

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO  
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

**AGREGADOS DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO**

Autor: Camilo Calazans de Araújo Souza  
Orientadora: Profa. Ma. Raquel Joana Trautmann Machado

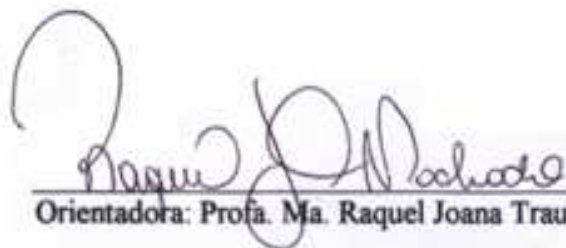
"Trabalho de Conclusão de Curso de graduação em Zootecnia, apresentado ao Departamento de Zootecnia da Universidade do Estado de Mato Grosso – Campus Universitário de Pontes e Lacerda, como parte das exigências para obtenção do título de BACHAREL EM ZOOTECNIA”.

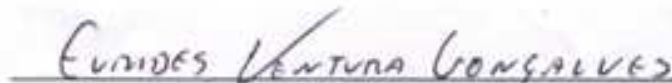
PONTES E LACERDA  
DEZEMBRO/2011

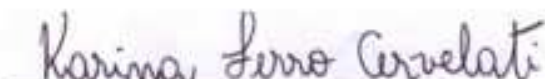
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO  
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

**AGREGADOS DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO**

Autor: Camilo Calazans de Araújo

  
Orientadora: Profa. Ma. Raquel Joana Trautmann Machado

  
Membro: Zootecnista Eurides Ventura Gonçalves

  
Membro: Zootecnista Karina Ferro Cervelati

PONTES E LACERDA  
DEZEMBRO/2011

*A Deus pela vida, por sempre me guiar, proteger e iluminar,  
Ao senhor Cacildo Rosa de Souza (in memoriam) e senhora Olga  
Maria Barros de Araújo, meus amados e honrosos pais que nunca mediram  
esforços e que fizeram de suas vidas a vida de seus filhos;  
Ao meu querido irmão Luciano Franco, lutador e guerreiro, de suma  
importância na minha vida, ajudando e celebrando nas minhas conquistas;  
À minha tia Odirza, batalhadora, honesta e acolhedora que confiou  
em mim e me deu todo apoio que precisei;  
À todos amigos de verdade;  
Aos meus familiares.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e por me guiar pelos caminhos mais certos;

À Nossa Senhora pela força, sabedoria, coragem e proteção;

Aos meus amados pais e irmão. Pois, não medem esforços para me incentivar e dar apoio nesta caminhada;

Aos meus avós, tios, tias e primos.

À Universidade do Estado de Mato Grosso, ao Departamento de Zootecnia, ao senhor Irineu Chicaroli, por tornar possível a realização deste trabalho;

À minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Ma. Raquel Joana Trautmann Machado pela amizade, apoio e pela confiança em mim depositada durante o período de convívio e principalmente pela participação na minha formação acadêmica, orientando e auxiliando no desenvolvimento do meu conhecimento científico e profissional;

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Jocilaine Garcia, pela atenção e contribuição na minha formação acadêmica;

Aos docentes do Curso de Zootecnia pelos valiosos ensinamentos que contribuíram para a minha formação acadêmica;

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, os bibliotecários, as zeladoras, os vigias e ao senhor Luís responsável pelo laboratório de análises de solo, pelo apoio e força;

À minha namorada Elayne Jocelym dos Santos.

Aos amigos, Alex Mazuy, Kairo, Marciano, Luiz Miguel, Rodrigo Pacheco, João Vitor, José Vicente, Diego, Elissandra, Camila Silva, Polyana Monteiro, pelo convívio, amizade, alegria, paciência, companheirismo e confiança;

Aos meus colegas de turma e de faculdade pelo convívio;

As famílias que me acolheram como filho: Célia e Dinovan; Gorete e Ariovaldo, por toda atenção, confiança e carinho.

*Foi lá pelos campos da Porteira, quando ainda, bem menino, antiga fazendo dos  
meus avós paternos. Hoje sob conduta da Tia Ana Rosa e Vitorino.  
Quando eu ainda bem menino, dei os primeiros passos cravados na terra e na luta  
com o gado bovino.  
Aflorou o amor pela natureza, a flora e pelos animais, a quem dedico meu trabalho,  
para não abandona - los jamais.  
Se hoje o sonho é realidade, a obra é de meus pais, que, com amor de verdade,  
preparou – me para a vida e para o mundo em sociedade.  
Cresci,Lutei e venci,venceram comigo, a família e os amigos, a quem reverencio as  
homenagens dos avós paternos; em memória, aos avós maternos, sempre presente  
em nossas miragens.  
Tia Umbelina, conselheira, patrocinadora de toda hora, mulher de fé, grande  
senhora.  
Tia Geni, será que eu te mereci?instrumento de generosidade, patenteada de  
pequena notável.  
Tia Ana Rosa, protetora, guerreira, mulher de bondade e formosura grandiosa.  
Tia Chiquita lutadora, prestativa, querida e merecedora de grande conquista.  
Tio Cassemiro batalhador incansável, companheiro que muito respeito e admiro  
Agora uma pausa e um suspiro*

*(Cacildo Rosa de Souza)*

## RESUMO

A quantidade e distribuição de agregados no solo é um bom indicador da qualidade física do mesmo, sendo que os macroagregados estão dispostos principalmente em solos mais bem manejados. Teve-se como objetivo avaliar a distribuição de agregados em um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso – vegetação nativa, área cultivada com soja (*Glycine Max*(L.) Merr.) no verão e milho safrinha (*Zeamays*), ambas em plantio direto e uma área com pastagem de *Brachiariabrizantha* à 8 anos. Em cada tratamento foram coletadas 7 amostras de solo, nas profundidades 0,0 a 0,05 m e 0,05 a 0,10 m, levadas para o laboratório onde seguiu a metodologia da Embrapa (1997). Não houve diferença significativa entre a distribuição de agregados na profundidade de 0,05 a 0,10 metros nos diferentes sistemas de uso, enquanto na profundidade de 0,0 a 0,05 m houve maior quantidade de macroagregados em relação às demais classes, mas não foram diferentes entre os sistemas de uso. A quantidade de macroagregados é diferente entre as profundidades das coletas.

