

THEREZA CAROLINA PESSATTO

**PLANTAS DE COBERTURA: INFLUÊNCIA NO AMBIENTE E NA CULTURA DA
SOJA EM LUCAS DO RIO VERDE - MT**

Tangará da Serra/MT- BRASIL

2018

THEREZA CAROLINA PESSATTO

**PLANTAS DE COBERTURA: INFLUÊNCIA NO AMBIENTE E NA CULTURA DA
SOJA EM LUCAS DO RIO VERDE - MT**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós - graduação *Stricto Sensu* em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antônio Camillo de Carvalho

Co-orientadora: Profa. Dra. Andreia de Oliveira Vieira

Tangará da Serra/MT- BRASIL

2018

P475p Pessatto, Thereza Carolina.

Plantas de cobertura: influência no ambiente e na cultura da soja em Lucas do Rio Verde - MT / Thereza Carolina Pessatto; Dr. Marco Antônio Camillo de Carvalho; Andreia de Oliveira Vieira– Tangará da Serra, 2018.

54f. il. (anexo CD-ROM)

Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sistemas de Produção na Universidade do Estado de Mato Grosso) – UNEMAT.

1. *Glycine max*. 2. Ciclo do nitrogênio. 3. Ciclo do carbono. 4. Sucessão de culturas.

I. Título.

CDU – 631.584.4

THEREZA CAROLINA PESSATTO

“PLANTAS DE COBERTURA: INFLUÊNCIA NO AMBIENTE E NA CULTURA
DA SOJA EM LUCAS DO RIO VERDE - MT”

Dissertação apresentada à
Universidade do Estado de Mato
Grosso, como parte das exigências
do Programa de Pós-graduação
Stricto Sensu em Ambiente e
Sistemas de Produção Agrícola para
obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 31 de janeiro de 2018.

Banca Examinadora



Prof. Dr. Marco Antônio Camillo de Carvalho
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT
Orientador



Prof. Dr. Alan Rodrigo Panosso
Universidade Estadual Paulista - UNESP
Membro externo



Profa. Dra. Dejânia Vieira de Araújo
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT
Membro interno

TANGARÁ DA SERRA/MT- BRASIL

2018

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, que nos momentos mais difíceis me deu forças para que eu continuasse a trilhar este caminho.

Agradeço ao professor Marco Antônio Camilo de Carvalho, pela orientação, confiança e pela contribuição com minha formação acadêmica.

À minha co-orientadora Andreia de Oliveira Vieira pela orientação desde a minha graduação, amizade, conselhos e principalmente dedicação que propiciaram a realização e enriquecimento deste trabalho.

Aos amigos que este mestrado me presenteou, Miriam, Camila, Jennifer, Francielle e Lino, sem vocês as coisas teriam sido mais difíceis, serei imensamente grata, por cada conversa, cada café, enfim, por ter tido a honra e a sorte de conhecê-los.

Aos meus pais, que além de me darem a vida, me ensinaram a importância do estudo, do trabalho, da amizade, da humildade e da família. À minhas irmãs pela cumplicidade e pelo amor inexplicável. Às minhas luzes mais brilhantes Nathália e José Arthur, pela alegria que representam na minha vida pelo simples fato de existirem. A meu marido Everton, pela ajuda, pelo carinho e pela compreensão.

Ao pessoal do laboratório do IFMT *Campus* Campo Novo do Parecis, Oleriana, Leyde, Jessé e Valdinei, pela dedicação e contribuição que foram indispensáveis para a realização desta pesquisa.

A Fundação de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico Rio Verde (Fundação Rio Verde) pela parceria essencial para a realização desta pesquisa, especialmente ao Rodrigo Pengo e Luana Belufi.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola pelo aprendizado.

Enfim, a todas as pessoas que de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

A todos o meu muito obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
INTRODUÇÃO GERAL	9
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11
ARTIGO 1: Coberturas vegetais na entressafra da soja: Alteração da atividade enzimática e teores de N no solo	12
ARTIGO 2: Atributos microbiológicos, carbono total e produção de palhada em sistema de plantas de cobertura na entressafra da cultura da soja.	33
CONSIDERAÇÕES FINAIS	54

RESUMO

A soja é uma das culturas de maior importância para o agronegócio brasileiro, sendo a de maior valor e volume de produção agrícola. No estado de Mato Grosso os sistemas de cultivo da soja são caracterizados pelo alto nível de aplicação de tecnologia e extensas áreas. Em contrapartida, nota-se nessas áreas a degradação ambiental, principalmente relacionada ao manejo incorreto do solo, que na maioria das propriedades rurais apresenta baixos níveis de matéria orgânica, desestruturação, compactação do solo e sistema de monocultivo. A importância econômica dessa cultura impossibilita a substituição do seu cultivo na safra principal, ficando a entressafra como alternativa para o manejo da cobertura vegetal do solo com a diversificação de espécies vegetais. Desta maneira, o objetivo desse trabalho foi identificar o efeito de diferentes plantas de cobertura cultivadas em sistema solteiro, consórcio e coquetel, no período da entressafra, sobre a microbiota do solo, níveis de Carbono (C) e Nitrogênio (N) do solo, produção de palhada e sobre a produtividade da cultura da soja. A pesquisa foi realizada na safra 2016/2017, em área pertencente a Fundação Rio Verde, no município de Lucas do Rio Verde – MT. O experimento foi conduzido no delineamento de blocos ao acaso com 11 tratamentos e 3 repetições. Os tratamentos avaliados foram: 1, soja+pousio (SP); 2, soja+pousio+revolvimento (SPR); 3, soja+milho (SM); 4, soja+milho/adubação a lanço (SML); 5, soja+milho+crotalária (SMC); 6, soja+milho+braquiária (SMB); 7, soja+braquiária (SB); 8, soja+crotalária (SC); 9, soja+braquiária+crotalária (SBC); 10, soja+milho (SMi) e 11, soja+braquiária+crotalária+milho+nabo (SCoq). A coleta de solo para as análises químicas, microbiológicas e de formação de palhada ocorreram em dezembro/2016 no período de florescimento da cultivar de soja TMG 8817 e a coleta dos dados de produtividade ocorreram ao final do ciclo da cultura. No primeiro artigo estão descritos os resultados referentes ao ciclo do N, sendo verificado que no primeiro ano de cultivo não ocorreu efeito das plantas de cobertura na entressafra sobre o N Total do solo, atividade da enzima urease e a produtividade da cultura de soja. A atividade das enzimas, oxidação do amônio e nitrato redutase foram influenciadas pelos diferentes sistemas de manejo e os teores de amônio do solo foram maiores no consórcio de plantas de cobertura; o teor de nitrato do solo foi maior no sistema Soja+milho+crotalária. No segundo artigo estão descritos os dados referentes ao ciclo do C, a atividade da enzima β -glicosidase, a diversidade metabólica e o teor de C total do solo sendo que não ocorreram mudanças significativas com o efeito das plantas de cobertura; o carbono da biomassa foi maior nos tratamentos SBC, SC e SMi, enquanto a produção de palhada teve maiores médias para os tratamentos que continham em sua composição a braquiária.

Palavras-chave: *Glycine max.* ciclo do nitrogênio. ciclo do carbono. sucessão de culturas.

ABSTRACT

Soybean is one of the most important crops for Brazilian agribusiness, with the highest value and volume of agricultural production. In the state of Mato Grosso soybean farming systems are characterized by the high level of application of technology and extensive areas. On the other hand, in these areas, environmental degradation is observed, mainly related to the incorrect management of the soil, which in most rural properties presents low levels of organic matter, destructuring, soil compaction and monoculture system. The economic importance of this crop makes it impossible to substitute its crop in the main crop, leaving the off season as an alternative for the management of soil cover with the diversification of plant species. In this way, the objective of this work was to identify the effect of different cover crops cultivated in a single system, consortium and cocktail, during the off-season, on the soil microbiota, soil carbon (C) and Nitrogen (N) levels, crop yield and soybean yield. The research was carried out in the 2016/2017 harvest, in an area belonging to the Rio Verde Foundation, in the municipality of Lucas do Rio Verde - MT. The experiment was conducted in a randomized complete block design with 11 treatments and 3 replicates. The treatments evaluated were: 1, soybeans + fallow; 2, soybeans + fallow + stirring; 3, soybean + corn; 4 soybeans + corn / single furrow; 5 soybeans + corn + crotalaria; 6 soybeans + corn + brachiaria; 7 soybeans + brachiaria; 8 soybeans + crotalaria; 9 soybeans + brachiaria + crotalaria; 10 soybeans + millet; 11 soybeans + brachiaria + crotalaria + millet + turnip. Soil collection for the chemical, microbiological and straw formation analyzes occurred in December / 2016 during the flowering period of the soybean cultivar TMG 8817 and the data collection of productivity occurred at the end of the crop cycle. In the first article the N cycle results were described, and it was verified that in the first year of cultivation no effect of cover plants occurred in the off season on N total soil, urease enzyme activity and soybean crop productivity. The activity of the enzymes, ammonium oxidation and nitrate reductase were influenced by the different management systems and the soil ammonium contents were higher in the consortium of cover plants; the soil nitrate content was higher in the soybean + corn + crotalaria system. In the second article the data on the C cycle, β -glucosidase enzyme activity, metabolic diversity and total soil C content were described, with no significant changes with the effect of the cover plants; the biomass carbon was higher in the SBC, SC and SMi treatments, while the straw production had higher averages for the treatments that contained the brachiaria.

Key-words: *Glycine max* . nitrogen cycle. carbon cycle. crop succession.

INTRODUÇÃO GERAL

A soja é uma das culturas de maior importância para o agronegócio brasileiro, se destacando como a de maior valor e volume de produção agrícola, sendo que do total de produtos agrícolas produzidos no país, 48% são representados pela soja. Na safra 2016/2017 foram cultivados com essa oleaginosa cerca de 33 milhões de hectares com uma produção de 107 milhões de toneladas (Conab, 2017).

O estado do Mato Grosso é responsável por 27% da área cultivada e 27% da produção total, classificando-se na safra 2016/2017 como o principal estado produtor brasileiro de soja (Conab, 2017). É notória a expansão dessa cultura no estado de Mato Grosso desde os anos de 1990 e esse crescimento deve-se à oferta de terras, desenvolvimento de novas tecnologias em sementes, fertilizantes, mecanização e defensivos agrícolas. Em contrapartida, observa-se também, a geração de impactos ambientais, principalmente a degradação dos solos de cultivo (Domingues & Bermann, 2012).

A degradação do solo, esta relacionada ao manejo incorreto do mesmo, que na maioria das propriedades rurais se encontram com baixos níveis de matéria orgânica, desestruturados e compactados, sendo a monocultura considerada uma das principais causas dessa degradação nas áreas de cultivo da soja (Gassen, 2005). Além de acarretar a degradação física, química e biológica do solo e queda de produtividade, a monocultura também proporciona um ambiente favorável ao desenvolvimento de pragas e doenças (Embrapa, 2011).

Neste sentido, a diversificação de culturas tem se mostrado uma ótima alternativa de manejo, vários trabalhos no Brasil têm mostrado os benefícios da diversificação de cultura sobre os sistemas de produção agrícola (Cividanes & Yamamoto, 2002; Gomes Júnior & Chistoffoleti, 2008; Reis et al., 2011). Em relação à qualidade do solo destaca-se seus benefícios sobre a melhoria na estrutura física, teores de matéria orgânica e sobre os atributos microbiológicos do solo (Stone & Silveira, 2001; Pereira et al., 2007; Spera et al., 2008).

Os micro-organismos do solo são responsáveis por importantes e indispensáveis processos de interesse agrícola, como decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, reações bioquímicas específicas do ciclo de

nutrientes importantes como o nitrogênio (N) e o carbono (C) (Andreola & Fernandes, 2007).

As transformações bioquímicas do ciclo de nutrientes e seus teores bem como a qualidade do solo são dependentes ou relacionadas à presença de enzimas produzidas principalmente por micro-organismos (Brandani & Santos, 2014). Segundo Buzinarro et al. (2009), as enzimas presentes no solo atuam sobre a transformação da matéria orgânica, reduzindo os compostos orgânicos à sua forma mais simples e disponível às plantas. Desta forma, a atividade enzimática tem potencial de indicar as transformações biológicas do solo em resposta às mudanças no manejo.

No estado de Mato Grosso os sistemas de produção baseiam-se nas monoculturas da soja e do milho, com o cultivo em primeira safra (outubro/fevereiro) com a cultura da soja, e em segunda safra (fevereiro/junho) com o cultivo do milho, com baixa ou nenhuma diversificação de espécies vegetais. Em face desse manejo inadequado é necessário a busca por alternativas de práticas agrícolas, que adicionem resíduo vegetal a superfície do solo, o que pode ser obtido com a rotação e diversificação de espécies vegetais, com a adubação orgânica e com o plantio direto, resultando na melhoria da produtividade, associada com a qualidade e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (Andreola & Fernandes, 2007). Dessa maneira, este trabalho tem como objetivo avaliar a influência de diferentes sistemas de manejo de plantas de cobertura, na entressafra da cultura da soja, sobre a microbiota e teores de N e C do solo, produção de palhada e na produtividade da soja.

A presente dissertação é composta por dois artigos, o primeiro faz a abordagem de fatores relacionados ao ciclo do Nitrogênio (N) como a atividade enzimática, teor de N no solo e os efeitos dos sistemas de cultivo na produtividade da soja. O segundo artigo traz os fatores relacionados ao ciclo do Carbono (C) incluindo atividade enzimática, teores de C no solo e a produção de palhada pelos sistemas de cultivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREOLA, F.; FERNANDES, S. A. P. A Microbiota do Solo na Agricultura Orgânica e no Manejo das Culturas In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. (Org.). Microbiota do solo e qualidade ambiental. Campinas: Instituto Agronômico, 2007.
- BUZINARO, T. N.; BARBOSA, J. C.; NAHAS E. Atividade microbiana do solo em pomar de laranja em resposta ao cultivo de adubos verdes. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 31, n. 2, p. 408-415, Junho 2009.
- BRANDANI, C. B.; SANTOS, D. G. DOS J. B. N. Transformações do carbono no solo. In: ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do Solo** [recurso eletrônico]. Piracicaba: ESALQ, 2016, p. 221. DOI: 10.11606/9788586481567
- CIVIDANES, F. J.; YAMAMOTO, T. Pragas e inimigos naturais na soja e no milho em sistemas diversificados. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.59, n.4, p.683-687, out/dez. 2002.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. ISSN: 2318-6852, Brasília, DF, CONAB, março, 2017.
- DOMINGUES, M. S.; BERMANN, C. O arco de desflorestamento na Amazônia: Da pecuária a soja. **Sociedade e Ambiente**, São Paulo, v. XV, n. 2, p. 1-22, 2012.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2003**. Disponível em: <
<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/SojaCentralBrasil2003/rotacao.htm> > Acesso em: 09 de novembro de 2016.
- GASSEN, F. **Perdas repetidas**. Disponível em: <
<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/71325/1/ID-25583.pdf> > Acesso em 22 de set. de 2016.
- GOMES JR., F.G.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Biologia e manejo de plantas daninhas e, áreas de plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 789-798, 2008.
- REIS, E. M.; CASAI, R. T.; BIANCHIN V. Controle de doenças de plantas pela rotação de culturas. **Summa Phytopathol.**, Botucatu, v. 37, n. 3, p. 85-91, 2011.
- SPERA, S. T.; DOS SANTOS, H. P.; TOMM, G. A.; KOCHANN, R. A.; ÁVILA, A. Efeitos do sistema de manejo de solo e de rotação de culturas na fertilidade do solo, após vinte anos. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.441-454, 2008.
- STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeito do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.25, p.395-401, 2001.

