

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**USO DE BIOFERTILIZANTES NO SISTEMA PLANTIO
DIRETO**

LEONARDO TIRLONI

PABLO ALAN FREY

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL

2017

**USO DE BIOFERTILIZANTES NO SISTEMA PLANTIO
DIRETO**

LEONARDO TIRLONI

PABLO ALAN FREY

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Eloise Mello Viana de Moraes

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Curso de Graduação em Agronomia para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

T596u Tirloni, Leonardo

Uso de biofertilizantes no sistema plantio direto / Leonardo

Tirloni, Pablo Alan Frey -- Dourados: UFGD, 2017.

29f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Eloise Mello Viana de Moraes

TCC (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias,
Universidade Federal da Grande Dourados.

Inclui bibliografia

1. Densidade do solo. 2. Resistência à penetração. 3. Matéria orgânica do solo. 4. Produtividade da soja. I Pablo Alan Frey II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

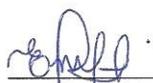
USO DE BIOFERTILIZANTES NO SISTEMA PLANTIO DIRETO

por

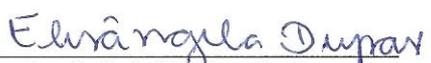
Leonardo Tirloni
Pablo Alan Frey

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC apresentado como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO

Aprovado em 15/12/2017



Prof.^a. Dr.^a. Eloise Mello Viana de
Moraes
Orientadora – UFGD/FCA



Prof.^a. Dr.^a. Elisângela Dupas
UFGD/FCA



Eng. Agr. Matheus Anghinoni
Mestrando - UFGD/FCA

AGRADECIMENTOS

A Deus por nos dar saúde, força e nos guiar durante todo este caminho para chegar onde estamos hoje.

À instituição Universidade Federal da Grande Dourados e ao Curso de Graduação em Agronomia pelo ensino gratuito e de qualidade.

À nossa orientadora Prof^a. Dr^a. Eloise Mello Viana de Moraes, uma excelente profissional, pela orientação, apoio, paciência e conhecimentos compartilhados para a realização deste trabalho.

Aos professores do Curso de Graduação em Agronomia pelos ensinamentos e encorajamento durante toda a duração da graduação.

À nossa família que sempre esteve ao nosso lado, em especial aos nossos pais que estiveram nos apoiando em todos os momentos, não medindo esforços para que pudéssemos levar nossos estudos adiante.

Aos amigos Beatriz de Oliveira Teixeira, Caio Gonçalves Silva, Camila Gianlupi, João Miguel Azevedo, Mauricio Viero Rufino e Vanessa Secretti Garlet pelo apoio no trabalho de campo e palavras de coragem durante a execução deste.

Aos membros da banca examinadora do trabalho de conclusão de curso.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
INTRODUÇÃO.....	1
REVISÃO DE LITERATURA.....	3
A cultura da soja.....	3
Sistema Plantio Direto.....	3
Rotação de culturas.....	4
Matéria orgânica do solo.....	5
Biofertilizantes.....	7
Compactação do solo.....	8
Resistência à penetração.....	8
MATERIAL E MÉTODOS.....	10
Local, clima e solo.....	10
Semeadura.....	11
Características e preparação dos biofertilizantes.....	11
Delineamento experimental e tratamentos.....	13
Variáveis analisadas.....	14
Densidade do solo.....	14
Carbono orgânico total e estoque de carbono.....	15
Resistência à penetração (RP).....	15
Componentes da produção e produtividade.....	15
Análise estatística.....	16
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	17
Análise de variância.....	17
Densidade do solo e resistência à penetração.....	18
Carbono orgânico e estoque de carbono.....	19
Número de plantas.....	20
Componentes da produção e produtividade.....	21
CONCLUSÕES.....	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24

USO DE BIOFERTILIZANTES NO SISTEMA PLANTIO DIRETO

RESUMO

A crescente expansão das áreas agrícolas e a utilização de práticas de manejo do solo inapropriadas promovem perdas nas qualidades físicas, químicas e biológica dos solos gerando declínios no sistema produtivo. Assim, objetivou-se verificar o efeito da utilização de biofertilizantes nos atributos físicos e químicos do solo e na produtividade da soja. O trabalho foi realizado na fazenda Rincão das Lagoas, Ponta Porã, MS, durante a safra 2016/2017, sendo conduzido no sistema de delineamento de blocos casualizados (DBC), composto por 5 tratamentos com 4 repetições. Para os tratamentos foram utilizados os biofertilizantes Microgeo® nas doses 150 L ha⁻¹ (T2) e 300 L ha⁻¹ (T4), Exion Vida® nas doses 3 L ha⁻¹ (T3) e 6 L ha⁻¹ (T5) e tratamento controle (T1). Verificou-se a densidade do solo (0-10 cm e 10-20 cm), resistência à penetração de raízes (0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm), carbono orgânico e estoque de carbono na camada de 0-10 cm, os componentes de produção (número de plantas, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso de mil grãos (PMG)) e a produtividade da soja. As comparações das médias foram feitas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Não houveram efeitos para os atributos avaliados exceto número de plantas isoladamente e produtividade, nos quais o biofertilizante Microgeo® se mostrou superior ao Exion Vida®. Não houve mudanças relacionadas com os atributos físicos e químicos do solo, porém, houve incremento da produtividade com o uso do biofertilizante Microgeo®. Concluiu-se que uma aplicação de biofertilizantes não alterou os atributos físicos (densidade e resistência à penetração de raízes) e químicos (estoque de carbono e carbono orgânico) do solo. Porém, com a continuidade do experimento, pode haver maior chance de alterações nos atributos físicos e químicos do solo devido ao acúmulo de matéria orgânica e micro-organismos no mesmo.

Palavras-chave: densidade do solo, resistência à penetração, matéria orgânica do solo, produtividade da soja.

USE OF BIOFERTILIZERS UNDER NO-TILLAGE CROPPING SYSTEM

ABSTRACT

The increasing expansion of agricultural areas and the use of improper soil management practices may lead losses in the physical, chemical and biological qualities of soils, generating declines in the productive system. The objectives of this study were to evaluate the effects of biofertilizantes on soil physical and chemical attributes and on the soybean yield. The work was conducted at Rincão das Lagoas farm, Ponta Porã city, Mato Grosso do Sul state, during the 2016/2017 harvest, and the experimental design choosed was randomized blocks with five treatments and four replications. The treatments consisted in the application of the biofertilizer Microgeo® in the doses of 150 L ha⁻¹ (T2) and 300 L ha⁻¹ (T4), the biofertilizer Exion Vida® in the doses of 3 L ha⁻¹ (T3) and 6 L ha⁻¹ (T5) and the control (T1). Soil density in the 0-10 cm and 10-20 cm layers, soil penetration resistance in the 0-10 cm, 10-20 cm and 20-30 cm layers, organic carbon and carbon stock in the 0-10 cm layer, the production components (number of plants, number of pods per plants, number of grains per pods and the weight of one thousand grains) and soybean yield were measured. For the averages comparison, the Tukey test at 5% of probability was chosen. There were no effects for the evaluated attributes except number of plants and productivity, in wich Microgeo® was better than Exion Vida®. There were no changes related to soil physical and chemical attributes, however, there was an increase in productivity with the use of the Microgeo® biofertilizer. It was concluded that the application of biofertilizers did not change the physical attributes (soil density and soil penetration resistance) and chemical attributes (carbon stock and organic carbon) of the soil. With the continuity of the experiment, there would be a greater chance of changes in the physical and chemical attributes of the soil.

