

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
TROPICAL**

The seal of the Universidade Federal do Amazonas is a circular emblem. It features a central figure of a person's head and shoulders, possibly a Native Amazonian, surrounded by a laurel wreath. Above the head are three stars. The text "UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS" is written along the top inner edge of the circle, and "IN UNIVERSA SCIENTIA VERITAS" is written along the bottom inner edge.

**EFEITO DO MANEJO SOBRE OS ATRIBUTOS FÍSICOS DE
UM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO DISTRÓFICO,
EM PORTO VELHO – RO**

EDUARDO ANTONIO NEVES DOS SANTOS

**MANAUS-AM
2017**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
TROPICAL

EDUARDO ANTONIO NEVES DOS SANTOS

**EFEITO DO MANEJO SOBRE OS ATRIBUTOS FÍSICOS DE
UM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO DISTRÓFICO,
EM PORTO VELHO – RO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, da Universidade Federal do Amazonas – UFAM, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, área de concentração em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Milton César Costa Campos

MANAUS-AM
2017

Ficha Catalográfica

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

S237e Santos, Eduardo Antonio Neves dos
Efeito do manejo sobre os atributos físicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico em Porto Velho-RO / Eduardo Antonio Neves dos Santos. 2017
59 f.: 31 cm.

Orientador: Milton César Costa Campos
Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas.

1. atributos físicos. 2. manejo do solo. 3. sucessão de culturas . 4. degradação do solo. 5. plantio direto. I. Campos, Milton César Costa II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

EDUARDO ANTONIO NEVES DOS SANTOS

**EFEITO DO MANEJO SOBRE OS ATRIBUTOS FÍSICOS DE
UM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO DISTRÓFICO,
EM PORTO VELHO – RO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, da Universidade Federal do Amazonas – UFAM, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, área de concentração em Produção Vegetal.

Aprovado em 27 de setembro de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Milton César Costa Campos
Universidade Federal do Amazonas

Profa. Dra. Perla Joana Souza Gondim
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. Marcos André Braz Vaz
Universidade Federal do Amazonas

DEDICO

*Aos meus pais Maria Aparecida Neves e Aurimar Arruda.
Ao meu irmão Aurimar Neves.
As minhas avós Alaíde Belém e Zilda Arruda.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pelo maravilhoso dom da vida e pelas oportunidades que tem me proporcionado.

À Universidade Federal do Amazonas, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, por possibilitar a realização desse trabalho.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao meu orientador Professor Dr. Milton César Costa Campos, minha gratidão por aceitar orientar-me, auxiliando em todo o desenvolvimento do projeto, pelo incentivo e dedicação em transmitir seus conhecimentos.

Ao Professor Dr. José Mauricio Cunha pela colaboração, paciência e apoio na realização deste trabalho.

Aos membros da banca, Professora Dra. Perla Joana Souza Gondim e Professor Dr. Marcos André Braz Vaz, por terem aceitado o convite em participar da defesa e pelas contribuições para dissertação.

Aos meus amigos Fernando Gomes de Souza, Jhennyffer de Souza e Kallebhe Emanuel, pela convivência, apoio, incentivo ao longo dessa jornada.

À equipe do Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas.

Aos meus amigos Half, Julimar, César, Alan, Wildson, Elienayra, Elilson, Wilian, Paulo, Valdeson, Emily, Sabrina, Felipe, Kafú, Wagner, Lucivania, Uilson, pela colaboração na execução das atividades, pela parceria e amizade.

Enfim, a todos aqueles que fizeram parte dessa caminhada, contribuindo direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

A todos vocês, o meu **MUITO OBRIGADO!!**

RESUMO

A compreensão e a quantificação do impacto do uso e manejo do solo na qualidade física são fundamentais no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do gesso agrícola, escarificação do solo e sistemas de sucessão de culturas, sobre os atributos físicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, em Porto Velho – RO. O experimento foi implantado no ano agrícola 2013, safra 2014, em área contida no campo experimental da Embrapa Rondônia, a área vinha sendo cultivada com *Brachiaria brizantha* cv. Marandú durante dezoito anos (1990 a 2008), após esse período de cultivo com Braquiária, foi mantido em pousio por quatro anos (2009 a 2013), quando então foi instalado o experimento. Os tratamentos consistiram na ausência e adição de 2000 kg ha⁻¹ de gesso agrícola, ausência e presença de escarificação do solo, e três sistemas de sucessão de culturas: SP (soja/pousio), SMP (soja/milho/pousio) e SMBP (soja/milho/braquiária/pousio). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, arranjado em esquema fatorial 2x2x3 com oito blocos. Quatro anos após a instalação do experimento foram abertas trincheiras e coletadas amostras de solo nas camadas de (0,00 – 0,05, 0,05 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m). Com auxílio de anéis volumétricos, foram coletadas amostras de solo para determinação da macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo, umidade e resistência do solo a penetração. Blocos com estrutura preservada foram coletados e desfragmentados manualmente em agregados. Com auxílio de peneiras, foram separados agregados com diâmetro entre 8 a 4,75 mm para análise de estabilidade de agregados em água. A hipótese de normalidade dos dados foi testada pelo teste de Shapiro-Wilk, e submetidos à análise de variância (ANOVA), quando constatada significância, por intermédio do teste F, as médias foram comparadas pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5 % de probabilidade. Os sistemas de sucessão de culturas, podem influenciar nas características físicas do solo, os melhores valores de estabilidade de agregados foram observados nos sistemas de sucessão SMBP e SMP, que além de conservar a estrutura dos agregados, possibilitou a redução na RP.

Palavras Chave: Atributos físicos, manejo do solo, sucessão de culturas.

ABSTRACT

Understanding and quantifying the impact of land use and management on physical quality is critical to the development of sustainable agricultural systems. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of gypsum, soil scarification and crop succession systems on the physical attributes of a Red - Yellow Dystrophic Latosol in Porto Velho - RO. The experiment was implemented in the agricultural year 2013, crop 2014, in an area in the experimental field of Embrapa Rondônia, the area was cultivated with *Brachiaria brizantha* cv. Marandú during eighteen years (1990 to 2008), after this period of cultivation with *Braquiaria*, was kept in fallow for four years (2009 to 2013), when the experiment was installed. The treatments consisted in the absence and addition of 2000 kg ha⁻¹ of agricultural gypsum, absence and presence of soil scarification, and three crop succession systems: SP (soybean / fallow), SMP (soybean / corn / fallow) and SMBP (soybean / corn / brachiaria / fallow). The experimental design was in randomized blocks, arranged in a 2x2x3 factorial scheme with eight blocks. Four years after the installation of the experiment trenches were opened and soil samples were collected in the layers of (0.00 - 0.05, 0.05 - 0.10 and 0.10 - 0.20 m). With the aid of volumetric rings, soil samples were collected for determination of macroporosity, microporosity, total porosity, soil density, soil moisture and penetration resistance. Blocks with preserved structure were manually collected and defragmented in aggregates. With the aid of sieves, aggregates with a diameter of between 8 and 4.75 mm were separated for stability analysis of aggregates in water. The hypothesis of normality of the data was tested by the Shapiro-Wilk test, and subjected to analysis of variance (ANOVA). When the significance test was found, the means were compared by the Scott-Knott test at the 5% of probability. Crop succession systems may influence soil physical characteristics, and the best aggregate stability values were observed in the SMBP and SMP succession systems, which, in addition to preserving the aggregate structure, allowed a reduction in RP.

Keywords: Physical attributes, soil management, crop succession.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Análise química do solo da área experimental na profundidade de 0,00-0,20 m, em Porto Velho, RO.....26
- Tabela 2** – Valores médios para macroporosidade (MaP), microporosidade (MiP), porosidade total (Pt) e densidade do solo (Ds) em função do efeito do gesso agrícola, escarificação do solo e sistemas de sucessão de culturas, na profundidade de 0,00 – 0,05; 0,05 – 0,10; 0,10 – 0,20 m.....34
- Tabela 3** – Valores médios obtidos no desdobramento da microporosidade (MiP) e porosidade total (Pt) em função do efeito do gesso agrícola e escarificação do solo, na profundidade de 0,00 – 0,05 m.....35
- Tabela 4** – Valores médios obtidos no desdobramento da macroporosidade (MaP) e microporosidade (MiP), em função do efeito do gesso agrícola e sistemas de sucessão de culturas, na profundidade de 0,00 – 0,05 m.....36
- Tabela 5** – Valores médios obtidos no desdobramento da macroporosidade (MaP), em função do efeito do gesso agrícola e sistemas de sucessão de culturas, na profundidade de 0,00 – 0,05 m.....37
- Tabela 6** – Valores médios obtidos no desdobramento da porosidade total (Pt), em função do efeito do gesso agrícola e sistemas de sucessão de culturas, na profundidade de 0,05 – 0,10 m.....37

- Tabela 7** – Valores médios para resistência do solo a penetração (RP) e umidade (UG), em função do efeito da gessagem, escarificação do solo e sistemas de sucessão de culturas, nas profundidades de 0,00– 0,05, 0,05- 0,10 e 0,10-0,20 m.....39
- Tabela 8** – Valores médios areia, silte, argila, em função do efeito do gesso agrícola, escarificação do solo e sistemas de sucessão de culturas, nas profundidades de 0,00 – 0,05, 0,05 - 0,10 e 0,10 - 0,20 m.....41
- Tabela 9** – Valores médios do tamanho de classes de agregados e carbono orgânico (CO) no solo em função do efeito do gesso agrícola, escarificação do solo e sistemas de sucessão de culturas, na profundidade de 0,00– 0,05 m.....46
- Tabela 10** – Valores médios do tamanho de classes de agregados e carbono orgânico (CO) no solo em função do efeito do gesso agrícola, escarificação do solo e sistemas de sucessão de culturas, na profundidade de 0,05– 0,10 m.....47
- Tabela 11** – Valores médios do tamanho de classes de agregados e carbono orgânico (CO) no solo em função do efeito do gesso agrícola, escarificação do solo e sistemas de sucessão de culturas, na profundidade de 0,10– 0,20 m.....48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área de estudo no município de Porto Velho, Rondônia.....25

Figura 2. Croqui da área experimental. **CG** - com gesso; **SG** – sem gesso; **SP** – soja, pousio;
SMP – soja, milho, pousio; **SMBP** – soja, milho e braquiária, pousio.....27

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVOS.....	14
	2.1 Objetivo geral	14
	2.2 Objetivos específicos	14
3	REVISÃO DE LITERATURA	15
	3.1 Efeito da gessagem nos atributos físicos do solo	15
	3.2 Influência da escarificação nos atributos do solo.....	16
	3.3 Relações dos sistemas de sucessão de cultivos nos atributos do solo.....	18
	3.4 Qualidade física do solo.....	20
	3.5 Indicadores da qualidade física do solo	21
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	25
	4.1 Localização e caracterização da área de estudo	25
	4.2 Tratamentos.....	26
	4.3 Amostragem do solo	28
	4.4 Análises físicas.....	28
	4.5 Análise estatística dos dados.....	30
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
	5.1 Porosidade e densidade do solo	31
	5.2 Resistência do solo à penetração e umidade gravimétrica.....	37
	5.3 Textura do solo	39
	5.4 Estabilidade de agregados.....	42
6	CONCLUSÕES	49
7	REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

As atividades agrícolas objetivam a produção de alimentos ao mesmo tempo conservando os recursos naturais não renováveis, mas nem sempre as técnicas de exploração agrícolas alcançam êxito em atender essa expectativa, por promoverem modificações no meio ambiente (CARVALHO, 2014). Embora essas práticas busquem alterar algumas propriedades físicas, conferindo-lhes condições que favoreçam o crescimento e desenvolvimento das plantas, via de regra elas propiciam deterioração nos atributos físicos do solo (CENTURION e DEMATTÊ, 1992). O uso de práticas pouco conservacionistas somados ao uso inadequado do solo, como o excessivo revolvimento, podem provocar aumento da densidade, diminuição da macroporosidade e porosidade total dentre outros danos (SOARES et al., 2016), podendo comprometer diretamente a produtividade (VITÓRIA et al., 2014; LAMAS et al., 2016).

O solo quando mantido em seu estado natural, sob vegetação nativa, apresenta atributos físicos, como densidade, porosidade, agregação e permeabilidade consideradas adequadas (ANDREOLA et al., 2000). Entretanto, quando o solo é submetido ao processo produtivo, as características físicas sofrem alterações (NEVES et al., 2007), tornando-se imprescindível o monitoramento dessas características após a introdução de atividades de produção (BERTOL et al., 2001).

Segundo Llanillo et al. (2006), o uso e manejo dos solos interferem em seu estado de agregação, textura, teor de água e matéria orgânica. Um dos grandes problemas observados no campo de produção é a formação de camadas compactadas que reduzem a atividade biológica e a macroporosidade no perfil do solo, aumentando a densidade, o que proporciona maior resistência física à expansão radicular (JIMENEZ et al., 2008). Além disso, limita a permeabilidade e a disponibilidade de nutrientes e água (FREDDI et al., 2007).

A avaliação da qualidade do solo pode ser realizada pelo monitoramento de seus atributos ou características físicas, químicas e biológicas (SANTANA e BAHIA FILHO, 1998).

Entre estes, têm sido recomendados as mensurações dos atributos físicos, tais como a densidade e a porosidade do solo (CARNEIRO et al., 2009), a resistência do solo à penetração (TAVARES FILHO e RIBON, 2008) e distribuição dos agregados em classes de tamanho ou sua estabilidade em água (CASTRO FILHO et al., 1998).

Uma contínua avaliação, no tempo, destes atributos físicos do solo permite monitorar a eficiência ou não destes sistemas de manejo do solo quando se objetiva estabilidade estrutural (SECCO et al., 2005). Sendo o conhecimento dos danos provocados pelos diferentes sistemas de manejo, esses são essenciais para melhorar a qualidade física do solo (SOARES et al., 2016).

