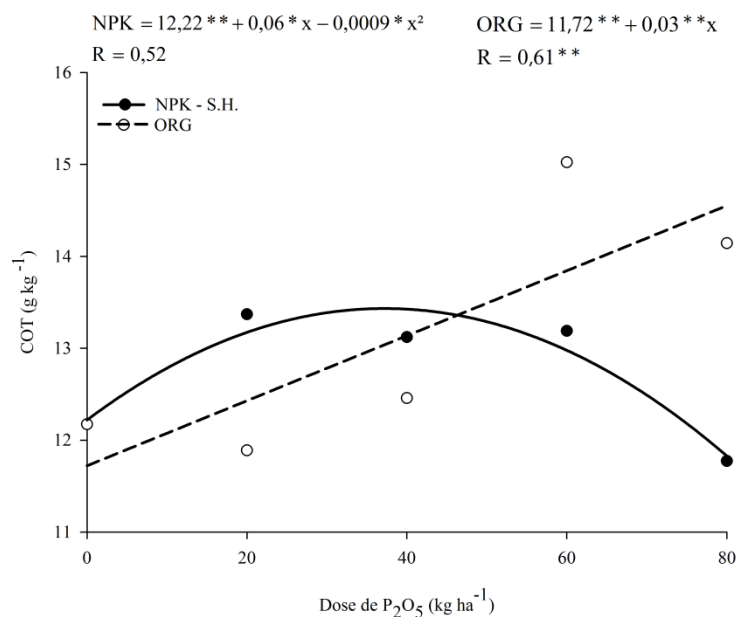


Figura 2. Carbono orgânico total (COT) em função dos fertilizantes e doses de P₂O₅. Safra 2014/2015 (milho).

A matéria orgânica presente no fertilizante organomineral granulado é importante para melhorar a fertilidade do solo e suas propriedades físicas, pois eleva a capacidade de retenção de água, promove a redução da compactação e o aumento da porosidade total do solo, forma agregados capazes de reduzir a erosão, aumenta a capacidade de absorção do solo e capacidade de troca catiônica, pela ação de substâncias húmicas que são componentes da matéria orgânica, sendo que, com a aplicação do fertilizante organomineral elas aumentam no solo. Entretanto, por meio dos benefícios causados à fertilidade e à estrutura do solo, as aplicações dos compostos orgânicos podem aumentar o rendimento das culturas e, portanto, contribuir para ganhos de C a partir de maior aporte de resíduos vegetais (Leite et al., 2003).

As frações lábeis do COT foram influenciados pelas fontes de fertilizantes e doses de fósforo, sendo observada interação dupla apenas para o carbono orgânico particulado (COP) e efeito simples para fertilizantes no carbono lábil (CL) (Tabela 2).

Os valores de CL oxidado por permanganato de potássio variaram de 1,2 a 1,6 mg g⁻¹ de solo, esses valores são devidos a ciclagem mais rápida dessa fração, sob

condições tropicais. Diferenças foram observadas entre as fontes de fertilizantes (Figura 3), o fertilizante ORG apresentou teor de CL superior ao NPK-S.H. em 7,1%, essa diferença pode ser devida a composição desses fertilizantes, o ORG na sua composição possui matéria orgânica na sua forma mais lábil (mais facilmente mineralizada pelos microrganismos do solo ou seja menos resistente) já o NPK-S.H. apresenta substâncias húmicas na sua composição, nesse fertilizante a fração da matéria orgânica está na sua forma menos lábil (mais resistente). 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).