Keywords: soil density, soil penetration resistance, soil organic matter, soybean yield.

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) constitui-se em um dos principais cultivos da agricultura mundial e brasileira, devido ao seu potencial produtivo e a sua composição química e valor nutritivo, que lhe confere multiplicidade de aplicações na alimentação humana e animal, com relevante papel sócio econômico, além de se constituir em matéria-prima indispensável para impulsionar diversos complexos agroindustriais (MAUAD et al., 2010).

Segundo Black (2000) o primeiro relato sobre o surgimento da soja no Brasil, foi no estado da Bahia, no ano de 1882. No final da década de 60, dois fatores internos fizeram o Brasil começar a enxergar a soja como um produto comercial, fato que mais tarde influenciaria no cenário mundial de produção do grão. A explosão do preço da soja no mercado mundial, em meados de 1970, desperta ainda mais os agricultores e o próprio governo brasileiro. Desde então, o país passou a investir em tecnologia para adaptação da cultura às condições brasileiras, processo liderado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2017).

Nos anos 70 e 80 foi significativo o crescimento da cultura da soja na região do Brasil Central, abrangendo os estados de MS, MT e GO. A abertura de áreas sob vegetação de Cerrado proporcionou o crescimento em área e em produtividade de diversas culturas, principalmente soja, tomate, banana, cana-de-açúcar e milho. Entretanto, dentre estas, foi a soja quem mais cresceu em área de cultivo (CÂMARA, 2015).

Com a crescente expansão da cultura da soja surgiram novas tecnologias para o aprimoramento do seu cultivo, destacando-se o Sistema Plantio Direto (SPD). Com a adoção deste sistema problemas também começaram a ser observados, como é o caso da compactação dificultando o crescimento radicular das plantas. A compactação é decorrente, principalmente, do não revolvimento do solo, este considerado um dos pilares do SPD, e da pressão dos rodados e outros componentes das máquinas e implementos agrícolas, podendo aumentar com a realização de operações agrícolas em solo com alto teor de umidade, ocasionando compactação subsuperficial (ARAÚJO et al., 2004).

Segundo Braida et al. (2006), uma das soluções para a diminuição da compactação seria aumentar o aporte de palha sobre o solo, pois isto causa a dissipação de parte da energia de compactação, além de maior acúmulo de matéria orgânica,

reduzindo a densidade do solo e aumentando sua faixa de umidade crítica. Portanto, a matéria orgânica do solo (MOS) desempenha funções fundamentais para o adequado funcionamento do solo, pois influencia os atributos físicos, químicos e biológicos do mesmo (TIRLONI et al., 2010).

Tirloni et al. (2010) ainda destacaram a utilização do sistema de rotação/sucessão de culturas, e que estes podem auxiliar na manutenção e no aumento da matéria orgânica do solo contribuindo para melhorias de seus atributos físicos (retenção, armazenamento, disponibilidade e relação ar/água, na porosidade, estruturação, consistência, agregação), químicos (teor de carbono orgânico, estoque de carbono do solo e mineralização de nutrientes) e biológicos (aumento da atividade biológica do solo).

Neste contexto, a utilização de biofertilizantes no solo é uma alternativa de baixo custo de adição de matéria orgânica no solo, incrementar a nutrição das plantas, além de contribuir para melhorar os atributos químicos, físicos e biológicas do solo devido a sua composição com altos teores de nutrientes (FRIES e AITA, 1990; FERNANDES FILHO, 1991; WU et al., 2005).

Pelo exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de biofertilizantes sobre alguns atributos físicos (densidade e resistência à penetração de raízes) e químicos (estoque de carbono e carbono orgânico) do solo, bem como os componentes de produção (número de plantas, número de vagem por planta, número de grãos por vagem e peso de mil grãos) e produtividade da cultura da soja cultivada sob Sistema Plantio Direto.

REVISÃO DE LITERATURA

A cultura da soja

A soja (*Glycine max* L. Merrill) é originária da China e possui grande importância sobre a economia mundial, principalmente por sua capacidade de produzir grandes quantidades de proteínas de excelente qualidade para a alimentação animal e de óleo para consumo humano. A cultura tem sido utilizada por quase três mil anos e chegou a ser nomeada uma das cinco plantas sagradas dos chineses junto com arroz, trigo, cevada e milho (A SOJA, 2007).

No final da década de 60, dois fatores internos fizeram o Brasil começar a enxergar a soja como um produto comercial, fato que mais tarde influenciaria no cenário mundial de produção do grão. Na época, o trigo era a principal cultura do Sul do Brasil e a soja surgia como uma opção de verão, em sucessão ao trigo. O Brasil também iniciava um esforço para produção de suínos e aves, gerando demanda por farelo de soja. Em 1966, a produção comercial de soja já era uma necessidade estratégica, sendo produzidas cerca de 500 mil toneladas no País. O Brasil se beneficia de uma vantagem competitiva em relação aos outros países produtores: o escoamento da safra brasileira ocorre na entressafra americana, quando os preços atingem as maiores cotações (EMBRAPA, 2017).

Atualmente, a soja é a principal aleuro-oleaginosa cultivada no mundo e é a principal commodity do agronegócio brasileiro e o uso da soja nos complexos do biodiesel, óleos e indústria de alimentos estimula constantemente o desenvolvimento de técnicas para aumentar a produtividade dos grãos (SEGALIN et al., 2013).

Sistema Plantio Direto

Para Cruz et al. (2000) o Sistema Plantio Direto consiste no manejo conservacionista onde se preconiza a semeadura em solo coberto por resíduos vegetais da cultura anterior, com o mínimo de mobilização na linha de semeadura possível, para que o solo permaneça sempre o mais protegido. Assim pode-se afirmar que o Sistema Plantio Direto é fundamentado por três princípios básicos de manejo: o não revolvimento do solo, sua cobertura permanente e a utilização da rotação de culturas.

O Sistema Plantio Direto foi implantado na agricultura brasileira a partir da década de 1970. Essa técnica entrou no país por meio de agricultores paranaenses, que buscavam, na época, técnicas inovadoras na Inglaterra e nos Estados Unidos. Foi, primeiramente, nos Estados Unidos que essa técnica foi observada e as primeiras informações foram transmitidas aos agricultores, que, a princípio, tiveram dificuldades em adaptar os equipamentos agrícolas e empregá-los nas lavouras em regiões com clima tropical e subtropical temperado (GARCIA et al., 2013; MOTTER et al., 2015).

O desenvolvimento desse sistema só se tornou possível graças a um trabalho conjugado de agricultores, pesquisadores, fabricantes de semeadoras, e técnicos interessados em reverter o processo acelerado de degradação do solo e da água verificado em nosso país. O SPD reduz em cerca de 75% as perdas de solo e em 20% as perdas de água, em relação às áreas onde há revolvimento do solo (OLIVEIRA et al., 2002)

Ainda segundo Cruz et al. (2000) as vantagens ou desvantagens deste sistema dependem de fatores como solo e clima da região onde esse sistema é ou será utilizado. É fundamental que, em cada região, o sistema seja adaptado, de forma que seja o mais eficiente possível. Por seus efeitos benéficos sobre os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, pode-se afirmar que o Sistema Plantio Direto é uma ferramenta essencial para se alcançar a sustentabilidade dos sistemas agropecuários.