Coberturas vegetais na entressafra da soja: Alteração da atividade enzimática e teores de N no solo.

[Pesquisa Agropecuária Brasileira]

Resumo

A cultura da soja é responsável pelo desenvolvimento da economia e atua como precursora de outras atividades agrícolas que são responsáveis por destacar o Brasil como um dos principais países agroexportadores do planeta. Apesar da importância econômica, os sistemas de cultivo da soja são responsáveis pela degradação dos recursos naturais e perdas da biodiversidade dos ecossistemas, principalmente relacionados à qualidade do solo. A inserção de outras espécies vegetais no sistema de cultivo tem se mostrado uma alternativa viável a esse problema. Desta maneira o objetivo deste trabalho é verificar o efeito de diferentes plantas de cobertura cultivadas em sistema solteiro, consórcio e coquetel, no período da entressafra da cultura da soja, sobre a atividade enzimática da urease, nitrato redutase e oxidação do amônio e nos teores de N total, amônio (NH_4^+) e nitrato (NH_3^-) e na produtividade da cultura da soja. A pesquisa foi realizada na safra 2016/2017, após o cultivo das plantas de cobertura na entressafra anterior (fevereiro/2016), em área pertencente a Fundação Rio Verde, no município de Lucas do Rio Verde – MT. O experimento foi conduzido no delineamento de blocos ao acaso com 11 tratamentos e 3 repetições. Os tratamentos avaliados foram: 1, soja+pousio (SP); 2, soja+pousio+revolvimento (SPR); 3, soja+milho (SM); 4, soja+milho/adubação a lanço (SML); 5, soja+milho+crotalária (SMC); 6, soja+milho+braquiária (SMB); 7, soja+braquiária (SB); 8, soja+crotalária (SC); 9, soja+braquiária+crotalária (SBC); 10, soja+milheto (SMi) e 11, soja+braquiária+crotalária+milheto+nabo (SCoq). As coletas de solo para as análises microbiológicas ocorreram em dezembro/2016 no período de florescimento da soja cultivar TMG 8817 e a coleta dos dados de produtividade ocorreram ao final do ciclo da cultura. Os diferentes sistemas de manejo não alteraram os teores N Total do solo, a atividade da enzima urease e a produtividade da soja. A atividade das enzimas, oxidação do amônio e nitrato redutase foram influenciadas pelos sistemas de manejo. Os teores de amônio do solo foram maiores quando as plantas de cobertura foram cultivadas em consórcio e o teor de nitrato do solo foi maior no sistema Soja+milho+crotalária.

Palavras-chave: *Glycine max.* ciclo do nitrogênio. cobertura vegetal.

Vegetable coverages in the soybean crop off season: Changes in enzymatic activity and N contents in soil

Abstract

The soybean crop is responsible for the development of the economy and acts as a precursor of other agricultural activities that are responsible for highlighting Brazil as one of the main agro-exporting countries of the planet. Despite the economic importance, soybean farming systems are responsible for the degradation of natural resources and loss of biodiversity of ecosystems, mainly related to soil quality. The insertion of other plant species into the cropping system has been shown to be a viable alternative to this problem. In this way, the objective of this work is to identify the effect of different cover crops cultivated in a single system, consortium and cocktail in the period of soybean crop offspring on the enzymatic activity of urease, nitrate reductase and ammonium oxidation and the total N, ammonium (NH_4^+) and nitrate (NH_3^-), and soybean yield. The research was carried out in the 2016/2017 harvest, one year after the effect of the cover plants that were implemented in february/2016, in an area belonging to the Rio Verde Foundation, in the municipality of Lucas do Rio Verde - MT. The experiment was conducted in a randomized complete block design with 11 treatments and 3 replicates. The treatments evaluated were: 1, soybeans + fallow; 2, soybeans + fallow + stirring; 3, soybeans + corn; 4 soybeans + corn / single furrow; 5 soybeans + corn + crotalaria; 6 soybeans + corn + brachiaria; 7 soybeans + brachiaria; 8 soybeans + crotalaria; 9 soybeans + brachiaria + crotalaria; 10 soybeans + millet; 11 soybeans + brachiaria + crotalaria + millet + turnip. Soil collection for the microbiological analyzes occurred in December / 2016 during the flowering period of the soybean cultivar TMG 8817 and the data collection of productivity occurred at the end of the crop cycle. The effect of the first year of cultivation of the cover plants did not change the total N content of the soil, the activity of the urease enzyme and the soybean yield. The activity of the enzymes, ammonium oxidation and nitrate reductase were influenced by the different management systems. The soil ammonium contents were higher when the cover plants were cultivated in a consortium, the soil nitrate content was higher in the soybean + corn + crotalaria system.

Key-words: *Glycine max.* nitrogen cycle. crop succession.

INTRODUÇÃO

No Cerrado brasileiro a cultura da soja atua como grande responsável pelo desenvolvimento da economia e é precursora de outras atividades agrícolas que são responsáveis por destacar o Brasil como um dos principais países agroexportadores do planeta. Apesar da importância econômica, a agricultura brasileira é também responsável pela degradação de recursos naturais como os solos e perdas da biodiversidade dos ecossistemas (Queiroz, 2009; Leite et al., 2011).

Esses prejuízos ambientais ocorrem devido ao modelo agrícola brasileiro ser baseado na simplificação dos ecossistemas, onde prevalece a monocultura e o cultivo em extensas áreas (Queiroz, 2009; Zimmermann, 2009). A presença de mais de uma espécie vegetal no sistema de cultivo tem se mostrado uma alternativa viável a esse problema, proporcionando melhoras consideráveis nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo (Stone & Silveira, 2001; Pereira et al., 2007; Spera et al., 2008).

Na atividade microbiana do solo, os organismos que compõem a microbiota apresentam a importante função de governar as reações de ciclagem e fluxos dos vários nutrientes essenciais, que influenciam na fertilidade, formação da estrutura e sustentação da produção agrícola (Martins, 2016). Dentre esses nutrientes destaca-se o nitrogênio (N) que é considerado um dos fatores mais limitantes ao aumento e a manutenção da produtividade das culturas agrícolas, fato atribuído a sua dinâmica complexa (Souza & Melo, 2000). Este nutriente está presente no solo principalmente na forma orgânica (98%) e na forma mineral, e sua mineralização acontece por meio de micro-organismos heterotróficos (Alfaia, 2006).

O processo de transformação da matéria orgânica envolve a liberação de enzimas pelos micro-organismos que reduzem os compostos orgânicos em formas disponíveis para as plantas, geralmente amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-), portanto, a atividade enzimática tem potencial de indicar as transformações biológicas do solo em resposta às mudanças no seu manejo (Buzinaro et al., 2009). Além da atividade enzimática o teor de N total do solo é um importante fator na avaliação da qualidade do solo uma vez que está ligado a dinâmica da matéria orgânica do solo (Rangel et al., 2008).

Em função da importância de se diagnosticar a qualidade do solo, algumas pesquisas têm buscado detectar as alterações da atividade enzimática e teores de N do solo, decorrentes do tipo de uso e manejo do solo, como o uso de diferentes plantas de cobertura e adubação verde (Buzinaro et al., 2009; Lanna et al., 2010), cobertura vegetal e época de amostragem (Longo & Melo, 2005), culturas anuais e perenes (Silva et al., 2012) e sistemas de manejo do solo (Lisboa et al., 2012).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de sistemas de manejo com diferentes plantas de cobertura na entressafra da cultura da soja sobre a atividade enzimática da urease, nitrato redutase e oxidação do amônio e os teores de N total, amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) e a produtividade da cultura da soja.

MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi desenvolvida a partir da coleta de amostras de solo na área experimental pertencente à Fundação de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico Rio Verde (Fundação Rio Verde) localizada no município de Lucas do Rio Verde – MT, com as coordenadas 13°00'27" S - 55°58'07" W e 12°59'34" S - 55°57'50" W e 387 m de altitude acima do nível do mar, sendo o solo do local classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, distrófico de textura argilosa (SANTOS et al., 2013).

O clima da região onde o experimento está localizado é classificado segundo Köppen (1948) como Aw, com precipitação média anual variando de 1.200 a 1.800 mm e temperatura média anual de 25 °C. Os dados de precipitação e temperatura para o local do experimento no período, de outubro de 2016 a março de 2017, estão apresentados na Figura 1.

O histórico de cultivos anteriores da área baseia-se no cultivo convencional de soja, sucedido pela cultura do milho nos últimos 15 anos e uma operação de subsolagem na área total do experimento na safra 2013/2014.

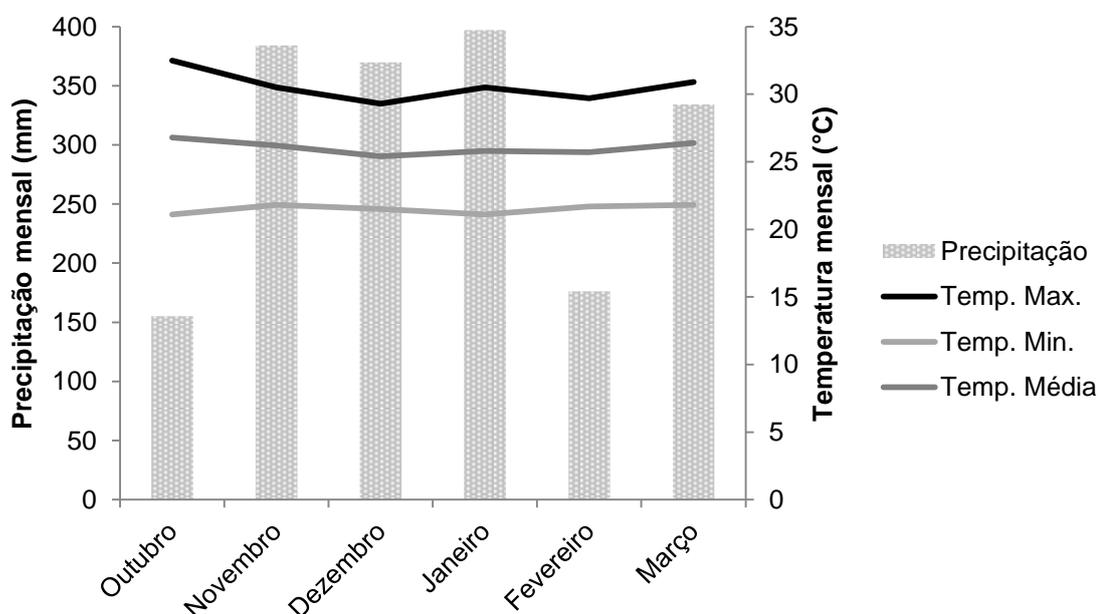


Figura 1. Precipitação (mm) e temperatura (°C) do período de outubro de 2016 a março de 2017 na área experimental da Fundação Rio Verde, município de Lucas do Rio Verde – MT.

O delineamento experimental foi disposto em blocos casualizados, com 11 tratamentos constituídos de diferentes estratégias de manejo de cobertura do solo

na entressafra da cultura da soja, com três repetições cada, totalizando 33 parcelas. As parcelas apresentavam a dimensão de 11,25 metros de largura por 30 metros de comprimento, compostas por 25 linhas espaçadas por 0,45 m. A área útil de cada parcela foi composta pelas 19 linhas centrais excluindo 2 metros em ambas extremidades da parcela.

As espécies vegetais utilizadas na composição dos tratamentos foram: soja (*Glycine max*), milho (*Zea mays*), Crotalária (*Crotalaria spectabilis*), Braquiária (*Brachiaria decumbens*), Milheto (*Pennisetum glaucum*), Nabo forrageiro (*Raphanus sativus*).

Os 11 tratamentos avaliados foram: 1, soja+pousio (SP); 2, soja+pousio+revolvimento (SPR); 3, soja+milho (SM); 4, soja+milho/adubação a lanço (SML); 5, soja+milho+crotalária (SMC); 6, soja+milho+braquiária (SMB); 7, soja+braquiária (SB); 8, soja+crotalária (SC); 9, soja+braquiária+crotalária (SBC); 10, soja+milheto (SMi) e 11, soja+braquiária+crotalária+milheto+nabo forrageiro (SCoq).

Após a dessecação (Glifosato WG/1,5 kg ha⁻¹), o plantio da soja foi realizado no dia 15/10/2016, utilizando a variedade TMG 8817, no espaçamento de 0,45 entre linhas e densidade de 12 plantas por metro linear. As adubações para a soja e plantas de cobertura foram realizadas conforme necessidade das culturas com base em análises de solo (Souza & Lobato, 2004).

Para a caracterização química do solo dos tratamentos (Tabela 2), foi feita a coleta de solo no mês de outubro de 2016 e as análises químicas foram realizadas de acordo com a metodologia da Embrapa (1997).

Tabela 2. Resultados da análise química de amostras de solo, coletadas na camada de 0-0,20 m de profundidade, nas parcelas dos sistemas de estratégia de manejo de cobertura do solo na entressafra da cultura da soja na Fundação Rio Verde, no ano de 2016.

Sistemas de manejo*	pH	P mg.dm ⁻³	K mg.dm ⁻³	Ca cmol _c .dm ⁻³	Mg cmol _c .dm ⁻³	V %	CTC cmol _c .dm ⁻³
SP	5,0	29,8	66,0	2,0	0,3	37	6,67
SPR	5,2	19,8	56,0	2,4	0,3	40	7,04
SM	5,0	22,2	64,0	2,0	0,3	37	6,66
SML	5,2	14,4	48,0	2,5	0,4	42	7,22
SMC	5,1	14,7	56,0	2,4	0,4	41	7,14
SMB	5,1	43,6	103,0	1,8	0,3	36	6,56
SB	5,2	13,6	122,0	2,0	0,4	39	6,91
SC	5,2	13,6	58,0	2,4	0,4	41	7,15
SBC	5,2	19,5	66,0	2,3	0,4	41	7,07
SMi	5,0	26,7	55,0	2,0	0,3	37	6,64
SCoq	5,1	14,6	65,0	2,9	0,3	37	6,67

*SP (Soja+Pousio); SPR (Soja+Pousio/Revolvimento); SM (Soja+Milho); SML (Soja+Milho/adubação a lanço); SMC (Soja+Milho+Crotalária); SMB (Soja+Milho+Braquiária); SB (Soja+Braquiária); SC (Soja+Crotalária); SBC (Soja+Braquiária+Crotalária); SMi (Soja+Milheto) e SCoq (Soja+ Braquiária + Crotalária + Milheto + Nabo).