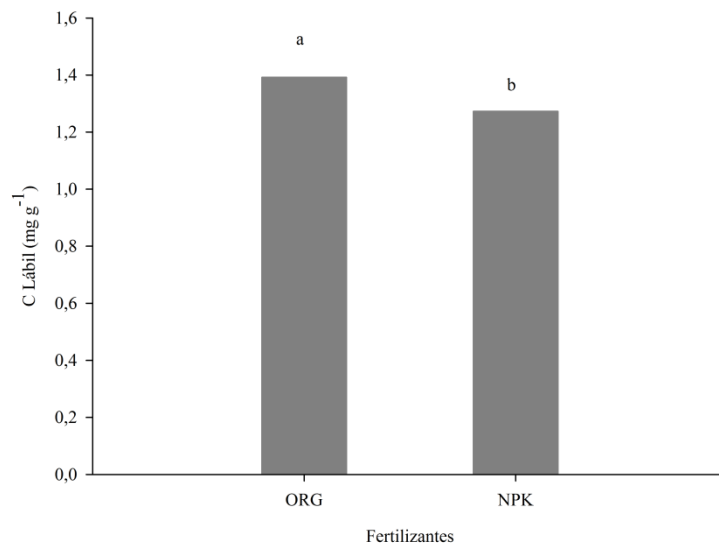


Figura 3. Carbono lábil (CL), em função das fontes dos fertilizantes. Safra 2014/2015 (milho).

Os teores de COP variaram de 4,2 a 6,3 g kg⁻¹ de solo valores próximos àqueles encontrados por Figueiredo et al. (2010) no Cerrado, em solos argilosos e muito argilosos. A interação (fertilizante x dose) foi significativa e os dados se comportaram de forma quadrática (Figura 4), observando os valores máximo para COP nas doses estimadas de 62,5 e 35,7 kg ha⁻¹ de P₂O₅ do ORG e NPK-S.H., respectivamente, os maiores valores de COP foram encontrados justamente nas doses de fertilizantes que promoveram maior produtividade, dessa forma favorecendo o incremento do COP devido a maior deposição de restos culturais e produção de fitomassa. Por esta fração estar mais exposta e susceptível a decomposição microbiana e perdas por oxidação

quando mantidas na superfície do solo, Bayer et al. (2004) e Rossi et al. (2012) observaram que ela mostrou-se mais sensível em demonstrar os efeitos dos sistemas de manejo do solo a curto prazo, refletindo os diferentes aportes de resíduos orgânicos vegetal e animal.

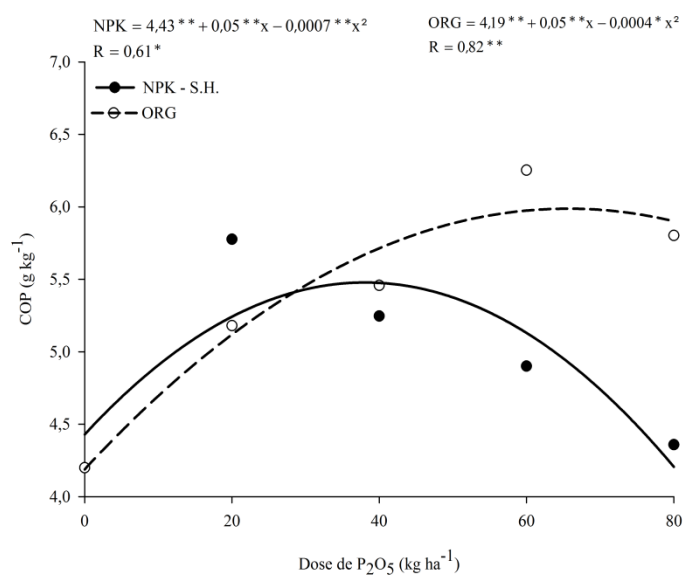


Figura 4. Carbono orgânico particulado (COP) em função dos fertilizantes e doses de P₂O₅. Safra 2014/2015 (milho).

Os teores de COAM, calculado pela diferença entre os teores de carbono orgânico total e particulado (Cambardella e Elliot, 1992), não foram influenciados pelas fontes e doses dos fertilizantes (Tabela 2). A textura média do solo estudado associado ao manejo não favoreceu a interação com as superfícies dos minerais (estabilidade química), somente a estabilização física do solo. Normalmente, esta fração de carbono no solo é em grande parte influenciada pela textura do solo, que é um atributo intrínseco de cada solo e, portanto menos afetado pelo manejo e cultivos. Evidenciando que o COAM é menos sensível do que o COP em detectar no curto prazo as alterações na matéria orgânica decorrentes do manejo do solo (Conceição et al., 2005). Isto porque o COAM é a fração mais estável da MO do solo, compõe-se das frações de tamanho silte e argila (< 53 um), constituídas de material orgânico mais humificado, altamente estabilizado como por exemplo, compostos orgânicos remanescentes do processo de degradação mais lenta e produtos de origem microbiana, e concentram as maiores proporções da MO, basicamente por formar associações organominerais, que as