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar efeito do gesso agrícola, escarificação do solo e sistemas de sucessão de culturas sobre os atributos físicos do solo. Com os resultados das avaliações dos atributos físicos do solo pode ser possível entender os mecanismos que governam a funcionalidade dos solos, importantes para a tomada de decisão em relação às técnicas de manejo a serem adotadas, mantendo a manutenção e a sustentabilidade produtiva na agricultura.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito do gesso agrícola, escarificação do solo e três sistemas de sucessão de culturas sobre os atributos físicos em um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, em Porto Velho – RO.

2.2 Objetivos específicos

Determinar as propriedades físicas, tais como, a macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo, estabilidade de agregados, textura do solo, umidade e resistência do solo a penetração.

Avaliar as variações dos atributos físicos, quanto ao uso e manejo do solo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Efeito da gessagem nos atributos físicos do solo

O gesso agrícola, um subproduto da indústria de fertilizantes fosfatados, tem sido empregado para corrigir a toxidez por Al e elevar os teores de Ca nas camadas mais profundas do solo (RAMOS, 2013). Neste sentido, o gesso pouco altera o pH, e que desta forma não aumenta a capacidade de troca de cátions. Entretanto, por ser excelente fonte de Ca possui capacidade em amenizar toxidade do Al, podendo atuar como condicionador das estruturas do solo favorecendo a agregação e, conseqüentemente, melhorando a estrutura do solo (ZHANG e NORTON, 2002; ROSA JUNIOR et al., 2007).

A densidade e a porosidade do solo podem ser alteradas pela combinação do sistema de manejo e a gessagem (COSTA et al., 2007). Rosa Júnior et al. (2007), estudando o calcário e gesso como condicionantes químicos e físicos do solo, observou que o uso de gesso agrícola reduziu os teores de argila dispersa em água, sendo que os menores valores foram obtidos com a dose de 2 Mg ha⁻¹ de gesso.

Outros autores destacam que a aplicação de gesso pode ser uma alternativa para a distribuição do sistema radicular no perfil do solo, isto ocorre devido à melhoria do subsolo, conseqüentemente aumentando a absorção de água e nutrientes (CARVALHO e RAIJ, 1997; CAIRES et al., 2003). A exploração radicular no perfil do solo pode acelerar o processo de agregação, pois, o crescimento das raízes promove a aproximação das partículas, exercendo pressão as mesmas na medida em que sistema radicular avança pelos espaços porosos. Como a absorção radicular causa secamento nas regiões adjacentes das raízes, o que resulta no aumento da força de coesão entre as partículas (ZONTA et al., 2006).

O uso agrícola indevido acarreta mudanças na estrutura do solo e no rompimento dos agregados, resultando em restrições ao crescimento radicular, reduzindo a exploração de água e nutrientes pelas culturas. Muitas das vezes, essas alterações são manifestadas pela

compactação acentuada que causa decréscimo na porosidade, e conseqüentemente, na infiltração de água no solo (ALBUQUERQUE et al., 2003).

O gesso agrícola, no geral, apresenta efeito residual no solo, sendo influenciado pela variação climática (tanto regional quanto temporal), dose aplicada, período entre aplicação e a análise do solo (PAULETTI et al., 2014). Dessa forma é que as culturas podem desenvolver melhor distribuição do sistema radicular no perfil do solo, como consequência dos maiores teores disponíveis de cálcio e da correção da toxidez do alumínio, benefícios proporcionados pela técnica de gessagem (CAIRES et al., 2006; SALDANHA et al., 2007).

3.2 Influência da escarificação nos atributos do solo

A escarificação do solo é considerada uma pratica de manejo que tem por objetivo romper camadas compactadas, e que a partir dessa pratica é empregada uma mínima mobilização, mantendo a cobertura do solo (GASSEN et al., 2014). Essa operação proporciona menor degradação, por não provocar inversão de camadas do solo, de forma que os resíduos permanecem depositados na superfície do solo, proporcionando o controle da erosão, melhorando a infiltração e retenção de água (CAMARA e KLEIN, 2005), estrutura e porosidade do solo (MACHADO et al., 2005), além de facilitar a movimentação dos insumos aplicados na superfície, assim como promover menor desagregação do solo e apresentar menores custos, quando comparado ao preparo convencional (BERTOLLO, 2014).

Nicoloso et al. (2008), em experimento de campo realizado em quatro áreas, no município de Santa Rosa – RS, constataram que a escarificação mecânica quando associada à escarificação biológica se torna uma alternativa eficiente para melhorar as condições físicas de um Latossolo de textura muito argilosa, auxiliando a prevenção da reconsolidação do solo. De forma que o uso de escarificadores podem proporcionar melhorias na rugosidade superficial, assim como na redução da densidade do solo, na densidade relativa, e na resistência mecânica

à penetração (REICHERT et al., 2009), e consequente aumento da porosidade total e macroporosidade (KLEIN, 2008). Essas condições podem alcançar efeito residual por no mínimo dez meses após o preparo do solo (SECCO e REINERT, 1997).

Outras linhas de pesquisa destacam que os sistemas conservacionistas, como o plantio direto e o cultivo mínimo, proporcionam melhor qualidade ao solo cultivável, permitindo a expansão da agricultura para novas áreas produtoras (SEKI et al., 2015). Por outro lado, existem fatores limitantes para obtenção do potencial máximo de produtividade, sendo a compactação um dos principais fatores que atuam de forma negativa na produtividade, prejudicando assim, a sustentabilidade do plantio direto (SILVA et al., 2004). A compactação do solo se caracteriza pela ação nociva ao desenvolvimento das plantas, provocada pela redução na porosidade do solo localizada abaixo da profundidade de trabalho dos órgãos ativos das semeadoras (BELLÉ et al., 2014).

Uma das causas da compactação do solo, em sistemas de plantio direto, é a exigência no uso de máquinas agrícolas mais robustas e maiores, que afetam de forma significativa, a compactação, modificando diversos atributos físicos do solo, entre os quais se destacam a densidade, a resistência à penetração, a macro e microporosidade e capacidade de retenção de água (ARAÚJO et al., 2004; HANZA e ANDERSON, 2005; GASSEN et al., 2014). Segundo Calonego e Rosolem (2008), se for considerado um manejo conservacionista, os escarificadores são indicados preferencialmente para a descompactação mecânica, pois formam fissuras com mínima mobilização do solo.

Segundo Mazurana et al. (2011), os sistemas de preparo do solo interferem na densidade, na porosidade, na resistência mecânica à penetração e na infiltração de água no solo, sendo que a densidade reduz ao longo dos anos à medida em que se aumenta a mobilização do solo. Ainda de acordo com os mesmos autores a resistência do solo a penetração aumenta com a profundidade, mas também pode ser reduzida com a mobilização do solo, sendo que a

infiltração de água pode ser alterada pelas práticas de manejo do solo e por características físicas. Os efeitos do preparo do solo também são dependentes das condições climáticas e da intensidade de tráfegos aplicado ao solo (REICHERT et al., 2009).

3.3 Relações dos sistemas de sucessão de cultivos nos atributos do solo

A sucessão de culturas constitui uma prática agrícola das mais utilizadas, que a cada dia vem ganhando mais adeptos, principalmente pela possibilidade de aumento do rendimento real da propriedade no mesmo ano agrícola, além de manter a área ocupada por culturas na entressafra e, conseqüentemente, mantendo a área livre de plantas daninhas e controlando pragas e doenças, e também reduzindo a erosão onde ela é problema (CARDOSO et al., 2014). Outras linhas de pesquisas destacam que a sucessão de culturas em solos visa melhorar o uso do solo e sua qualidade, otimizando o uso de máquinas e da mão-de-obra, diminuindo os níveis de compactação do solo e aumentando a rentabilidade da área (DONEGA e SANTOS, 2015).

Geralmente as características e atributos químicos e físicos do solo sofrem alterações, causadas pela intensificação no uso dos solos em sistemas agrícolas, conseqüentemente resultando no aparecimento de camadas compactadas limitantes ao desenvolvimento radicular e redução nas taxas de infiltração de água, na aeração e na permeabilidade dos solos (FONTANA et al., 2016). A redução nos espaços entre partículas aumenta a coesão do solo, dificultando seu preparo e, conseqüentemente, influenciando no desenvolvimento das plantas (BERTOL, 2004).

O sistema de plantio direto surge como uma técnica de cultivo conservacionista, podendo preservar e recuperar a estrutura do solo, pois, emprega a redução do tráfego de máquinas e do revolvimento do solo, associado ao uso de plantas de cobertura, mantendo, dessa forma, o sistema agrícola mais produtivo (VEZZANI e MIELNICZUK, 2009).

Os benefícios proporcionados pelo sistema plantio direto às propriedades físicas do solo advêm da deposição da cobertura vegetal em superfície, que exerce papel importante, pois, reduz o impacto das gotas de chuva e favorece o aumento da matéria orgânica, (CÂNDIDO et al., 2014). Ressaltando que o incremento de matéria orgânica do solo e o sistema radicular contribuem para a melhoria de atributos físicos do solo, relacionados à infiltração de água e à agregação, conseqüentemente, favorecendo a redução da erodibilidade do solo (CONTE et al., 2011). Assim, mantendo a umidade do solo e a estrutura, atuando na manutenção da temperatura do solo, controlando plantas daninhas, promovendo a ciclagem e a disponibilidade de nutrientes para as culturas sucessoras (BOER et al., 2007; SILVA et al., 2008; MARCELO et al., 2009).

É necessário que medidas conservacionistas e que outras práticas de manejo da cultura sejam bem executadas. Parte da resolução de alguns problemas é dependente do plano de rotação e, ou, sucessão de culturas (BRANCALIÃO, 2008). Segundo HIRAKURI et al. (2012), a sucessão de culturas é definida como o cultivo sequente de duas espécies vegetais no mesmo espaço produtivo por vários anos, enquanto que na rotação ocorre alternância ordenada, cíclica e sazonal de espécies vegetais em um espaço produtivo. De acordo com ANDRADE (2009), sistemas com rotação ou sucessão de culturas podem ter variações na agregação do solo, conforme as diferenças nas espécies de plantas. A estabilidade de agregados sob leguminosas pode ser maior em relação às não leguminosas, além de maior comprimento de hifas de fungos as leguminosas apresentam maior massa microbiana para o mesmo comprimento e massa de raízes, em relação às não-leguminosas (HAYNES e BEARE, 1997).

O desenvolvimento das plantas está estreitamente relacionado com as condições físicas do solo, de modo que solos desestruturados e compactados geralmente apresentam baixos valores de porosidade, dificultando assim a penetração de raízes e a difusão de oxigênio (PALMEIRA et al., 1999). De acordo com OADES (1984), os agregados são elementos que

conferem estrutura ao solo, sendo de grande importância para manutenção da porosidade e aeração do solo, apresentando grande influência nos processos de crescimento das plantas e da população microbiana, infiltração de água e no controle dos processos erosivos.

Para que ocorra a formação dos agregados, os colóides do solo devem se encontrar aglomerados, de forma que os componentes dos agregados necessitam ser consolidados por algum agente cimentante (HILLEL, 1980; AZEVEDO e DALMOLIN, 2004), seja os minerais de argila, a matéria orgânica e os óxidos de ferro e alumínio. Neste sentido, uma estrutura estável representa a resistência em que os agregados do solo apresentam às interferências causadas pela manipulação mecânica e desintegração causada pela água, indicando a importância de um solo estável para a formação e manutenção das boas relações estruturais do solo (BAVER et al., 1993; OLIVEIRA et al., 1996). Dessa forma, os efeitos negativos da degradação do solo podem ser reduzidos por meio de culturas que apresentam sistema radicular agressivo e profundo capaz de penetrar na camada compactada e promovendo a descompactação, resultando em melhorias na condição estrutural do solo (WOHLENBERG et al., 2004; ABREU et al., 2004).

3.4. Qualidade física do solo

Há muito tempo tem se discutido o conceito de qualidade física do solo, sendo considerado este tema dinâmico e abrangente. Podendo ser definido como a capacidade do solo em exercer uma função dentro dos limites de um ecossistema e de interagir positivamente com o ambiente externo a ele (LARSON e PIERCE, 1994). Sendo a qualidade física do solo um importante elemento na sustentabilidade, tendo em vista que os atributos físicos e os processos do solo estão envolvidos no suporte ao crescimento radicular, armazenagem e suprimento de água e nutrientes, trocas gasosas e atividades biológicas do solo (ARAÚJO et al., 2004).

Segundo Silva (2001), a busca da qualidade do solo, identificando as limitações que esse oferece ao crescimento das plantas, é um dos principais objetivos das pesquisas em física do solo. Sem especificar nenhuma propriedade física, a qualidade do solo provém dos componentes da qualidade do ambiente influenciando a produtividade e contribuindo para a degradação do agrossistema (ANDREWS et al., 2002). A qualidade física do solo merece destaque, uma vez que tem afetado bastante a qualidade química e biológica, sendo que uma depende da outra, dessa forma, melhorando a qualidade física de determinado solo se está contribuindo indiretamente para melhoria das suas condições biológicas e químicas (ARAÚJO et al., 2007).

Estudos relacionados com a qualidade física do solo evoluíram significativamente nos últimos anos, quase sempre justificados pela carência em se avaliar o comportamento de diversos atributos físicos do solo em áreas cultivadas e sob pastagens (LANZANOVA et al., 2007; SALES et al., 2010). Podendo a estrutura do solo ser alterada por práticas de manejo, causando alterações na disponibilidade de água, na difusão de oxigênio e na resistência do solo à penetração das raízes, como consequência influenciando a produtividade (TORMENA et al., 1998). Sendo a capacidade do solo em promover condição adequada para o crescimento e desenvolvimento da planta é considerada uma qualidade física do solo (COLLARES et al., 2006). Dessa forma a qualidade física do solo é um termo relacionado com sua estrutura, sendo que os danos causados pelo uso e manejo como erosão, desertificação e suscetibilidade à compactação, são originários da sua degradação (HUBERT et al., 2007).