**Palavras-chave:** cobertura vegetal, compactação, floculação

## ABSTRACT

The amount and distribution of aggregates in the soil is a good indicator of physical quality of the same, and the macroaggregates are willing mainly in well managed soils. This study was undertaken to evaluate the distribution of aggregates in an Oxisol under different land use systems - native vegetation, acreage with soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.) summer and winter maize (*Zea mays*), the two in direct plantation and an area with *Brachiaria brizantha* to 8 years. In each treatment were collected seven soil samples at depths from 0.0 to 0.05 and 0.05 to 0.10 m, taken the for laboratory where followed the methodology of Embrapa (1997). There was no significant difference between of aggregate distribution in depth from 0.05 to 0.1 m between he different systems in use, while in depth from 0.0 to 0.05 m there was more amount of macroaggregates compared to other classes, but were not different between the systems use. The amount of macroaggregates is different between the collections depths.

**Keywords:** vegetation coverage, compaction, flocculation

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 Representação das partículas que compõem um agregado e como é visto a campo..                                                                                                                            | 14 |
| Figura 2 Tipos de estrutura do solo: (a) laminar; (b) prismática; (b') colunar; (c) blocos angulares; (c') blocos subangulares; (d) granular. Adaptado de Andrade , H.; Souza J.J. ....                           | 17 |
| Figura 3 Diâmetro médio de agregados (DMG) de um Argissolo Vermelho em sintema de plantio direto continuo e por dois anos com preparo convencional. Adaptado de Silva, V. R.; Reinert, D. J.; Reichert, J. M..... | 19 |
| Figura 4 Tratamento utilizados para analise de estabilidade de agregados em diferentes sistemas de uso em uma propriedade do município de Ponte e Lacerda - MT.....                                               | 22 |
| Figura 5 Teor de matéria orgânica no solo em relação as camadas de 0,0 a 0,05 e 0,05 a 0,10 em diferentes tipos de lavouras e somente escarificação do solo descoberto. Adaptado de Calonego e Rosolem, 2008..... | 26 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 Distribuição dos agregados estáveis em água em relação a sistemas de cultivos diferentes (vegetação nativa, cultivo de soja e milho em plantio direto e pastagem) na profundidade de 0 a 0,05 m e de 0,05 a 0,10 m. .... | 24 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## SUMÁRIO

|                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                            | <b>11</b> |
| <b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>                                 | <b>13</b> |
| <b>2.1 Formação dos agregados.....</b>                               | <b>14</b> |
| <b>2.2 Tipos de Agregados .....</b>                                  | <b>16</b> |
| <b>2.3 Estabilidade de agregados .....</b>                           | <b>18</b> |
| <b>2.4 Degradação da estrutura do solo em função do manejo .....</b> | <b>19</b> |
| <b>2.5 Recuperação do solo .....</b>                                 | <b>21</b> |
| <b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>                                   | <b>22</b> |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                                | <b>24</b> |
| <b>5 CONCLUSÕES.....</b>                                             | <b>30</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                             | <b>31</b> |

## 1INTRODUÇÃO

Um solo é considerado fisicamente ideal para o crescimento de plantas quando apresenta boa retenção de água, bom arejamento, bom suprimento de calor e pouca resistência ao crescimento radicular, o qual para isso, a quantidade e estabilidade dos agregados é um dos fatores essenciais (REINERT e REICHERT, 2006).

Agregados são componentes da estrutura do solo e, portanto, de suma importância na manutenção da porosidade e aeração do solo, no crescimento das plantas e da população microbiana, na infiltração de água e no controle dos processos erosivos (OADES, 1984; DEXTER, 1988). A estrutura representa a própria constituição física do solo, expressa pelo tamanho, pela forma e pela distribuição ou pelo arejamento dos espaços vazios e das partículas sólidas do solo, sejam elas primárias ou secundárias (BREWER, 1976).

O uso intensivo do solo, aliado as condições inadequadas de manejo, concorre para a deterioração de suas propriedades físicas e isso se deve, principalmente, às modificações em sua estrutura (OLSZEVSKI et al., 2004). Os agregados mostram diferenças quanto ao tamanho, forma, estabilidade e adesão entre si devido as alterações nas condições naturais do solo por sistemas de manejo (FERNANDES, 1982; DADALTO et al., 1989). Segundo Bayer et al. (1973) a agregação do solo pode sofrer alterações permanentes ou temporárias, provocadas por práticas de manejo de solo e culturas, logo, essas alterações dependem da estabilidade dos agregados.

A avaliação da qualidade da condição estrutural do solo é de natureza indireta, feita através da medição de outras propriedades físicas: estabilidade de agregados, densidade do solo, porosidade, infiltração e retenção de água, sempre considerando a classe textural (REINERT e REICHERT, 2006).

A estruturação do solo é um bom indicador da qualidade do solo, portanto é importante determinar a quantidade de agregados que tem um solo, como eles estão distribuídos por classes e qual a resistência desses agregados.

A avaliação da estabilidade de agregados, densidade do solo, porosidades e infiltração e retenção de água, considerando a classe textural, indicam o estado atual da estrutura do solo. Esse tipo de avaliação é bastante usado para medir-se a evolução da estrutura de um dado solo quando submetido a diferentes sistemas de manejo (REINERT e REICHERT, 2006).