As amostras de solo para as análises microbiológicas foram coletadas na safra 2016/2017, durante a condução da cultura da soja, com a intenção de se verificar o efeito dos tratamentos sobre a atividade microbiana do solo.

A coleta das amostras para as análises microbiológicas do solo foram realizadas conforme metodologia da Embrapa (1994). No período de florescimento da cultura da soja, no dia 23/12/2016, foram coletadas 10 amostras simples na área útil de cada parcela, na camada de 0-0,10 m do solo, para a formação de 1 amostra composta. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em caixa térmica e encaminhadas ao laboratório do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT) *Campus* Campo Novo do Parecis, onde passaram por homogeneização em peneira (malha 4 mm) e armazenamento em câmara fria até a realização das análises, que foram realizadas em triplicata.

Para a determinação da atividade das enzimas urease, oxidação do amônio e nitrato redutase, utilizou-se a metodologia de colorimetria, descrita por (Kanderler, 2011).

Na determinação da urease, foi utilizado 5 g de solo, e em cada frasco de 200 mL (amostra) foi adicionado 2,5 mL de solução substrato de ureia (720 mM) e 20 mL de solução tampão de borato, sendo que nas amostras controle não houve adição de ureia, somente os 20 mL de solução tampão de borato. Os frascos foram tampados e incubados por 2 horas a 37°C. Após a incubação as amostras controle receberam 2,5 mL de solução substrato de ureia, posteriormente todas as amostras receberam 50 mL de KCl (2M) acidificado com HCl (0.01M) e foram agitadas por 30

minutos e filtradas com papel filtro. A partir da obtenção desse extrato, foram pipetados 1 mL e adicionados 9 mL de água destilada, com posterior adição de 5 mL de salicilato de sódio e 2 mL de dicloroisocianurato. As amostras foram agitadas no vortex, repousaram por 30 minutos em temperatura ambiente e procedeu-se a leitura em espectrofotometro a 660 nm. Para a calibração utilizou-se soluções padrão contendo 0, 1,0, 1,5, 2,0 e 2,5 microgramas de amônio.

Para a oxidação do amônio foram utilizados 5 g de solo em cada tubo de ensaio de 100 mL, sendo utilizados 3 tubos para cada amostra, onde foram adicionados 20 mL de solução de trabalho de substrato (1mM) e 0,1 mL de solução de clorato de sódio. Os tubos com essa solução foram agitados e fechados. Dois desses tubos (amostra) foram incubados por 5 horas em agitador rotativo e o terceiro tubo (controle) foi armazenado por 5 horas a -20°C . Após o armazenamento, as amostras controle foram descongeladas em temperatura ambiente e adicionou-se em todos os tubos (amostras e controle) 5 mL de cloreto de potássio (2M), que foram misturadas brevemente e a suspensão foi filtrada imediatamente. O nitrito liberado foi determinado quando se pipetou 5 mL de filtrado, 3 mL de solução tampão de cloreto de amônio, e 2 mL de reagente colorimetria. Após, permitiu-se o desenvolvimento da cor por 15 minutos em temperatura ambiente. A curva de calibração foi preparada com 5 mL dos padrões de calibração, posteriormente realizou-se a medição da absorbância das amostras e controle a 520 nm contra o reagente branco e calculou-se o conteúdo de nitrito nos extratos ($\mu\text{g NO}_2 - \text{N mL}^{-1}$).

As análises para determinação da enzima nitrato redutase foram realizadas a partir de 3 tubos de ensaio com 5 g de solo cada. Esses tubos foram tratados com 4 mL de solução inibidora (0.9 mM), 1 mL de solução de substrato (25 mM) e 5 mL de água. Os tubos de ensaio foram fechados e a solução foi agitada, posteriormente dois tubos foram incubados por 24 horas a 25°C (amostra) e um tubo durante 24°C a -20°C (controle). Após a incubação, o tubo do controle foi descongelado em temperatura ambiente, adicionou-se então a todas as amostras 10 mL de solução de cloreto de potássio, procedeu-se a agitação e filtração imediata para obtenção do extrato. Para determinar o nitrato liberado, foram pipetados 5 mL de filtrado, 3 mL de solução tampão de cloreto de amônio e 2 mL de reagente de cor em tubos de ensaio, e foi aguardado 15 minutos para o desenvolvimento da cor em temperatura ambiente. Para preparar a curva de calibração foram utilizados 5 mL de solução padrão de calibração juntamente com o extrato do solo, posteriormente foram

medidas as absorvâncias das amostras a 520 nm contra o branco reagente. A partir da curva de calibração a atividade da enzima Nitrato Redutase foi expressa em $\mu\text{g NO}_2\text{-N g}^{-1} 24 \text{ h}^{-1}$.

A determinação do teor de N total do solo foi realizada de acordo com o método de Pregl-Dumas, utilizando-se 20 mg da amostra de solo empacotada em cápsula de estanho a qual sofreu combustão em uma atmosfera de oxigênio puro, e os gases resultantes dessa combustão foram quantificados em um detector TCD (detector de condutividade térmica) (LECO CNH-628). Os teores Nitrato e Amônio foram determinados de acordo com a metodologia descrita por Keeney & Nelson (1982).

A produtividade da cultura da soja foi obtida por meio de colheita manual e trilha das vagens existentes na área útil de cada parcela, e extrapolada para kg ha^{-1} , ajustados a 13% de umidade.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando do software R (2016), versão 3.3.0. Foi realizada a análise de variância por meio do teste F, para a verificação das pressuposições dessa foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov para normalidade dos erros, teste auxiliar de Oneillmathews para homogeneidade da variância e o teste Durbin-Watson para independência dos erros. Quando significativo a comparação de médias para sistemas de manejo foi realizada por meio do teste de Scott-Knott.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o primeiro ano de cultivo da soja sucedida pelos diferentes sistemas de manejo na entressafra, constatou-se que as diferentes plantas de cobertura no sistema solteiro, consórcio, coquetel bem como os sistemas de manejo com pousio e revolvimento do solo não influenciaram a atividade da enzima urease ($p < 0,05$) (Figura 2), porém, foi constatada influência dos tratamentos sobre a atividade das enzimas oxidação do amônio e nitrato redutase ($p < 0,05$) (Figuras 3 e 4).

O não efeito dos tratamentos sobre a atividade enzimática da urease, observado no presente trabalho, é similar aos resultados observados por Lisboa et al. (2012), que avaliando diferentes sistemas de cultivo, com diferentes plantas de cobertura também não verificaram influência dos tratamentos na atividade dessa enzima.

Outras pesquisas também mostram que a variação de plantas de cobertura parece não afetar a atividade da enzima urease, a exemplo dos resultados não significativos observados, no solo cultivado com diferentes espécies de adubos verdes em pomar de laranja (Buzinaro, 2009), diferentes plantas de cobertura na cultura do feijão (Lanna et al., 2010), e também em estudo com diferentes solos tropicais que receberam plantas de cobertura variadas (Longo & Melo, 2005).

No entanto, Lanna et. al. (2010) avaliando o cultivo de feijão, em função de diferentes plantas de cobertura utilizando quatro gramíneas (capim-monbaça, consórcio milho+braquiária, milheto) e uma leguminosa (estilosantes), observaram que os tratamentos com gramíneas apresentaram maiores valores da atividade da urease, podendo esse fato estar relacionado à alta relação C/N das gramíneas e o não revolvimento do solo, o que possibilitou o aumento da atividade de enzimas envolvidas na decomposição da matéria orgânica do solo. Assim, a resposta da atividade da enzima urease pode estar relacionada com a quantidade e a qualidade da palhada que as coberturas vegetais produzem.

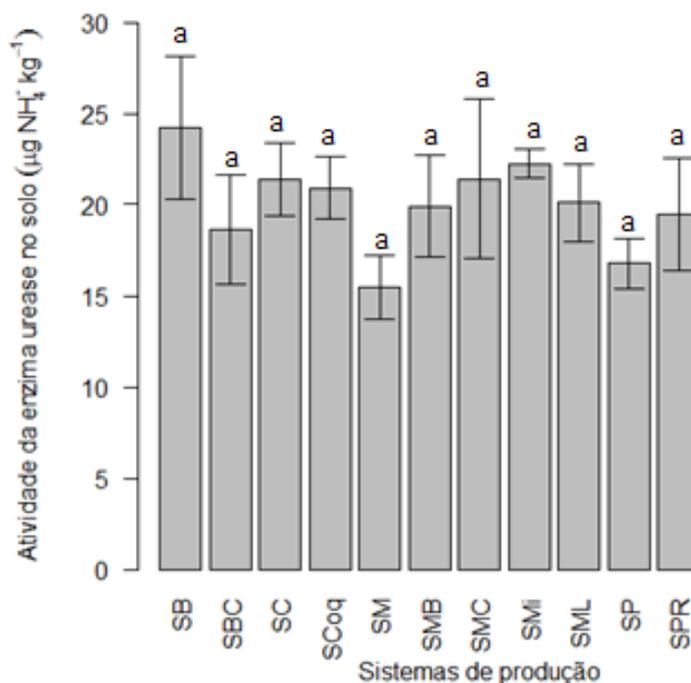


Figura 2. Atividade da enzima urease na camada de 0-0,10 m de solo coletado no estágio de floração da cultivar de soja TMG 8817 em função de diferentes sistemas de manejo de plantas de cobertura na entressafra. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). SB (Soja+Braquiária); SBC (Soja+Braquiária+Crotalária); SC (Soja+Crotalária); SCoq (Soja+ Braquiária+Crotalária+Milheto+Nabo); SM (Soja+Milho); SMB (Soja+Milho+Braquiária); SMC (Soja+Milho+Crotalária); SMi(Soja+Milheto); SML (Soja+Milho/adubação a lanço); SP (Soja+Pousio); SPR (Soja+Pousio/Revolvimento).

Para a enzima de oxidação de amônio, observou-se a formação de três grupos distintos (Figura 3). O primeiro com maior atividade enzimática foi constituído pelos tratamentos SB, SBC, SC, SMB, SMC, SML, o segundo grupo de valores intermediários, foi composto pelos tratamentos SCoq, SMi e SP e o terceiro grupo de menor atividade correspondeu aos tratamentos SM e SPR. Essa enzima é indicadora do poder de nitrificação do solo, isto é, a conversão do amônio não assimilado como nutriente do solo em nitrato (NO_3^-), forma prontamente assimilável pela planta (Dias, 2016), destacando-se assim, os tratamentos do primeiro grupo, onde se tem a presença de braquiária e crotalária ou a utilização de adubação a lanço.

Neste sentido, também é importante considerar o período de coleta das amostras, que ocorreu no florescimento da soja, fase onde a cultura necessita de níveis adequados de nutrientes, e deve ser evitada a competição por fotoassimilados

entre os processos de crescimento vegetal e de fixação biológica de N, assim, maiores concentrações de nitrato podem favorecer o desenvolvimento da soja e também o processo de fixação, favorecendo a cultura que é altamente exigente em N (Carmello & Oliveira, 2006).

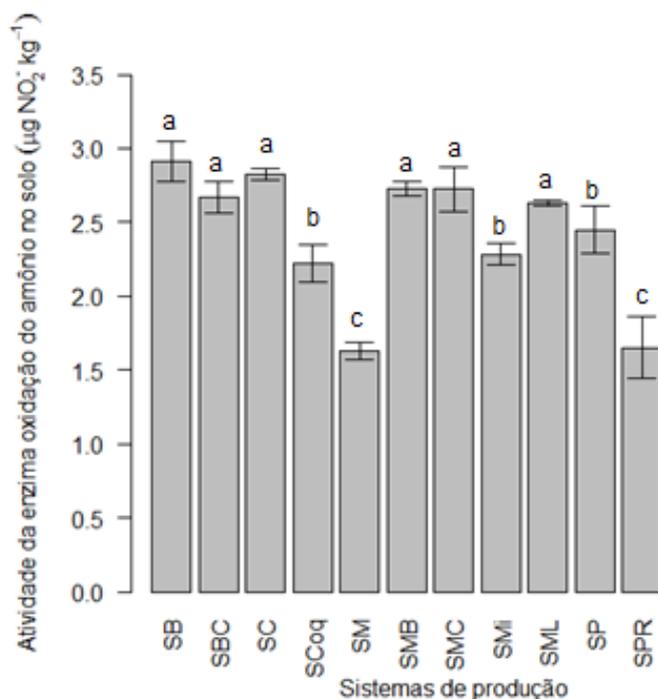


Figura 3. Atividade da enzima oxidação do amônio na camada de 0-0,10 m de solo no estágio de floração da cultivar de soja TMG 8817 em função de diferentes sistemas de manejo de plantas de cobertura na entressafra. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). SB (Soja+Braquiária); SBC (Soja+Braquiária+Crotalária); SC (Soja+Crotalária); SCoq (Soja+ Braquiária+Crotalária+Milheto+Nabo); SM (Soja+Milho); SMB (Soja+Milho+Braquiária); SMC (Soja+Milho+Crotalária); SMi(Soja+Milheto); SML (Soja+Milho/adubação a lanço); SP (Soja+Pousio); SPR (Soja+Pousio/Revolvimento).

Para a atividade da enzima nitrato redutase (Figura 4), observou-se maiores médias para os tratamentos SM, SMB e SPR, seguidos por SB, SBC, SC, SCoq, SMC, SML e SP e menor atividade para SMi. Essa enzima é indicadora do potencial de desnitrificação do solo, sendo esse processo responsável pela transformação do nitrato (NO_3^-) em N atmosférico, então quanto menor a atividade dessa enzima menor são as perdas de N para a atmosfera. Esse resultado pode estar relacionado com a alta relação C/N do milho, pois a imobilização do $\text{N}_{\text{mineral}}$ do solo é o processo inverso da mineralização, ela ocorre com a adição de resíduos com alta relação C/N.

De modo geral, a imobilização e a mineralização depende da relação C/N da matéria orgânica, sendo assim, uma relação C/N acima de 30 ocorre imobilização do N, quando esta relação for inferior a 30 ocorre mineralização. Segundo Silva et al. (2009) a relação C/N da fitomassa do milho aos 120 dias é de 71,32, onde predominaria primeiramente a imobilização.