Rotação de culturas

A rotação de culturas consiste em alternar, a cada ano (safra), as espécies vegetais a serem cultivadas numa mesma área agrícola. São inúmeras as vantagens da rotação de culturas podendo ser descritas algumas principais como, melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo; auxilia no controle de plantas daninhas, doenças e pragas; aumenta a matéria orgânica, protege o solo da ação dos agentes climáticos, ajuda a viabilização do SPD, melhora a manutenção da umidade do solo, melhor aproveitamento dos fertilizantes e reciclagem de nutrientes (BOGIANI, 2015).

Como neste sistema há utilização de diferentes culturas, deve-se levar em consideração algumas características das mesmas, como é o caso da relação carbono/nitrogênio (C/N), pois segundo Alvarenga et al., (2001) esta relação é inerente à espécie e reflete a velocidade com que a decomposição do material pode-se processar, e

quanto a esta característica, as plantas podem ser agrupadas em duas classes, uma de decomposição rápida (leguminosas) e a outra de decomposição lenta (gramíneas).

Além de proteger o solo e de adicionar nitrogênio, o consórcio entre espécies de plantas de cobertura de solo deve proporcionar uma produção de massa seca cuja relação C/N seja intermediária àquela das espécies em culturas isoladas. Com isso, obtém-se taxa de decomposição de resíduos culturais menor, proporcionando cobertura de solo por mais tempo e sincronia entre fornecimento e demanda de N pelas culturas comerciais (GIACOMINI et al., 2003).

Salton et al. (1998) destacam que a elevada relação C/N irá conferir à palhada remanescente um retardo na sua velocidade de decomposição, como resultado o solo ficará protegido por mais tempo com esta cobertura, a qual auxiliará contra o escoamento superficial de água evitando a ação erosiva da chuva, proteção contra radiação solar direta evitando a perda excessiva de umidade, além de reduzir a pressão que os maquinários exercem sobre o solo devido a dissipação da energia exercida, assim diminuindo a compactação causada pelos mesmos.

Para Rosa Júnior (1991) a baixa relação C/N irá ocasionar uma rápida decomposição deste material pelos microrganismos presentes no solo, pois estes utilizarão o nitrogênio contido neste material para decompô-lo, podendo deixar no solo excedentes deste elemento, aumentando então os níveis de nitrogênio, que as plantas e outros seres vivos poderão utilizar, além da formação de ácidos húmicos provenientes da biodegradação da matéria orgânica, onde estes possuem a capacidade de agrupar as partículas de argila quando elas estiverem recobertas por cátions bi ou trivalentes, contribuindo muito para a agregação do solo, infiltração de água e aeração.

Tem-se observado que para as condições da região dos Cerrados, mesmo quando a palha é basicamente de gramíneas, há uma decomposição acelerada do material, de tal forma que manter uma camada de cobertura de solo nestas condições, torna-se uma atividade complexa e vai exigir conhecimento e experiência por parte daquele que pratica o SPD (ALVARENGA et al., 2001).

Matéria orgânica do solo

A matéria orgânica é um dos componentes fundamentais do solo, também intitulada a fração orgânica do solo ou húmus (GUIMARAES et al., 2013). A matéria orgânica é oriunda de processos fotossintéticos, realizados por vegetais clorofilados, que

realizam a transformação de gás carbônico, oxigênio, hidrogênio e nutrientes minerais em compostos orgânicos. O crescente e gradativo desenvolvimento dos vegetais, bem como de outros organismos e microrganismos durante os processos de transformação de rochas em solo, ou mesmo nos processos de recuperação de áreas degradadas, permite o acúmulo progressivo de matéria orgânica ao solo (RAIJ, 2011; BRADY e WEIL, 2013).

A matéria orgânica tem implicações sobre os atributos físicos do solo, quer seja por atuar diretamente sobre alguns de seus processos físicos, quer seja por seus efeitos indiretos. Os efeitos diretos devem-se, basicamente, às propriedades da matéria orgânica do solo que influenciam alguns processos físicos e químicos no solo, dentre as quais se destacam a elevada área superficial específica e a grande quantidade de cargas superficiais. Indiretamente, a matéria orgânica interfere nos atributos físicos do solo por seus efeitos sobre a agregação e consistência do solo, atuando na formação de agregados e, portanto, na distribuição do tamanho de poros, bem como na sua estabilidade (BRAIDA et al., 2011).

Braida et al. (2010) observaram que o acúmulo de matéria orgânica no solo está associado a alterações da susceptibilidade à compactação do solo, e que a magnitude deste efeito depende também de outros fatores, como textura do solo, retenção de água, coesão e densidade do solo.

Estudos recentes têm destacado o efeito benéfico de plantas de cobertura nas propriedades edáficas e no rendimento de culturas, decorrentes da ciclagem de nutrientes e da decomposição da palhada (BERTIN et al., 2005; BOER al., 2007; TORRES et al., 2008). Sabe-se que a MOS constitui o maior reservatório de carbono da superfície terrestre e que é dinâmico, podendo variar em decorrência de práticas de manejo. Na maioria dos solos, o teor de MOS pode variar de 5 a 50 g/kg⁻¹ nos horizontes minerais (STEVERSON, 1994; MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Bayer e Mielniczuk (1999) abordaram a importância da matéria orgânica em solos tropicais e subtropicais, pelo fornecimento de nutrientes às culturas e microrganismos, melhoria na estabilidade estrutural do solo, fluxo de água, aeração e atividade biológica. Já Martinez-Salgado et al. (2010) reconheceram que a matéria orgânica do solo é um indicador chave para se saber sobre a qualidade de um solo, e também por possuir efeitos positivos em suas propriedades físicas.

Biofertilizantes

Biofertilizantes são resíduos orgânicos resultantes da fermentação de esterco em biodigestores e bastante utilizados em sistemas de agricultura orgânica. Tais produtos contêm células vivas ou latentes de microrganismos de metabolismo aeróbico, anaeróbico e fermentação (bactérias, leveduras, algas e fungos filamentosos) e também metabólitos e quelatos organominerais em solutos aquoso, que têm a habilidade de converter nutrientes presentes no solo em formas indisponíveis para disponíveis por meio de processos biológicos, além de conter também macronutrientes, micronutrientes e substâncias húmicas, esta última que possibilita melhora na estrutura física e biológica do solo na região da rizosfera (WU et al., 2005; MEDEIROS e LOPES, 2006).

Em um solo coberto por floresta, são encontrados inúmeros microrganismos que se alimentam de variadas substâncias provenientes das plantas que compõem o ambiente, mantendo a nutrição e o ciclo da mesma e convivendo em equilíbrio. Com a atividade agrícola da monocultura a diversidade de vegetação é perdida e acarreta na redução da biomassa de microrganismos do solo, o que acaba afetando o sistema solo-planta (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Com o uso do fertilizante biológico a biomassa microbiana aumenta promovendo a reestruturação biológica e física do solo, e por consequência, uma maior capacidade produtiva e saúde da monocultura (BELLINI et al., 2012).

Outras características como a capacidade de proteção às plantas contra o ataque de agentes externos (pragas e doenças), fazem com que os biofertilizantes se destaquem de outros fertilizantes. Além disso, esses compostos quando aplicados, também atuam nutricionalmente sobre o metabolismo vegetal e na ciclagem de nutrientes no solo. São de baixo custo e podem ser fabricados na fazenda pelo produtor (MEDEIROS et al., 2008).