O objetivo do trabalho foi avaliar a distribuição do tamanho de agregados estáveis do solo em diferentes sistemas de uso.

## 2REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O grande desenvolvimento da atividade agropecuária no Brasil, principalmente na criação de bovinos a pasto, tem levado a questionamentos quanto à qualidade dos sistemas de manejo do solo em uso (SALTON et al., 2008). Corá et al. (2004) relata que o manejo do solo proporciona alterações nas propriedades físicas naturais do solo, principalmente nas camadas superficiais, logo, entende como são as variações desses atributos físicos do solo ao longo de um período contribui para melhor planejamento, pois assim se conhece o comportamento do solo. O adequado seria o uso de um manejo do solo que estabelecesse uma interação entre essas propriedades possibilitando melhorar as condições deste para o crescimento e desenvolvimento das plantas (CENTURION et al., 2007).

A qualidade física de um solo descreve como o solo permite a infiltração, retenção e disponibilidade de água às plantas, córregos e subsuperfície, responde ao manejo e resiste à degradação, permite as trocas de calor e de gases com a atmosfera e raízes das plantas, e permite o crescimento das raízes (REICHERT et al., 2003).

A estrutura do solo é um dos indicadores mais importantes para o desenvolvimento de plantas, uma vez que influi diretamente nas condições de adensamento, compactação, encrostamento, infiltração de água e suscetibilidade do solo à erosão (CAMPOS et al., 1999), podendo ser avaliada através da densidade do solo, presença de macro e microporosidade, estabilidade de agregados e resistência à penetração (NUNES, 2003).

Segundo Mielniczuk et al. (2003) um dos principais atributos do solo relacionados à sua qualidade é a formação de macroagregados estáveis, os quais são responsáveis pela estrutura do solo e inteiramente susceptíveis às práticas de manejo. Já os microagregados estáveis são menos susceptíveis as práticas (OADES, 1982). Sistemas de preparo de solo associados à rotação de culturas influenciam a estabilidade e o tamanho de agregados, conforme relatam Hernani e Guimarães (1999).

O uso intensivo no solo e o preparo em condições desfavoráveis alteram os fatores de crescimento das culturas, provocando a destruição da estrutura, quebra de agregados, o escoamento superficial, a diminuição da matéria orgânica diminuindo assim a fertilidade do solo, o que pode culminar com condições restritivas ao crescimento de plantas (MAGUALHÃES e CUNHA, 2007). Nunes (2003) avaliando um monocultivo de café,

afirmou que a estabilidade dos agregados mostra-se sensível para avaliar mudanças na qualidade do solo.

A estabilidade dos agregados varia com as características inerentes ao solo e com os sistemas de manejo. Solos que sofreram intenso revolvimento provocam a quebra de agregados, podendo reduzir drasticamente a estabilidade de agregados. Com o rompimento dos agregados, a matéria orgânica que estava em seu interior é desprotegida, acelerando o processo de decomposição, diminuindo cada vez mais a resistência destes agregados (AGUIAR, 2008).

## 2.1 Formação dos agregados

Para a formação da estrutura dos solos são necessários que ocorram dois fenômenos: a aproximação das partículas e a cimentação ou estabilização dos agregados (REINERT e REICHERT, 2006). A floculação dos colóides é fator essencial para a formação do agregado (Figura 1), posteriormente os componentes necessitam serem estabilizados por algum agente cimentante (HILLEL, 1980). Silva e Mielniczuk (1997) citam como substâncias agregantes as argilas, a sílica coloidal, os metais polivalentes, o carbonato de cálcio, os óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, os exsudados orgânicos e as substâncias orgânicas provenientes da ação dos microrganismos.



Figura 1: Representação das partículas que compõem um agregado e como é visto a campo.

Na aproximação de partículas agem a flocculação da argila e cátions trocáveis, desidratação do solo, secamento localizado e pressão causados pelas raízes e organismos, já na estabilização agem a quantidade e o tipo de argila, forças de Van der Waals, matéria orgânica, microrganismos pela ação mecânica e produção de compostos orgânicos e vegetação pela ação das raízes e fonte de material orgânico na superfície (REINERT e REICHERT, 2006).

Salton et al. (2008) em seu estudo onde avaliaram a relação entre agregados e matéria orgânica do solo (MOS), identificaram que a fração mineral, fauna do solo, microrganismo, raízes, agentes inorgânicos e outras variáveis ambientais são fatores envolvidos na formação e estabilidade de agregados do solo.

Os microagregados do solo são formados em função da ligação entre domínios de argilas orientadas com MOS e partículas de quartzo (EMERSON, 1959). Já Edwards e Bremner (1967) propõem que a formação de microagregados é a partir da reação entre moléculas orgânicas, cátions polivalentes (Fe, Al, Ca) e partículas de argila. Outro modelo defendido por Tisdall e Oades (1982) é que partículas primárias livres e agregados de tamanho de silte são unidos por agentes ligantes persistentes, como a matéria orgânica humificada ou complexos com cátions polivalentes, óxidos e aluminossilicatos, formando microagregados de 20 a 250 µm. Os macroagregados (>250 µm), segundo Tisdall e Oades (1982) são a união de microagregados por agentes ligantes temporários (raízes ou hifas de fungos) e transientes (polissacarídeos derivados de microrganismos ou plantas).

A formação de microagregados é de ordem preliminar e esta relacionada à interação da matéria mineral entre si e com compostos orgânicos. Posteriormente, o crescimento de raízes e hifas, juntamente com resíduos de vegetais, insetos e outros organismos, estimula a formação de macroagregados, que correspondem a um nível de organização mais elevado (SALTON et al., 2008). Assim, solos que apresentem maior agregação podem ser considerados em estado de ordem superior ao de solos semelhantes com menor agregação (VEZZANI, 2001).