3.5. Indicadores da qualidade física do solo

A avaliação da qualidade do solo tem sido proposta como um indicador integrado da qualidade do ambiente e da sustentabilidade de produção agrícola e/ou florestal. Dessa forma, para que seja avaliada a qualidade física do solo devem ser selecionados indicadores que sejam

sensíveis as mudanças causadas pelo manejo, e que determinam os processos físicos que interferem em aspectos fisiológicos ligados ao crescimento e desenvolvimento das plantas (GUIMARÃES et al., 2013). Após a definição, os indicadores poderão ser monitorados de forma a avaliar o impacto do manejo adotado sobre a qualidade do solo em médio e longo prazo (CHAER e TÓTOLA, 2007).

Os principais atributos físicos adequados para avaliar a qualidade física do solo estão relacionados com o conteúdo de água no solo e o oxigênio disponível para o desenvolvimento das plantas e temperatura, dentre os quais se destacam: porosidade, distribuição de tamanho de poros e resistência do solo à penetração (CAMPOS et al., 1995; PEDROTTI e MELO JÚNIOR, 2009). Dentre os principais indicadores na avaliação da degradação dos solos, tem-se a resistência dos solos à penetração (RP), a qual é utilizada na identificação de camadas compactadas do solo (CORRÊA, 2014).

A compactação do solo pode ser entendida como uma alteração estrutural que causa a reorganização das partículas e de seus agregados, podendo limitar a adsorção, as trocas gasosas, absorção de nutrientes, infiltração e redistribuição de água, atraso na emergência das plântulas e comprometimento do desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea, resultando em decréscimos na produtividade das culturas (MODOLO et al., 2008; STONE et al., 2002). Os níveis de compactação podem ser mensurados pela resistência do solo à penetração (RP), e por consequência indicam a facilidade ou não com que as raízes penetram no solo (MION et al., 2012), uma vez que, a RP se relaciona com outros atributos indicadores do grau de compactação (STEFANOSKI et al., 2013). Valores elevados de resistência do solo a penetração, são indicativos de maior densidade do solo, que conseqüentemente resulta em menor porosidade, podendo resultar em menor capacidade de infiltração da água no solo, refletido de forma facultativa em uma menor taxa de armazenamento de água no solo e maior susceptibilidade ao escoamento superficial (FERREIRA et al., 2009).

Dentre as propriedades do solo que mais sofrem alterações pelo uso e manejo, está a estrutura, a mesma acaba refletindo diretamente na porosidade do solo, e conseqüentemente, na sua capacidade de armazenamento de água (COSTA et al., 2016). Segundo Curi et al. (1993) a porosidade do solo corresponde ao volume do solo não ocupado por partículas sólidas, a qual inclui todo o espaço poroso ocupado pelo ar e água. Neste sentido, a caracterização do sistema poroso é fundamental nos estudos que envolvam movimento, armazenamento de água e dos gases no solo, desenvolvimento radicular e resistência mecânica do solo, sendo importante o conhecimento da distribuição dos poros do solo e não somente a determinação da porosidade total (FERREIRA, 2010).

Em geral, além de ser considerado um dos atributos físicos mais importantes na avaliação da qualidade estrutural do solo, a perda da porosidade está relacionada com a compactação que, ao reduzir o volume de macroporos, diminui a aeração solo, podendo refletir de forma negativa no desenvolvimento e na produtividade das plantas (ANDRADE et al., 2009). Estudos tem demonstrado que a degradação estrutural do solo pode influenciar no decréscimo da matéria orgânica, menor disponibilidade hídrica e de nutrientes para o desenvolvimento das plantas, redução da porosidade de aeração, aumento da resistência do solo à penetração das raízes e menor ciclagem e mineralização de nutrientes (HAMZA e ANDERSON, 2005), tais limitações resultam ainda no decréscimo do rendimento agrícola propiciando aumento nos custos de produção (BARZEGAR et al., 2006; SANTOS et al., 2005).

Um solo que possua boa qualidade para produção agrícola deve apresentar valores próximos $0,50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ de porosidade total, e uma distribuição percentual de 34% para macroporos e 66% para microporos, haja vista, para que ocorra um desenvolvimento eficiente de sistemas radiculares, a porosidade de aeração deve estar em torno de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (BAVER et al., 1993). Modolo et al. (2008), estudando o efeito da compactação do solo sobre a emergência de plântulas de soja em sistemas de plantio direto, constatou que independente dos

tratamentos utilizados, a partir da profundidade de 0,10 m, os valores de resistência do solo à penetração aumentam até atingirem valores críticos (2,0 MPa). O mesmo autor afirma, que o aumento da resistência resulta no decréscimo da porosidade, da continuidade de poros, da permeabilidade e da disponibilidade de nutrientes e água.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização da área de estudo

O experimento foi implantado no ano agrícola 2013, safra 2014, em área contida no campo experimental da Embrapa Rondônia, no município de Porto Velho-RO, situado à latitude $08^{\circ} 47' 42''\text{S}$ e longitude $63^{\circ} 50' 45''\text{W}$, altitude de 95 m (Figura 1). Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Am, tropical úmido, com média anual de $24,9^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de 89%. Precipitação média de 2.000 a 2.200 mm, com uma estação seca de junho a setembro. O solo do local foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (EMBRAPA, 2013).

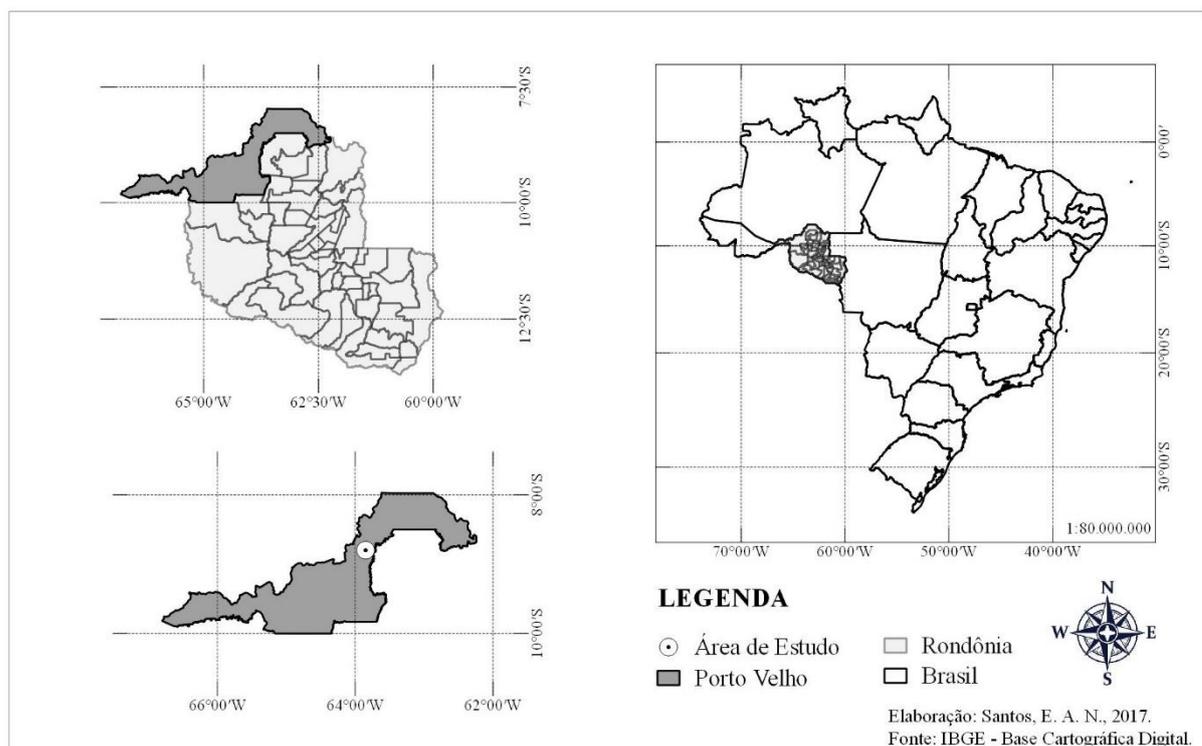


Figura 1. Localização da área de estudo no município de Porto Velho, Rondônia.
Fonte: Santos 2017.

Antes da implantação do experimento, a área vinha sendo cultivada com *Brachiaria brizantha* cv. Marandú durante dezoito anos (1990 a 2008), após esse período de cultivo com Braquiária, foi mantido em pousio por quatro anos (2009 a 2013), quando então foi instalado o

experimento. A análise química do solo no momento da instalação do experimento está apresentada na (tabela 1).

Tabela 1. Análise química do solo da área experimental na profundidade de 0,00-0,20 m em Porto Velho, RO.

pH H₂O	Ca²⁺+ Mg²⁺	K⁺	Al³⁺	H⁺+Al³⁺	T	SB	MO	P disponível
			cmolc dm⁻³				mg dm⁻³	mg dm⁻³
5,0	1,7	0,12	2,2	5,9	7,7	1,73	3,2	1,4

pH: em água; SB: soma de bases; T: CTC a pH 7,0; P: disponível; M.O: Matéria Orgânica.

4.2 Tratamentos

O ensaio foi realizado seguindo o delineamento de blocos casualizados, adotando-se o esquema fatorial 2x2x3, com oito repetições, os tratamentos foram, com e sem escarificação mecânica do solo, ausência e presença de gesso, três sistemas de sucessão de culturas (soja/pousio; soja/milho/pousio; soja/milho e braquiária/pousio), correspondendo a um total de noventa e seis unidades experimentais. Cada unidade experimental possui dimensão de 4,5 m por 20 m, por sua vez, cada bloco possui a dimensão de 27 m por 40 m e a área total do experimento, excluindo-se bordaduras, é de 160 m por 54 m, conforme a (Figura 2).

Na implantação do experimento, a única prática mecânica introduzida foi a escarificação do solo, a dose de gesso utilizada foi de 2.000 kg ha⁻¹, ambos tratamentos realizados antes do plantio da soja no primeiro ano do experimento (outubro de 2013).

Para o plantio da soja, do milho, e da braquiária, foram utilizadas como sementes os materiais disponíveis na região, e indicados para a região do Cone Sul de Rondônia, com a densidade de plantio de 260 a 340 mil plantas ha⁻¹ para soja, 50 a 70 mil plantas ha⁻¹ para milho e 16 kg ha⁻¹ de braquiária.

As datas de semeadura da soja foram em novembro de 2013, dezembro de 2014, dezembro de 2015 e novembro de 2016; as semeaduras do milho e braquiária foram feitas sempre trinta dias após a colheita da soja. Soja e milho foram cultivados com semeadeira mecanizada e a braquiária foi cultivada por semeadura manual a lanço.

		BLOCO I		BLOCO II		BLOCO III		BLOCO IV	
		CG	SG	CG	SG	CG	SG	CG	SG
PARCELAS	Com Escarificação	SP	SMP	SMP	SMBP	SMP	SMP	SP	SMBP
		SMBP	SMBP	SP	SMP	SP	SP	SMBP	SMP
		SMP	SP	SMBP	SP	SMP	SMP	SMP	SP
	Sem Escarificação	SMP	SMBP	SMP	SMP	SMBP	SMP	SMBP	SP
		SP	SMP	SMBP	SP	SP	SMBP	SMP	SMP
		SMBP	SP	SP	SMBP	SMP	SP	SP	SMBP
		BLOCO V		BLOCO VI		BLOCO VII		BLOCO VIII	
		CG	SG	CG	SG	CG	SG	CG	SG
PARCELAS	Com Escarificação	SP	SMBP	SMBP	SMBP	SP	SMBP	SP	SMP
		SMP	SP	SP	SMP	SMBP	SP	SMBP	SMBP
		SMBP	SMP	SMP	SP	SMP	SMP	SMP	SP
	Sem Escarificação	SMP	SMP	SMBP	SMBP	SP	SMP	SMP	SMBP
		SP	SP	SP	SMP	SMP	SMBP	SP	SP
		SMBP	SMBP	SMP	SP	SMBP	SP	SMBP	SMP

Figura 2. Croqui da área experimental. **CG** - com gesso; **SG** – sem gesso; **SP** – soja, pousio; **SMP** – soja, milho, pousio; **SMBP** – soja, milho e braquiária, pousio.

Fonte: Santos 2017.

Antes do cultivo da soja e do milho e, ou, braquiária, foi aplicado herbicida desfolhante na proporção de 75 mL p.c. ha⁻¹ de carfentrazone-etílica na concentração de 400 g/L, com adição de 0,5% de óleo mineral, misturado no mesmo tanque com 3 L ha⁻¹ de glifosato na concentração de 360 g L⁻¹ do princípio ativo.

As adubações realizadas foram 400 kg⁻¹ da formulação 0-30-15 em semeadura na soja, mais 300 kg ha⁻¹ da formulação 4-30-10 no cultivo do milho (com ou sem braquiária) e 150 kg ha⁻¹ da formulação 25-0-25 em cobertura na cultura do milho (com ou sem braquiária), 30 dias após germinação do milho.

4.3 Amostragem do solo

Na área foram coletadas amostras indeformadas utilizando-se anéis volumétricos e amostras com estrutura preservada na forma de torrão, para determinação da estabilidade dos agregados do solo, coletando-se uma amostra simples por cada ponto, totalizando 96 amostras por profundidade perfazendo um total 288 amostras coletadas nas profundidades de 0,0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 m.

As amostras foram secas à sombra e levemente destorroadas, de forma manual, passando as mesmas em peneira de 9,51 mm de diâmetro de malha e retidas na peneira de 4,76 mm de diâmetro. As amostras retidas na peneira de 2,00 mm foram utilizadas para análises granulométricas.

4.4 Análises físicas

A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta, com solução de NaOH 1 mol como dispersante químico e agitação mecânica em aparato de alta rotação tipo Wagner, por 15 minutos, seguindo metodologia proposta pela Embrapa (2011). A fração argila foi separada por sedimentação, a areia grossa e fina por tamisação e o silte calculado por diferença.

Para as determinações da macroporosidade, microporosidade, densidade do solo e porosidade total, foram coletadas amostras indeformadas utilizando-se anéis volumétricos. Em seguida as amostras foram envoltas em filme de PVC transparente e acondicionadas em caixas térmicas. No laboratório, as amostras foram preparadas retirando-se o excesso de solo das suas extremidades, em seguida saturadas por meio da elevação gradual de uma lâmina de água numa bandeja, até atingir cerca de 2/3 da altura do anel volumétrico.