preserva da decomposição (Conceição, 2006; Diekow, 2003; Gregorich et al., 2006). Em Latossolo Vermelho eutroférico de textura argilosa, Magalhães (2017), observou que os valores de COAM não foram influenciados pelas doses crescentes de esterco bovino, aplicadas ao solo. Isso pode ter ocorrido devido ao curto período de tempo de condução do experimento, já que o COAM possui uma ciclagem mais lenta, e demora para que ocorra modificações no solo (Bayer et al., 2004).

Os valores de carbono nas frações húmicas do COT não foram influenciados pelos fertilizantes e doses de fósforo não sendo observada interação dupla. Os maiores valores foram encontrados na fração HU, evidenciando maior abundância dessa fração no solo. Essa predominância da fração HU está relacionada à sua insolubilidade e resistência à biodegradação favorecida pela formação de complexos argilo-húmicos estáveis (Fontana et al., 2011).

A produtividade de milho, safra 2014/2015, foi significativamente influenciada pela adubação fosfatada, variando entre as doses de fósforo, não ocorreu efeito das fontes dos fertilizantes e nem da interação (Tabela 2). Observou-se que as doses de fósforo aumentaram a produtividade do milho com ajuste quadrático (Figura 3), variando de 3.365,6 kg ha⁻¹ (testemunha) até o máximo de 5.736,7 kg ha⁻¹ com a dose estimada de 49,9 kg ha⁻¹ P₂O₅, esses valores estão na média da produtividade brasileira na safra 2014/2015, com 5009 kg ha⁻¹ e acima da produtividade média do Piauí de 2900 kg ha⁻¹ (Conab, 2015).

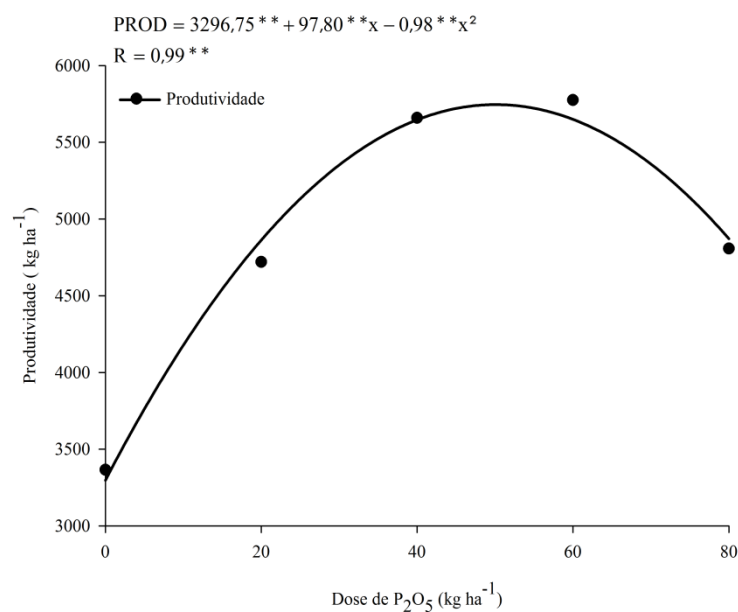


Figura 5. Produtividade em função das doses de P₂O₅. Safra 2014/2015 (milho).

Resultados semelhantes foram obtidos por Lemos (2016) em estudo realizado em Passos – MG, observou que as doses de fósforo aplicadas no solo afetaram a produtividade do milho em função do modo de aplicação do nutriente em duas safras.