A formação e estabilização de macroagregados são observadas em solos com maior teor de matéria orgânica, visto que esta representa um eficiente agente cimentante, já que forma ligações, por meio de cátions polivalentes, de seus polímeros com as superfícies inorgânicas do solo (TISDALL e OADES, 1982). Logo, a formação e estabilização de macroagregados é favorecida quando utilizam-se manejos que promovam o aumento da matéria orgânica no solo, reduzam ou eliminem o revolvimento do solo (AGUIAR, 2008).

O papel das raízes na formação de agregados tem se mostrado muito importante, conforme apresentado por Silva e Mielniczuk (1997) que verificaram a maior apresentação de macroagregados estáveis em dois solos do Rio Grande do Sul sob cultivo de capim - pangola em comparação com aveia, milho e siratro e solo descoberto. O maior crescimento de raízes no perfil do solo promove o aumento do teor de matéria orgânica (MO), que atuará na formação de agregados estáveis, pois a agregação do solo é condicionada por substâncias agregantes, ou seja, por substâncias que possuem ação cimentante e aglutinadora, como a matéria orgânica (MIELNICZUK, 1999).

## 2.2 Tipos de Agregados

Os agregados podem ser classificados quanto ao tamanho em cinco grupos:  $< 2 \mu\text{m}$ , de 2 a  $20 \mu\text{m}$ , de 20 a  $250 \mu\text{m}$ , de  $250 \mu\text{m}$  a 2 mm e  $> 2 \text{mm}$ . Os menores que  $250 \mu\text{m}$  são denominados microagregados e os maiores, macroagregados, sendo cada agregado formado pela união dos agregados da classe que vem logo abaixo, seguindo, assim, uma ordem hierárquica. Conforme seus tamanhos, cada classe será unida por diferentes agentes cimentantes (TISDALL e OADES, 1982). Graças à forte ação cimentante dos óxidos de ferro e de alumínio nos macroagregados, a teoria da hierarquização não se aplica completamente aos Latossolos (Oxisolos) (OADES e WATERS, 1991). O mesmo pode ocorrer em solos caulíníticos, com presença de óxidos de ferro e de alumínio de baixa cristalinidade (SIX et al., 2000).

A organização das partículas do solo em agregados refere-se à estrutura do solo, logo, o tipo de agregado presente num solo determina o tipo de estrutura (Figura 2), logo, esta é o arranjo das partículas sólidas em torno de uma linha, um ponto ou um plano (REINERT e REICHERT, 2006):

- Laminar - os agregados são formados por influência do material de origem ou em horizontes onde sofreu muita compactação e possuem formato de lâmina, formando esta estrutura, ou seja, as partículas estão arranjadas em torno de um plano horizontal e suas dimensões horizontais são maiores que as verticais.

- Prismática – os agregados são formados em ambientes mal drenados em horizontes subsuperficiais tendo pouca influência da matéria orgânica, formando esta estrutura. Suas partículas estão arrançadas em torno de uma linha vertical dominante:
  - o Vertical plana – chamada de prismática
  - o Vertical colunas – chamada de colunar (topo é arredondado)
- Blocos – Os agregados formam em solos moderadamente bem drenados e parecem cubos, tornando a estrutura com três dimensões aproximadamente iguais:
  - o Angular – as faces são planas e a maioria dos vértices com ângulos definidos.
  - o Subangular – apresentam mistura de faces arredondadas e plana com muitos vértices arredondados.
- Esferoidal – as partículas dessa estrutura têm eixos praticamente com as mesmas dimensões e arredondados:
  - o Ganular – unidades pouco porosas
  - o Grumosa – unidades muito porosas, apresentando maior quantidade de microporos.



Figura 2: Tipos de estrutura do solo: (a) laminar; (b) prismática; (b') colunar; (c) blocos angulares; (c') blocos subangulares; (d) granular. Adaptado de Andrade e Souza, (2001).

A presença de estruturas arredondadas no solo significa um meio poroso onde a água, o ar e a vida animal circulam livremente, são mais estáveis, indica boa resistência a erosão. Já as angulares são mais compactas, restringindo a atividade biológica, principalmente a vida animal. Enquanto as estruturas laminares apresentam forte impedimento à circulação vertical de água, sendo que em solos, agrícolas essas estruturas condicionam um desenvolvimento lateral das raízes e maior encharcamento do solo nessa região, aparecendo assim sinais erosivos (GUERRA, 2005).

### **2.3 Estabilidade de agregados**

Vários são os fatores que podem causar a ruptura dos agregados, entre eles, o teor de matéria orgânica, a textura do solo, a densidade aparente, a porosidade, o tipo de estrutura, cobertura vegetal, erosividade e o manejo do solo (GUERRA, 2005). Segundo Ploey e Poesen (1985) apontam que solos com menos de 2% de matéria orgânica possuem baixa estabilidade de agregados. Já Greenland et al. (1975) afirmam que solos com menos de 3,5% de matéria orgânica são instáveis.

A matéria orgânica é um eficiente agente cimentante, portanto, em solos com elevados teores de matéria orgânica são observado a maior formação e estabilização de macroagregados (TISDALL e OADES, 1982).

A estabilidade de agregados é avaliada utilizando-se alguns índices: diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e o índice de estabilidade de agregados (IEA) (KEMPER e CHEPIL, 1965). O maior resultado de DMP indica que maior é a porcentagem de macroagregados e demonstra a estabilidade da estrutura frente à ação de desagregação da água, podendo indicar o grau de susceptibilidade do solo à erosão hídrica (BERTOL et al., 2004). A estimativa do tamanho dos agregados de maior ocorrência é apresentada pelo DMG, já o IEA é maior quando menor for a quantidade de microagregados, denotando então, uma medida de agregação total do solo e não considera a distribuição por classe de agregados (AGUIAR, 2008).