Após a saturação, as amostras foram pesadas e colocadas sob mesa de tensão, sendo retirada a água dos macroporos (poros com diâmetro $\geq 0,05$ mm), e microporosidade (poros < 50 μm de diâmetro), as amostras foram colocadas em mesa de tensão, equivalente a uma coluna

de água de 60 cm de altura sendo submetidas a uma tensão de 0,006 MPa. Após a retirada parcial da água, as amostras foram pesadas e levadas para secagem em estufa a 105 °C por 48 horas e novamente pesadas (EMBRAPA, 2011). Macroporos foram estimados como a diferença entre o conteúdo de água do solo saturado e o conteúdo de água após a aplicação da tensão definida. O volume de microporos foi estimado como sendo o conteúdo de água retido quando aplicada a tensão. Após a drenagem das amostras, estas foram secas em estufa a 105 °C, por 24 h, para determinação da densidade do solo (EMBRAPA, 2011).

A resistência do solo à penetração foi determinada em amostras coletadas com os cilindros volumétricos, utilizando um penetrômetro eletrônico modelo MA-933, marca Marconi, com velocidade constante de 4 mm s⁻¹, equipado com uma célula de carga de 200 N, haste com cone de 4 mm de diâmetro de base e semiângulo de 30°, receptor e interface acoplado a um microcomputador, para registro das leituras por meio de um software próprio do equipamento (DALCHIAVON et al., 2011).

Para determinação da estabilidade dos agregados do solo, foram coletadas amostras indeformadas nas respectivas profundidades citadas anteriormente. A separação e estabilidade dos agregados foram determinadas segundo Kemper e Chepil (1965), com modificações, nas seguintes classes de diâmetro: >2,0; 2,0-1,0; 1,0-0,25; 0,25-0,125; 0,125-0,063 e <0,063 mm. Os agregados provenientes da peneira de 4,76mm foram colocados em contato com a água sobre a peneira de 2,0 mm e submetidos à agitação vertical em aparelho Yoder (SOLOTEST), por 15 min e com 32 oscilações por minuto. A massa do material retido em cada peneira, foi colocada em estufa a 105° C.

Os resultados estão expressos em porcentagem dos agregados retidos em cada uma das classes das peneiras e a estabilidade dos agregados avaliados pelo diâmetro médio ponderado (DMP), obtido pela fórmula proposta por Castro Filho et al. (1998), e o diâmetro médio geométrico (DMG), segundo Schaller e Stockinger (1953), citados por Alvarenga et al. (1986).

4.5 Análise estatística dos dados

A hipótese de normalidade dos dados foi testada pelo teste de Shapiro-Wilk, por meio software estatístico ASSISTAT 7.7 (SILVA, 2016).

Os resultados obtidos das análises dos atributos físicos do solo em cada ponto de coleta da área experimental foram submetidos à análise de variância (ANOVA), através do software ASSISTAT 7.7 (SILVA, 2016). Quando constatada significância, por intermédio do teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5 % de probabilidade.

Para as variáveis não normais foram feitas transformações de dados utilizando função logarítmica. A homogeneidade de variâncias foi testada pelo Teste de Bartlett.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados estão apresentados em tabelas com as médias dos tratamentos e dos fatores estudados: Gesso agrícola (G), escarificação do solo (E) e sistemas de sucessão de culturas (S). Quando ocorreu interação significativa entre os fatores foi apresentada a tabela com o desdobramento.

5.1 Porosidade e densidade do solo

Quando se avaliou o uso ou não do gesso agrícola na camada de 0,00 – 0,05 m, foi constatada diferença significativa na MaP e MiP. Outro fator observado foi que a aplicação de gesso agrícola proporcionou melhor valor de MaP, em contrapartida nesse mesmo tratamento houve menor valor de MiP quando comparado aos valores de MaP. Tais resultados podem ser explicados pelo trabalho de Silva & Kay (1997), a qual observaram que os microporos são relativamente menos influenciados pelos manejos de solo do que os macroporos, pois a microporosidade está relacionada com a organização das partículas minerais primárias do solo isoladas e com microagregados. No geral, o gesso agrícola de certa forma pode facilitar o desenvolvimento do sistema radicular, proporcionando uma boa estruturação dos solos, como consequência podem ser observadas reduções na MiP, refletindo de forma positiva no aumento da MaP e Pt. Fato este, que pode ser constatado também na camada de 0,05 – 0,10 m, visto que o maior valor de MaP foi observado no tratamento com gesso agrícola. De acordo com Raij et al. (2008) o gesso possibilita melhores condições ao solo, podendo atuar, como condicionador para a descompactação do solo.

Quando analisados os atributos físicos na camada de 0,10 – 0,20 m, observou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos em que se aplicou e não se aplicou o gesso agrícola. Estes resultados estão de acordo com Lima et al. (2012), em sistemas de preparo

de solo e gesso verificaram que os tratamentos com e sem aplicação de gesso não afetaram a MaP, MiP, Pt e Ds nas camadas de 0,10 - 0,30 e 0,30 - 0,40 m.

Quanto ao fator escarificação do solo, na camada de 0,00 – 0,05 m, os valores permanecem constantes nos atributos físicos avaliados (tabela 2), não sendo constatado diferenças significativas. Por outro lado, nas camadas de 0,05 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m, foram constatadas diferenças significativas, o maior valor de MaP e Pt foi observado no tratamento com escarificação do solo. Resultados similares foram obtidos por Tormena et al. (2002) e Araújo et al. (2004), indicando que a persistência dos efeitos da escarificação estão provavelmente associados à maior estabilidade estrutural do solo, a qual se deve ao efeito do desenvolvimento radicular. Além disso os mesmos autores relatam que o uso de escarificadores proporcionam maiores valores de macroporosidade e porosidade total, em detrimento da microporosidade.

Com base nos resultados encontradas ainda na tabela 2, observou-se que a escarificação do solo não proporcionou alterações na Ds em ambas camadas avaliadas. Tais resultados estão de acordo com os obtidos por Nagahama et al. (2016), os quais não observaram diferenças para a Ds do solo antes e após a escarificação, nas três camadas avaliadas. De acordo com Evans et al. (1996), a densidade do solo, determinada pela técnica do anel volumétrico, é uma medida relativamente insensível ao efeito da escarificação, o que pode justificar a ausência de diferenças estatísticas entre os tratamentos.

Quando avaliado o efeito dos sistemas de sucessão de culturas, nos sistemas SMBP e SMP foi possível observar menores valores de MaP, nas três camadas avaliadas. Estes resultados foram semelhantes aos encontrados por Bertol et al. (2004), pois os autores não observaram variação nas propriedades físicas do solo pelo uso de diferentes sistemas de cultivo, compreendido como rotação e sucessão de culturas em somente um ciclo de produção, concluindo que seria provável a necessidade de realizar experimentos por período de tempo

mais longo para poder verificar os resultados da ação das plantas sobre as propriedades físicas do solo. Em contrapartida, o sistema onde foi implementado apenas a cultura da soja sucedida por pousio (SP), foi constatado o maior valor de MaP, neste mesmo sistema foi observado maior valor de Pt na camada de 0,10 – 0,20 m.

O maior valor de MaP no sistema de sucessão SP, pode estar relacionado com a intensidade do manejo do solo nesta área, visto que a mesma foi apenas cultivada com uma única cultura e seguida de um longo período de pousio. Com o tráfego da colheita realizado com o trator sobre o solo, houve a redução dos macroporos, isto devido à pressão exercida pelos rodados do trator na camada superficial do solo (STRECK et al, 2004).

Fazendo uma análise geral foi possível diagnosticar que nas três camadas avaliadas, todos sistemas de sucessão de culturas apresentaram valores de MaP, superior ao limite crítico de $0,10 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$, preconizados na literatura (REICHERT et al., 2007; KLEIN et al., 2008).

A MiP, responsável pelo armazenamento de água no perfil do solo, não foi alterada nos sistemas de sucessão de culturas nas três camadas avaliadas (tabela 2), indicando que esta propriedade física é pouco sensível à alternância de sistemas radiculares de plantas diferentes em sistemas de rotação ou sucessão de culturas.

Tabela 2 – Valores médios para macroporosidade (MaP), microporosidade (MiP), porosidade total (Pt) e densidade do solo (Ds) em função do efeito do gesso agrícola, escarificação do solo e sistemas de sucessão de culturas, na profundidade de 0,00 – 0,05; 0,05 – 0,10; 0,10 – 0,20 m.

Tratamentos	Profundidade 0,00 - 0,05 m				Profundidade 0,05 - 0,10 m				Profundidade 0,10 - 0,20 m			
	MaP	MiP	Pt	Ds	MaP	MiP	Pt	Ds	MaP	MiP	Pt	Ds
	(m ³ m ⁻³)		(kg dm ⁻³)		(m ³ m ⁻³)		(kg dm ⁻³)		(m ³ m ⁻³)		(kg dm ⁻³)	
Gesso (G)												
Com	0.16 a	0.40 b	0.56 a	0.90 a	0.14 a	0.41 a	0.55 a	1.03 a	0.13 a	0.43 a	0.56 a	1.05 a
Sem	0.14 b	0.43 a	0.57 a	0.89 a	0.12 b	0.42 a	0.54 a	1.01 a	0.12 a	0.43 a	0.56 a	1.06 a
TESTE F	4.11 *	4.45 *	2.05 ns	0.26 ns	7.31 **	3.85 ns	1.03 ns	1.14 ns	1.26 ns	0.05 ns	1.01 ns	0.473 ns
Escarificação (E)												
Com	0.14 a	0.42 a	0.56 a	0.89 a	0.14 a	0.42 a	0.56 a	1.00 a	0.14 a	0.43 a	0.57 a	1.06 a
Sem	0.14 a	0.42 a	0.56 a	0.90 a	0.12 b	0.42 a	0.54 b	1.04 a	0.12 b	0.43 a	0.55 b	1.05 a
TESTE F	0.04 ns	0.01 ns	0.05 ns	0.09 ns	10.76 **	0.55 ns	9.96 **	2.29 ns	11.29 **	0.08 ns	8.21 **	0.02 ns
Sucessão (S)												
SMBP	0.14 b	0.42 a	0.56 a	0.90 a	0.13 b	0.42 a	0.55 a	1.03 a	0.12 b	0.43 a	0.55 b	1.06 a
SMP	0.14 b	0.42 a	0.56 a	0.89 a	0.13 b	0.42 a	0.55 a	1.01 a	0.12 b	0.44 a	0.56 b	1.05 a
SP	0.15 a	0.42 a	0.57 a	0.89 a	0.15 a	0.41 a	0.56 a	1.03 a	0.14 a	0.43 a	0.57 a	1.06 a
TESTE F	5.52 **	0.12 ns	1.17 ns	0.02 ns	3.18 *	0.47 ns	1.09 ns	1.08 ns	6.33 **	0.04 ns	4.84 *	0.09 ns
G*E	0.47 ns	7.27 **	4.80 *	0.23 ns	1.51 ns	0.02 ns	0.83 ns	2.13 ns	0.47 ns	0.14 ns	0.03 ns	1.80 ns
G*S	3.84 *	3.96 *	1.26 ns	1.25 ns	3.02 ns	0.34 ns	3.19 *	0.44 ns	1.14 ns	0.19 ns	0.76 ns	1.46 ns
E*S	20.91 **	1.38 ns	1.78 ns	0.08 ns	1.51 ns	0.07 ns	1.26 ns	2.12 ns	0.61 ns	0.62 ns	1.56 ns	0.20 ns
G*E*S	2.35 ns	0.19 ns	0.45 ns	1.70 ns	0.97 ns	0.49 ns	0.66 ns	1.26 ns	3.00 ns	0.11 ns	3.06 ns	0.97 ns
CV%	11.00	7.07	5.66	14.92	22.02	5.33	6.55	7.50	16.96	6.12	4.69	11.02

SMBP = soja/milho/braquiária/pousio; SMP = soja/milho/pousio; SP = soja/pousio; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$). Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Pode-se observar que nas três camadas avaliadas (tabela 2), que todos os sistemas de sucessão obtiveram resultados semelhantes para a Ds, demonstrando que as espécies utilizadas, não promoveram efeito significativo, não havendo assim possibilidade de diferenciar os sistemas de sucessão mais efetivos na melhoria deste atributo físico do solo. Em trabalho realizado por Cubilla et al. (2002), também não se verificou efeito significativo nos valores de Ds para diferentes sistemas de sucessão-rotação de culturas ao final de três anos, assim como as pesquisas apresentadas por Abrão et al. (1979), onde consideram que o benefício da inclusão de plantas de cobertura está ligado principalmente a criação de poros biológicos de alta funcionalidade na aeração e infiltração de água no solo. Ressalta-se que estes estudos obtiveram resultados significativos devido a serem experimentos de longa duração.

Reichert et al. (2009) sugeriram valores de Ds em torno de $1,70 \text{ Mg m}^{-3}$ como restritivos ao desenvolvimento das plantas, de acordo com o teor de silte + argila do solo. Os valores médios de Ds obtidos no presente estudo não foram superiores a este limite, independentemente dos tratamentos avaliados.

Tabela 3 – Valores médios obtidos no desdobramento da microporosidade (MiP) e porosidade total (Pt) em função do efeito do gesso agrícola e escarificação do solo, na profundidade de 0,00 – 0,05 m.

Gesso (G)	MiP		Pt	
	Escarificação		Escarificação	
	Com	Sem	Com	Sem
	($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$)			
Com	0.41 bA	0.42 aA	0.55 bA	0.57 aA
Sem	0.44 aA	0.42 aA	0.58 aA	0.56 aB

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Analisando os resultados de MiP e Pt, observa-se que a interação entre o gesso agrícola e escarificação do solo foi significativa ($p < 0,05$), como mostra a (tabela 3). Quando se utilizou a escarificação do solo sem uso de gesso agrícola se obteve maior MiP. Demonstrando que existe uma relação entre a escarificação do solo e gesso para os valores de MiP. Para Pt os maiores valores são observados, com a escarificação do solo e sem o uso de gesso agrícola

(tabela 3). Klein et al. (2008) obtiveram maior Pt em um Latossolo Vermelho sob plantio direto escarificado em relação ao sistema não escarificado.