3.2 Safra 2015/2016, cultivada com soja

Os teores de COT apontaram interação (fertilizantes x doses) com ajuste quadrático significativo para o fertilizante organomineral (Figura 6), com os valores variando de 7,8 a 11,1 g kg⁻¹ (Tabela 3). O tratamento que recebeu adubação com fertilizante organomineral na dose 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ mostrou-se superior em 29,1% em relação ao tratamento que não recebeu adubação, a junção das doses com o fertilizante granulado com cama de aviário pode ter contribuído para maior produção de biomassa da cultura, favorecendo o aumento do COT no solo.

Tabela 3. Análise de variância e os teores das frações orgânicas do solo e a produtividade da soja, relacionado aos dois fertilizantes e cinco doses. Safra 2015/2016.

Tratamentos	Dose	COT	COP	COAM	CL	AH	AF	HU	PROD
	kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹			mg g ⁻¹	g kg ⁻¹			kg ha ⁻¹
ORG	0	7,8	3,5	4,3	1,2	1,6	1,4	6,0	1120,7
	20	9,5	5,0	4,5	1,3	3,0	1,6	7,3	1365,2
	40	10,4	5,9	4,5	1,2	2,9	1,5	6,9	1442,5
	60	11,0	5,3	5,7	1,0	3,1	1,7	8,8	1565,0
	80	9,7	4,3	5,4	1,1	4,1	1,6	7,5	1348,5
NPK – S.H.	0	7,8	3,5	4,3	1,2	1,6	1,4	6,0	1120,7
	20	10,3	5,1	5,2	1,3	2,0	1,5	7,7	1209,7
	40	9,8	5,1	4,7	1,0	2,4	1,7	6,7	1470,5
	60	11,1	5,4	5,7	1,2	2,9	1,7	8,4	1515,2
	80	9,8	5,1	4,7	1,2	3,0	1,9	8,2	1425,5
Média ORG		9,7	4,8	4,8	1,1	2,9a	1,6	7,3	1368,4
Média NPK-S.H.		9,7	4,8	4,9	1,2	2,4b	1,7	7,4	1348,3
CV (%)		6,51	10,97	18,85	10,94	15,76	8,39	11,67	22,21
Valor do Teste F									
Fertilizantes		2,15 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,32 ^{ns}	0,05 ^{ns}	8,79*	3,14 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Doses		14,64**	8,86**	2,06 ^{ns}	1,57 ^{ns}	12,02**	5,57*	5,16*	1,15 ^{ns}
Fertilizantes x Doses		5,32*	1,13 ^{ns}	3,20 ^{ns}	0,63 ^{ns}	1,34 ^{ns}	1,33 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,09 ^{ns}

COT: carbono orgânico total, COP: carbono orgânico particulado, COAM: carbono orgânico associado aos minerais, CL: carbono lábil, AH: ácido húmico, AF: ácido fúlvico, HU: humina, PROD: produtividade, ORG: fertilizante organomineral, NPK – S.H.: fertilizante com substâncias húmicas e CV: coeficiente de variação. ** significativo ao nível de 1%, * significativo ao nível de 5% de probabilidade no teste F; ns – Não significativo. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Nessa safra como o material residual era oriundo da soja, os resíduos do milho que haviam permanecido no solo foram também mineralizados, evoluindo o C na forma de CO_2 , pois durante o cultivo da soja houve a fixação biológica de N, aumentando o teor desse nutriente no solo. Com isso houve um estímulo para a atividade microbiana, fazendo com que a MOS fosse mineralizada. Aumentos nos teores de N no solo favorecem a dinâmica de MOS. Em solos arenosos há uma menor proteção da matéria orgânica, em relação aos solos mais argilosos, esses devido a formação de complexos organo-minerais, resultando em acúmulo da matéria orgânica com o aumento no teor de argila.