Os solos quando são submetidos a forças externas, como a ação de implementos agrícolas, aração, gradagem, plantio convencional impacto da gota de chuva ou forças

internas, compressão de ar, expansão e contração, os agregados maiores tentem a se romperem (REICHERT, 2006).

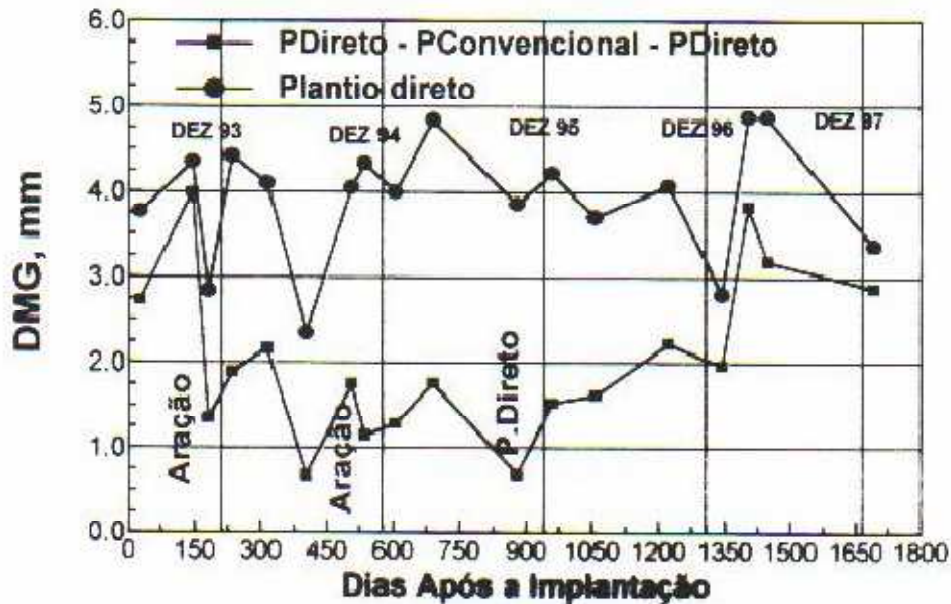


**Figura 1** Diâmetro médio de agregados (DMG) de um Argissolo Vermelho em sistema de plantio direto contínuo e por dois anos com preparo convencional. Adaptado de Reinert e Reichert (2006).

A estabilidade dos agregados é fortemente afetada pelas práticas de cultivo para o plantio convencional do milho: aração e gradagem. Com o retorno da não mobilização e aporte de cobertura do solo pelo plantio direto, a estabilidade foi restabelecida após 3 anos (SILVA e MIELNICZUK, 1997).

## 2.4 Degradação da estrutura do solo em função do manejo

A qualidade do solo está relacionada com sua funcionalidade dentro dos ecossistemas naturais ou manejada e significa a capacidade deste em sustentar a atividade biológica, promover o crescimento e a saúde das plantas e animais e manter a qualidade ambiental (DORAN e PARKIN, 1994). O emprego de práticas não sustentáveis pode causar a degradação de sua qualidade física, química e biológica, diminuindo a qualidade do solo (COSTA et al., 2003).

A deterioração da qualidade física do solo implica em condições desfavoráveis da estruturação do solo, com formação de agregados poucos estáveis, reduzida porosidade,

elevada densidade (ISLAM e WEIL, 2000). À medida que os solos são usados pela agricultura, tende a diminuir o teor de matéria orgânica e conseqüentemente aumentar a ruptura de agregados (GUERRA, 2005).

A modernização da agropecuária, o peso de máquinas, equipamentos, pressão de pastejo e intensidade de uso do solo têm aumentado, resultando em significativas alterações nas suas propriedades físicas (STRECK et al., 2004).

Dos componentes do manejo, o preparo do solo talvez seja a atividade que mais influi no seu comportamento físico, pois atua diretamente na estrutura do solo. Além das modificações na porosidade e na densidade, o manejo provoca alterações na estrutura do solo que afetam a retenção de água e a resistência mecânica, entre outros efeitos (SILVA et al., 1994).

O cultivo intensivo, aliado à alta taxa de revolvimento, é responsável pela redução do conteúdo de matéria orgânica do solo, que é um dos principais agentes de formação e estabilização dos agregados (TISDALL e OADES, 1982; CASTRO FILHO et al., 1998).

A movimentação do solo e o tráfego de máquinas e implementos agrícolas contribuem para promover modificações no tamanho dos agregados do solo, resultando em aumento da densidade, redução da porosidade total, aumento na proporção de poros pequenos em relação aos grandes, resultando no aumento da microporosidade sendo que os poros grandes são altamente afetados pelo manejo do solo (CINTRA, 1980; SILVA, 2002).

Principalmente a compressão dos implementos agrícolas de tração e cultivo rearranja as partículas primárias e agregados, isto ocorre em duas fases: a primeira consiste no preparo do solo, onde a maior parte da energia é consumida para destruírem agregados e a segunda onde o tráfego posterior de máquinas e implementos empurra as partículas umas contra as outras gerando um arranjo compacto, sendo quanto maior a pulverização do solo maior será o potencial compactador (CAMARGO e ALLEONI, 1997).

O tráfego de máquinas são as causas principais da compactação em solos agrícolas, não só pela pressão estática, mas também por forças dinâmicas provocadas pela vibração do trator arrastando os implementos (OLIVEIRA, 2002). Dias Júnior e Pierce (1996) fazendo um estudo em solos da região Amazônica, verificaram que as maiores degradações do solo ocorrem logo após a primeira passagem de máquina, sendo que o efeito das próximas passagens é reduzido.