Na tabela 4, pode ser observado a ocorrência de interação entre o gesso agrícola e sistemas de sucessão de culturas na camada de 0,00 – 0,05 m, observando que quando se utilizou o gesso agrícola obteve o maior valor de MaP no sistema de sucessão de culturas SP. Demonstrando que existe uma relação entre o sistema de sucessão e uso do gesso agrícola. Para a MiP o maior valor foi observado no sistema de sucessão SMP sem o uso de gesso agrícola.

Tabela 4 – Valores médios obtidos no desdobramento da macroporosidade (MaP) e microporosidade (MiP), em função do efeito do gesso agrícola e sistemas de sucessão de culturas, na profundidade de 0,00 – 0,05 m.

Gesso (G)	MaP			MiP		
	Sucessão			Sucessão		
	SMBP	SMP	SP	SMBP	SMP	SP
Com	0.14 aB	0.14 aB	0.16 aA	0.43 aA	0.41 bA	0.41 aA
Sem	0.15 aA	0.14 aA	0.14 bA	0.42 aA	0.44 aA	0.43 aA

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Para a interação entre escarificação do solo e sistemas de sucessão de culturas, os valores demonstram que quando não se realizou a escarificação do solo não houve diferença significativa entre os diferentes sistemas de sucessão de culturas, com exceção do sistema SP a qual foi o único que apresentou diferença, observando-se maior valor de MaP no tratamento com escarificação (tabela 5). A persistência do efeito proporcionado pela haste sulcadora, pode estar relacionado ao sistema radicular da soja, uma vez que esse teve desenvolvimento favorecido na área mobilizada pela escarificação. Nicoloso et al. (2008) observaram que o efeito da escarificação em Latossolo de textura muito argilosa não perdurou por mais de nove meses. Porém quando plantas de cobertura foram introduzidas após a escarificação, o efeito foi mais prolongado, sendo atribuído, pelos autores, à presença de raízes no solo escarificado.

Tabela 5 – Valores médios obtidos no desdobramento da macroporosidade (MaP), em função do efeito do gesso agrícola e sistemas de sucessão de culturas, na profundidade de 0,00 – 0,05 m.

Escarificação (E)	MaP		
	Sucessão		
	SMBP	SMP (m ³ m ⁻³)	SP
Com	0.14 aB	0.14 aB	0.16 aA
Sem	0.15 aA	0.14 aA	0.14 bA

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Na tabela 6, referente ao desdobramento da interação gesso agrícola e sistemas de sucessão de culturas, significativo para o teor de Pt na camada de 0,05 – 0,10 m, observa-se que os maiores valores de Pt foram constatados nos sistemas de sucessão SMBP e SMP com uso de gesso agrícola, por outro lado sem o uso de gesso agrícola o sistema SP apresentou maior valor de Pt.

Tabela 6 – Valores médios obtidos no desdobramento da porosidade total (Pt), em função do efeito do gesso agrícola e sistemas de sucessão de culturas, na profundidade de 0,05 – 0,10 m.

Gesso (G)	Pt		
	Sucessão		
	SMBP	SMP (m ³ m ⁻³)	SP
Com	0.56 aA	0.56 aA	0.55 aB
Sem	0.54 aB	0.54 aB	0.57 aA

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

5.2 Resistência do solo à penetração e umidade gravimétrica

A resistência do solo à penetração RP integra os efeitos da densidade e da umidade nas condições físicas do solo necessárias para o crescimento das raízes. Os resultados da avaliação da RP estão apresentados na (tabela 7). Quanto ao uso ou não de gesso agrícola, não foram observadas diferenças significativas na RP em todas as camadas avaliadas. Estes resultados estão de acordo com Oliveira et al. (2017), que avaliando o efeito residual da gessagem na resistência do solo à penetração, não constatou diferença estatística na RP para os sistemas de condicionamento do solo.

Para o fator escarificação do solo não houve diferença significativa na RP nas três camadas avaliadas (tabela 7). Estes resultados podem estar relacionados com o efeito residual

da escarificação, pois pode proporcionar menor resistência do solo a penetração somente quando comparado com o antes, pois não persiste com o tempo de uso do solo. Conforme Drescher et al. (2016) que avaliaram a persistência do efeito da descompactação em um Latossolo Vermelho distrófico típico sob plantio direto pela escarificação mecânica, as alterações na RP foram percebidas por 18 meses após a escarificação. De acordo com Colonego e Rosolem (2010), os efeitos da escarificação sobre as propriedades físicas do solo não persistem por mais de três anos. Silva et al. (2012) afirmam que a enfermidade dos efeitos da escarificação está associada a ciclos de umedecimento e secagem do solo, que conferem certa resiliência aos atributos avaliados.

Constataram-se os menores valores de RP nos sistemas de sucessão SMBP e SMP nas camadas 0,00-0,05 e 0,05-0,10 m, podendo estar relacionados à maior densidade de raízes das culturas utilizadas e ao maior teor de carbono orgânico resultante dos resíduos gerados por estes sistemas. Além desses efeitos, a semeadura das espécies mobiliza a camada mais superficial do solo podendo reduzir a RP.

No entanto foi possível observar que os valores de RP ficaram abaixo do considerado crítico pela literatura de 2,0 MPa (LAL, 1999). Verificou-se que em todos os sistemas de sucessão os valores de resistência do solo à penetração da camada superficial foram inferiores a 1 MPa, o que pode estar associado a maior atuação dos ciclos de umedecimento e de secagem e à atividade biológica. A RP tem sido utilizada como ferramenta para avaliar o estado de compactação dos solos. O impedimento que o solo proporciona à penetração da haste é semelhante ao impedimento imposto pelo solo ao desenvolvimento do sistema radicular. Assim, os valores obtidos na resistência à penetração são utilizados como forma de identificar camadas compactadas, uma vez que a inserção da haste no solo é capaz de avaliar a resistência em diferentes profundidades.

Tabela 7 – Valores médios para resistência do solo a penetração (RP) e umidade (UG), em função do efeito da gessagem, escarificação do solo e sistemas de sucessão de culturas, nas profundidades de 0,00– 0,05, 0,05- 0,10 e 0,10-0,20 m.

Tratamentos	RP (MPa)			UG (kg kg ⁻¹)		
	0,0 -0,05	0,05 - 0,10	0,10 - 0,20	0,0 -0,05	0,05 - 0,10	0,10 - 0,20
Gesso (G)						
Com	0.78 a	1.25 a	1.26 a	0,45 a	0,46 a	0,41 a
Sem	0.86 a	1.20 a	1.24 a	0,43 a	0,48 a	0,40 a
TESTE F	1.56 ns	0.31 ns	0.04 ns	2,22 ns	1,60 ns	3.00 ns
Escarificação (E)						
Com	0.82 a	1.15 a	1.21 a	0,39 a	0,48 a	0,40 a
Sem	0.82 a	1.30 a	1.29 a	0,42 a	0,47 a	0,41 a
TESTE F	0.06 ns	2.90 ns	0.64 ns	2,95 ns	0,36 ns	0.73 ns
Sucessão (S)						
SMBP	0.76 b	1.00 b	1.32 a	0,43 a	0,47 a	0,40 a
SMP	0.75 b	1.03 b	1.37 a	0,41 b	0,47 a	0,42 a
SP	0.95 a	1.30 a	1.39 a	0,39 b	0,48 a	0,41 a
TESTE F	3.11 *	3.33 *	0.61 ns	19,90 **	0,19 ns	1.66 ns
G*E	1.54 ns	3.02 ns	2.23 ns	2.69 ns	2.42 ns	0.95 ns
G*S	2.03 ns	0.50 ns	0.53 ns	2,32 ns	1,51 ns	3.24 ns
E*S	0.61 ns	1.97 ns	0.48 ns	0.03 ns	0.02 ns	0.33 ns
G*E*S	1.62 ns	0.34 ns	1.85 ns	0,17 ns	1,07 ns	1.58 ns
CV%	22.41	24.60	18.43	16.13	15,9	9.89

SMBP = soja/milho/braquiária/pousio; SMP = soja/milho/pousio; SP = soja/pousio; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$). Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Conforme pode ser observado na (tabela 7), foram constatadas diferenças significativas entre os teores de umidade apenas quando se avaliou os sistemas de sucessão, na camada de 0,00 – 0,05 m. O maior teor de umidade foi constatado no sistema de sucessão SMBP, a exposição do solo a maiores ações de fatores externos que podem ter promovido a perda de umidade do solo nos demais sistemas de sucessão. Com a distribuição dos resíduos culturais destas culturas na área, após algum tempo causam uma cobertura mais homogênea, devido a maior quantidade de resíduos sobre o solo.

5.3 Textura do solo

Observa-se na (tabela 8) que a textura do solo não apresentou variação significativa entre os tratamentos avaliados. Isto indica que estas características são pouco influenciadas,

concordando com Stone et al. (2012) e Ferreira (2010), os quais afirmam que a textura do solo não é alterada pelo manejo do solo. A classificação dos solos, ao nível de ordem, considera o gradiente textural como uma das principais características, além do manejo (doses de fertilizantes, corretivos e herbicidas), do grau de compactação, da disponibilidade de água e da capacidade de troca de cátions da fração argila. A textura é capaz de influenciar sobremaneira os teores de carbono orgânico e a dinâmica de nutrientes no complexo de troca catiônica (LOSS et al., 2007), visto que, solos com maiores teores da fração argila favorecem a interação entre a matéria orgânica e os minerais da fração argila, promovendo maior estabilidade do carbono orgânico no solo (FONTANA et al., 2011).

Com base nos resultados de textura do solo é possível também fazer uma analogia com os resultados de RP, tendo em vista que quanto mais argila no solo, maior a RP, para uma mesma densidade (ROSOLEM et al., 1999).

Tabela 8 – Valores médios areia, silte, argila, em função do efeito do gesso agrícola, escarificação do solo e sistemas de sucessão de culturas, nas profundidades de 0,00 – 0,05, 0,05 - 0,10 e 0,10 - 0,20 m.

Tratamentos	Areia	Silte	Argila	Areia	Silte	Argila	Areia	Silte	Argila
	0,00 - 0,05 m			0,05 - 0,10 m			0,10 - 0,20 m		
Gesso (G)	g.kg ⁻¹								
Com	142,7 a	558,4 a	282,6 a	140,4 a	541,8 a	308,6 a	169,1 a	501,9 a	309,5 a
Sem	161,5 a	560,4 a	271,3 a	164,0 a	536,5 a	294,5 a	160,4 a	541,1 a	298,3 a
TESTE F	2,40 ns	0,01 ns	1,77 ns	3,38 ns	0,09 ns	1,48 ns	0,36 ns	2,81 ns	0,58 ns
Escarificação (E)									
Com	157,6 a	581,9 a	257,1 a	157,5 a	537,0 a	305,3 a	151,0 a	527,6 a	301,9 a
Sem	156,6 a	576,9 a	266,8 a	146,9 a	541,3 a	297,7 a	178,5 a	515,5 a	305,9 a
TESTE F	0,01 ns	2,56 ns	3,47 ns	0,89 ns	0,06 ns	0,43 ns	3,66 ns	0,26 ns	0,07 ns
Sucessão (S)									
SMBP	144,0 a	552,9 a	284,3 a	146,8 a	524,5 a	316,8 a	172,3 a	509,0 a	307,6 a
SMP	167,5 a	557,1 a	270,6 a	153,0 a	544,6 a	298,7 a	157,8 a	529,5 a	304,7 a
SP	159,9 a	568,2 a	261,0 a	156,8 a	548,3 a	288,9 a	164,1 a	526,1 a	299,4 a
TESTE F	2,17 ns	0,38 ns	0,71 ns	0,26 ns	0,76 ns	2,00 ns	0,33 ns	0,29 ns	0,10 ns
G*E	1,32 ns	0,59 ns	1,07 ns	1,01 ns	2,15 ns	2,34 ns	0,81 ns	0,22 ns	0,10 ns
G*S	2,32 ns	0,18 ns	0,41 ns	2,57 ns	1,49 ns	0,16 ns	2,68 ns	0,62 ns	0,22 ns
E*S	0,09 ns	0,64 ns	0,75 ns	1,03 ns	0,18 ns	0,03 ns	2,66 ns	0,06 ns	1,57 ns
G*E*S	1,48 ns	0,06 ns	0,91 ns	1,04 ns	1,19 ns	0,02 ns	1,72 ns	0,08 ns	0,57 ns
CV%	29,2	12,82	28,7	36,2	15,3	18,7	22,6	21,9	22,1

SMBP = soja/milho/braquiária/pousio; SMP = soja/milho/pousio; SP = soja/pousio; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$). Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

5.4. Estabilidade de agregados

Os resultados referentes à distribuição percentual de agregados na camada de 0,00 – 0,05 m, para o efeito do gesso agrícola, escarificação do solo e sistemas de sucessão de culturas, podem ser observados na (tabela 9). Verificou-se que, a aplicação de gesso agrícola proporcionou maior tendência de agregados na classe maior que 2 mm, e melhores resultados de DMP e DMG, indicando que a estruturação do solo foi influenciada por este fator (tabela 9).

O gesso atua indiretamente nos processos de formação dos agregados, ao favorecer o desenvolvimento do sistema radicular. As raízes atuam nos processos de formação e estabilização de agregados do solo por processos físicos ou bioquímicos. Na agregação estão envolvidos processos físicos ligados à aproximação das partículas minerais, ocasionado pela pressão exercida durante o crescimento destas raízes, e processos bioquímicos relacionados com a liberação de substâncias orgânicas na rizosfera devido a sua decomposição que, por sua vez, ativa os microorganismos, e estes exsudam compostos orgânicos e, ou emitem hifas (fungos micorrízicos) que são agentes cimentantes temporários dos macroagregados do solo (COSTA JÚNIOR et al., 2012).