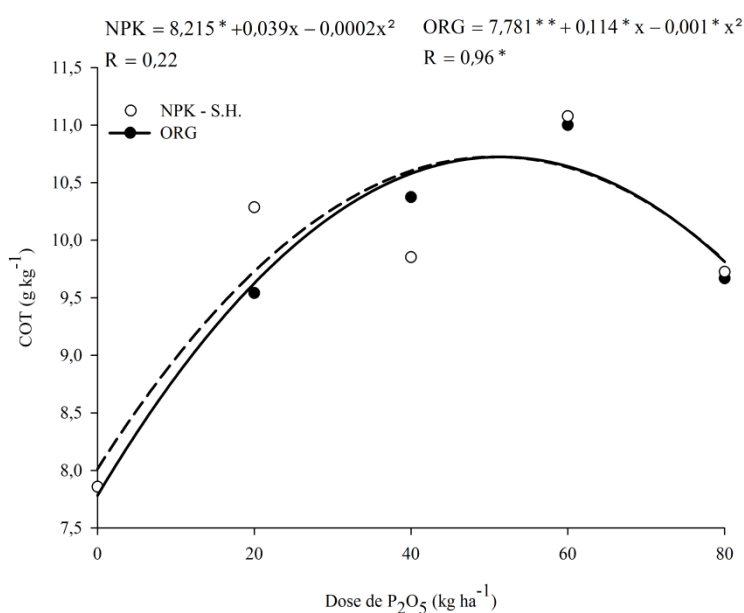


Figura 6. Carbono orgânico total (COT) em função dos fertilizantes e doses de P_2O_5 . Safra 2015/2016 (soja).

Os valores do COP variaram entre 3,5 a 6,0 g kg^{-1} de solo, apontando efeito significativo simples para doses, os dados se comportaram de forma quadrática (Figura 7). De acordo com o modelo matemático, o maior COP (5,41 g kg^{-1}) é encontrado na dose estimada de 44,44 kg ha^{-1} de P_2O_5 , sendo superior 35,3% em relação à testemunha,

essa dose se aproxima justamente da dose estimada, 49,9 kg ha⁻¹ de P₂O₅, para melhor produtividade do milho na safra anterior, refletindo a maior deposição de restos culturais e produção de fitomassa. Segundo Nunes et al. (2011) ocorre a maior produção de biomassa vegetal pelas culturas de soja, milho, milheto e mucuna quando adubadas com P.