Na pecuária, a compactação do solo pode estar ligada às altas pressões de pastejo (IMHOFF et al., 2001) e cada espécie e categoria animal exercem pressões diferenciadas, que se deve à conformação anatômica do casco e a massa corporal do animal (MARCHÃO et al., 2007). Pode-se dizer que o aumento do efeito do pisoteio sobre a qualidade física dos solos é

evidenciando quando há pastejo sobre solo úmido e com baixa cobertura vegetal (SARMENTO et al., 2008), já Lanzasova et al. (2007) também relata a frequência de pastejo.

A chuva atua ativamente na ruptura dos agregados pelo seu papel do “Splash” – impacto da gota – pois uma vez vencida a resistência interna dos agregados à energia cinética dessas gotas, a tendência é que eles se rompam, formando partículas pequenas, ou seja, grãos individuais, que poderão preencher os poros existentes no topo do solo, diminuindo não só a porosidade e aumentando a densidade aparente, mas também dando início ao processo de formação de crostas na superfície do terreno, o que aumentará o escoamento superficial.

## **2.5 Recuperação do solo**

Em manejos que há menor revolvimento do solo há maior acúmulo de resíduo na superfície, o que facilita a recuperação das propriedades físicas do solo em áreas degradadas (CURI, 1993).

A semeadura direta, de acordo com Souza (2000), demonstra a diminuição da erosão, aumento da taxa de infiltração de água no solo, aumento no diâmetro dos agregados e atividade microbiana.

Segundo Genro et al (2009) para preservar a qualidade do solo, é recomendável o uso da rotação de culturas, o qual diminuí a densidade, aumenta a porosidade, a condutividade hídrica saturada e a estabilidade de a agregados do solo.O sistema silvipastoril, vem sendo muito utilizado na recuperação de áreas degradadas, trazendo vários benefícios para o solo como: melhoria na reciclagem de nutrientes a médio e longo prazo, causada pelas absorções das raízes das árvores nas camadas mais profundas, posteriormente parte desse nutriente é depositado na camada superficial do solo (DIAS FILHO, 2005). A estabilidade dos agregados do solo tende a aumentar mais em solos sob gramíneas do que em solos sob leguminosas, conforme verificação de Rosa Filho et al. (2009).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na fazenda Nossa Senhora Aparecida, localizada no município de Pontes e Lacerda, sudoeste do estado de Mato Grosso, sobre as coordenadas geográficas (15°13'16'' S e 59°20'18'' O). Segundo Ferreira (2001) o clima da região é tropical quente e sub-úmido, com precipitação pluviométrica de 1500 mm/ano e temperatura média superior a 24 °C. O solo utilizado foi classificado conforme Classificação do Solo Brasileira em Latossolo Vermelho – LV (EMBRAPA, 2006).

Na propriedade foram observados distintos sistemas de uso (Figura 4), os quais são os tratamentos: vegetação nativa com floresta de transição (VN), área cultivada com soja (*Glycine Max*(L.) Merr.) e milho safrinha (*Zeamays*) sob sistema de plantio direto durante 4 anos (SM) e uma área de pastagem com *Brachiariabrizanthacv*Marandu cultivada à oito anos (BB).



Figura 3 Tratamento utilizados para análise de estabilidade de agregados em diferentes sistemas de uso em uma propriedade do município de Ponte e Lacerda - MT.

Para a caracterização e avaliação da qualidade física do solo mediante os agregados presentes, foram coletadas 7 (sete) amostras de solo em cada uso (VN, SM e BB). Em cada uma dessas áreas, representando duas camadas foram amostradas: 0,0 a 0,05 m e 0,05 a 0,10 m de profundidade. Ao todo foram coletadas 42 (quarenta e dois) amostras, sendo estas

acondicionadas em sacos plásticos identificados e posteriormente analisadas conforme metodologia da Embrapa (1997).

Utilizou um jogo de peneiras sobrepostas, sendo a superior e inferior com malhas 8 e 4 mm respectivamente, sendo somente analisadas as porções que passaram pela primeira malha e ficaram retidas na segunda, sendo as amostras com 15 g de solo.

A distribuição percentual das classes dos agregados foi realizada em amostras de agregados de 2 a 4 mm de diâmetros, por meio de tamisamento úmido (as amostras foram pré-umedecidas lentamente conforme Kemper e Chepil (1965) utilizando-se um aparelho de Yoder (EMBRAPA, 1997). O tamisamento foi efetuado utilizando-se um conjunto de peneiras com malhas de 0,18; 0,21; 1,0; 2,0 e 4,75 mm de abertura. Transcorrido 15 min. As porções retidas em cada peneira foram transferidas para placas de alumínio com auxílio da piceta, e secas em estufa a 150 °C por um período de 24 h para posterior pesagem. Foram obtidas sete classes de tamanho de agregados. A partir dos dados obtidos foi apresentada a distribuição de agregados em classe.

Todos os resultados obtidos na avaliação da distribuição de agregados foram submetidos a análise de variância e teste de comparação das médias de Tukey utilizando o programa Sisvar v. 5.3 (FERREIRA, 2008).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os diferentes sistemas de uso não apresentaram diferença significativa em relação a distribuição de agregados (Tabela 1).