Já é comprovada uma melhoria na atividade biológica do solo com a utilização de microrganismos, como bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrizicos e que as substâncias húmicas também possuem a capacidade de realizar uma reestruturação do solo (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006), assim como afirmam as empresas fabricantes do Microgeo® e Exion Vida®, os quais através de seus microrganismos e substâncias húmicas, respectivamente, estariam melhorando a estrutura física e biológica na região da rizosfera, garantindo ganhos agrônômicos para o solo (KIMBERLIT, 2017; MICROGEO, 2017).

Compactação do solo

A compactação pode ser definida como um processo de compressão do solo de forma antrópica onde ocorre diminuição de sua porosidade e menor infiltração de água. Pode-se citar como causas da compactação o uso intensivo de máquinas agrícolas pesadas (tratores, colheitadeiras, caminhões), principalmente quando as operações agrícolas são realizadas sem o controle da umidade, ou seja, fora de sua capacidade de campo, o que piora a situação. As queimadas também auxiliam na sua compactação, reduzindo a umidade e proporcionando a quebra dos agregados (FALKER, 2017).

Alguns tipos de solos estão mais propensos a sofrerem compactação, como é o caso dos Latossolos. Estes possuem uma quantidade considerável de argila, faixa de friabilidade curta, a qual não é muitas vezes respeitada o que favorece a aproximação das partículas umas das outras, assim facilitando o processo de compactação. Solos arenosos também podem sofrer o processo de compactação, e quando ocorre, a reversão se torna mais difícil quando comparada aos argilosos, pois além da pequena, ou muitas vezes ausência de estrutura física, a decomposição da matéria orgânica é muito acelerada, e esta é utilizada como alternativa para o aumento da porosidade e processo de descompactação.

Os solos agrícolas apresentam grande amplitude de densidade em função de suas características mineralógicas, textural e teor de matéria orgânica. Essa variação da densidade do solo, em função de propriedades intrínsecas do solo, dificulta a sua utilização para quantificar o grau de compactação do solo (BRADY e WEIL, 2008).

O aumento no teor de matéria orgânica no solo reduz a densidade do solo, quer pelo efeito positivo na estabilidade estrutural do solo, quer pelo fato de o material orgânico apresentar baixa densidade, menor do que os sólidos minerais do solo (ARAGÓN et al., 2000; BRAIDA et al., 2006; DIAS JÚNIOR e MIRANDA, 2000; LIBARDI, 2005). Reichert et al., (2003) estabeleceram valor crítico de densidade do solo, para solos com textura argilosas, entre 1,3 a 1,4 Mg m⁻³.

Resistência à penetração

A resistência mecânica do solo à penetração pode ser afetada por características como textura, densidade, matéria orgânica e, principalmente, a umidade no momento da determinação (STOLF et al., 1983; BUSSCHER et al., 1997) e também

pelo tipo de manejo adotado na qual a cultura está inserida, sendo assim esta simula a força que as raízes das plantas irão exercer para continuar o seu desenvolvimento.

Entre os atributos físicos do solo utilizados para avaliar sua qualidade, a resistência do solo à penetração tem sido usada para avaliar sistemas de uso e manejo, por estar relacionada ao crescimento das plantas e ser de fácil determinação (LIMA et al., 2006). Ainda, a resistência do solo à penetração apresenta correlação com o crescimento radicular, destacando-se como a melhor estimativa do impedimento mecânico ao crescimento radicular (CARVALHO et al., 2006) e como um indicador tão sensível à compactação do solo quanto a densidade (FREDDI et al., 2009).

O valor de resistência à penetração de 2,0 MPa tem sido frequentemente utilizado como impeditivo ao desenvolvimento do sistema radicular da maioria das culturas (TAYLOR et al., 1966; TORMENA et al., 1999). Entretanto, há vários estudos mostrando que as plantas tiveram seu desenvolvimento limitado abaixo do valor de 2 MPa. Beutler et al. (2006) obtiveram valores de 2,0 a 3,0 MPa limitantes à produtividade de soja. Em seu estudo, Secco (2003), determinou que a RP na faixa de 2,65 a 3,26 MPa proporcionou decréscimos na produtividade de trigo, milho e soja de 18,3; 34,0 e 24,3% respectivamente, para um Latossolo Vermelho distrófico cultivado sob SPD.

MATERIAL E MÉTODOS

Local, clima e solo

O experimento foi conduzido na Fazenda Rincão das Lagoas no município de Ponta Porã, MS. Com coordenadas geográficas de latitude de 22°32'04'' S, longitude de 55°24'01'' W e altitude de 548 m. O local em que o experimento foi desenvolvido encontra-se sob Sistema Plantio Direto, desde o ano de 2005, com a utilização de diferentes culturas para a cobertura do solo, como aveia, braquiária, milho, soja e crotalária em cultivo solteiro e também a utilização de consórcio milho e braquiária, crotalária e aveia.

Deve-se salientar que nesta área em estudo, houve a ocorrência de incêndio no ano 2010 causado pelo rompimento de um cabo de energia elétrica, o qual ao entrar em contato com a palhada ocasionou o fogo.

O clima é do tipo Cfa, segundo a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013). A precipitação pluviométrica total anual da região é de 1352 mm, e durante o período experimental foi de 559 mm (Figura 1), e temperatura média anual de 21,3°C. O solo da área foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico (SANTOS et al., 2013).

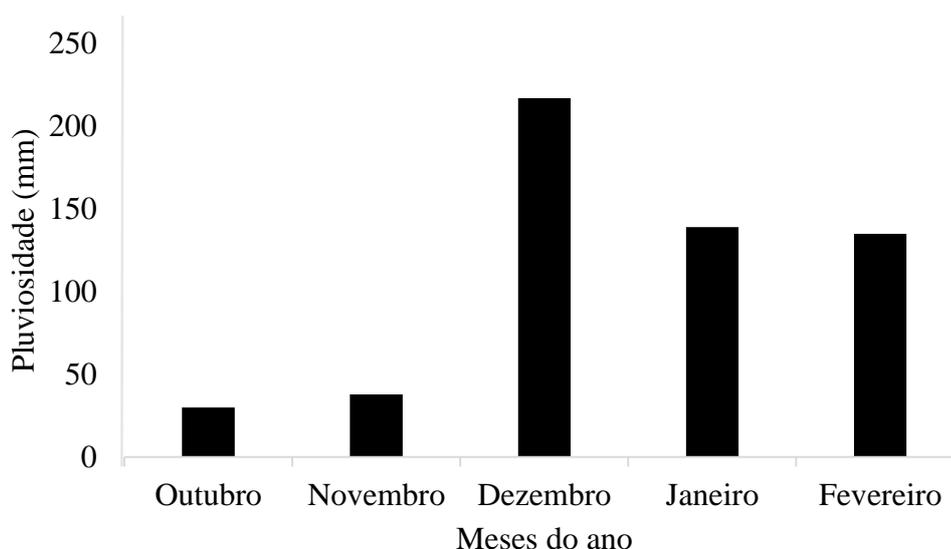


Figura 1. Pluviosidade durante o período experimental (2016/2017).