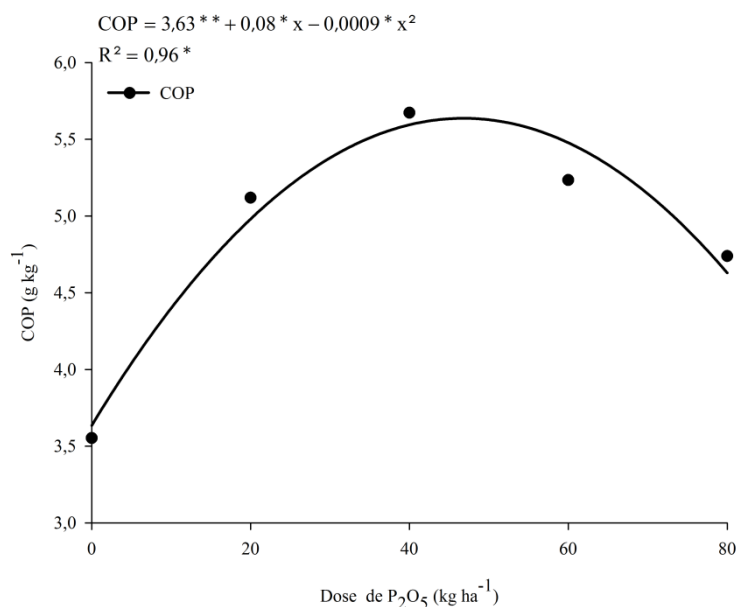


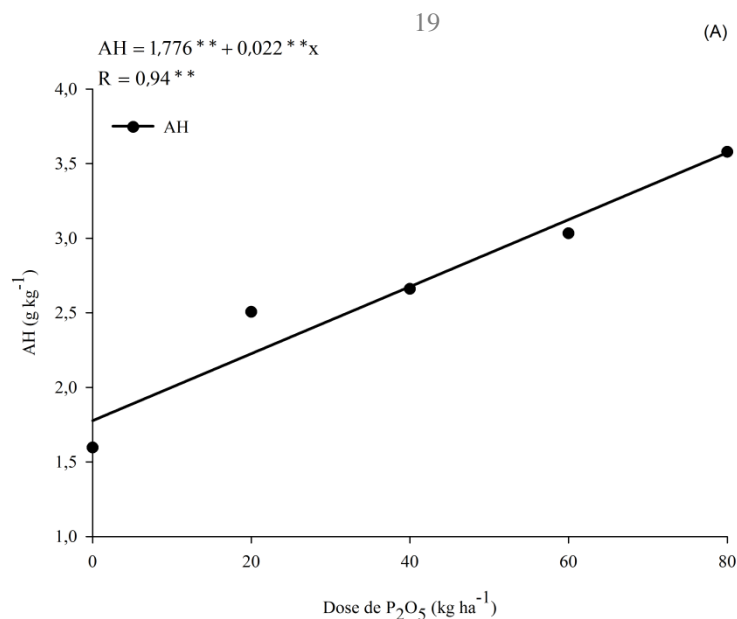
Figura 7. Carbono orgânico particulado (COP) em função das doses de P₂O₅. Safra 2015/2016 (soja).

Os teores de C nas frações húmicas do COT foram influenciados pelos fertilizantes e doses de P não sendo observada interação (Tabela 3). Os valores de AH variaram de 1,6 a 4,1 g kg⁻¹ de solo, estes valores estão na faixa dos encontrados por Souza et al. (2016) em Latossolo Vermelho argiloso cultivado por 11 anos na sucessão soja-milho. Os dados se ajustaram de forma linear para doses (Figura 8A), e o efeito simples para fertilizantes foi significativo (Figura 8B). O valor de AH na dose 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foi superior em 54,9% ao encontrado no do tratamento testemunha, sem qualquer adição de adubo fosfatado, incremento na quantidade do AH foi observado nos tratamentos que receberam o ORG. Os teores de C na fração ácido fúlvico variaram de 1,4 a 1,9 g kg⁻¹ de solo, os dados foram ajustados linearmente, na dose máxima de P₂O₅ o valor de AF foi superior em 20% ao tratamento testemunha (Figura 8C). Das frações humificadas, o carbono da fração HU foi o que apresentou maiores valores entre os

tratamentos avaliados, os teores variaram de 6,0 a 8,8 g kg⁻¹ de solo (Tabela 3). Fernandes et al. (2015) observaram valores para ácido fúlvico entre 1,2 a 2,4 g kg⁻¹, e humina entre 7,4 a 9,3 g kg⁻¹ no Cerrado piauiense em áreas de plantio direto na profundidade de 0 a 0,2 m, valores estes dentro da faixa de variação observados neste estudo.

Com relação ao fracionamento químico, verificou-se predomínio da fração humina (HU), em detrimento às frações ácidos húmicos (AH) e das frações ácidos fúlvicos (AF) (Tabela 3) porém a regressão quadrática não foi significativa para esta variável. Em diversos estudos em solos tropicais também se observou predomínio do carbono da fração humina em relação às outras frações (Conteh & Blair, 1998; Assis et al., 2006).

Souza et al., (2016) observou em Latossolo Vermelho argiloso cultivado por 11 anos na sucessão soja-milho incrementos da fração AH na camada de 0 a 5 cm no sistema de plantio direto com milho e com mucuna adubado com 100 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P e da fração AF no sistema de plantio direto com milho adubado com 100 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de P.