Tabela 1: Distribuição dos agregados estáveis em água em relação a sistemas de cultivos diferentes (vegetação nativa, cultivo de soja e milho em plantio direto e pastagem) na profundidade de 0 a 0,05 m e de 0,05 a 0,10 m.

| Sistemas<br>de Uso      | Distribuição de Agregados em Classe (mm) |             |             |             |             |        |
|-------------------------|------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|
|                         | 7,93 - 4,00                              | 4,00 - 2,00 | 2,00 - 1,00 | 1,00 - 0,50 | 0,50 - 0,25 | 0,25 - |
|                         | -----%-----                              |             |             |             |             |        |
| Camada de 0 - 0,05 m    |                                          |             |             |             |             |        |
| Mata                    | 67,07Aa                                  | 5,72Ba      | 2,92Bb      | 4,76Bb      | 6,66Bb      | 3,10Bb |
| Pastagem                | 69,36Aa                                  | 5,40Ba      | 2,58Bb      | 4,54Bb      | 6,72Bb      | 3,10Bb |
| Lavoura                 | 70,86Aa                                  | 4,56Ba      | 2,30Bb      | 4,26Bb      | 6,08Bb      | 2,94Bb |
| Camada de 0,05 - 0,10 m |                                          |             |             |             |             |        |
| Mata                    | 45,66Aa                                  | 8,22Aa      | 5,50Aa      | 10,00Aa     | 14,20Aa     | 6,10Aa |
| Pastagem                | 45,04Aa                                  | 9,58Aa      | 7,32Aa      | 11,28Aa     | 11,70Aa     | 4,92Aa |
| Lavoura                 | 50,72Aa                                  | 7,28Aa      | 5,62Aa      | 9,08Aa      | 10,76Aa     | 5,10Aa |

Médias seguidas de letra iguais não diferem entre si, sendo letras maiúsculas na linha ( $P < 0,05$ ).

O resultado pode representar que a propriedade esta fazendo um manejo correto nas áreas de pastagens, não utilizando superlotação, mantendo sempre a cobertura vegetal do solo a uma altura adequada e disponibilizando matéria orgânica no solo, o que atua na estabilidade de agregados. Já a lavoura pode não ter apresentado também diferença entre a mata nativa de acordo com o plantio direto ser utilizado, o qual minimiza o revolvimento do solo. De acordo com Rosa Filho et al. (2009) o plantio direto é um sistema que favorece a homogeneização do ambiente. Resultados diferentes dos apresentados por Assis e Lanças (2005) que em Nitossolo Vermelho distroférico sob três sistemas: mata nativa, plantio direto e preparo convencional, apresentou diferença significativa para maior agregação na mata nativa, resultante do maior acúmulo de matéria orgânica e não ação antrópica por mais de 40 anos.

Moraes (1984) estudando características físicas de um Latossolo Vermelho escuro, de textura muito argilosa, com vegetação tipo Cerrado, relata que o solo não cultivado apresenta maior porcentagem de agregados superiores a 2 mm de diâmetro do que em solo sob cultivo. O mesmo apresentado por Rando (1981), que ao trabalhar com um Latossolo Roxo, acusa efeito negativo do cultivo convencional por mais de 10 anos na estabilidade de agregados.

Com relação ao tamanho de agregados só houve diferença significativa entre eles na camada de 0,0 a 0,05 m, sendo superior a classe 7,92 a 4,00 em relação as demais (Tabela 1).

Segundo Dexter (1998) solos que possuem agregados estáveis de maior tamanho são considerados solos estruturalmente melhores e mais resistentes à erosão, devido a agregação facilitar na aeração do solo, as trocas gasosas e a infiltração de água, em função do aumento da macroporosidade entre os agregados, além de garantirem a microporosidade e a retenção de água dentro dos agregados.

Os agregados estáveis também aumentam a capacidade do solo em receber carga sem sofrer deformações plásticas sem reversão, aumentando a pressão de pré-consolidação do solo (LETEY, 1985; DEXTER, 1988).

De acordo com trabalho realizado por Longo (1999) em regiões de cerrado, sob seqüência pasto/cerrado e floresta Amazônica observa-se que áreas sob domínio da floresta apresentam valores de ocorrência de agregados de maior diâmetro, apenas não diferindo significativamente do solo sob vegetação natural no cerrado. Já a vegetação natural deste ecossistema para a pastagem observou-se uma diminuição de 25% no tamanho dos agregados. Na área de cerrado, o tamanho e a distribuição dos agregados foram semelhantes aos da floresta, já das parcelas sob vegetação natural para aquelas sob pastagem, nota-se acentuada redução no diâmetro dos agregados, em torno de 50%.

A cobertura vegetal do solo é responsável pela dissipação na energia cinética da gota da chuva, diminuindo o efeito de seu impacto, protegendo a estrutura da camada superficial, conferindo assim maior resistência dos macroagregados (OLIVEIRA et al., 1983).

Na profundidade de 0,05 a 0,10 m não houve diferença significativa entre a distribuição de micro e macroagregados no solo, possivelmente pelo menor conteúdo de matéria orgânica no solo e o produtor utilizar de implementos agrícolas para iniciar a atividade, como também a própria força do solo em adensar. Segundo Oliveira et al. (2004) e Castro Filho et al. (1998), há correlação altamente significativa entre o aumento no teor de MO e o aumento da estabilidade de agregados até 0,10 m de profundidade do solo.

Paladini e Mielniczuk (1991) encontraram correlação significativa entre agregados maiores que 2,0 mm e o Carbono orgânico do solo na profundidade de 0–2,5 cm, indicando que compostos orgânicos podem ter atuado na formação e estabilização desses agregados.

A utilização do escarificador desenvolve uma ação desagregadora mais intensa em solo de subsuperfície do que na superfície, isso devido menor conteúdo de matéria orgânica no mesmo (CALONEGO e ROSOLEM, 2008). Os autores em seu estudo apresentaram que o

teor de matéria orgânica é menor na camada de 0,05 a 0,10 m independentemente da cultura utilizada e período de avaliação (Figura 5).