Trabalhando com doses de gesso, (ROSA JUNIOR e VITORINO, 1994; ROSA JUNIOR et al., 2006) concluíram que a gessagem pode atuar como condicionador das estruturas do solo, favorecendo a agregação, e conseqüente melhoria na estrutura do solo. Agregados estáveis em água contribuem para melhoria da porosidade, e conseqüentemente, maior infiltração e resistência à erosão (MATOS et al., 2008). Os agregados não estáveis, quando na superfície, tendem a desaparecer e dispersar-se sob o impacto das gotas de chuva (ASSIS e BAHIA, 1998).

Na camada de 0,05 – 0,10 m, não foram observadas diferenças significativas nas classes de agregados quanto ao a aplicação ou não de gesso agrícola (tabela 10). Porém na camada de 0,10 – 0,20 m, a aplicação de gesso agrícola apresentou maior valor de agregados na classe

maior que 2mm, resultados inversos a este foram constatados nas classes (2-1; 1-0,5; e 0,5-0,25 mm), o maior valor de DMP foi observado sem o uso de gesso agrícola (tabela 11). Um dos benefícios do aumento da estabilidade de agregados é a diminuição das perdas de nutrientes do solo (SPIEGEL e MENTLER, 2003), ao mesmo tempo em que amplia a quantidade de agregados maiores e porosidade total (SHAVER et al., 2002).

As camadas de 0,00 – 0,05 e 0,05 – 0,10 m, apresentaram os melhores valores de CO nos tratamentos onde ocorreu a aplicação de gesso agrícola (tabelas 9 e 10).

Nos manejos do solo com ou sem escarificação na camada superficial, os resultados diferiram significativamente apenas nas classes de agregados menores que 0,063 mm e DMG, revelando que ocorre uma maior concentração de DMG com a realização da escarificação, nas demais camadas não foram observadas diferenças significativas (tabela 9). Esses resultados corroboram a tendência apresentada pela distribuição do tamanho dos agregados em água, indicando que a escarificação do solo manejado sob sistema plantio direto não compromete a estabilidade dos agregados do solo. Apenas o tratamento com escarificação do solo apresentou diferenças significativas, sendo constatado que o maior valor de CO foi observado no tratamento onde foi realizado a escarificação do solo (tabela 9).

Quando se avaliou os sistemas de sucessão de culturas, foi observado que na camada superficial do solo, o sistema de sucessão SMBP apresentou significativamente maior quantidade de solo constituindo agregados grandes na classe maior que 2mm, em relação aos demais sistemas de sucessão (tabela 9). Para as classes (2-1; 0,5 – 0,25 mm) ocorreu o inverso, com os sistemas SMP e SP apresentando os maiores valores, evidenciando que a massa de solo que constitui os agregados grandes maiores que 2mm foi proveniente das classes de menor tamanho (tabela 9). Esses resultados se devem provavelmente à maior distribuição de raízes na camada superficial, as quais contribuem para maior estruturação do solo, principalmente no sistema de culturas SMBP com maior aporte de resíduos, onde as ações de raízes destas culturas

produzem agregados estáveis ao suprirem resíduos orgânicos para decomposição, promovendo alta proliferação microbiana na rizosfera (OADES, 1984). Além disso, os resultados indicam que sucessão de culturas envolvendo milho, soja, braquiária possibilitou a formação e estabilização de agregados de maior diâmetro.

O sistema de sucessão SMBP também apresentou o maior valor de CO na camada superficial do solo (tabela 9). De acordo com Santos et al. (2012), o aporte de material orgânico na superfície do solo por meio do sistema de semeadura direta, associado ao desenvolvimento do sistema radicular das diferentes culturas de cobertura pode contribuir para elevação na estabilidade dos agregados de maior diâmetro melhorando a qualidade estrutural do solo das áreas avaliadas. Dessa forma, supõe-se que esse modelo de sucessão pode ter facilitado a atividade dos microrganismos e o maior teor de matéria orgânica, fatores que favorecem o maior diâmetro dos agregados estáveis em água.

Segundo Basso e Reinert (1998) os valores de agregados de maior tamanho tendem a aumentar ao longo do tempo em sistemas com o incremento de carbono orgânico, devido à utilização de plantas de cobertura em sistema plantio direto (Torres et al., 2015) e, conseqüentemente, originando maior diâmetro médio geométrico e ponderado de agregados (PERREIRA, et al., 2011). Quanto maior a quantidade de material vegetal depositado em cobertura maior vai ser a agregação do mesmo (Torres et al., 2015) e menor a suscetibilidade a processos erosivos provocados pelo impacto da gota da chuva (FERREIRA et al., 2000).

Na camada de 0,05-0,10 m, novamente o sistema de sucessão SMBP apresentou o maior valor de CO (tabela 10). Resultados semelhantes foram observados por Oliveira et al. (2010) e por Portela et al. (2010), que constataram expressiva melhoria na qualidade dos atributos físicos do solo e citaram que isso deveu-se ao contínuo aporte de material vegetal ao solo, principalmente por meio das raízes das culturas. O incremento de matéria orgânica no solo atua positivamente no processo de recuperação, quer seja por fornecer nutrientes a partir da

mineralização e também na melhor estruturação do solo (qualidade física) que vai interferir na porosidade e aeração do solo (BONINI et al., 2015). Os produtos derivados dessa matéria orgânica são fontes de nutrientes e energia específica para os microorganismos do solo que desempenham um importante papel na agregação, uma vez que os produtos da decomposição microbiana, os polissacarídeos e mucilagens são agentes cimentantes de macroagregados do solo (INAGAKI et al., 2016; SILVA et al., 2016).

Quanto ao CO₂, independentemente dos tratamentos avaliados, pode-se observar que os valores decrescem com o aumento da profundidade. Esse processo ocorre mais acentuadamente em solos em plantio direto, devido ao fato de que os resíduos aportados em superfície não são incorporados ao solo (BRIENDIS et al., 2012).

Tabela 9 – Valores médios do tamanho de classes de agregados e carbono orgânico (CO) no solo em função do efeito do gesso agrícola, escarificação do solo e sistemas de sucessão de culturas, na profundidade de 0,00– 0,05 m.

Tratamentos	Classe de tamanho de agregados (mm)							DMG	DMP	CO
	> 2	2 - 1	1 - 0,5	0,5 - 0,25	0,25 - 0,125	0,125 - 0,063	<0,063			
Gesso (G)	%							mm		g.kg ⁻¹
Com	94,4 a	1,3 b	1,1 b	0,7 b	0,4 b	0,1 b	1,6 b	2,9 a	3,3 a	7.8 a
Sem	91,2 b	2,2 a	1,6 a	1,1 a	0,7 a	0,3 a	2,6 a	2,7 b	3,1 b	7.1 b
TESTE F	26,21 **	16,50 **	11,82 **	7,77 **	6,41	4,82 *	6,61 *	19,01 **	24,93 **	5.17 *
Escarificação (E)										
Com	92,2 a	1,6 a	1,3 a	0,9 a	0,6 a	0,2 a	2,6 a	2,8 a	3,1 a	7.6 a
Sem	93,4 a	1,9 a	1,3 a	0,9 a	0,4 a	0,3 a	1,6 b	2,7 b	3,1 a	7.3 a
TESTE F	3,08 ns	2,09 ns	0,03 ns	0,28 ns	2,06 ns	1,18 ns	6,85 *	5,24 **	3,84 ns	1.15 ns
Sucessão (S)										
SMBP	94,0 a	1,4 b	1,1 b	0,6 b	0,3 b	0,1 a	2,2 a	2,8 a	3,2 a	8.2 a
SMP	92,6 b	2,0 a	1,3 b	1,1 a	0,4 b	0,3 a	2,1 a	2,8 a	3,1 b	7.6 b
SP	91,8 b	2,0 a	1,7 a	1,2 a	0,8 a	0,3 a	2,0 a	2,7 a	3,1 b	7.2 b
TESTE F	4,30 *	3,60 *	7,69 **	4,13 *	7,07 **	1,89 ns	0,11 ns	1,41 ns	3,85 *	4.21 *
G*E	1,18 ns	0,97 ns	9,28 ns	0,58 ns	2,96 ns	0,80 ns	2,11 ns	3,12 ns	1,24 ns	3.19 ns
G*S	0,65 ns	0,70 ns	0,30 ns	1,44 ns	2,73 ns	0,64 ns	1,49 ns	1,15 ns	0,89 ns	0.56 ns
E*S	0,48 ns	0,64 ns	1,15 ns	0,84 ns	1,23 ns	2,77 ns	0,80 ns	0,51 ns	0,49 ns	2.26 ns
G*E*S	0,28 ns	0,9 ns	1,08 ns	0,12 ns	2,90 ns	2,66 ns	0,88 ns	0,58 ns	0,30 ns	1.77 ns
CV%	3,3	18,9	26,8	30,1	35,5	20,3	25,1	8,39	2,8	20.3

SMBP = soja/milho/braquiária/pousio; SMP = soja/milho/pousio; SP = soja/pousio; DMG = diâmetro médio geométrico; DMP = diâmetro médio ponderado; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$). Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Tabela 10 – Valores médios do tamanho de classes de agregados e carbono orgânico (CO) no solo em função do efeito do gesso agrícola, escarificação do solo e sistemas de sucessão de culturas, na profundidade de 0,05– 0,10 m.

Tratamentos	Classe de tamanho de agregados (mm)							DMG	DMP	CO
	> 2	2 - 1	1 - 0,5	0,5 - 0,25	0,25 - 0,125	0,125 - 0,063	<0,063			
Gesso (G)	%							mm		g.kg-1
Com	94,2 a	2,0 a	1,0 a	0,7 a	0,5 a	0,1 a	1,3 a	2,9 a	1,2 a	6,9 a
Sem	93,3 a	1,7 a	1,3 a	0,6 a	0,3 a	0,3 a	1,9 a	2,8 a	3,2 a	6,3 b
TESTE F	3,15 ns	2,49 ns	3,28 ns	0,75 ns	0,61 ns	2,78 ns	2,59 ns	1,90 ns	2,95 ns	5,07 *
Escarificação (E)										
Com	93,2 a	2,0 a	1,2 a	0,7 a	0,3 a	0,2 a	2,0 a	2,8 a	3,1 a	6,7 a
Sem	94,2 a	1,8 a	1,1 a	0,7 a	0,5 a	0,2 a	1,5 a	2,9 a	3,1 a	6,5 a
TESTE F	1,47 ns	0,91 ns	0,66 ns	0,05 ns	0,66 ns	0,33 ns	2,17 ns	2,91 ns	1,50 ns	1,13 ns
Sucessão (S)										
SMBP	94,1 a	2,0 a	1,1 a	0,6 a	0,4 a	0,2 a	1,2 b	2,9 a	3,1 a	7,7 a
SMP	92,9 a	1,9 a	1,2 a	0,7 a	0,4 a	0,3 a	2,3 a	2,8 a	3,1 a	6,8 b
SP	94,3 a	1,8 a	1,1 a	0,7 a	0,5 a	0,1 a	1,3 b	2,8 a	3,2 a	6,3 b
TESTE F	1,51 ns	0,43 ns	0,20 ns	0,21 ns	0,19 ns	0,68 ns	4,68 *	3,00 ns	1,83 ns	1,63 ns
G*E	0,44 ns	0,03 ns	0,29 ns	0,47 ns	0,39 ns	0,14 ns	2,56 ns	1,31 ns	0,53 ns	2,63 ns
G*S	0,75 ns	0,29 ns	0,44 ns	0,02 ns	0,25 ns	0,67 ns	2,24 ns	1,81 ns	1,00 ns	0,40 ns
E*S	1,56 ns	0,78 ns	1,78 ns	1,22 ns	2,23 ns	2,00 ns	1,55 ns	1,27 ns	1,55 ns	2,85 ns
G*E*S	1,79 ns	2,01 ns	1,66 ns	0,89 ns	0,40 ns	2,72 ns	1,03 ns	0,97 ns	1,56 ns	2,18 ns
CV%	3,4	23,1	30,2	32,1	25,3	21,8	24,5	8,6	3,3	17,9

SMBP = soja/milho/braquiária/pousio; SMP = soja/milho/pousio; SP = soja/pousio; DMG = diâmetro médio geométrico; DMP = diâmetro médio ponderado; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 = p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$). Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 11 – Valores médios do tamanho de classes de agregados e carbono orgânico (CO) no solo em função do efeito do gesso agrícola, escarificação do solo e sistemas de sucessão de culturas, na profundidade de 0,10– 0,20 m.