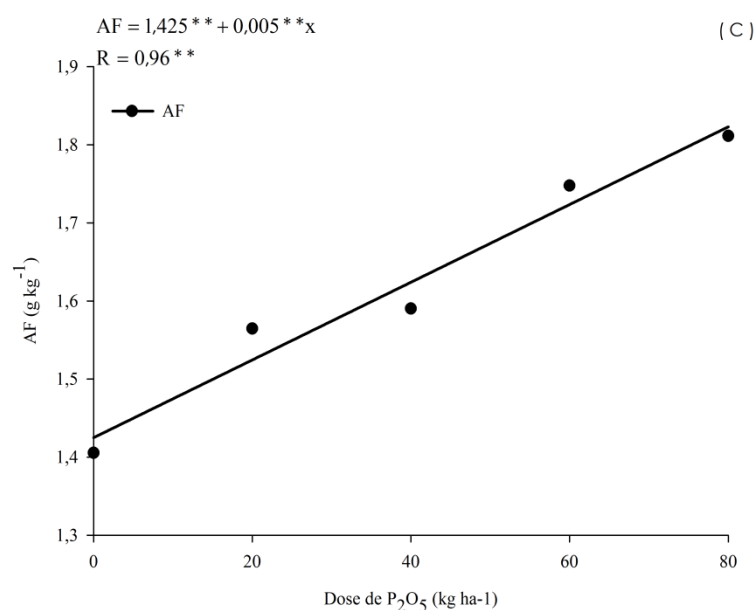
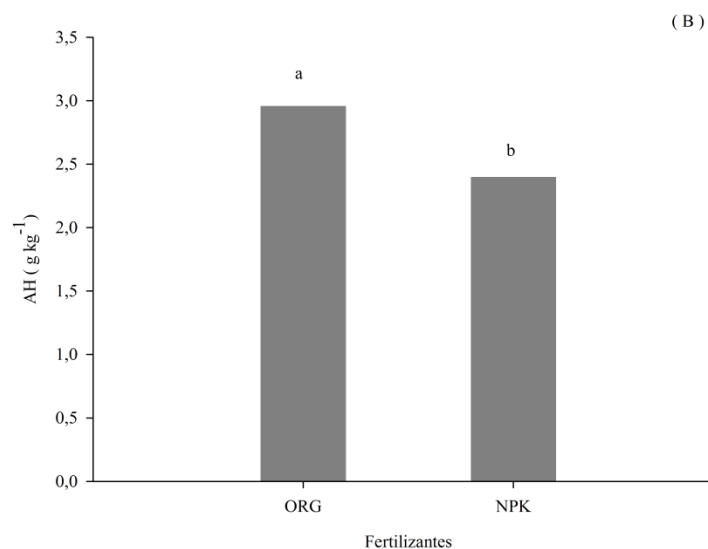


Figura 8. Ácido Húmico (AH)(A/B), ácido fúlvico (AF) (C) em função das doses de P₂O₅. Safra 2015/2016 (soja).

A produtividade da soja, não foi significativamente influenciada pela adubação (Tabela 3). A produtividade média foi de 1368,4 e 1348,3 kg ha⁻¹, para o ORG e NPK-S.H., respectivamente. Esses valores estão dentro da produtividade média de soja no Piauí, sendo de 1143 kg ha⁻¹ na safra 2015/2016 (Conab, 2016).

4.CONCLUSÕES

1. O teor de carbono orgânico total do solo é influenciado pela adubação das culturas com fertilizante organomineral, tratamentos com adição deste mostraram-se superiores em relação à testemunha.

2. O teor de carbono orgânico particulado do solo é influenciado no sistema milho-soja tanto pela adubação com fertilizante organomineral granulado como com o fertilizante mineral com substâncias húmicas, os maiores teores foram encontrados na dose estimada de 49,9 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

3. A adubação na dose de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ do fertilizante organomineral granulado e do fertilizante mineral com substâncias húmicas promove as frações ácido húmico e fúlvico na sucessão milho-soja.

4. O uso do fertilizante organomineral granulado é recomendado na dose de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, para as culturas do milho e da soja no Cerrado piauiense, mantendo as médias de produtividade em relação ao fertilizante mineral.

5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, C.P., JUCKSCH, I., MENDONÇA, E.S., NEVES, J.C.L. Carbono e nitrogênio em agregados de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.1541-1550, 2006.

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

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

BENITES, V.M., MADARI, B., MACHADO, P.L.O. DE A. 2003. Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 7p. (Embrapa Solos. Comunicado técnico, 16).

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

BLAIR N. Impact of cultivation and sugar-cane green trash management on carbon fractions and aggregate stability for a Chromic Luvisol in Queensland, Australia. **Soil Tillage Research**, v.55, p.183-191, 2000.