Nos últimos 4 anos toda a correção química é realizada através do sistema de aplicação de fertilizantes a taxa variável (ATV) conforme análise prévia do solo, a qual é realizada anualmente, antecedendo o plantio da soja. A adubação foi feita com base na caracterização química e física do solo (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química e física do solo.

pH	MO	P	K	Ca
CaCl₂	g dm⁻³	mg dm⁻³	---- cmol_c dm⁻³ ----	
5,0	36,1	25,4	0,75	3,6
Mg	Al	H+Al	SB	CTC
		----- cmol_c dm⁻³ -----		
2,4	0,1	6,6	6,7	13,3
V	M	Argila	Silte	Areia
-----% -----		----- g kg⁻¹ -----		
50,5	1,3	404,5	54,5	540,9

Semeadura

A semeadura da soja foi realizada no dia 17 de outubro de 2016 com semeadora mecânica rebocada para plantio direto. As sementes foram semeadas a 0,05 m de profundidade, e a cultivar escolhida foi a CZ 26B42 IPRO, utilizando-se o espaçamento de 0,45 m entre linhas de semeadura. Inoculou-se as sementes com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* na dose de 50 ml para cada 50 kg de sementes e para o tratamento químico de sementes utilizou-se fungicida (Piraclostrobina e Metil Tiofanato) e inseticida (Fipronil). Os demais tratamentos culturais foram estabelecidos com base nos aspectos agronômicos da cultivar.

Características e preparação dos biofertilizantes

O Microgeo® é um componente balanceado, de pH ácido (4,10) contendo macro e micronutrientes (Tabela 2) que ao alimentar os microrganismos do conteúdo ruminal em um sistema de biofábrica através da Compostagem Líquida Contínua (CLC®), produz o biofertilizante Microgeo® (Tabela 3), de pH próximo a neutro (6,8), que será aplicado ao solo.

Tabela 2. Característica química do Microgeo®.

Nutrientes	Teor
	----- g kg⁻¹ -----
Nitrogênio	7,42
Fósforo	1,07
Potássio	1,00
Cálcio	73,00
Magnésio	12,15
Enxofre	1,63
Carbono	238,00
Matéria Orgânica	410,00
	----- mg kg⁻¹ -----
Cobre	52,00
Zinco	400,00
Ferro	5.000,00
Manganês	54,50
Boro	9,45

Tabela 3. Características do biofertilizante Microgeo®.

Determinação	Valor
Condutividade (mS cm ⁻¹)	2.700
DQO (mg O ₂ L ⁻¹)	1.200
DBO 5,20 (mg L ⁻¹)	1.850
Cor (mg PtCo L ⁻¹)	11.960
Turbidez (UNT)	950,00
Alcalinidade (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	96,00
Fósforo (mg L ⁻¹)	49,60
Nitrogênio (mg L ⁻¹)	347,00

Para a preparação do biofertilizante adicionou-se a biofábrica esterco bovino (15% do volume do tanque), este foi retirado de animais que habitam na região, o composto Microgeo® (5% do volume do tanque) e água não clorada completando o volume do tanque. A biofábrica foi instalada em local para que recebesse luz solar direta (MICROGEO, 2017).

Já o biofertilizante Exion Vida® contém magnésio, zinco e boro aditivados com substâncias húmicas (ácidos húmicos e fúlvicos) de alta reatividade e aminoácidos selecionados (Tabela 4).

Tabela 4. Características do biofertilizante Exion Vida®.

Nutrientes	Porcentagem
	----- % -----
Substâncias húmicas	24,0
Aminoácidos	3,0
Magnésio	3,6
Zinco	1,5
Boro	1,0

Delineamento experimental e tratamentos

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro repetições (Tabela 2). Cada parcela experimental ocupou aproximadamente 3,15 m de comprimento por 3,15 m de largura, totalizando uma área de 9,92 m², sendo reservado distanciamento entre blocos e parcelas de 0,90 m e 1,0 m, respectivamente (Figura 2).

Para o Microgeo® utilizou-se a dose de 150 L ha⁻¹ e 300 L ha⁻¹, e para o Exion Vida® 3 L ha⁻¹ e 6 L ha⁻¹. As doses foram estabelecidas conforme as recomendações de cada biofertilizante, sendo que também utilizou-se o dobro de cada dose. A aplicação foi realizada quando as plantas de soja se encontravam em estágio V1 de desenvolvimento para que os biofertilizantes conseguissem atingir o solo. O equipamento utilizado na aplicação foi um pulverizador costal motorizado.

Tabela 2. Doses dos biofertilizantes.

Tratamentos	T1	T2	T3	T4	T5
Doses	0	1	1	2	2
	----- mL -----				
Microgeo®	-	150	-	300	-
Exion Vida®	-	-	3*	-	6*

0 = Tratamento controle, 1 = Dose recomendada pelo fabricante, 2 = Dobro da dose recomendada pelo fabricante.

*Para o preparo da calda diluiu-se o biofertilizante em 147 ml de água para T3 e 144 ml de água para T5.

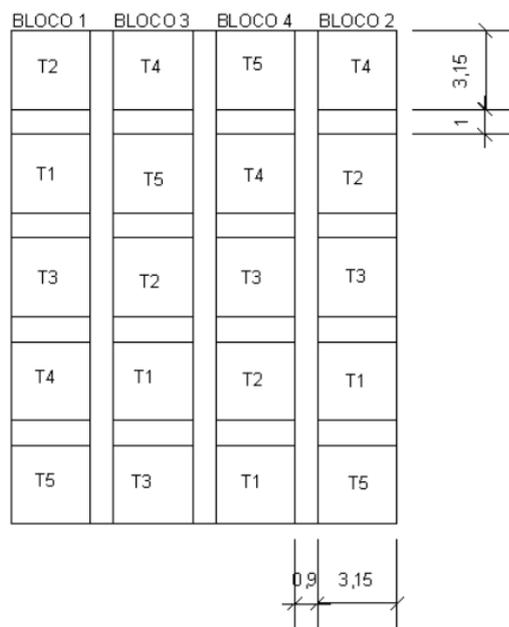


Figura 2. Croqui da área experimental.

Variáveis analisadas

As amostragens de solo, componentes da produção e produtividade foram realizadas no ano de 2017, para cada tratamento de cada parcela.

Densidade do solo

Para densidade do solo foram coletadas amostras de solo com estrutura indeformada, aos 133 dias após a semeadura (DAS), com uma repetição para cada parcela de cada tratamento, nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm, com anéis volumétricos de dimensões de 6,3 cm de diâmetro e 2,53 cm de altura (volume 78,86 cm³). Em seguida as amostras foram secas em estufa a 105°C durante 72 horas, sendo que após este período foram retiradas da estufa para esfriar e serem pesadas. Para o cálculo da densidade utilizou-se a fórmula abaixo:

$$\text{Densidade do Solo (g cm}^{-3}\text{)} = \frac{\text{massa de solo seco (g)}}{\text{volume anel volumétrico (cm}^3\text{)}}$$

Carbono orgânico total e estoque de carbono

As coletas de solo para determinação de carbono orgânico total foram realizadas na camada 0-15 cm em mini trincheiras, aos 133 DAS, com três repetições para cada parcela de cada tratamento, posteriormente, foram homogeneizadas. As amostras de solo coletadas foram secas ao ar e em seguida foram maceradas em almofariz e peneiradas (malha de 0,250 mm). O carbono orgânico total foi determinado por combustão via úmida, conforme Yeomans e Bremner (1988).

Com a densidade e o teor de carbono orgânico total, calculou-se o estoque de carbono do solo pelo método da camada (BAYER et al., 2000), de acordo com a expressão $Estc = (Teor \times Ds \times E) / 10$. Onde: Estc é o estoque de carbono em $Mg \text{ ha}^{-1}$; Teor = teor de carbono orgânico total em $g \text{ kg}^{-1}$; Ds = a densidade do solo no horizonte em $kg \text{ dm}^{-3}$; E= a espessura da camada amostrada em cm. Os valores de estoque de carbono foram calculados na camada de 0-10 cm do solo.