Tratamentos	Classe de tamanho de agregados (mm)							DMG	DMP	CO
	> 2	2 - 1	1 - 0,5	0,5 - 0,25	0,25 - 0,125	0,125 - 0,063	<0,063			
Gesso (G)				%				mm	g.kg-1	
Com	93,6 a	2,0 b	1,1 b	0,8 b	0,3 a	0,2 a	1,7 a	1,8 a	3,2 a	5,3 a
Sem	91,3 b	3,1 a	1,9 a	1,1 a	0,3 a	0,1 a	1,8 a	1,7 a	3,1 b	4,8 a
TESTE F	8,10 **	14,89 **	12,12 **	4,66 *	0,04 ns	0,42 ns	0,12 ns	0,12 ns	6,46 *	3,18 ns
Escarificação (E)										
Com	92,6 a	2,4 a	1,5 a	0,9 a	0,4 a	0,1 a	1,8 a	1,9 a	3,1 a	5,4 a
Sem	92,3 a	2,6 a	1,6 a	1,0 a	0,3 a	0,1 a	1,7 a	1,8 a	3,1 a	4,7 b
TESTE F	0,16 ns	0,48 ns	0,36 ns	0,43 ns	0,11 ns	0,28 ns	0,03 ns	0,03 ns	0,10 ns	7,75 **
Sucessão (S)										
SMBP	92,4 a	2,8 a	1,6 a	0,9 a	0,4 a	0,1 a	1,4 a	1,4 a	3,1 a	4,9 a
SMP	92,3 a	2,5 a	1,5 a	1,0 a	0,4 a	0,2 a	1,9 a	1,9 a	3,1 a	5,1 a
SP	92,7 a	2,3 a	1,4 a	0,8 a	0,3 a	0,2 a	1,9 a	1,9 a	3,1 a	4,2 a
TESTE F	0,07 ns	0,96 ns	0,33 ns	0,23 ns	0,08 ns	0,75 ns	0,60 ns	0,6 ns	0,08 ns	0,48 ns
G*E	1,41 ns	0,06 ns	0,35 ns	0,15 ns	0,73 ns	0,26 ns	2,41 ns	2,41 ns	2,04 ns	1,44 ns
G*S	1,00 ns	0,15 ns	0,21 ns	0,06 ns	0,36 ns	0,22 ns	2,78 ns	2,78 ns	1,30 ns	2,77 ns
E*S	3,00 ns	3,08 ns	3,05 ns	2,69 ns	2,18 ns	4,42 ns	2,56 ns	2,56 ns	2,83 ns	2,42 ns
G*E*S	3,62 ns	3,09 ns	2,80 ns	2,37 ns	0,87 ns	2,71 ns	0,45 ns	0,45 ns	2,37 ns	1,39 ns
CV%	4,3	24,9	20,7	27,5	28,2	26,3	24,5	22,7	3,68	25,6

SMBP = soja/milho/braquiária/pousio; SMP = soja/milho/pousio; SP = soja/pousio; DMG = diâmetro médio geométrico; DMP = diâmetro médio ponderado; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 < p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$). Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

6 CONCLUSÕES

O gesso agrícola causou alterações porosidade do solo e estabilidade de agregados, os melhores valores de MaP nas duas primeiras camadas avaliadas foram observados nos tratamentos onde houve aplicação de gesso agrícola.

Os sistemas de sucessão de culturas, podem influenciar nas características físicas do solo, os melhores valores de estabilidade de agregados foram observados nos sistemas de sucessão SMBP e SMP, que além de conservar a estrutura dos agregados, possibilitou a redução na RP.

Os teores de areia, silte, argila e densidade do solo não foram alterados pelo gesso agrícola, escarificação do solo e sistemas de sucessão de culturas.

7 REFERÊNCIAS

- ABRÃO, P. U. R.; GOEPFERT, C. F.; GUERRA, M.; ELTZ, F. L. F. e CASSOL, E. A. Efeitos de sistemas de preparo do solo sobre características de um Latossolo Roxo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 3:169-172, 1979.
- ABREU, S. L.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em Argissolo franco-arenoso sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.519-531, 2004.
- ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; MAFRA, A. L.; FONTANA, E. C. Aplicação de calcário e fósforo e estabilidade da estrutura de um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 5, p. 799–806, 2003.
- ALVARENGA, R.C.; FERNANDES, B.; SILVA, T.C.A.; RESENDE, M. Estabilidade de agregados de um Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo e de manejo da palhada do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, p.273-277, 1986.
- ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.4, p.411–418, 2009.
- ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma Terra Roxa estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 857–865, 2000.
- ANDREWS, S.S.; KARLEN, D.L. & MITCHELL, J.P. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. **Agric. Ecosyst. Environ.**, 90:25-45, 2002.
- ARAÚJO, M. A. et al. Efeitos da escarificação na qualidade física de um Latossolo Vermelho distroférico após treze anos de semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 28, n. 2, p. 495-504, 2004.
- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1099-1108, 2007.
- ASSIS, R.L.; BAHIA, V.G. Práticas mecânicas e culturais de recuperação de características físicas dos solos degradados pelo cultivo. **Informe Agropecuário**, v.19, p.71-78, 1998.
- AZEVEDO, A.C.; DALMOLIN, R.S.D. Solos e Ambiente: uma introdução. Santa Maria: Pallotti, 2004. 100p.
- BARZEGAR, A. R.; NADIAN, H.; HEIDARI, F.; HERBERT, S. J.; HASHEMI, A. M. Interaction of soil compaction, phosphorus and zinc on clover growth and accumulation of phosphorus. **Soil and Tillage Research**, v. 87, n. 2, p. 155–162, 2006.
- BASSO, C. J.; REINERT, D. J. Variação da agregação induzida por plantas de cobertura de solo no inverno e plantio direto de milho em um solo podzólico. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 4, p. 567-571, 1998.

BAVER, L.D.; GARDNER, W.A.; GARDNER, W.R. Física de suelos. México: **Centro Regional de Ayuda Técnica**, p.138-242, 1993.

BELLÉ, M. P. ALONÇO, A. S.; FRANCETTO, T. R.; ROSSATO, F. P.; FRANCK, C. J.; CARPES, D. P. Demanda energética e mobilização do solo com o uso de escarificadores em sistemas de semeadura direta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.5, p.551–558, 2014.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JUNIOR, W. A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28, p.155-163, 2004.

BERTOL, I.; BEUTLER, J. F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Scientia Agrícola**, v. 58, n. 3, p. 555–560, 2001.

BERTOLLO, A. M. Propriedades físicas de um Latossolo após calagem, gessagem em manejos do solo. Dissertação (Mestrado em Agronomia). **Universidade Federal de Santa Maria**. Frederico Westphalen, RS, 99 p. 2014.

BOER, C.A.; ASSIS, R.L. de; GILSON, P.S.; 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. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.1269-1276, 2007.

BONINI, C. S. B.; ALVES, M. C.; MONTANARI, R. Recuperação da estrutura de um Latossolo vermelho degradado utilizando lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.10, n.1, p.34-42, 2015.

BRANCALIÃO, S. A.; MORAES, M. H. Alterações de alguns atributos físicos e das frações húmicas de um Nitossolo vermelho na sucessão milho-soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 393-404, 2008.

BRIEDIS, C. et al. Soil organic matter pools and carbon-protection mechanisms in aggregate classes influenced by surface liming in a no-till system. **Geoderma**, Amsterdam, v. 170, p. 80-88, Jan. 2012.

CAIRES, E.F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J. & KUSMAN, M.T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:275-286, 2003.

CAIRES, E.F.; CHURKA, S.; GARBUIO, F.J.; FERRARI, R.A.; MORGANO, M.A. Soybean yield and quality as a function of lime and gypsum applications. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.63, n.4, p.370-379, 2006.

CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A. Estabilidade de agregados do solo após manejo com rotações de culturas e escarificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1399-1407, 2008.

CAMARA, R. K.; KLEIN, V. A. Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e da água. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n.5, p.789-796, 2005.

CAMPOS, B.C.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p. 121- 6. 1995.

CÂNDIDO, B.M.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; BATISTA, P.V.G. Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na bacia do rio Paraná, no leste do Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.1565-1575, 2014.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D. DE; REIS, E. F. DOS; PEREIRA, H. S. 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.

CARVALHO, M.C.S. & RAIJ, B.VAN. Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth. **Plant Soil**, 192:37-48, 1997.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J.; ARMANDO, S. Notas Científicas, Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n. 1, p. 1153–1155, 2014.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 3, p. 527–538, 1998.

CENTURION, J. F.; DEMATTÊ, J. L. I. Sistema de preparo de solos de cerrado: efeito nas propriedades físicas e na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 315-324, 1992.

CHAER, G. M.; TÓTOLA, M. R. Impacto do Manejo de Resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31:1381-1396, 2007.

COLLARES, G. L.; REINERT, D. J REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.11, p.1663-1674, 2006.

COLONEGO, J.C.; ROSOLEM, C.A. Soybean root growth and yield in rotation with cover crops under chiseling and no-till. **European Journal of Agronomy**, v.33, p.242-249, 2010.

CONTE, O.; FLORES, J.P.C.; CASSOL, L.C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C. de F.; LEVIEN, R.; WESP, C. de L. Evolução de atributos físicos de solo em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1301-1309, 2011.

CORREA, E. A.; MORAES, I. C.; GUEDES JUNIOR, E.; COUTO JUNIOR, A.; PINTO, S. A. F. P. Resistência à penetração e densidade do solo como indicadores na análise da susceptibilidade a erosão hídrica dos solos. **Revista Geonorte**, v.10, n.1, p. 141-146, 2014.

CORRÊA, J. C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 2, p. 203–209, 2002.

COSTA JÚNIOR, C. et al. Carbono em agregados do solo sob vegetação nativa, pastagem e sistemas agrícolas no bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 1-12, jul./ago. 2012.

COSTA, C. D. DE O.; ALVES, M. C.; SOUSA, A. DE P. Armazenamento de água em dois solos sob diferentes usos e manejos. **Revista Unilasalle**, v. 10, n. 2, 2016.

COSTA, M. J.; JUNIOR, E. J.; ROSA, Y. B. C. J.; SOUZA, L. C. F.; ROSA, C. B. J. Atributos químicos e físicos de um Latossolo sendo influenciados pelo manejo do solo e efeito da gessagem. **Acta Sci. Agron**, v. 29, p. 701-708, 2007.

CUBILLA, M.; REINERT, D.J.; AITA, C.; REICHERT, M. J. Plantas de cobertura do solo em sistema plantio direto: uma alternativa para aliviar a compactação. In: **REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA**, 14., 2002. Anais.Cuiabá, 2002.

CURI, N.; LARACH, J. O. I.; KAMPF, N.; MONIZ, A. C.; FONTES, L. E. F. **Vocabulário de ciência do solo**. Campinas: SBCS, 1993.

DALCHIAVON, F. C.; PASSOS E CARVALHO, M. DE; NOGUEIRA, D. C.; ROMANO, D.; ABRANTES, F. L.; ASSIS, J. T. DE; OLIVEIRA, M. S. DE. Produtividade da soja e resistência mecânica à penetração do solo sob sistema plantio direto no cerrado brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 1, p. 8–19, 2011.

DONEGA, A. J.; SANTOS, E. L. Produtividade de soja em função da cultura antecessora e do manejo do solo. **Revista Cultivando o Saber**, p. 76 – 87. 2015.

DRESCHER, M. S.; REINERT, D. J.; DENARDIN, J. E.; GUBIANI, P. I.; FAGANELLO, A.; DRESCHER, G. L. Duração das alterações em propriedades físico-hídricas de Latossolo argiloso decorrentes da escarificação mecânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 2, p. 159-168, 2016.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 230 p. 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- Embrapa. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 353 p. 2013.

EVANS, S.D.; LINDSTROM, M.J.; VOORHEES, W.B.; MOCRIEF, J.F. & NELSON, G.A. Effect of subsoiling and subsequent tillage on soil bulk density, soil moisture and corn yield. **Soil Till. Res.**, 38:35-46, 1996.

Ferreira, m. f. Caracterização Física do solo. In: LIER, Q de J. van. (Ed.). Física do solo. Viçosa-MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 298 p. 2010.

FERREIRA, M. J.; PEREIRA, I. M.; BOTELHO, S. A.; MELLO, C. R. DE. Avaliação da regeneração natural em nascentes perturbadas no município de Lavras, MG. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 2, p. 109–129, 2009.

FERREIRA, T. N.; SCHWARZ, R. A.; STRECK, E. V. Solos: manejo integrado e ecológico – elementos básicos. Porto Alegre: EMATER/RS, 2000. 95 p.

FONTANA, A. et al. Avaliação dos compartimentos da matéria orgânica em área de Mata Atlântica. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 545- 550, jul./set. 2011.

FONTANA, A.; TEIXEIRA W. G.; BALIEIRO, F. C.; MOURA, T. P. A.; MENEZES, A. R.; SANTANA, C. I. Características e atributos de Latossolos sob diferentes usos na região Oeste do Estado da Bahia, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.9, p.1457-1465, set. 2016.

FREDDI, O. D. S.; PCENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N.; ARATANI, R. G.; LEONEL, C. L. Compactação do solo no crescimento radicular e produtividade da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 4, p. 627–636, 2007.

GASSEN, J. R. F.; ALONÇO, A. DOS S.; BAUMHARDT, U. B.; BELLÉ, M. P.; BONOTTO, G. J. Resistência específica à tração na operação de escarificação do solo em camadas de forma simultânea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.1, p.116-124, 2014.

GUIMARÃES, R. M. L.; TORMENA, C. A.; BLAINSKI, E.; FIDALSKI, J.; Intervalo hídrico ótimo para avaliação da degradação física do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 37:1512-1521, 2013.

HAMZA, M. A.; ANDERSON, W. K. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. **Soil and Tillage Research**, v. 82, n. 2, p. 121–145, 2005.

HAYNES, R. J; BEARE, M. H. Influence of six crop species on aggregate stability and la bile organic matter fractions. **Soil Biology & Biochemistry**, v.29, n.11, p.1647-1653, 1997.

HILLEL, D. Fundamentals of soil physics. New York, **Academic Press**, p. 413, 1980.

HIRAKURI, M.H.; DEBIASI, H.; PROCÓPIO, S. de O.; FRANCHINI, J.C.; CASTRO, C. Sistemas de Produção: conceitos e definições no contexto agrícola. Londrina: **Embrapa Soja**, p. 24, 2012.

HUBERT, F.; HALLAIRE, V.; SARDINI, P.; CANER, L. & HEDDADJ, D. Pore morphology changes under tillage and no-tillage practices. **Geoderma**, 142:226-236, 2007.

INAGAKI, T. M. et al. Lime and gypsum application increases biological activity, carbon pools, and agronomic productivity in highly weathered soil. *Agricultural Economics Research*, Washington, v. 231, p. 156–165, Sept. 2016.

JIMENEZ, R. L.; GONÇALVES, W. G.; FILHO, J. V. D. A.; ASSIS, R. L. DE; PIRES, F. R.; SILVA, G. P. Crescimento de plantas de cobertura sob diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 116–121, 2008.

KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregates. In: *Methods of soil analysis – Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling*. Ed.s: BLACK, C. A., EVANS, D. D., WHITE, J. L., ENSMINGER, L. E.; CLARK, F. E. Madison, American Society of Agronomy, p. 499-510. (Agronomy Series, 9), 1965.