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

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento.Safra 2014/2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_10_42_03_boletim_graos_setembro_2015.pdf>.Acesso em 01 jul. 2017.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento.Safra 2015/2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_09_09_15_18_32_boletim_12_setembro.pdf>.Acesso em 01 jul. 2017.

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

CONCEIÇÃO, P.C. **Agregação e proteção física da matéria orgânica em solos tropicais e subtropicais**. 2006. 138p. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

CONTEH, A., BLAIR, G.J. The distribution and relative losses of soil organic carbon fractions in aggregate size fractions from cracking clay soils (vertisols) under cotton production. **Australian Journal of Soil Research**, v. 36, p.257-271, 1998.

COSTA, A. M., BORGES, E. N., SILVA, A. A., NOLLA, A. & GUIMARÃES, E. C. Potencial de recuperação física de um Latossolo Vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, p. 1991-1998, 2009.

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

FERNANDES, M.M., PRAGANA, R.B., PINHEIRO, E.F.M., NÓBREGA, J.C.A., FERNANDES, M.R.M. Frações orgânicas do solo em áreas de cerrado piauiense sob plantio direto. **Revista energia na agricultura**, v. 30, p.189-192, 2015.

FIGUEIREDO, C. C., RESCK, D. V. S., CARNEIRO, M. A. C. Labile and stable fractions of soil organic matter under management systems and native Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 907-916, 2010.

FONTANA, A.; SILVA, C.F.S.; PEREIRA, M.G.; LOSS, A.; BRITO, J.R.; BENITES, V.M. Avaliação dos compartimentos da matéria orgânica em área da mata atlântica. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.33, p. 545-550, 2011.

GREGORICH, E.G.; BEARE, M.H.; MCKIM, U.F.; SKJEMSTAD, J.O. Chemical and biological characteristics of physically uncomplexed organic matter. **Soil Science Society of America Journal**, v.70, p.975-985, 2006.

HAYNES, R.J. Lime and phosphate in the soil-plant system. In: BRADY, N.C. (Ed.). *Advances in Agronomy*. Academic Press, v. 37, 1984. p.249-315.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Organominerais**. Piracicaba: Editora Degaspari, 1999. 146 p.

LEITE, L. F. C., MENDONÇA, E. S., NEVES, J. C. L., MACHADO, P. L. O. A., & GALVÃO, J. C. C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n.5, 2003.

Lemos, E.F. **Doses e modos de aplicação de fósforo no estado nutricional e produtividade da cultura do milho**.2016. 43f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

MAGALHÃES, L. **Carbono orgânico e atributos físicos do solo após a aplicação de esterco bovino**. 2017. 32 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

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

PRAGANA, R.B. **Caracterização pedológica e diagnóstico da qualidade dos solos sob plantio direto na Serra do Quilombo, Sudoeste Piauiense**. 2011. 159f. Tese (Doutorado) - Universidade Rural de Pernambuco, Recife.

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

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

SÁ, J. C. M. Adubação fosfatada no sistema plantio direto. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1., 2004, Piracicaba. Anais... Piracicaba: **POTAFOS**, 2004. p. 201-222.

SANTOS, C.F.; ALBUQUERQUE FILHO, R.R. Importância da matéria orgânica e cobertura vegetal para os solos arenosos do Cerrado. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/artigos/importancia-da-materia-organica-e-cobertura-vegetal-para-os-solos-arenosos-do-cerrado>>. Acesso em 02 jul. 2017.

SHANG, C. & TIESSEN, H. Organic matter lability in a tropical Oxisol: evidence from shifting cultivation, chemical oxidation, particle size, density, and magnetic fractionations. **Soil Science**, v.162, p.795-807, 1997.

SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, 416 p.

SOUZA, G.P., FIGUEIREDO, C.C., SOUSA, D.M.G. Soil organic matter as affected by management systems, phosphate fertilization, and cover crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p.1668-1676, 2016.

WALKLEY, A., BLACK, J.A. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic titration method. **Soil Science**, v. 37, p.29-38, 1934.