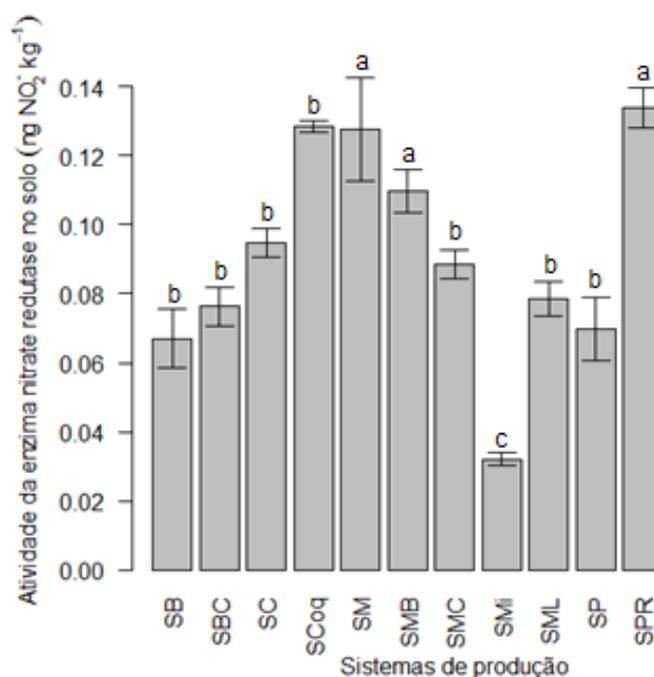


Figura 4. Atividade da enzima nitrato redutase na camada de 0-0,10 m de solo no estágio de floração da cultivar de soja TMG 8817 em função de diferentes sistemas de manejo de plantas de cobertura na entressafra. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). SB (Soja+Braquiária); SBC (Soja+Braquiária+Crotalária); SC (Soja+Crotalária); SCoq (Soja+ Braquiária+Crotalária+Milheto+Nabo); SM (Soja+Milho); SMB (Soja+Milho+Braquiária); SMC (Soja+Milho+Crotalária); SMi(Soja+Milheto); SML (Soja+Milho/adubação a lanço); SP (Soja+Pousio); SPR (Soja+Pousio/Revolvimento).

Os níveis de nitrato no solo mostraram-se maior no tratamento SMC (Figura 5A), porém, estes níveis são dependentes também de outros fatores como, taxa de absorção pela planta e micro-organismos e potenciais perdas por lixiviação (Ros et al., 2003; Coser et al., 2007; Kuzyakov e Xu, 2013), o que pode interferir nos resultados.

Ainda em relação a níveis adequados de N mineral no solo para período do florescimento, observou-se teores elevados de amônio para os tratamentos SCoq, SM, SMi (Figura 5B), indicando que as plantas de cobertura presentes nestes

tratamentos contribuem para o aumento das formas minerais de N no solo, ou a maior demora na mineralização do N desses tratamentos, em virtude da maior relação C/N, possibilitou a maior disponibilidade de N após o tempo transcorrido entre o manejo e a semeadura da soja. Dantas et al. (2012) avaliando os teores de N mineral no solo sob cultivo de plantas de cobertura observaram maiores concentrações para cultivo de milho, braquiária *ruziziensis* e feijão-bravo-do-ceará quando comparado as plantas espontâneas. Moro et al. (2013) atribuem as maiores concentrações de N mineral no solo à produção de massa seca pelas plantas de cobertura. Gonçalves et al. 2000, avaliando as sucessões do milho com diferentes plantas de cobertura, cultivados sob plantio direto num período de 6 anos, observaram acúmulo significativo de N mineral na camada de 0-0,025 m de solo.

Outro fato a se observar para os teores de N mineral do solo é o alto índice de pluviosidade na época da coleta de solo (Figura 1), pois Santiago et al. (2013) avaliando a influência de Sistemas Agroflorestais constituídos com palma de óleo e diferentes plantas de cobertura nos teores de N mineral do solo (amônio e nitrato) constataram que as variáveis analisadas foram mais sensíveis as épocas de coleta do que à constituição dos tratamentos quanto ao tipo de planta de cobertura.

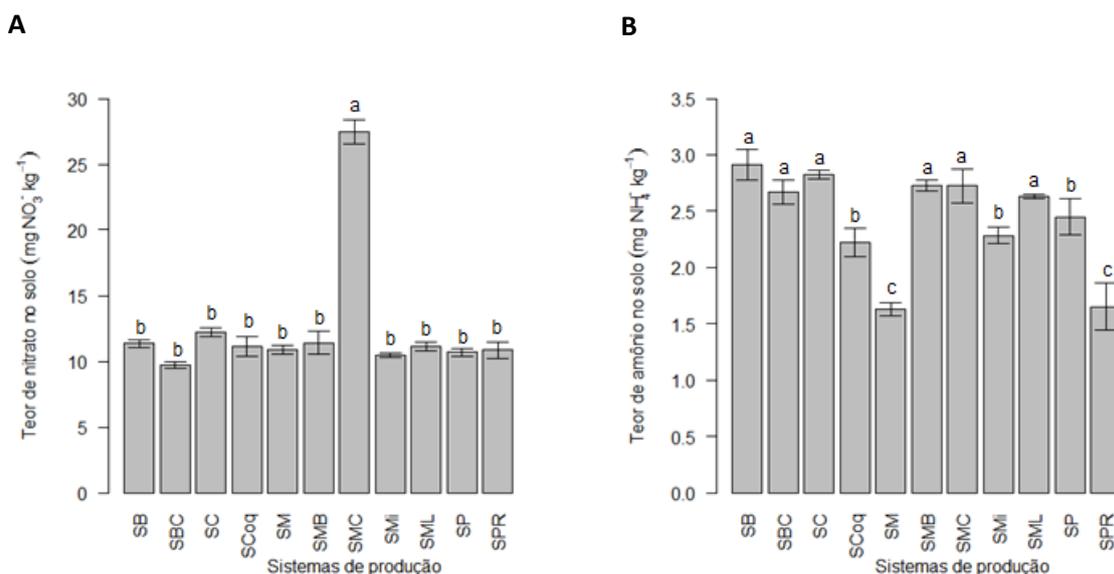


Figura 5A: Teor de nitrato (NO₃⁻) na camada de 0-0,10 m de solo no estágio de floração da cultivar de soja TMG 8817 em função de diferentes sistemas de manejo de plantas de cobertura na entressafra. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). **Figura 5B:** Teor de amônio (NH₄⁺) na camada de 0-10 cm de solo no estágio de floração da cultivar de soja TMG 8817 em função de diferentes sistemas de manejo de plantas de cobertura na entressafra. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). SB (Soja+Braquiária); SBC (Soja+Braquiária+Crotalária); SC (Soja+Crotalária); SCoq (Soja+ Braquiária+Crotalária+Milheto+Nabo); SM (Soja+Milho); SMB (Soja+Milho+Braquiária); SMC (Soja+Milho+Crotalária); SMi(Soja+Milheto); SML (Soja+Milho/adubação a lanço); SP (Soja+Pousio); SPR (Soja+Pousio/Revolvimento).

Os teores de N total do solo ($p > 0,05$) não foram influenciados pelos diferentes sistemas de manejo das plantas de cobertura na entressafra da cultura da soja em seu primeiro ano de cultivo (Figura 6), sendo que os teores variaram entre 19,6 e 24 g kg⁻¹ de solo, onde o menor valor foi observado no tratamento SMB e o maior para SPR. Resultados similares foram verificados por Pacheco et al. (2011) os quais trabalhando com sistemas de semeadura direta sobre resíduos de *Brachiaria ruziziensis*, *Brachiaria brizantha*, *Pennisetum glaucume*, *Brachiaria ruziziensis*+*Cajanus cajan* e pousio, também verificaram que os tratamentos não alteraram os teores de N total.

O teor de N total do solo é um dos principais parâmetros do nível de matéria orgânica do solo e de maneira geral seus níveis variam em função das taxas de adição de resíduos orgânicos e perdas decorrentes principalmente da erosão e atividade oxidativas de micro-organismos (Souza et al., 2009). Segundo esses mesmos autores os estudos que evidenciem a dinâmica da matéria orgânica do

solo, precisam levar em conta o tempo de cultivo, pois a evolução dos teores de N do solo e suas interações com as práticas adotadas demandam tempo.

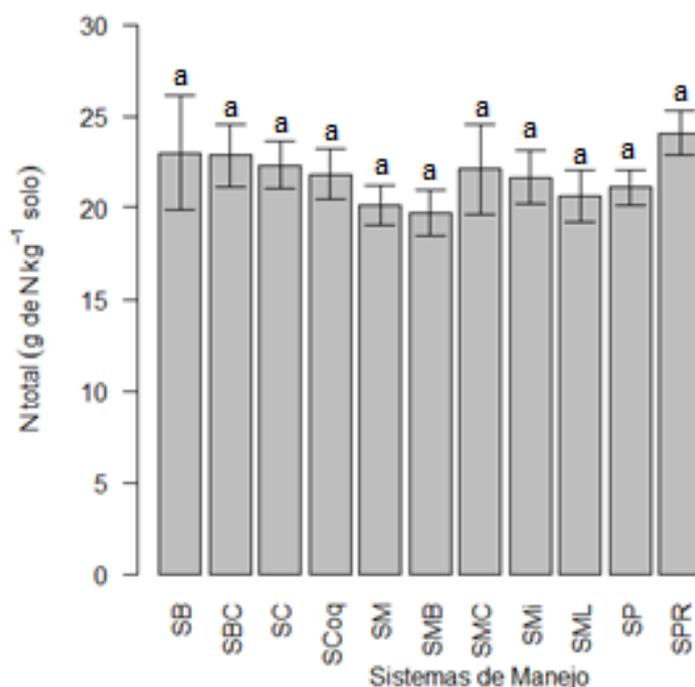


Figura 6. Teor de Nitrogênio Total na camada de 0-0,10 m de solo no estágio de floração da cultivar de soja TMG 8817 em função de diferentes sistemas de manejo de plantas de cobertura na entressafra. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). SB (Soja+Braquiária); SBC (Soja+Braquiária+Crotalária); SC (Soja+Crotalária); SCoq (Soja+ Braquiária+Crotalária+Milheto+Nabo); SM (Soja+Milho); SMB (Soja+Milho+Braquiária); SMC (Soja+Milho+Crotalária); SMi(Soja+Milheto); SML (Soja+Milho/adubação a lanço); SP (Soja+Pousio); SPR (Soja+Pousio/Revolvimento).

Neste sentido Buso & Kliemann (2003) concluíram que perdas de N do solo ocorrem com mais intensidade em sistemas de cultivo convencionais (sem manutenção da palhada) e que em sistema de plantio direto ocorre menores perdas, levando a recuperação do estoque de N total ao longo dos anos. Corroborando os esses autores, Rangel et al. (2008) atribuíram as maiores taxas de N total do solo ao acúmulo de resíduos vegetais e menor revolvimento do solo. Em estudo realizado por Carneiro et al. (2008) em que estes avaliaram diferentes tipos de solo com variados sistemas de manejo, estes observaram que os atributos microbiológicos são afetados negativamente pelo uso de sistemas convencionais de manejo do solo.

O primeiro ano de cultivo de diferentes plantas de cobertura também não influenciou a produtividade da cultura da soja ($p>0,05$) (Figura 7). Este resultado pode estar relacionado com o pouco tempo de introdução dos sistemas de cultivo no processo produtivo. Corroborando com este resultado Pacheco et al. (2010) também não observaram diferenças significativas para a produtividade da soja cultivada sobre resíduos de braquiária ruziziensis, braquiária brizantha, milho e no consórcio braquiária ruziziensis + guandu.

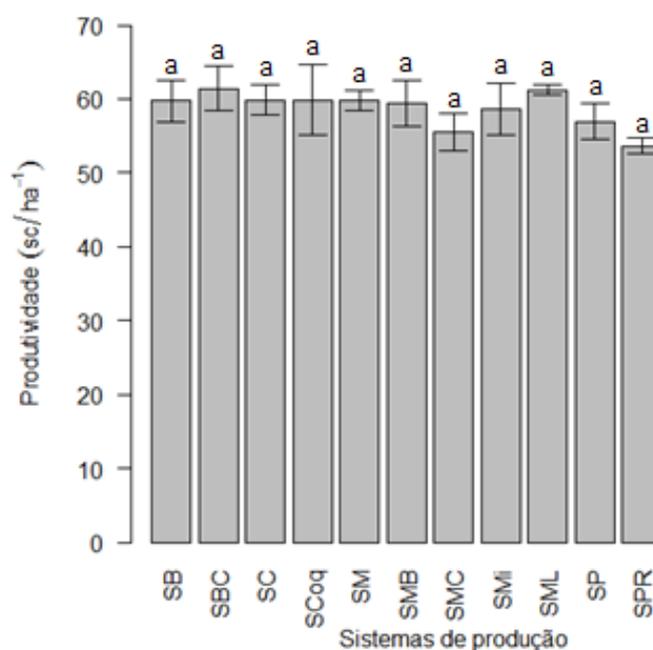


Figura 7. Produtividade da cultivar de soja TMG 8817 em função de diferentes sistemas de manejo de plantas de cobertura na entressafra. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p<0,05$). SB (Soja+Braquiária); SBC (Soja+Braquiária+Crotalária); SC (Soja+Crotalária); SCoq (Soja+ Braquiária+Crotalária+Milheto+Nabo); SM (Soja+Milho); SMB (Soja+Milho+Braquiária); SMC (Soja+Milho+Crotalária); SMi(Soja+Milheto); SML (Soja+Milho/adubação a lanço); SP (Soja+Pousio); SPR (Soja+Pousio/Revolvimento).

No entanto, Correia et al. (2013) constataram, após o primeiro ano de cultivo de soja sob resíduos de consórcio de milho com braquiária, maior produtividade de grãos de soja, quando comparados ao cultivo sob resíduos de milho solteiro. Ao estudar diferentes plantas de cobertura do solo no inverno Debiasi et al. (2010) verificaram que além de aumentar a produtividade do milho e da soja as plantas de

cobertura contribuíram com a descompactação superficial do solo em comparação com o pousio. Essas diferenças de resultados existentes na literatura podem estarem relacionadas com as condições locais de cada área experimental, como classe de solo, fertilidade, adubação utilizada, precipitação ocorrida e cultivar de soja utilizada.

CONCLUSÃO

A atividade das enzimas oxidação do amônio e nitrato redutase foram influenciadas pelos diferentes sistemas de manejo na entressafra da soja enquanto a atividade da enzima urease não sofreu alterações.

Os teores de amônio do solo foram maiores em sistemas de manejo de plantas de cobertura consorciadas. O teor de nitrato do solo foi maior no sistema Soja+milho+crotalária.

O efeito do primeiro ano de cultivo de diferentes plantas de cobertura na entressafra da cultura da soja não foi suficiente para incrementar o N Total do solo e a produtividade da cultura da soja.

AGRADECIMENTOS

A Fundação Rio Verde pela parceria essencial para a realização desta pesquisa.

Ao IFMT pelo suporte físico para realização das análises laboratoriais.

A Fundação de Amparo à Pesquisa de Mato Grosso (FAPEMAT) pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

ALFAIA, S. S. Caracterização e distribuição das formas do nitrogênio orgânico em três solos da Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 36, n.2, p.135 -140, 2006.

BUSO, W. H. D.; KLIEMANN, H. J. Relações de carbono orgânico e de nitrogênio total e potencialmente mineralizável com o nitrogênio absorvido pelo milheto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.33, n.2, p. 97-105, 2003.

BUZINARO, T. N.; BARBOSA, J. C.; NAHAS E. Atividade microbiana do solo em pomar de laranja em resposta ao cultivo de adubos verdes. **Revista Brasileira de Fruticultura.**, Jaboticabal - SP, v. 31, n. 2, p. 408-415, Junho 2009.