Resistência à penetração (RP)

Em cada parcela foi verificado o grau de compactação, realizado através de três repetições para cada camada, 0-10, 10-20 e 20-30 cm, aos 131 DAS, com penetrômetro de impacto Modelo de Stolf. A resistência à penetração foi realizada no dia 27 de fevereiro de 2017, com umidade do solo de 76,5% para a camada de 0-10 cm, 76,6% para a camada de 10-20 cm e 75,8% para a camada de 20-30 cm. A umidade do solo foi obtida após as amostras serem secas em estufa a 105°C durante 24 horas. O número de impactos dm^{-1} foi transformado em resistência dinâmica (MPa) por meio da equação proposta por Stolf (1991), ou seja, $RP (\text{kgf cm}^{-2}) = 5,6 + 6,89 N (\text{impactos dm}^{-1})$ e para converter a RP de kgf cm^{-2} para MPa, multiplicou-se o resultado obtido pela constante 0,098.

Componentes da produção e produtividade

Para a determinação dos componentes de produção (número de plantas, vagem por planta, grão por vagem e peso de mil grãos) foi utilizada uma área de 1 m^2 dentro de cada parcela. Aos 131 dias após a semeadura, as plantas foram retiradas da área para se proceder a contagem de cada um dos componentes. Todos os resultados foram

transformados para a medida de ha^{-1} . O teor de umidade obtido nos grãos foi de 13%. Para o cálculo da produtividade foi utilizada a fórmula abaixo:

$$\frac{\text{Plantas por ha} \left(\frac{\text{mil}}{\text{ha}}\right) \times \text{Vagens por Planta} \times \text{Grão por Vagem} \times \text{PMG} \left(\frac{\text{g}}{1000}\right)}{60000} = \text{sc/ha}$$

Análise estatística

A análise dos dados foi realizada pela análise de variância e quando significativa utilizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação de médias. O software utilizado foi o Sisvar (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise de variância

A análise da variância (ANOVA) de todos os atributos físicos e químicos avaliados, assim como os componentes de produção e produtividade da soja podem ser observadas na Tabela 7.

Tabela 7. ANOVA – Carbono orgânico (C), estoque de carbono (EC), densidade do solo (DS) (diferentes profundidades, em cm), resistência a penetração (RP) (diferentes profundidades, em cm), número de plantas (NP), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), peso de mil grãos (PMG) e produtividade (PD) avaliados em diferentes doses de dois produtos.

QUADRADOS MÉDIOS													
FV	GL	C	EC	DS	DS	RP	RP	RP	NP	NVP	NGV	PMG	PD
				0-10	10-20	0-10	10-20	20-30				(g)	(sc/ha)
Blocos	3	6,17	127,74	0,0031	0,0060	0,28	0,48	1,985	70,15	21,33	0,0202	299,24	158,53
Produtos	1	1,26	20,44	0,0001	0,0003	0,14	0,13	0,605	40,04	0,26	0,0006	0,05	99,96
Doses	2	7,62	195,09	0,0006	0,0009	0,37	0,12	0,002	12,54	3,28	0,0058	22,24	29,61
Produtos x Doses	2	5,28	73,58	0,0095	0,0001	0,04	0,04	0,153	17,04	6,08	0,0014	39,68	141,58
Resíduos	15	15,61	320,66	0,0027	0,0004	0,14	0,16	0,598	7,82	14,90	0,0072	39,72	51,89
CV(%)		16,67	16,59	2,29	0,88	14,94	11,48	20,55	7,12	10,14	4,90	3,61	9,58

Densidade do solo e resistência à penetração

Independentemente do biofertilizante e dose utilizadas, não verificou-se diminuição da densidade do solo e, conseqüentemente, da resistência à penetração em comparação com tratamento controle (Tabela 8). Para Silva et al. (2014) existe interação entre a sequência de cultivos e o número de aplicações do biofertilizante Microgeo® para que haja melhoria das condições físicas do solo, precisando assim de um período maior de aplicações do biofertilizante e monitoramento na área.

Tabela 8. Densidade do solo e resistência à penetração avaliados em diferentes camadas utilizando doses de biofertilizantes.

Camada	Doses	Microgeo®	Exion Vida®
Densidade do Solo			
----- cm -----			
----- g cm ⁻³ -----			
	0	2,28aA	2,28aA
0-10	1	2,25aA	2,32aA
	2	2,30aA	2,24aA
10-20	0	2,29aA	2,29aA
	1	2,26aA	2,27aA
	2	2,26aA	2,28aA
Resistência à penetração			
----- MPa -----			
	0	2,29aA	2,29aA
0-10	1	2,52aA	2,35aA
	2	2,85aA	2,57aA
10-20	0	3,41aA	3,41aA
	1	3,47aA	3,30aA
	2	3,75aA	3,47aA
20-30	0	3,75aA	3,75aA
	1	3,98aA	3,53aA
	2	4,03aA	3,53aA

0 = Tratamento controle, 1 = Dose recomendada pelo fabricante, 2 = Dobro da dose recomendada pelo fabricante. Médias seguidas por letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Segundo Winckler (2017) os tratamentos que receberam o Microgeo® não diferiram entre si e nem do controle quanto a redução da descompactação do solo. Os dados analisados por Backes et al. (2017) também mostraram claramente que o uso do biofertilizante Microgeo® não obteve efeito sobre os atributos físicos e camadas do solo avaliadas, como observado nesse trabalho.

De acordo com os pressupostos de Bayer e Mielniczuk (1999), os princípios do biofertilizante Microgeo® poderiam manifestar-se efeito em solos muito compactados com densidades superiores a $1,45 \text{ g cm}^3$. Porém, a utilização destes biofertilizantes no solo, o qual apresenta compactação, com densidades superiores a $2,0 \text{ g cm}^3$, não obtiveram o efeito esperado.

Carbono orgânico e estoque de carbono

A utilização ou não de ambos os biofertilizantes, não mostrou resultados efetivos para se obter maior teor de carbono orgânico ou maior estoque de carbono (Tabela 9). Pereira et al. (2010) observaram que o incremento de carbono orgânico no solo se deve a utilização de sistemas de manejo que não envolvem o revolvimento do solo, favorecendo maior acúmulo de matéria orgânica e, conseqüentemente, aumento do estoque de carbono. O acúmulo de carbono orgânico pode variar regionalmente, devido a condições climáticas, ao tipo de solo, em relação ao sistema de manejo aplicado e principalmente em função do tempo de implantação do SPD (CARVALHO et al. 2010; CARVALHO et al. 2009; BAYER e MIELNICZUK, 1999).

Tabela 9. Carbono orgânico e estoque de carbono sob doses dos biofertilizantes.

Variáveis	Doses	Microgeo®	Exion Vida®
		----- g kg ⁻¹ -----	
C Orgânico	0	24,82aA	24,82aA
	1	24,43aA	22,17aA
	2	22,56aA	23,44aA
		----- mg ha ⁻¹ -----	
Estoque de C	0	56,72aA	56,72aA
	1	54,95aA	51,43aA
	2	51,77aA	52,43aA

0 = Tratamento controle, 1 = Dose recomendada pelo fabricante, 2 = Dobro da dose recomendada pelo fabricante. Médias seguidas por letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Os valores de carbono orgânico e estoque de carbono encontrados neste estudo podem ser considerados elevados. Siqueira Neto et al. (2009) obtiveram valores semelhantes de teores de carbono, em torno de 20 g kg⁻¹, em um Latossolo Vermelho Distrófico sob SPD.