KLEIN, V. A. Densidade relativa - um indicador da qualidade física de um Latossolo vermelho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 5, n. 1, p. 26–32, 2008.

LAL, R. Métodos para avaliação do uso sustentável dos recursos solo e água nos trópicos; tradução e adaptação de Cláudia Conti Medugno e José Flávio Dynia. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. (**Embrapa Meio Ambiente** – Documentos, 03). 97p, 1999.

LAMAS, F. M.; FERREIRA, A. C. D. B.; TORRE, E. D. J. R. D. LA; STAUT, L. A. Sistema plantio direto e convencional: efeito na produtividade de fibra de três cultivares de algodoeiro. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 3, n. 2, p. 34–40, 2016.

LANZANOVA, M. E.; NICOLOSO, R. S.; LOVATO, T.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C.; REINERT, D. J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1131-1140, 2007.

LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A., eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, **Soil Science Society of America**, Special Publication Number 35, p.37-51, 1994.

LIMA, C.L.R. de; PAULETTO, E.A.; GOMES, A. da S.; HARTWIG, M.P.; PASSIANOTO, C.C. Compactação de um Planossolo em função de sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.12, p.179-182, 2012.

LLANILLO, R. F.; RICHART, A.; FILHO, J. T.; GUIMARÃES, M. DE F.; FERREIRA, R. R. M. Evolução de propriedades físicas do solo em função dos sistemas de manejo em culturas anuais. **Ciências Agrárias**, v. 27, n. 2, p. 205–220, 2006.

LOSS, A. et al. Atributos químicos e físicos de solos de tabuleiros sob diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 19, n. 2, p. 150-162, abr./jun. 2007.

MACHADO, A. L. T., REIS, A. V., MORAES, M. L. B., ALONÇO, A. dos S. Máquinas para preparo do solo, **Semeadura, Adubação e Tratamentos Culturais**. Livro. 2ª ed. Pelotas, RS: Ed. Univ. UFPEL, 253p. 2005.

MARCELO, A.V.; CORÁ, J. E.; FERNANDES, C.; MARTINS, M. R.; JORGE, R. F. Crop sequences in no-tillage system: effects on soil fertility and soybean, maize and rice yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 417-428, 2009.

MATOS, E. S.; MENDONÇA, E. S.; LEITE, L. F. C.; GALVÃO, J. C. C. Estabilidade de agregados e distribuição de carbono e nutrientes em Argissolo sob adubação orgânica e mineral. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.43, n.9, p. 1221-1230, set. 2008.

MAZURANA, M.; LEVIEN, R.; MÜLLER. J.; CONTE, O. Sistemas de preparo de solo: alterações na estrutura do solo e rendimento das culturas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 35:1197-1206, 2011.

MION, R. L.; NASCIMENTO, E. M. S; SALES, F. A. L.; SILVA, S. F.; DUARTE, J. M. L.; SOUSA, B. M. Variabilidade espacial da porosidade total, umidade e resistência do solo à penetração de um Argissolo amarelo. **Ciências Agrárias**, v. 33, n. 6, p. 2057-2066, 2012.

MODOLO, A. J.; FERNANDES, H. C.; GONÇALVES, C. E. S.; SILVEIRA, J. C. M. DA. Efeito da compactação do solo sobre a emergência de plântulas de soja em sistema de plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p. 1259–1265, 2008.

NAGAHAMA, H. J.; GRANJA, G. P.; CORTEZ, J. W.; RAMOS, R. L.; ARCOVERDE, S. N. S. Efeitos da escarificação mecânica nos atributos físicos do solo e agronômicos do capim elefante. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n.5, p. 741-746, set/out, 2016.

NEVES, C. M. N. DAS; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; CARDOSO, E. L.; MACEDO, R. L. G.; FERREIRA, M. M. Atributos indicadores da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril no noroeste do estado de Minas Gerais. **Scientia Forestalis**, n. 74, p. 45–53, 2007.

NICOLOSO, S. M. Eficiência da escarificação mecânica e biológica na melhoria dos atributos físicos de um Latossolo muito argiloso e no incremento do Rendimento de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p. 1723 – 1734, 2008.

OADES, J.M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. **Plant Soil**, 76, p. 319-337, 1984.

OLIVEIRA, M. P.; ROQUE, C. G.; BORGES, M. C. R. Z.; OLIVEIRA, R. P.; NOGUEIRA, K. B. Efeito residual da gessagem e calagem na resistência à penetração obtida com dois penetrômetros em diferentes sistemas de manejo. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, n. 1, p. 58-64, jan./mar. 2017.

OLIVEIRA, T.S., DA COSTA, E. A. TEIXEIRA, C.F.A., GOMES, A.S.; SILVA, J. B., Agregação de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.189-195, 1996.

OLIVEIRA, V.S.; ROLIM, M.M.; VASCONCELOS, R.F.B.; PEDROSA, E.M.R. Distribuição de agregados e carbono orgânico em um Argissolo Amarelo distrocoeso em diferentes manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.9, p.907-913, 2010.

PALMEIRA, P. R. T.; PAULETTO, E. A.; TEIXEIRA, C. F. A.; GOMES, A. S.; SILVA, J. B. Agregação e um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 1, p. 189–195, 1999.

PAULETTI, V.; PIERRI, L.; RANZAN, T.; BARTH, G.; MOTTA, A. C. V. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 495-505, 2014.

PEDROTTI A, MELLO JÚNIOR AV. Avanços em Ciência do Solo: A física do solo na produção agrícola e qualidade ambiental. São Cristóvão: **Universidade Federal de Sergipe**; 2009.

PEREIRA, R. A. et al. Influência da cobertura de aveia preta e milheto sobre comunidade de plantas daninhas e produção de soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2011.

PORTELA, J.C.; COGO, N.P.; BAGATINI, T.; CHAGAS, J.P.; PORTZ, G. Restauração da estrutura do solo por seqüências culturais implantadas em semeadura direta, e sua relação com

a erosão hídrica em distintas condições físicas de superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.4, p.1353-1364, 2010.

RAIJ, B.V. Gesso na agricultura. Campinas: **Instituto Agrônomo**, 233p. 2008.

RAMOS, B. Z.; TOLEDO, J. P. V. F.; LIMA, J. M. L.; SERAFIM, M. E.; BASTOS, A. R. R.; GUIMARÃES, P. T. G.; & COSCIONE, A. R. Doses de gesso em cafeeiro: influência nos teores de cálcio, magnésio, potássio e pH na solução de um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1018-1026, 2013.

REICHERT, J. M ; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. Tópicos em ciência do solo. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 5:49-134, 2007.

REICHERT, J. M.; KAISER, D. R.; REINERT, D. J.; RIQUELME, U. F. B. Variação temporal de propriedades físicas do solo e crescimento radicular de feijoeiro em quatro sistemas de manejo, **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.44, n.3, p.310-319, 2009.

ROSA JUNIOR, E. J.; MARTINS, R. M. G.; ROSA, Y. B. C. J.; CREMON, C. Calcário e gesso como condicionantes físico e químico de um solo de cerrado sob três sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical** (Agricultural Research in the Tropics), v. 36, n. 1, p. 37–44, 2007.

ROSA JUNIOR, E. J.; MARTINS, R. M. G.; ROSA, Y. B.M. G.; CREMON, C. calcário e gesso como condicionantes físico e químico de um solo de Cerrado sob três sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36 (1), p. 37-44, 2006.

ROSA JUNIOR, E.J.; VITORINO, A.C.T.; VITORINO, P.F.P. Efeito da calagem, gessagem e adubação fosfatada sobre algumas características físicas de um Latossolo Roxo Distrófico de Dourados, MS. **Revista Científica**, Campo Grande, v.1, n.1, p.5-12, 1994.

ROSOLEM, C. A.; FERNANDEZ, E. M.; ANDREOTTI, M.; CRUSCIOL, C. A. C. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 5, p. 821-828, 1999.

SALDANHA, E.C.M.; ROCHA, A.T.; OLIVEIRA, E.C.A.; DO NASCIMENTO, C.W.A.; FREIRE, F.J. Uso do gesso mineral em Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.20, n.1, p.36-42, 2007.

SALES, L.E. de O.; CARNEIRO, M.A.C.; SEVERIANO, E. da C.; OLIVEIRA, G.C. de; FERREIRA, M.M. Qualidade física de Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso agrícola. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, p.667-674, 2010.

SANTANA, D.P.; BAHIA FILHO, A.F.C. Soil quality and agricultural sustainability in the Brazilian Cerrado. In: **World Congress of Soil Science**, v. 16, 1998.

SANTOS, G. A. DOS; JUNIOR, M. DE S. D.; GUIMARÃES, P. T. G.; NETO, A. E. F. Diferentes graus de compactação e fornecimento de fósforo influenciando no crescimento de plantas de milho (*Zea mays* L.) cultivadas em solos distintos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 740–752, 2005.

- SANTOS, G.G.; SILVEIRA, P.M.; MARCHÃO, R.L.; PETTER, F.A.; BECQUER, T. Atributos químicos e estabilidade de agregados sob diferentes culturas de cobertura em Latossolo do cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.11, p.1171-1178, 2012.
- SECCO, D.; REINERT, D. J. Efeitos imediato e residual de escarificadores em Latossolo Vermelho – escuro sob plantio direto. **Engenharia Agrícola**, v. 16, p. 52-61, 1997.
- SECCO, D.; ROS, C. O. DA; SECCO, J. K.; FIORIN, J. E. Atributos físicos e produtividade de culturas em um Latossolo Vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 4, p. 407–414, 2005.
- SEKI, A. S.; SEKI, F. G.; JASPER, S. P.; SILVA, P. R. A.; BENEZ, S. H. Efeitos de práticas de descompactação do solo em área sob sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 3, p. 460-468, 2015.
- SHAVER, T. Surface Soil properties after twelve years of dryland no-till management. **Soil Science Society of America**, v. 66, p. 1296-1303, 2002.
- SILVA, A. P.; IMHOFF, S.; KAY, B. Plant response to mechanical resistance and air-filled porosity of soils under conventional and no-tillage system. **Scientia Agrícola**, v. 61, n. 4, p. 451-456, 2004.
- SILVA, A. P.; KAY, B. D. Estimating the least limiting water range of soils from properties and management. *Soil Science Society of America Journal*, v. 61, p. 877-883, 1997.
- SILVA, A.P.; TORMENA, C.A. & IMHOFF, S. Intervalo hídrico ótimo. In: MORAES, M.H.; MULLER, M.M.L. & FOLONI, J.S.S., eds. **Qualidade física do solo**. Jaboticabal, FUNEP, p.1-20. 2001.
- SILVA, É. A. et al. Aggregates morphometry of a Inceptisol under conservationist system. *Semina: ciências agrárias*, Londrina, v. 37, n. 3, p. 1165-1176, maio/jun. 2016.
- SILVA, F.A.S. ASSISTAT: Versão 7.7 beta. DEAG-CTRN-UFCG – Atualizado em 03 de abril de 2017. Disponível em. <http://www.assistat.com/> Acessado em: 10 de abril de 2017.
- SILVA, M.G.; ARF, O.; ALVES, M.C.; BUZZETTI, S. Sucessão de culturas e sua influência nas propriedades físicas do solo e na produtividade de feijoeiro de inverno irrigado, em diferentes sistemas de manejo do solo. **Bragantia**, v.67, p.335-347, 2008.
- SILVA, S.G.C.; SILVA, A.P. da; GIAROLA, N.F.B.; TORMENA, C.A.; SÁ, J.C.M. Temporary effect of chiseling on the compaction of a Rhodic Hapludox under no-tillage. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.547-555, 2012.
- SOARES, M. D. R.; CAMPOS, M. C. C.; OLIVEIRA, I. A.; CUNHA, J. M.; SANTOS, L. A. C. Atributos físicos do solo em áreas sob diferentes sistemas de usos na região de Manicoré. **Ciências Agrárias**, v. 59, n. 1, p. 9–15, 2016.
- SPIGEL, H.; MENTLER, A. Effects on Aggregate Stability and P-contents under diferente tillage systems. Poster der Fachgruppe Boden und Fachgruppe Düngemittel. ALVA Arbeitsgemeinschaft Landwirtschaftlicher versuchsantalten, Jahrestagung. P. 216-217, 2003.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 12, p. 1301–1309, 2013.

STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 207–212, 2002.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M.; MOREIRA, J. A. A. **Efeitos do sistema plantio direto no uso da água pelas culturas e no manejo da irrigação**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. (Comunicado Técnico, 207).

STRECK, C.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. **Ciência Rural**, vol.34 no.3 Santa Maria May/June 2004.

TAVARES FILHO, J.; RIBON, A. A. Resistência do solo à penetração em resposta ao número de amostras e tipo de amostragem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 487–494, 2008.

TORMENA, C.A.; BARBOSA, M.C.; COSTA, A.C.S. & GONÇALVES, A.C.A. Densidade, Porosidade e resistência à penetração em Latossolo Vermelho distrófico sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia agrícola**, 59: 795-801, 2002.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. da; LIBARDI, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.573-581, 1998.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ASSIS, R. L. de.; SOUZA, Z. M. de. Atributos físicos de um latossolo vermelho cultivado com plantas de cobertura, em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 2, p. 428-437, 2015.

VEZZANI, F.M. & MIELNICZUK, J. Uma visão sobre a qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:743-755, 2009.

VITÓRIA, E. L. DA; FERNANDES, H. C.; TEXEIRA, M. M.; CECON, P. R. Produtividade de plantas forrageiras em função de manejo do solo. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 5, p. 955–962, 2014.

WOHLENBERG, E.V.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. & BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:891-900, 2004.

ZHANG, X. C.; NORTON, L. D. Effect of exchangeable Mg on saturated hydraulic conductivity, disaggregation and clay dispersion of disturbed soils. **Journal of Hydrology**, v. 260, n. 1-4, p. 194–205, 2002.

ZONTA, E.; BRASIL, F.; GOI, S.R. & ROSA, M.M.T. O sistema radicular e suas interações com o ambiente edáfico. In: FERNANDES, M.S., ed. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.7-52, 2006.