CARMELLO, Q. A. de C.; OLIVEIRA, F. A de. Nutrição de lavouras de soja: situação atual e perspectivas. **Visão Agrícola** (ESALQ), v. 5, p. 8-11, 2006.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D de.; REIS, E. F dos.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. de. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p.147-157, 2009.

CORREIA, N. M.; LEITE, M. B.; FUZITA, W. E. Consórcio de milho com *Urochloa ruziziensis* os efeitos na cultura da soja em rotação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 1, p. 65-76, 2013.

COSER, T. R., RAMOS, M. L. G., AMABILE, R. F.; RIBEIRO JÚNIOR. W. Q. Microbial biomass nitrogen in cerrado soil with nitrogen fertilizer application. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2007;42:399-406. doi:10.1590/S0100-204X2007000300014

DANTAS, R. DE A.; CARVALHO, A. M. de; PEREIRA, T. G.; ALVES, R. P.; FONSECA, O. P.; BRAGA, L. M. Uso de Plantas de Cobertura e Efeitos no Nitrogênio Mineral no Solo Sob Sistema Plantio Direto no Cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 30.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 14.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 12.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 9.; SIMPÓSIO SOBRE SELÊNIO NO BRASIL, 1., 2012, Maceió. A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola: **Anais**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012.

DEBIASI, H.; LEVIEN, R.; TREIN, C.R.; CONTE, O.; KAMIMURA, K. M. Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.6, p.603-612, jun. 2010

DIAS, A. C. F. Transformações do nitrogênio no solo. In: CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. Piracicaba, ESALQ 2016. p. 99-110.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2013.

KOPPEN, W. **Climatología**. Fondo de Cultura Económica, Ciudad de Mexico, 1948.

KEENEY, D. R.; NELSON, D. W. Nitrogen: inorganic forms. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. (Ed.). *Methods of soil analysis*. 2nd ed. Madison: American Society of Agronomy, 1982. Part 2, p. 625-642

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Manual de métodos de análises de solo. Centro Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.

KANDELER, E.; POLL, C.; FRANKENBERGER JR., W.T.; TABATABAI, M.A. **Nitrogen cycle enzymes**. p. xxx–xxx. In R.P. Dick (ed.) *Methods of soil enzymology*. SSSA Book Ser. 9. SSSA, Madison, WI. 2011.

KUZYAKOV, Y.; XU, X., Competition between roots and microorganisms for nitrogen: mechanisms and ecological relevance. **New Phytol**, 2013 p. 656–669. doi:10.1111/nph.12235

LANNA, A. C.; SILVEIRA P. M da.; SILVA, M. B. da.; FERRARESI, T. M.; KLIEMANN, H. J. Atividade de urease no solo com feijoeiro influenciada pela cobertura vegetal e sistema de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p.1933-1939, 2010.

LEITE, S.P.; SILVA, C.R.; HENRIQUES, L.C. Impactos ambientais ocasionados pela agropecuária no complexo Aluízio Campos. **Revista Brasileira de Informações Científicas**. v.2, n.2, p.59-64. 2011.

LISBOA, B. B.; VARGAS L. K.; SILVEIRA, A. O.; MARTINS, A .F.; SELBACH, A. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de Manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, 36:45-55, 2012.

LONGO, R. M.; MELO, W. J. de. Atividade da urease em Latossolo sob influência da cobertura vegetal e da época de amostragem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p.645-650, 2005.

MARTINS, M. A. **Microbiologia do Solo**. Disponível em: < http://www.uenf.br/Uenf/Downloads/LSOL_345_1113400965.pdf > Acesso em: 02 de maio de 2016.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Ed. UFLA, 2006. 626 p.

PACHECO, L. P.; BARBOSA, J. M.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; de ASSIS, R. L.; MADARI, B. E.; PETTER, F.A. Produção e ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura nas culturas de arroz de terras altas e de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1787-1800, 2011.

PACHECO, L. P.; BARBOSA, J. M.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; de ASSIS, R. L.; MADARI, B. E.; PETTER, F.A. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura e produtividade de soja e arroz em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.9, p.1228-1236, set. 2013 DOI: 10.1590/S0100-204X2013000900006

QUEIROZ, F. A. Impactos da sojicultura de exportação sobre a biodiversidade do Cerrado. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 21 (2): 193-209, ago. 2009

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A.; GUIMARÃES, P. T. G.; MELO, L. C. A.; JUNIOR, A. C. de O. Carbono Orgânico e Nitrogênio Total do Solo e suas relações com os espaçamentos de plantio de cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:2051-2059, 2008.

ROS, C.O.; SALET, R.L.; PORO, R.L.; MACHADO, J.N.C. Disponibilidade de nitrogênio e produtividade de milho e trigo com diferentes métodos de adubação nitrogenada no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.33, p.799-804, 2003.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013a. 353 p.

SILVA, P. C. G.; FOLONI, J. S. S.; FABRIS, L. B.; TIRITAN, C. S. Fitomassa e relação C/N em consórcios de sorgo e milho com espécies de cobertura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, n.1, p.1504-1512, 2009.

SOUZA, W. J. O.; MELO W. J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 885-896, 2000.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Embrapa Informação Tecnológica. 2004, p.129-145.

SPERA, S. T.; DOS SANTOS, H. P.; TOMM, G. A.; KOCHANN, R. A.; ÁVILA, A. Efeitos do sistema de manejo de solo e de rotação de culturas na fertilidade do solo, após vinte anos. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.441-454, 2008.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeito do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.395-401, 2001.

ZIMMERMANN, C. L. Monocultura e Transgenia: Impactos Ambientais e Insegurança Alimentar. **Veredas do Direito**, Belo Horizonte, ž v.6 ž n.12 ž p.79-100, Julho-Dezembro de 2009.

Atributos microbiológicos, carbono total e produção de palhada em sistema de plantas de cobertura na entressafra da cultura da soja.

[Pesquisa Agropecuária Brasileira]

Resumo

Devido à importância econômica da cultura da soja, a sua produção tem sido realizada em sistemas baseados na aplicação de altas tecnologias visando o aumento de produtividade, gerando com isso sistemas com monoculturas em extensas áreas, que atendem poucos critérios ambientais e utilizam práticas que causam grandes impactos negativos sobre o ambiente, principalmente sobre o solo. Para atenuar esse quadro, o cultivo de plantas de cobertura tem se mostrado como uma alternativa para a diversificação de espécies nos sistemas de produção de soja e dessa maneira é necessário mensurar a eficiência da inserção de espécies vegetais no sistema de cultivo sobre a qualidade microbiológica do solo. O objetivo da presente pesquisa foi avaliar a influência de sistemas de manejo, com o cultivo de diferentes plantas de cobertura na entressafra da cultura da soja, sobre os teores de carbono total, carbono da biomassa microbiana, atividade enzimática da β -glicosidase, diversidade metabólica e produção de palhada. A pesquisa foi realizada na safra 2016/2017, após 8 meses plantio das plantas de cobertura que foram implantadas em fevereiro/2016, em área pertencente a Fundação Rio Verde, no município de Lucas do Rio Verde – MT. O experimento foi conduzido no delineamento de blocos ao acaso com 11 tratamentos e 3 repetições. Os tratamentos avaliados foram: 1, soja+pousio (SP); 2, soja+pousio+revolvimento (SPR); 3, soja+milho (SM); 4, soja+milho/adubação a lanço (SML); 5, soja+milho+crotalária (SMC); 6, soja+milho+braquiária (SMB); 7, soja+braquiária (SB); 8, soja+crotalária (SC); 9, soja+braquiária+crotalária (SBC); 10, soja+milheto (SMi) e 11, soja+braquiária+crotalária+milheto+nabo (SCoq). A coleta de solo para as análises químicas, microbiológicas e de produção de palhada ocorreram em dezembro/2016 no período de florescimento da cultivar de soja TMG 8817. Os tratamentos não tiveram efeito significativo sobre a atividade da enzima β -glicosidase, a diversidade metabólica e o teor de carbono total do solo. No entanto, o carbono da biomassa foi maior nos tratamentos SBC, SC e SMi, enquanto a produção de palhada apresentou maiores médias para os tratamentos que continham em sua composição a braquiária.

Palavras-chave: *Glycine max* . ciclo do carbono. sucessão de culturas.

Microbiological attributes, total carbon and straw production in a cover crop system in the soybean crop off season

Abstract

The economic importance of soybean cultivation has resulted in production systems based on the application of high technologies and increased productivity, generating systems with monocultures in extensive areas that meet few environmental criteria and use practices that cause great negative impacts on the environment, mainly on the soil. To mitigate this situation, the cultivation of cover crops has been shown to be an alternative for the diversification of species in soybean production systems and, therefore, it is necessary to measure the efficiency of the insertion of plant species in the cultivation system on the microbiological quality of ground. The objective of the present study was to evaluate the influence of different management systems with the cultivation of different cover crops in the soybean crop off-season on total carbon, microbial biomass carbon, β -glucosidase enzymatic activity, metabolic diversity and straw production. The research was carried out in the 2016/2017 harvest, one year after the effect of the cover plants that were implanted in february/2016, in an area belonging to the Rio Verde Foundation, in the municipality of Lucas do Rio Verde – MT. The experiment was conducted in a randomized complete block design with 11 treatments and 3 replicates. The treatments evaluated were: 1,soybeans + fallow; 2, soybeans + fallow +stirring; 3, soybeans+corn; 4 soybeans+corn /single furrow; 5 soybeans+corn+crotalaria; 6 soybeans+corn+ brachiaria; 7 soybeans+ brachiaria; 8 soybeans+crotalaria; 9 soybeans+ brachiaria +crotalaria; 10 soybeans+ millet; 11 soybeans+ brachiaria +crotalaria+ millet+turnip. The plant species used in the treatments are: soybean, corn, crotalaria, brachiaria, millet, forage turnip. Soil collection for the chemical, microbiological and straw formation analyzes occurred in December/2016 during the flowering period of soybean cultivar TMG 8817. The activity of the β -glucosidase enzyme, the metabolic diversity and the total carbon content of the soil, did not change significantly with the effect of the cover plants, the biomass carbon was higher in the SBC, SC and SMi treatments, while the production of Was higher for the treatments that contained the brachiaria.

Key-words: *Glycine max.* carbon cycle. crop succession.

INTRODUÇÃO

Devido à importância econômica da cultura da soja, a sua produção tem resultado na aplicação de altas tecnologias visando o aumento de produtividade, gerando com isso sistemas com monoculturas em extensas áreas que atendem poucos critérios ambientais e utilizam práticas que causam grandes impactos negativos sobre o ambiente, principalmente sobre o solo de cultivo (Zimmermann, 2009; Domingues & Bermann, 2012).

Em contrapartida, nos últimos anos tem aumentado a preocupação dos agricultores em aliar o cultivo desta oleaginosa com práticas conservacionistas que contribuam para a melhoria da qualidade do solo, como a inserção de um maior número de espécies vegetais nas áreas de cultivo. No entanto, devido à grande importância econômica dessa cultura ainda não é possível implantar a rotação de culturas na safra principal ficando o período de segunda safra como uma opção para diversificação de espécies vegetais, atenuando assim o efeito negativo da monocultura nos sistemas de produção de soja.

A diversidade de culturas e as características de cada espécie vegetal que são dispostas nas áreas de cultivo influenciam na manutenção dos resíduos vegetais e na biomassa microbiana, desta maneira, práticas de manejo que aumentam o conteúdo total de matéria orgânica, aumentam também a biomassa e a atividade dos micro-organismos do solo (Embrapa, 2016). Segundo Ciotta et al. (2003) em solos tropicais e subtropicais, a matéria orgânica apresenta uma estreita relação com as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, sendo o manejo sustentável da matéria orgânica do solo fundamental à manutenção da capacidade produtiva do solo em longo prazo.

Para mensurar a eficiência da inserção de espécies vegetais no sistema de cultivo sobre a qualidade microbiológica do solo, tem-se usado alguns indicadores, como os teores de carbono total e da biomassa microbiana, atividade enzimática e diversidade metabólica. Os teores de C total (CT) e C da biomassa microbiana (CBM) são indicadores que contém o complexo de transformações de toda a fração orgânica do solo, que atua como reservatório de nutrientes. Esses parâmetros também são utilizados para avaliar mudanças nos aspectos biológicos do solo em função de seu uso (Theodoro et al., 2003; Rangel et al., 2008).

A atividade enzimática do solo está relacionada com a decomposição da matéria orgânica e teores de nutrientes disponíveis para serem absorvidos pelas plantas. Segundo Evangelista et al. (2012), enzimas importantes para a ciclagem de nutrientes são aquelas responsáveis pela quebra dos constituintes da matéria orgânica e sua decomposição, como a enzima β -glicosidase, que está ligada a decomposição da celulose (Passos et al., 2008).

A Diversidade funcional ou perfil metabólico da comunidade microbiana (DMet) pode ser mensurada pelo estudo do padrão do uso de diferentes substratos de C pela comunidade microbiana e está relacionada ao número de espécies de

bactérias presentes no solo, quanto maior sua diversidade, maior a estabilidade do ecossistema, este indicador é conhecido por apresentar um efeito tampão contra alterações ambientais naturais ou antrópicas (Mendes & Junior, 2004; Chavéz et al., 2011).

Perante ao exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar a influência de sistemas de manejo do solo, com o cultivo de diferentes plantas de cobertura, na entressafra da cultura da soja, sobre os teores de CT, CBM, atividade enzimática da β -glicosidase, DMet e produção de palhada.

MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi desenvolvida a partir da coleta de amostras de solo e palhada em área experimental pertencente à Fundação de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico Rio Verde (Fundação Rio Verde), localizada no município de Lucas do Rio Verde – MT, entre as coordenadas 13°00'27" S - 55°58'07" W e 12°59'34" S - 55°57'50" W, estando à 387 m de altitude do nível do mar, cujo solo do local é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, distrófico de textura argilosa (SANTOS et al., 2013).

O clima da região onde o experimento está localizado é classificado segundo Köppen (1948) como, tipo Aw, com precipitação média anual de 1.200 a 1.800 mm e temperatura média anual entre 25 °C. Os dados de precipitação e temperatura para a região do experimento no período, de outubro de 2016 a março de 2017, estão apresentados na Figura 1.

O histórico de cultivos anteriores da área baseia-se no cultivo convencional de soja (*Glycine max*) sucedido pela cultura do milho (*Zea mays*) nos últimos 15 anos e uma operação de subsolagem na área total do experimento na safra 2013/2014. A área experimental foi implantada na safra de 2015/2016 com o cultivo da cultura da soja em primeira safra e os diferentes sistemas de manejo das plantas de cobertura semeadas após a colheita da soja em março/2016.