A taxa na qual a matéria orgânica do solo aumenta ou diminui é determinada pelo equilíbrio entre ganhos e perdas de carbono. Os ganhos vêm principalmente de resíduos de plantas cultivadas no local e de materiais orgânicos aplicados (BRADY e WEIL, 2013). Já as perdas se devem pela ausência da manutenção de palhada no sistema e pelo revolvimento consecutivo do solo fazendo com que haja degradação de sua estrutura, liberando carbono, e decompondo a matéria orgânica existente de forma rápida.

Número de plantas

Houve efeito isolado dos biofertilizantes para o número de plantas, sendo verificado que o Microgeo® foi superior ao Exion Vida® (Tabela 10).

Tabela 10. Número de plantas avaliado sob os biofertilizantes.

Biofertilizantes	Número de plantas
	----- m ² -----
Exion Vida®	38,00b
Microgeo®	40,58a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Este resultado pode ser explicado devido a ocorrência de rebrota de *Brachiaria ruziziensis* em uma parcela experimental específica onde foi aplicado o biofertilizante Exion Vida®, assim ocorrendo competição por nutrientes, água, espaço e luz entre as plantas, interferindo no crescimento e desenvolvimento da cultura da soja.

Componentes da produção e produtividade

Não houve resultado dos biofertilizantes nas doses utilizadas, exceto quando se comparou o dobro da dose recomendada do biofertilizante Microgeo® com o dobro da dose recomendada do biofertilizante Exion Vida®, onde o primeiro evidenciou a sua superioridade em relação ao segundo para número de plantas e produtividade (Tabela 11).

Tabela 11. Número de plantas (NP), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), peso de mil grãos (PMG) e produtividades (PD).

Variáveis	Doses	Microgeo®	Exion Vida®
NP	0	40,25aA	40,25aA
	1	40,75aA	38,75aAB
	2	40,75aA	35,00bB
NVP	0	38,19aA	38,19aA
	1	37,65aA	39,70aA
	2	38,12aA	36,69aA
NGV	0	1,73aA	1,73aA
	1	1,72aA	1,71aA
	2	1,75aA	1,79aA
PMG	0	172,50aA	172,50aA
	1	173,41aA	178,00aA
	2	177,06aA	172,75aA
PD	0	75,70aA	75,70aA
	1	76,07aA	77,58aA
	2	79,96aA	66,20bA

0 = Tratamento controle, 1 = Dose recomendada pelo fabricante, 2 = Dobro da dose recomendada pelo fabricante. Médias seguidas por letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Quando se analisou Microgeo® separadamente não se observou resultados entre as doses utilizadas, o que segundo Pedó et al. (2016) pode ser considerado normal pois este foi o primeiro ano de avaliação e como o biofertilizante melhora a qualidade biológica do solo e, conseqüentemente, auxilia na construção do perfil do solo e os reflexos podem ser percebidos após 2 ou 3 anos de aplicação.

O biofertilizante Exion Vida® se mostrou inferior ao tratamento controle e ao Microgeo® em relação a variável número de plantas, quando utilizou-se o dobro da dose recomendada de ambos.

Pôde-se observar também que o biofertilizante Exion Vida® foi inferior ao biofertilizante Microgeo® para a variável produtividade, quando aplicado o dobro da dose. Esta inferioridade pode ter relação com a rebrota de *Brachiaria ruziziensis* que ocorreu na parcela experimental, diminuindo o número de plantas e produtividade.

Mesmo não ocorrendo diferença significativa, o biofertilizante Microgeo® obteve o melhor resultado para produtividade, 4,26 sacos a mais quando comparado ao tratamento controle, com a utilização do dobro de sua dose. Este resultado pode estar associado ao maior peso de mil grãos, devido a maior disponibilidade, absorção e translocação de nutrientes para os mesmos. Esta maior disponibilidade de nutrientes pôde ter ocorrido devido a maior taxa de decomposição da matéria orgânica. Segundo Moreira e Siqueira (2006), para que os nutrientes complexados na matéria orgânica possam ser disponibilizados às plantas é necessário que os microrganismos presentes no solo atuem decompondo este material.

CONCLUSÕES

A aplicação de biofertilizantes não alterou os atributos físicos (densidade e resistência à penetração de raízes) e químicos (estoque de carbono e carbono orgânico) do solo.

Pelos Latossolos possuírem características de boa drenagem, serem bem estruturados e localizados em condições climáticas que aceleram a mineralização da palhada sobre o mesmo, as suas mudanças físicas e químicas irão se apresentar de forma muito lenta, assim a continuidade da aplicação dos biofertilizantes seria necessária para que se houvesse melhorias em sua estrutura física e química.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A SOJA: História, tendências e virtudes. Revista Funcionais e Nutracêuticos. São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.insumos.com.br/funcionais_e_nutraceuticos/materias/76.pdf>. Acesso em: 25 out. 2017.

ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema de plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.

ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ARAGÓN, A.; GARCIA, M. G.; FILGUEIRA, R. R.; PACHEPSKY, Y. A. Maximum compactibility of Argentine soils from the Proctor test: the relationship with organic carbon and water content. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 56, n. 3, p. 197-204, 2000.

ARAÚJO, M. A.; TORMENA, C. A.; INOUE, T. T.; COSTA, A. C. S. Efeitos da escarificação na qualidade física de um Latossolo vermelho distroférico após treze anos de semeadura direta. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 495-504, 2004.

BACKES, E. S.; PELLEGRINI, A.; GUGEL, R. F.; CASALI, C. A.; FREITAS, L. A.; CAMANA, D. Insumo estimulador da microbiologia do solo: efeito sobre parâmetros físicos do solo sob culturas anuais. In: CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA UTFPR-DV, 4., 2017, Dois Vizinhos. **Resumos técnicos...** Dois Vizinhos: UTFPR, 2017, p. 202-204.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**, Porto Alegre, p. 9-26, 1999.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T. J. C.; MARTIN-NETO, L.; FERNANDES, S. A. Organic matter storage in a sandy loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 54, n. 1, p. 101-109, 2000.

BELLINI, G.; SCHMIDT FILHO, E.; MORESKI, H. M. Influência da aplicação de um fertilizante biológico sobre alguns atributos físicos e químicos do solo no cultivo rotacionado de arroz (*Oriza sativa*), milho (*Zea mays*) e soja (*glycine max*). In: Mostra interna de trabalhos de iniciação científica, 6., 2012, Maringá. **Anais eletrônicos...** Maringá: CESUMAR, 2012. Disponível em: <http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/mostras/vi_mostra/gabriel_bellini.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2017.

BERTIN, E.G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J.F. Plantas de cobertura em pré-safra ao milho em plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 379-386, 2005.

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; SILVA, A.P.; BARBOSA, J.C. Intervalo hídrico ótimo e produtividade de cultivares de soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 639-45, 2006.

BLACK, R. J. Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectivas. In: CÂMARA, G. M. S. **Soja: tecnologia da produção II**. Piracicaba: ESALQ - LPV, 2000. p. 1-18.

BOER, C.A.; ASSIS, R.L. de; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L. de L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F.R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 1269-1276, 2007.