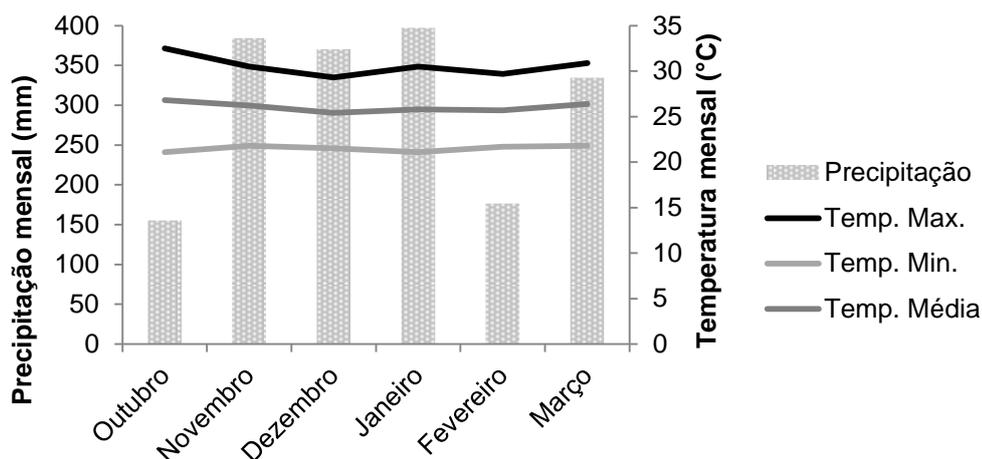


Figura 1. Precipitação (mm) e temperatura (°C) do período de outubro de 2016 a março de 2017 na área experimental da Fundação Rio Verde, município de Lucas do Rio Verde – MT.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, possuindo 11 tratamentos constituídos de diferentes estratégias de manejo de cobertura do solo na entressafra da cultura da soja, com três repetições, totalizando 33 parcelas. As parcelas apresentavam a dimensão de 11,25 metros de largura por 30 metros de comprimento, compostas por 25 linhas espaçadas por 0,45 m. A área útil de cada parcela foi composta pelas 19 linhas centrais excluindo 2 metros em ambas as extremidades de cada lado da parcela.

As espécies vegetais utilizadas na composição dos tratamentos foram: soja (*Glycine max*), milho (*Zea mays*), Crotalária (*Crotalaria spectabilis*), Braquiária (*Brachiaria decumbens*), Milheto (*Pennisetum glaucum*), Nabo forrageiro (*Raphanus sativus*).

Os 11 tratamentos avaliados foram: 1, soja+pousio (SP); 2, soja+pousio+revolvimento (SPR); 3, soja+milho (SM); 4, soja+milho/adubação a lanço (SML); 5, soja+milho+crotalária (SMC); 6, soja+milho+braquiária (SMB); 7, soja+braquiária (SB); 8, soja+crotalária (SC); 9, soja+braquiária+crotalária (SBC); 10, soja+milheto (SMi) e 11, soja+braquiária+crotalária+milheto+nabo (SCoq).

Após a dessecação (Glifosato WG/1,5 kg ha⁻¹), o plantio da soja foi realizado no dia 15/10/2016, utilizando a variedade TMG 8817, no espaçamento de 0,45 entre linhas e densidade de 12 plantas por metro linear. As adubações para a soja e plantas de cobertura foram realizadas conforme necessidade das culturas com base em análises de solo (Souza & Lobato, 2004).

Para a caracterização química do solo dos tratamentos (Tabela 2), foi feita a coleta de solo no mês de outubro de 2016 e as análises químicas foram realizadas de acordo com a metodologia da Embrapa (1997).

Tabela 2. Resultados da análise química de amostras de solo, coletadas na camada de 0-0,20 m de profundidade, nas parcelas dos sistemas de estratégia de manejo de cobertura do solo na entressafra da cultura da soja na Fundação Rio Verde, no ano de 2016.

Sistemas de manejo*	pH	P mg.dm ⁻³	K mg.dm ⁻³	Ca cmol _c .dm ⁻³	Mg cmol _c .dm ⁻³	V %	CTC cmol _c .dm ⁻³
SP	5,0	29,8	66,0	2,0	0,3	37	6,67
SPR	5,2	19,8	56,0	2,4	0,3	40	7,04
SM	5,0	22,2	64,0	2,0	0,3	37	6,66
SML	5,2	14,4	48,0	2,5	0,4	42	7,22
SMC	5,1	14,7	56,0	2,4	0,4	41	7,14
SMB	5,1	43,6	103,0	1,8	0,3	36	6,56
SB	5,2	13,6	122,0	2,0	0,4	39	6,91
SC	5,2	13,6	58,0	2,4	0,4	41	7,15
SBC	5,2	19,5	66,0	2,3	0,4	41	7,07
SMi	5,0	26,7	55,0	2,0	0,3	37	6,64
SCoq	5,1	14,6	65,0	2,9	0,3	37	6,67

*SP (Soja+Pousio); SPR (Soja+Pousio/Revolvimento); SM (Soja+Milho); SML (Soja+Milho/adubação a lanço); SMC (Soja+Milho+Crotalária); SMB (Soja+Milho+Braquiária); SB (Soja+Braquiária); SC (Soja+Crotalária); SBC (Soja+Braquiária+Crotalária); SMi (Soja+Milheto) e SCoq (Soja+ Braquiária + Crotalária + Milheto + Nabo).

As amostras de solo para as análises microbiológicas foram coletadas na safra 2016/2017, durante a condução da cultura da soja, com a intenção de se verificar o efeito dos tratamentos sobre a atividade microbiana do solo.

As coletas das amostras para as análises microbiológicas do solo foram realizadas no período de florescimento da cultura da soja, no dia 23/12/2016. Foram coletadas 10 amostras simples na entre linha de cultivo de cada parcela, na camada de 0-0,10 m de do solo, para a formação de 1 amostra composta. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em caixa térmica e encaminhadas ao laboratório do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT) *Campus* Campo Novo do Parecis, onde passaram por homogeneização em peneira (malha 4 mm), e em seguida foram armazenadas em câmara fria.

Os teores de C total foram determinados de acordo com o método de Pregl-Dumas, utilizando 20 mg da amostra de solo empacotada em cápsula de estanho que sofreu combustão em uma atmosfera de oxigênio puro, e os gases resultantes dessa combustão foram quantificados em um detector TCD (detector de condutividade térmica) (LECO CNH-628).

O carbono da biomassa microbiana (CBM) foi quantificado segundo método de Vance, Brookes & Jenkinson (1985). Após a fumigação ou não do solo com clorofórmio isento de álcool, a extração de C das amostras foi realizada com uma solução com $43,6 \text{ g L}^{-1}$ de K_2SO_4 , na proporção de 1:4 (solo:solução; massa:volume), sob agitação, a 175 rpm, por 60 minutos, centrifugado por 10 minutos a 2.500 rpm e filtração em papel qualitativo. A determinação do C foi realizada por colorimetria, segundo Keeney & Nelson (1982). O C-microbiano foi calculado pela equação C-microbiano = $\text{EN}/0,54$, em que EN é a diferença entre o C extraído das amostras fumigadas e das não fumigadas (Brookes et al., 1985).

Para a determinação da atividade da enzima beta-glicosidase utilizou-se a metodologia proposta por Tabatabai (1994), por meio de colorimetria do *p*-nitrofenol, liberado pela enzima, submetendo o solo à incubação em substrato específico (*p*-nitrofenil-beta-D-glicopironosídeo).

A diversidade metabólica da comunidade bacteriana foi determinada com o uso da técnica descrita por Di Salvo & Salamone (2012), utilizando-se 50 μl da diluição 10^{-4} e em cada poço da microplaca foi adicionado 100 μL de meio basal, 50 μL de violeta de tetrazólio (corante indicador redox) e 50 μL da fonte de carbono. Foi realizada, a cada 24 horas, leitura em espectrofotômetro leitor de microplacas a 590 nm.

As microplacas foram compostas por 22 fontes de C mais um controle, dispostos em triplicata. Os valores de absorvância foram diminuídos do controle, e os valores negativos foram considerados como zero. Para minimizar possíveis efeitos de diferença de inóculo entre as amostras, os dados obtidos de cada placa foram normalizados pela divisão dos valores brutos de absorvância de cada poço pelo AWCD (Average Well-color Development) que indica o desenvolvimento médio de cores perfeitas (Garland & Mills, 1991). Com esses dados foi calculado o índice de diversidade de Shannon (H), de acordo com Zak et al. (1994). O valor H compreende tanto a riqueza de substratos como a intensidade com que as fontes de C são utilizadas pela microbiota do solo.

A coleta da palhada, para determinação da massa seca, foi realizada com o auxílio de um quadro demarcador, com as dimensões de 0,30 m por 0,30 m, em quatro pontos aleatórios dentro de cada parcela experimental, perfazendo uma área de 3.600 cm^2 . A palhada coletada foi colada em sacos de papel tipo Kraft e levadas para secar em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 65 °C até atingir

peso constante, os dados obtidos foram convertidos para toneladas por hectare ($t\ ha^{-1}$).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando do software R (2016), versão 3.3.0. em que utilizou-se análise de variância por meio do teste F. Para se verificar as pressuposições da análise de variância foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov para normalidade dos erros, teste auxiliar de Oneillmathews para homogeneidade da variância e o teste Durbin-Watson para independência dos erros. Quando significativo a comparação de médias para sistemas de produção foi realizada por meio Scott-Knott.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos após o primeiro ano de cultivo de diferentes plantas de cobertura na entressafra da cultura da soja, indicaram que, independente da espécie adicionada ou da modalidade de cultivo (solteiro, consórcio ou coquetel), não houve diferença significativa entre os tratamentos ($p>0,05$) para CT (Figura 2) para atividade da enzima β -glicosidase (Figura 3) e DMet (Figura 4). Esse resultado, pode ter ocorrido em virtude do pouco tempo de instalação do experimento, não sendo possível ainda detectar o impacto das plantas de cobertura nessas variáveis.

Neste sentido, alguns estudos permitiram verificar que a maior diversidade de plantas e a adição de plantas de cobertura aumentam as funções do solo, e que seus efeitos somente são verificados após longo tempo de estudo (McDaniel et al., 2014; Lange et al., 2015; Tiemann, et al., 2015) e são necessários no mínimo três anos de instalação para que as mudanças sejam percebidas (McDaniel et al., 2014). Carvalho et al. (2009) também relatam que acúmulo de C, ocorre muito lentamente no solo, que leva cerca de 10 a 15 anos para se tornar expressivo.

Outro fator a ser observado para os teores de CT (Figura 2), é que anterior a implantação desse experimento foi realizada a operação de subsolagem em área total, e segundo Amado et al. (2012), a mobilização do solo acarreta perdas expressivas de C do solo. Nesse mesmo estudo, esses autores constataram que após a perda de C pela mobilização, os teores de C e Nitrogênio (N) somente tiveram alguma alteração após o período de 4 anos de adoção dos tratamentos.

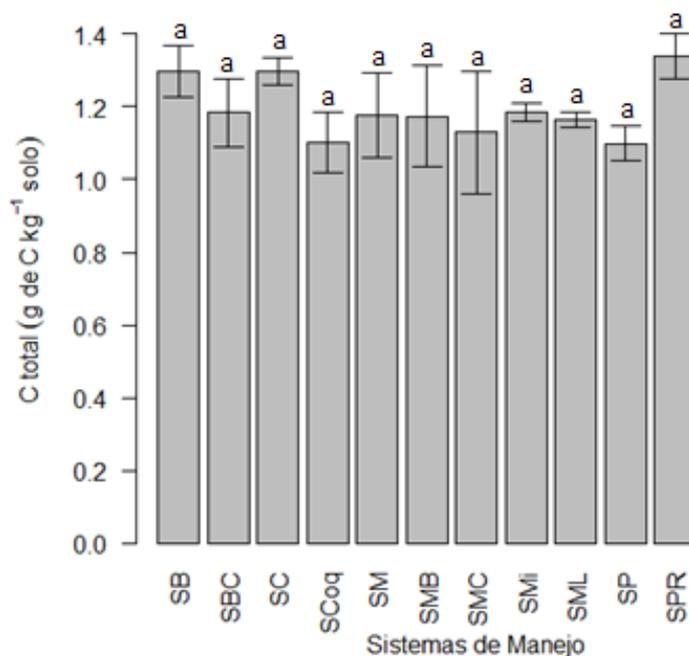


Figura 2. Teor de Carbono Total na camada de 0-0,10 m de solo no estágio de floração da cultivar de soja TMG 8817 em função de diferentes sistemas de manejo de plantas de cobertura na entressafra da cultura da soja. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). SB (Soja+Braquiária); SBC (Soja+Braquiária+Crotalária); SC (Soja+Crotalária); SCoq (Soja+ Braquiária+Crotalária+Milheto+Nabo); SM (Soja+Milho); SMB (Soja+Milho+Braquiária); SMC (Soja+Milho+Crotalária); SMi(Soja+Milheto); SML (Soja+Milho/adubação a lanço); SP (Soja+Pousio); SPR (Soja+Pousio/Revolvimento).

A não existência de diferença entre os tratamentos em relação à atividade enzimática do solo, conforme verificado na Figura 3, pode ter ocorrido devido ao pouco tempo de condução da pesquisa, pois, Evangelista et al. (2012), ao avaliarem a atividade da enzima β -glicosidase em solo cultivado com cana de açúcar, por 9 anos, atribuíram a maior atividade dessa enzima ao sistema de cultivo orgânico sem o revolvimento do solo, devido as adubações orgânicas, aporte de material proveniente da colheita e decomposição lenta da palhada. Em relação à decomposição da palhada, um fator a ser observado é que o período em que o presente estudo foi realizado, no estado de Mato Grosso ocorre normalmente alto índice pluviométrico e altas temperaturas (Figura 1), o que dificulta a permanência de material orgânico na superfície do solo.

Em estudo realizado por Passos et al. (2008), foi constatado que a atividade da enzima β -glicosidase está relacionada a maiores quantidades de matéria orgânica depositada no solo, neste caso a adubação orgânica utilizada foi a cama-de-frango. Essa constatação deve-se ao fato de que a enzima β -glicosidase é responsável pela etapa final de decomposição da celulose, atuando no processo de hidrólise dos resíduos de celobiose (Tabatabai,1994).