BOGIANI, J. C. Rotação de Culturas e Manejo para Formação de Palhada no Sistema Plantio Direto. **Boletim Passarela da Soja e do Milho 2014**, Luís Eduardo Magalhães, v. 7, n. 7, p. 15, 2015.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades do solo**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman Editora LTDA. 2013, 683 p.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **The nature and properties of soils**. 14. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2008.

BRAIDA, J. A.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M. Matéria orgânica e seu efeito na física do solo. **Tópicos em Ciência do Solo - Volume VII**, Viçosa, ed. 1, p. 221-278, 2011.

BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; VEIGA, M. Teor de carbono orgânico e a susceptibilidade à compactação de Nitossolo e um Argissolo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 2, p. 131-139, 2010.

BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; VEIGA, M.; REINERT, D. J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio de Proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 605-614, 2006.

BUSSCHER, W.J.; BAUER, P.J.; CAMP, C. R.; SOJKA, R.E. Correction of cone index for soil water content differences in a coastal plain soil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 43, n. 2, p. 205-217, 1997.

CÂMARA, G. M. de S. **Introdução ao agronegócio Soja**. Piracicaba: ESALQ USP, 2015. 30p.

CARVALHO, G. J.; CARVALHO, M. P.; FREDDI, O. S.; MARTINS, M. V. Correlação da produtividade do feijão com a resistência à penetração do solo sob plantio direto.

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 765-771, 2006.

CARVALHO, J.L.N.; AVANZI, J.C.; SILVA, M.L.N.; MELLO, C.R. de; CERRI, C.E.P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil: uma revisão de literatura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 277-289, 2010.

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 and Tillage Research**, Amsterdam, v. 103, n. 2, p. 342-349, 2009.

CRUZ, J. C.; ALVARENGA, R. C.; NOVOTNY, E. H.; PEREIRA FILHO, I. A.; SANTANA, D. P.; PEREIRA, F. T. F.; HEMANI, L. C. **Sistema plantio direto**. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27352/1/Manejo-de-solos-Sistema-plantio-direto.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2017.

DIAS JÚNIOR, M. S.; MIRANDA, E. E. V. Comportamento da curva de compactação de cinco solos da região de Lavras. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 2, p. 337-346, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. História da soja. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/historia>>. Acesso em: 06 nov. 2017.

FALKER. Como a compactação do solo afeta a produtividade. Disponível em: <http://www.falker.com.br/images/AMM/AMM_PLG_003/AMM_PLG_003.html>. Acesso em: 30 nov. 2017.

FERNANDES FILHO, E.I. **Relações entre algumas práticas de manejo e aplicação de biofertilizante em propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro álico, fase cerrado**. 1991. 62p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

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

FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; DUARTE, A. P.; PERES, F. S. C. Compactação do solo e produção de cultivares de milho em Latossolo Vermelho. II - Intervalo hídrico ótimo e sistema radicular. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 805-818, 2009.

FRIES, M. R.; AITA, C. Aplicação de esterco bovino e efluente de biodigestor em um solo Podzólico Vermelho-Amarelo: efeito sobre a produção de matéria seca e absorção de nitrogênio pela cultura do sorgo. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 20, n. 1-2, p. 137-145, 1990.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M. R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio

em mistura de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 325-334, 2003.

KIMBERLIT. Disponível em: <<http://www.kimberlit.com/produto/exion-vida>>. Acesso em: 23 nov. 2017.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: Edusp, 2005. 335p.

LIMA, C. L. R.; SILVA, A. P.; IMHOFF, S. C.; LEÃO, T. P. Estimativa da capacidade de suporte de carga do solo a partir da avaliação da resistência à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 217-223, 2006.

MARTINEZ-SALGADO, M. M.; GUTIERREZ-ROMERO, V.; JANNSENS, M.; ORTEGA-BLU, R. Biological soil quality indicators: a review. **Current research, technology and education topics in applied microbiology and microbial biotechnology**, Extremadura, v. 1, n. 2, p. 319-328, 2010.

MAUAD, M.; SILVA, T. L. B.; NETO, A. I. A.; ABREU, V. G. Influência da densidade de semeadura sobre características agrônômicas na cultura da soja. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 3, n. 9, p. 175-181, 2010.

MEDEIROS, M. B.; BARBOSA, A. S.; MELO, A. S.; LEITE, J. U.; LIRA, W. B.; LACERDA, P. B. Processos de transição ecológica: o uso de biofertilizantes líquidos no manejo de pragas agrícolas. In: III Jornada Nacional da Agroindústria, 2008, Bananeiras. **Anais eletrônicos...** Bananeiras: UFPB, 2008. Disponível em: <http://www.prac.ufpb.br/anais/meae/Anais_II_Encontro_Tematico/trabalhos/BIOFERTILIZANTES.doc>. Acesso em: 08 nov. 2017.

MEDEIROS, M. B.; LOPES, J. da S. Biofertilizantes líquidos e sustentabilidade agrícola. **Revista Bahia Agrícola**, Salvador, v. 7, n. 3, p. 24-26, 2006.

MOREIRA, F.M. S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2. ed. atual. e ampl. Lavras: UFLA, 2006. 729p.

MICROGEO. Disponível em: <http://www.microgeo.com.br/ns/pdf/manual_tecnico.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2017.

OLIVEIRA, F. H. T.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V.H.; CANTARUTTI, R.B. e BARROS, N.F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, v. 2, p. 393-486, 2002.

PEREIRA, M. G.; LOSS, A. BEUTLER, S. J.; TORRES, J. L. R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 5, p. 508-514, 2010.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade de solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência Ambiente**, Santa Maria, v.14, n. 27, p. 29-48, 2003.

ROSA JÚNIOR, E. J. **Relação solo organismo planta**. Campo Grande: Imprensa Universitária, 1991. 202p.

SALTON, J. C.; HERNANI L. C.; FONTES, C. Z. **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a EMBRAPA responde**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. 248p.

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. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

SECCO, D. **Estados de compactação de dois Latossolos sob plantio direto e suas implicações no comportamento mecânico e na produtividade de culturas**. 2003. 108 p. Tese (Doutor em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS.

SEGALIN S. R.; BARBIERI, A. P. P.; HUTH, C.; BECHE, M.; MATTIONI, N. M.; MERTZ, L. M. Physiological quality of soybean seeds treated with different spray volumes. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 35, n. 4, p. 501-509, 2013.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. de C.; SCOPEL, E.; COSTA JUNIOR, C. da; CERRI, C.C; BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 709-717, 2009.

STEVERSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. 2 ed. New York: John Willey, 1994, 496p.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 15, n. 3, p. 249-252, 1991.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI-NETO, V.L. Recomendação para uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 1, n. 3, p. 18-23, 1983.

TAYLOR, H. M., ROBERTSON, G. M., PARQUER, J. J. Soil strength root penetration relations for medium to coarse textured soil materials. **Soil Science**, New York, v. 102, n. 1, p. 18-22, 1966.

TIRLONI, C. **Atributos físicos e fracionamento granulométrico da matéria orgânica do solo em sistema de integração lavoura-pecuária**. 2010. 62 p. Tese (Doutor em Agronomia) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; FABIAN, A.J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 421-428, 2008.

WINCKLER, T. A. L. **Avaliação da eficiência do Microgeo® na reestruturação de solo sob diferentes sistemas de cultivo**. 2017, 30 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Palotina – PR.

WU, S.C.; CAO, Z. H.; LI, Z. G.; CHEUNG, K. C.; WONG, M. H. Effects of biofertilizers containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. **Geoderma**, Wageningen, v. 125, n. 1-2, p. 155-166, 2005.

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