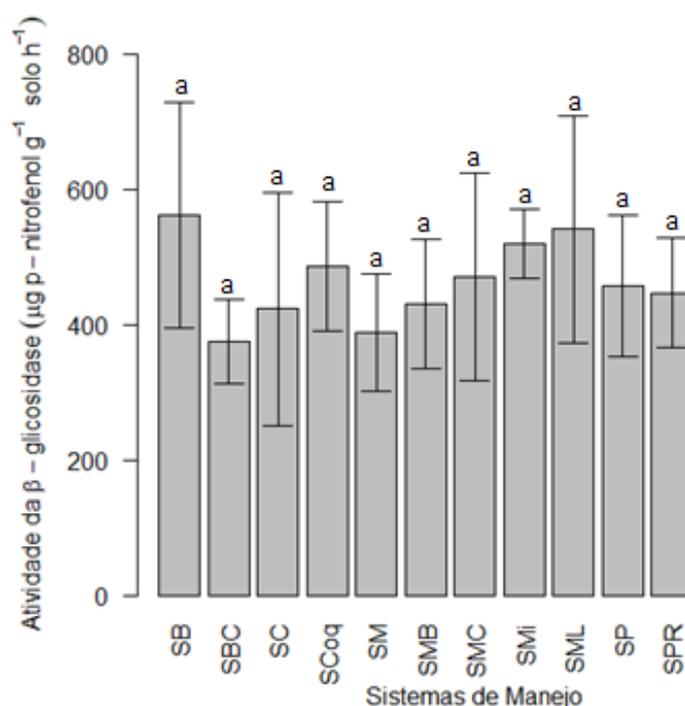


Figura 3. Atividade da enzima β -glicosidase na camada de 0-0,10 m de solo no estágio de floração da cultivar de soja TMG 8817 em função de diferentes sistemas de manejo de plantas de cobertura na entressafra da cultura da soja. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$). SB (Soja+Braquiária); SBC (Soja+Braquiária+Crotalária); SC (Soja+Crotalária); SCoq (Soja+ Braquiária+Crotalária+Milheto+Nabo); SM (Soja+Milho); SMB (Soja+Milho+Braquiária); SMC (Soja+Milho+Crotalária); SMi(Soja+Milheto); SML (Soja+Milho/adubação a lanço); SP (Soja+Pousio); SPR (Soja+Pousio/Revolvimento).

A DMet da comunidade microbiana de um solo é analisada a partir da comparação dos perfis de resposta com base em um padrão de utilização de diferentes fontes de C. O índice de diversidade de Shannon (H) varia em uma escala de 0 a 4, e indica maior diversidade em amostras com maior variedade de utilização de diferentes fontes de C (Zak, et al., 1994; Chavéz et al., 2011; Embrapa, 2014).

Os valores observados na presente pesquisa variaram de 2,93 a 3,0 indicando valores elevados para DMet para os tratamentos, o que pode ser atribuído ao período de coleta das amostras de solo, que foi no florescimento da cultura da soja (Figura 4) e segundo estudo realizado pela Embrapa (2015) o pico máximo de atividade metabólica das comunidades microbianas coincide com a fase de florescimento das culturas.

Valores semelhantes de índice H para a DMet foram observados por Souza et al. (2012) quando estes autores avaliaram comunidades bacterianas em Latossolo de cerrado sob vegetação nativa (2,98), cultivado em sistema de rotação soja/milho sob preparo convencional (3,25) e plantio direto (3,22) e milho/soja sob preparo convencional (3,20) e plantio direto (3,23), cuja coleta das amostras de solo também foram realizadas na época do florescimento das culturas.

Lisboa et al. (2012), avaliando a diversidade metabólica de um Argissolo cultivado em três sistemas, pousio no inverno e duas rotações de culturas, por 8 anos, também não observaram diferenças significativas para a DMet, concordando com o verificado na presente pesquisa (Figura 4). Chavéz et al. (2011) avaliando a diversidade metabólica em solo sob sistema de integração lavoura-pecuária, em plantio direto e diferentes intensidades de pastejo, observaram que a diversidade foi maior em intensidades moderadas de pastejo da aveia- preta+azevém, relacionando o corte da parte aérea das pastagens ao aumento de exsudação de compostos orgânicos pelas raízes com consequente aumento da atividade microbiana pela utilização do C como fonte energética.

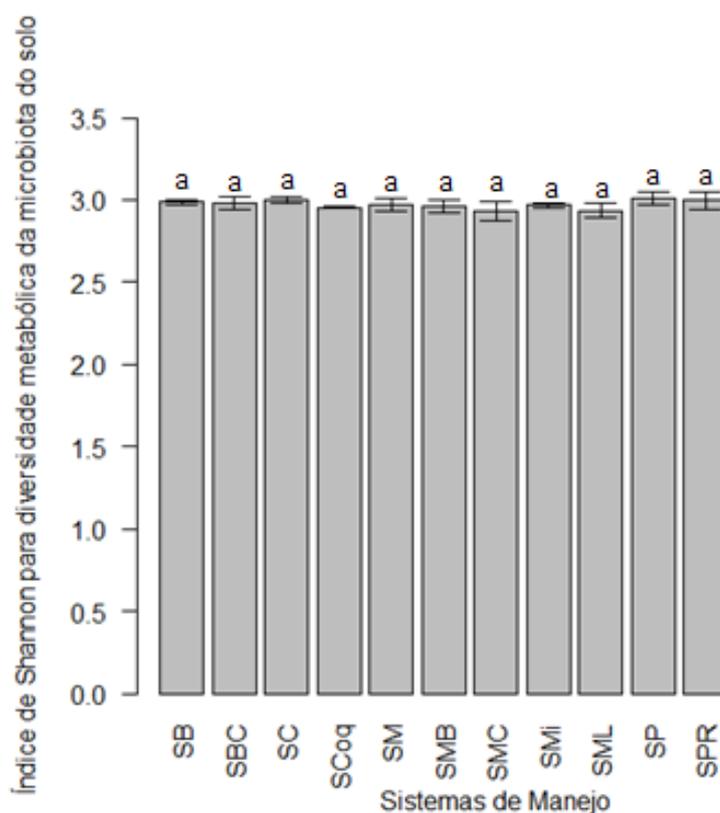


Figura 4. Índice de diversidade de Shannon para DMet da microbiota do solo na camada de 0-0,10 m de solo no estágio de floração da cultivar de soja TMG 8817 em função de diferentes sistemas de manejo de plantas de cobertura na entressafra da cultura da soja. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). SB (Soja+Braquiária); SBC (Soja+Braquiária+Crotalária); SC (Soja+Crotalária); SCoq (Soja+Braquiária+Crotalária+Milheto+Nabo); SM (Soja+Milho); SMB (Soja+Milho+Braquiária); SMC (Soja+Milho+Crotalária); SMi (Soja+Milheto); SML (Soja+Milho/adubação a lanço); SP (Soja+Pousio); SPR (Soja+Pousio/Revolvimento).

Constatou-se neste estudo que os teores de CBM se diferenciaram em dois grupos ($p < 0,05$) (Figura 5). O primeiro grupo ficou constituído do sistema de manejo SBC, SC, SMi e o segundo grupo SB, SCoq, SM, SMB, SMC, SML juntamente com os sistemas de manejo sem o cultivo de plantas de cobertura SP e com revolvimento do solo SPR.

De maneira geral o CBM é sensível às mudanças provocadas pela adição de plantas de cobertura e por isso é normalmente usado para indicar alterações iniciais na ciclagem de nutrientes e na dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS), o que não pode ser detectado por meio do teor de C total (Joergensen et al., 1995).

Os maiores níveis de CBM nos tratamentos com presença das leguminosas pode ser explicado pela relação C/N das plantas de cobertura. Isso porque microrganismos são constituídos por cerca de 55% de C e 13% de N, então resíduos que apresentam uma relação 30/1 são adequados por ser a proporção em que os microrganismos absorvem esses nutrientes, enquanto as gramíneas em média apresentam uma relação 60/1, o que dificulta a imobilização do C pelos microrganismos (Cardoso & Andreote, 2016). Esse fato também explica os maiores níveis de CBM para o tratamento SMi, pois o milho apresenta uma relação C/N de 30/1 (Alvarenga et al., 2008).

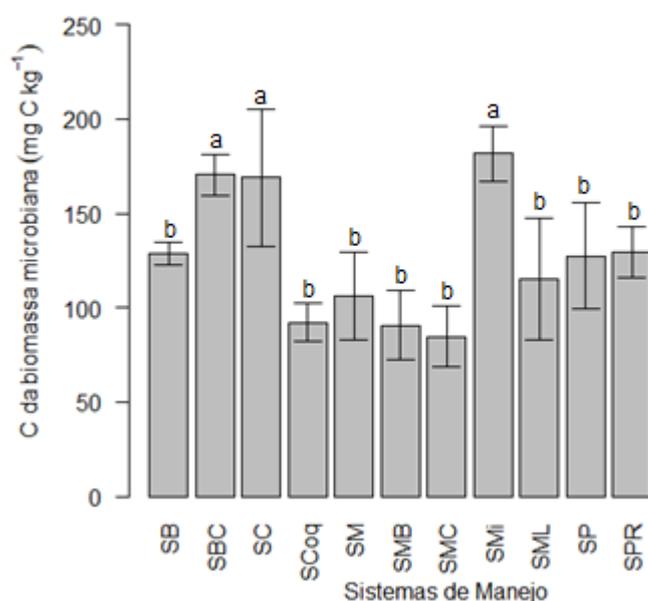


Figura 5. Carbono da biomassa microbiana na camada de 0-0,10 m de solo no estágio de floração da cultivar de soja TMG 8817 em função de diferentes sistemas de manejo de plantas de cobertura na entressafra da cultura da soja. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). SB (Soja+Braquiária); SBC (Soja+Braquiária+Crotalária); SC (Soja+Crotalária); SCoq (Soja+ Braquiária+Crotalária+Milheto+Nabo); SM (Soja+Milho); SMB (Soja+Milho+Braquiária); SMC (Soja+Milho+Crotalária); SMi (Soja+Milheto); SML (Soja+Milho/adubação a lanço); SP (Soja+Pousio); SPR (Soja+Pousio/Revolvimento).

Nesse estudo, a presença da crotalária nos tratamentos SBC e SC evidencia que essa espécie possui elevada capacidade de fixação do N₂ atmosférico e baixa relação C/N, apresentando resíduos que se decompõe mais rapidamente e favorecem a assimilação de C pela biomassa microbiana. Portanto, a fixação

biológica de N é um dos principais impulsionadores da produtividade primária e do sequestro de C no solo e como a maioria das gramíneas são limitadas quanto à capacidade de realizar a fixação biológica de N, as leguminosas são responsáveis por esse processo (Lambers et al., 2004; Fornara & Tilman 2008; Fornara et al., 2013).

Na produção de palhada ($p < 0,05$) (Figura 6) o sistema solteiro SB apresentou uma produção de $9,6 \text{ ton ha}^{-1}$, enquanto os sistemas em consórcio SBC e SMB tiveram uma produção de $8,54 \text{ ton ha}^{-1}$ e $6,4 \text{ ton ha}^{-1}$, respectivamente. Para os demais sistemas de manejo, a produção de palhada ficou entre 4 e 5 ton ha^{-1} , enquanto que para os sistemas sem o cultivo de plantas de cobertura SP e com revolvimento do solo SPR os níveis de produção de palhada foram de $1,0$ e $3,0 \text{ ton ha}^{-1}$ respectivamente.

Observou-se neste estudo, que todos os sistemas que apresentaram maiores quantidades de resíduo vegetal continham pelo menos uma gramínea na segunda safra, com destaque para a braquiária. Isso ocorre porque, a fisiologia das gramíneas (plantas C4) garante desempenho constante em temperaturas que variando de $10-40 \text{ }^\circ\text{C}$, apresentam também melhor gerenciamento da abertura estomática, o que possibilita maior desenvolvimento em baixa umidade, assim essas plantas também são mais eficientes na velocidade de ciclagem de nutrientes. Constatações similares foram realizadas por (Torres et al., 2005; Fabian 2009 e Monteiro et al., 2002). Destaca-se ainda, que a espécie de braquiária (*Brachiaria decumbens*) cultivada nesse experimento é caracterizada principalmente pela tolerância seca (Carvalho et al., 2006).

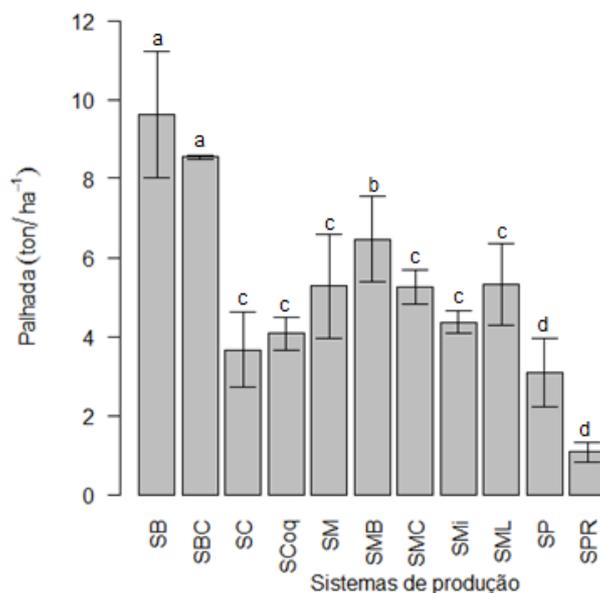


Figura 6. Produção de palhada no estágio de floração da cultivar de soja TMG 8817 em função de diferentes sistemas de manejo de plantas de cobertura na entressafra da cultura da soja. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). SB (Soja+Braquiária); SBC (Soja+Braquiária+Crotalária); SC (Soja+Crotalária); SCoq (Soja+Braquiária+Crotalária+Milheto+Nabo); SM (Soja+Milho); SMB (Soja+Milho+Braquiária); SMC (Soja+Milho+Crotalária); SMi (Soja+Milheto); SML (Soja+Milho/adubação a lanço); SP (Soja+Pousio); SPR (Soja+Pousio/Revolvimento).

Barbosa et al. (2011) avaliando diferentes espécies vegetais (sorgo granífero, crotalária, milheto e braquiário) semeadas em duas épocas e uma área em pousio, com a cultura da soja em sucessão, no Sistema Plantio Direto, observaram melhor desempenho das gramíneas para as duas épocas de semeadura, com destaque para a produção de massa seca da braquiária quando cultivada no mês de março e milheto cultivado no mês de abril.

A produção intermediária de resíduos nos sistemas com crotalária e milheto é explicada pela baixa precipitação ocorrida no período da seca. Diversas pesquisas também constataram essa redução do resíduo vegetal do milheto e crotalária quando semeados no inverno, período seco. (Nunes et al., 2006; Meschede et al., 2007; Crusciol e Soratto, 2007).

CONCLUSÃO

O primeiro ano de cultivo de diferentes plantas de cobertura semeadas na entressafra da cultura da soja não provocou alterações no C Total do solo, a DMet e a atividade da enzima β -glicosidase.

O cultivo de crotalária em sistema solteiro ou consorciado com a braquiária e o milho solteiro na entressafra contribuíram para o aumento do CBM do solo.

A braquiária mostrou-se a espécie de cobertura vegetal mais eficiente na produção de resíduo vegetal na entressafra da soja quanto cultivada no sistema solteiro SB, e consorciada SBC e SMB.

AGRADECIMENTOS

A Fundação Rio Verde pela parceria essencial para a realização desta pesquisa.

Ao IFMT pelo suporte físico para realização das análises laboratoriais.

A Fundação de Amparo à Pesquisa de Mato Grosso (FAPEMAT) pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C.; VIANA, J. H. M. **Cultivo do Milho**. Embrapa Milho e Sorgo, Sistema de Produção, ISSN 1679-012X, Versão Eletrônica - 7ª edição, 2011.

AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p.189-197, 2001.

ANDREOLA, F.; FERNANDES, S. A. P. A Microbiota do Solo na Agricultura Orgânica e no Manejo das Culturas In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. (Org.). **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2007.

ASSIS JÚNIOR, S. L.; ZANUNCIO, J. C.; KASUYA, M. C. M.; COUTO, L. MELIDO, R. C.N. Atividade microbiana do solo em sistemas agroflorestais, monoculturas, mata natural e área desmatada. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.1, p.35-41, 2003.

BARBOSA, C. E. M.; LAZARINI, E.; PICOLI, P. R. F.; FERRARI, S. Plantas de cobertura em região de inverno seco para semeadura direta de soja. **Científica**, Jaboticabal, v.39, n.1/2, p.52-64, 2011.

- BLAINSKII E.; TORMENAI, C. A.; FIDALSKII, J.; GUIMARÃES, R. M. L. Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, 2008.
- BRAGA, R. R.; SILVA, D. V.; FERREIRA, E. A.; PEREIRA, G. A. M.; BIBIANO, C. S.; MENDES, G. A.; SANTOS, J. B.; DIAMANTINA, S. S.; MATOS, C. C. Atividade microbiana do solo, controle de plantas daninhas e crescimento da mandioca após a aplicação de herbicidas. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 30, n. 4, p. 1050-1058, Jul/Ago. 2014.
- BREMNER, J. M.; MULVANEY, C. S. **Methods of soil analysis, part 2 chemical and microbiological properties**, 595-624, 1982.
- BROOKES, P. C.; LANDMAN, A.; PRUDEN, G.; JENKINSON, D. S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 17, p. 837-842, 1985.
- CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do Solo** [recurso eletrônico]. Piracicaba: ESALQ, 2016, p. 221. DOI: 10.11606/9788586481567
- CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D. DE; REIS, E. F. DOS; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, R. DE. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:147-157, Viçosa, 2009.
- CARVALHO, F. G.; BURITY, H. A.; SILVA, V. N. da.; SILVA, L. E. de S. F. da.; SILVA, A. J. N. da. Produção de matéria seca e concentração de macronutrientes em *Brachiaria decumbens* sob diferentes sistemas de manejo na Zona da Mata de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.36, n. 2, p.101-106, 2006.
- CARVALHO, W. P. DE; CARVALHO, G. J. DE; NETO, D. DE O. A.; TEIXEIRA, L. G. V. Desempenho agrônomo de plantas de cobertura usadas na proteção do solo no período de pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.2, p.157-166, fev. 2013.
- CARVALHO, J.L.N.; CERRI, C.E.P.; FEIGL, B.J.; PICOLLO, M.C.; GODINHO, V.P. & CERRI, C.C. Carbon sequestration in agricultural soils in the Cerrado region of the Brazilian Amazon. **Soil Tillage Res.**, 103:342-349, 2009.
- CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; ERNANI, P. R.; ALBUQUERQUE, J. A. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. **Ciência Rural** vol.33, nº6, Santa Maria Nov./Dez. 2003.
- CIVIDANES, F. J.; YAMAMOTO, T. Pragas e inimigos naturais na soja e no milho em sistemas diversificados. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.59, n.4, p.683-687, out/dez. 2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. ISSN: 2318-6852, Brasília, DF, CONAB, janeiro, 2016.

CHÁVEZ L. F.; ESCOBAR, L. F.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; MEURER, E. J. Diversidade metabólica e atividade microbiana no solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob intensidades de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1254-1261, out. 2011.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; CONTE, O. **Diversificação de espécies vegetais como fundamento para a sustentabilidade da cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 60 p. (Documentos, 366).

DI SALVO, L. P.; GARCIA DE SALAMONE, I. E. Laboratory standardization of an economical and reliable technique to evaluate physiological profiles of soil microbial communities (CLPP). **Ecología Austral**, v. 22, p. 129-136, 2012.

DOMINGUES, M. S.; BERMANN, C. O arco de desflorestamento na Amazônia: Da pecuária a soja. **Sociedade e Ambiente**, São Paulo, v. XV, n. 2, p. 1-22, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2003**. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/SojaCentralBrasil2003/rotacao.htm>> Acesso em: 09 de novembro de 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. **Sistema de plantio direto: microorganismos**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/sistema_plantio_direto/arvore/CONT00fwuzxobq02wyiv807fiqu9mw1rx0t.html> Acesso em: 02 de novembro de 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2013.

EMBRAPA MILHO E SORGO. **Análise da Diversidade de Comunidades Microbianas na Rizosfera de Genótipos de Sorgo Contrastantes quanto à Tolerância ao Alumínio**. Sete Lagoas - MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. 29p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 94). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/994197/1/bol94.pdf>> . Acesso em: 18 ago. 2017.

EMBRAPA MILHO E SORGO. **Diversidade e Atividade Metabólica de Microrganismos da Rizosfera de Genótipos de Milho Transgênicos Expressando o Gene SbMATE Cultivados sob Níveis Contrastantes de Alumínio**. Sete Lagoas - MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 30p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 123). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/139701/1/bol-123.pdf>> . Acesso em: 18 ago. 2017.

EVANGELISTA, C. R.; PARTELLI, F. L.; FERREIRA, E. P. B.; CORRECHEL, V. Atividade enzimática do solo sob sistema de produção orgânica e convencional na

cultura da cana-de-açúcar em Goiás. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 1251-1262, jul./ago, 2012.

FABIAN, A. J. **Plantas de cobertura: efeito nos atributos do solo e na produtividade de milho e soja em rotação**. 2009. 83 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP, 2009.

FORNARA, D. A.; TILMAN, D. Plant functional composition influences rates of soil carbon and nitrogen accumulation. **Journal of Ecology**, v. 96, p. 314–322, 2008.

FORNARA, D. A.; BANIN, L.; CRAWLEY, M. Multi-nutrient vs. nitrogen-only effects on carbon sequestration in grassland soils. **Global Change Biology**, v. 19, p. 3848–3857, 2013.

GARLAND, J. L.; MILLS, A. L. Classification and characterization of heterotrophic microbial communities on the basis of patterns of community-level sole-carbon-source utilization. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 57, p. 2351-2359, 1991.

GASSEN, F. Perdas repetidas. Disponível em: <
<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/71325/1/ID-25583.pdf> > Acesso em 22 de set. de 2016.

GOMES JR., F.G.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Biologia e manejo de plantas daninhas e, áreas de plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa, v.26, n. 4, p. 789-798, 2008.

GONÇALVES, W. G.; JIMENEZ, R. L.; ARAÚJO FILHO, J. V. DE; ASSIS, R. L. DE; SILVA, G. P.; PIRES, F. R. Sistema radicular de plantas de cobertura sob compactação do solo. **Engenharia Agrícola**, v. 26 n°.1 Jan./Abr. 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção Agrícola Municipal. Culturas temporárias e permanentes**. Rio de Janeiro, v. 31 a 41, de 2004 a 2014.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Texto para discussão**. ISSN 1415-4765, Brasília, DF, IPEA, 2014.

JOERGENSEN, R.G.; ANDERSON, T.H. & WOLTERS, V. Carbon and nitrogen relationships in the microbial biomass of soil in beech (*Fagus sylvatica* L.) forests. **Soil Biol. Biochem.**, v. 27, p.141-147, 1995.

KEENEY, D. R.; NELSON, D. W. NITROGEN. INORGANIC FORMS. IN: PAGE, A.L., (ED.). **METHOD OF SOIL ANALYSIS CHEMICAL AND** .

LAMBERS, J. H. R.; HARPOLE, W. S.; TILMAN, D.; KNOPS, J. REICH, P. B. Mechanisms responsible for the positive diversity–productivity relationship in Minnesota grasslands. *Ecology Letters*, v. 7, p. 661–668, 2004. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2004.00623.x.

LANGE, M.; EISENHAUER, N.; SIERRA, C.A.; BESSLER, H.; ENGELS, C.; GRIFFITHS, R. I.; VÁZQUEZ, P.G. M.; MALIK, A. A.; ROY, J.; SCHEU, S.; STEINBEISS, S.; THOMSON, B.C.; TRUMBORE, S. E.; GLEIXNER, G; Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage. **Nature Communications**. V 10 pg 1038-7707 <www.nature.com/naturecommunications>, 2015.

LEITE, S.P.; SILVA, C.R.; HENRIQUES, L.C.. Impactos ambientais ocasionados pela agropecuária no Complexo Aluizio Campos. **Revista Brasileira de Informações Científicas**. v.2, n.2, p.59-64. 2011.

LISBOA, B. B.; VARGAS, L. K.; ABICHEQUER, A. D.; CAMARGO, F. A. O.; SELBACH, P. A. Biomassa microbiana, atividade e diversidade metabólica em um Argissolo sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.18, n.2, 2012.

MCDANIEL, M.D., GRANDY, A.S., TIEMANN, L.K., WEINTRAUB, M.N. Crop rotation complexity regulates the decomposition of high and low quality residues. **SoilBiology&Biochemistry**. V. 78 pg. 243- 254, 2014.

MARTINS, M. A. **Microbiologia do Solo**. Disponível em: <http://www.uenf.br/Uenf/Downloads/LSOL_345_1113400965.pdf > Acesso em: 02 de maio de 2016.

MENDES, I. de C.; JUNIOR, F. B. R. **Uso de parâmetros Microbiológicos como Indicadores para avaliar a Qualidade do solo e a Sustentabilidade dos Agroecossistemas**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 34 p. (Documento 112)

MICROBIOLOGICAL. 2.ED. MADISON, AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY, 1982.

MONTEIRO, H. C. de F.; CANTARUTTI R. B.; JUNIOR, D. do N.; REGAZZI, A. J.; FONSECA, D. M. da. Dinâmica de Decomposição e Mineralização de Nitrogênio em Função da Qualidade de Resíduos de Gramíneas e Leguminosas Forrageiras. **R. Bras. Zootec.**, v.31, n.3, p.1092-1102, 2002.

NUNES, U. R.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; SILVA E. DE B.; SANTOS, N. F.; COSTA, H. A. O.; FERREIRA, C. A. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol.41 n°6 Brasília Jun. 2006.

OLIVEIRA, C. A. DE; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; LANA, U. G. DE P.; SCOTTI, M. R.; ALVES, V. M. C. Diversidade bacteriana da rizosfera de genótipos de milho contrastantes na eficiência de uso de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol.44 n°.11 Brasília Nov. 2009.

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G.; ZONTA, E. Cobertura do solo e estoque de nutrientes de duas leguminosas perenes, considerando espaçamentos e densidades de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** v.28 n.1 Viçosa jan./fev. 2004.

QUEIROZ, F. A. Impactos da sojicultura de exportação sobre a biodiversidade do Cerrado. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 21 (2): 193-209, ago. 2009

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A.; GUIMARÃES, P. T. G.; MELO, L. C. A.; JUNIOR, A. C. de O. Carbono Orgânico e Nitrogênio Total do Solo e suas relações com os espaçamentos de plantio de cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 32:2051-2059, 2008.

REIS, E. M.; CASAI, R. T.; BIANCHIN V. Controle de doenças de plantas pela rotação de culturas. **Summa Phytopathol.**, Botucatu, v. 37, n. 3, p. 85-91, 2011.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBREAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013a. 353 p.

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI. **Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo (BMS-C)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007a. 4 p. (Comunicado técnico, 98).

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI. **Determinação do nitrogênio da biomassa microbiana do solo (BMS-C)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007b. (Comunicado técnico, 96).

SILVA, M. B. DA; KLIEMANN, H. J.; SILVEIRA, P. M. DA; LANNA, A. C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, vol.42 n°12 Dez. 2007c.

SOUZA, L. M. de.; SCHLEMMER, F.; ALENCAR, P. M.; LOPES, A. A. de. C.; PASSOS, S. M.; XAVIER, G. R.; FERNANDES, M. F.; MENDES, I. de C.; REIS JUNIOR, F. B. Estrutura metabólica e genética de comunidades bacterianas em solo de cerrado sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, vol.47, n.2, p. 269-276, fev. 2012.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Embrapa Informação Tecnológica. 2004, p.129-145.

SPERA, S. T.; DOS SANTOS, H. P.; TOMM, G. A.; KOCHANN, R. A.; ÁVILA, A. Efeitos do sistema de manejo de solo e de rotação de culturas na fertilidade do solo, após vinte anos. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.441-454, 2008.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeito do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.395-401, 2001.

TABATABAI, M.A. **Soil enzymes**. In: WEAVER, R.W.; SCOTT, A. & BOTTOMELEY, P.J., eds. *Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties*. Madison, Soil Science Society of America, 1994. p.778-835. (Special Publication, 5)

TIEMANN, L. K.; GRANDY, A. S.; ATKINSON, E. E.; MARIN-SPIOTTA, E.; MCDANIEL, M. D. Crop rotational diversity enhances belowground communities and functions in an agroecosystem. **Ecology Letters**. p.18: 761–771.

TOWNSEND C. R. **Nitrogênio em sistemas pastoris**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2011. 29 p. (Documento 138).

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Decomposição e Liberação de Nitrogênio de Resíduos Culturais de Plantas de Cobertura em um Solo de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 609-618, 2005.

THEODORO, V. C. DE A.; ALVARENGA, M. I. N.; GUIMARÃES, R. J.; MOURÃO JÚNIOR, J. Carbono da biomassa microbiana e micorriza em solo sob mata nativa e agroecossistemas cafeeiros. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 147-153, 2003.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **World Agricultural Supply and Demand Estimates**. ISSN: 1554-9089, October, 2016.

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

ZAK, J. C.; WILLING, M. R.; MOORHEAD, D. L.; WILDMAN, H. G. Functional diversity of microbial communities: a quantitative approach. **Soil and Biochemistry**, v. 26, p. 1101-1108, 1994.

ZIMMERMANN, C. L. Monocultura e Transgenia: Impactos Ambientais e Insegurança Alimentar. **Veredas do Direito**, Belo Horizonte, v.6 n.12 p.79-100, Julho-Dezembro de 2009.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cultivo da soja tem relevante importância econômica, social e ambiental para o Brasil e para estado do Mato Grosso, que é o principal estado produtor dessa oleaginosa, sendo notória a extensão das áreas cultivadas com esse grão no estado, onde é uma das principais atividades geradoras de emprego e renda. Em contra partida observa-se que esta atividade, na maioria das propriedades, também é responsável pela degradação do solo devido a práticas de manejo inapropriadas aliadas a monocultura.

Nos últimos anos tem aumentado a preocupação dos agricultores em aliar o cultivo desta oleaginosa com práticas mais conservacionistas que contribuam para a melhoria da qualidade do solo, destacando-se a rotação de cultura, porém devido a grande importância econômica dessa cultura ainda não é possível implantar a rotação de culturas na safra principal onde na grande maioria das áreas a soja ainda predomina.

Dessa maneira torna-se de extrema importância a continuidade de estudos que visem buscar alternativas de manejo com plantas de cobertura, no período da entressafra, que possibilitem a inserção de maior número de espécies vegetais no sistema, contribuindo para a manutenção da qualidade química, física e biológica do solo e assim a viabilidade econômica, produtiva e ambiental do sistema agrícola brasileiro, altamente dependente da cultura da soja.