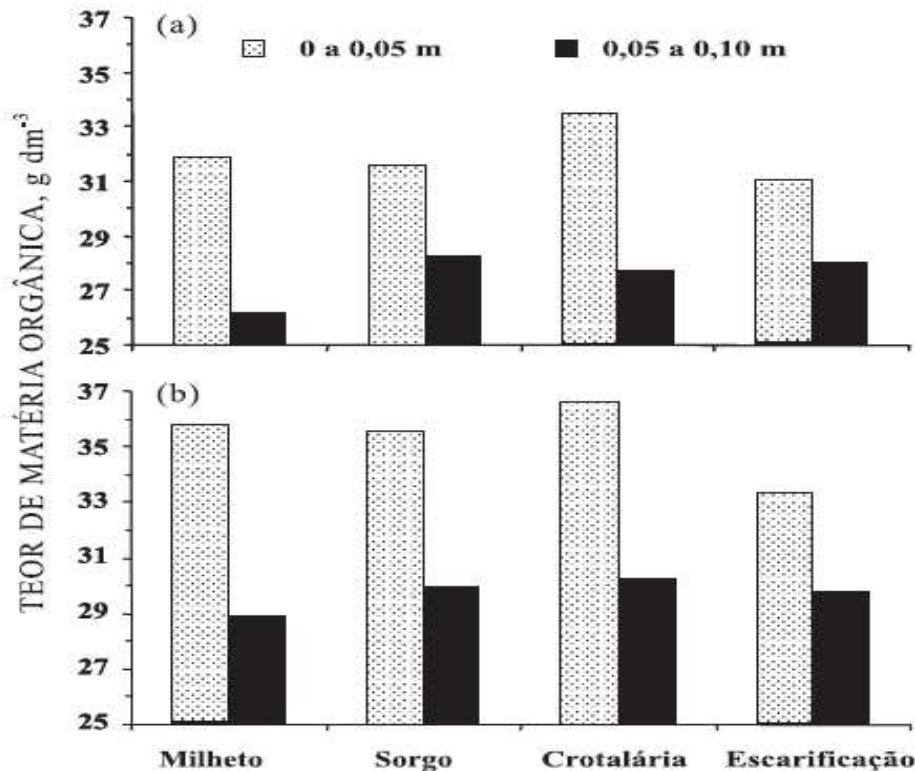


Figura 4 Teor de matéria orgânica no solo em relação as camadas de 0,0 a 0,05 e 0,05 a 0,10 em diferentes tipos de lavouras e somente escarificação do solo descoberto. Adaptado de Calonego e Rosolem(2008).

Lacerda et al. (2005) analisando que a distribuição dos agregados em água de um Nitossolo Vermelho distroférrico e diferentes sistemas de manejo (mata, preparo convencional por 10 anos seguidos de semeadura direta por 12 anos e preparo convencional por 22 anos), relataram que a percentagem de agregados estáveis água se diferiram significativamente para a classe de 7,93 a 2,00 mm, entre a mata e o preparo convencional por 10 anos, obtendo valores de 91 e 65%, na camada de 0 a 0,1m de profundidade do solo. Já para as demais camadas estudadas: 0,1 a 0,2; 0,2 a 0,3 e 0,3 a 0,4 não houve diferença significativa para cada classe de agregados. Corroboram com o presente estudo.

Calonego e Rosolem (2008) após três anos de avaliação de seu estudo observaram que houve aumento no tamanho dos agregados em todos os tratamentos e nas duas camadas avaliadas, devido possivelmente ao ganho na quantidade de matéria orgânica. Enquanto que, Melo e Silva (1995) ao estudarem um solo com áreas de pastagens no Cerrado, o manejo

adotado promoveu alterações, tais como diminuição no conteúdo de matéria orgânica e diminuição do tamanho dos agregados.

Ao realizar um trabalho com diferentes sistemas de manejo e a intensidade dos fluxos e a dinâmica da matéria orgânica para o solo, Saltonet al. (2008) constataram que a utilização de sistema de rotação de culturas com cultivo de soja e *B. decumbens*, alternando o ciclo de dois anos de lavoura e dois anos de pastagem e sistemas contínuo de *B. decumbens* e *B. brizantha* apresentaram significativamente maior quantidade de agregados grandes (classe > 4,76 mm) com relação aos sistemas de: (1) pastagem permanente com *B. decumbens* consorciada com leguminosas; (2) lavoura de soja e aveia com preparo convencional; (3) lavoura de soja com plantio direto; (4) lavoura de soja em plantio direto em rotação com pastagem, sendo ciclos de um ano de lavoura e três anos de pastagem e (5) lavoura de soja em plantio direto em rotação com pastagem de *Panicum maximum* cv. Tanzânia em ciclos de quatro anos lavoura e quatro anos pastagem.

Silva e Mielniczuk (1997) atribuíram a maior formação e estabilização de agregados por gramíneas perenes, que tem alta densidade de raízes e periódicas renovações desse sistema radicular, como também à uniforme distribuição dos exsudatos no solo, que estimulam a atividade microbiana. Por outro lado, a prática de deixar o solo descoberto causa a degradação de sua estrutura, pelo impacto da gota de chuva, pela diminuição do teor de matéria orgânica e pelo intenso preparo do solo, aumentando os agregados de menor tamanho.

Em um Latossolo Vermelho cultivado com aveia preta observou maior estabilidade estrutural do que quando cultivado com tremoço azul, sendo essas plantas utilizadas para cobertura do solo para plantio de milho (CAMPOS et al., 1999). Os autores atribuíram esse comportamento ao sistema radicular da gramínea e à taxa de decomposição da leguminosa, criando ambiente favorável à agregação pela ação de raízes, cobertura do solo, fornecimento de material orgânico e conservação da umidade favorável à ação de microrganismos.

De acordo com o experimento realizado por Wohlenberget al.(2004), o solo que se manteve coberto apresentou maior teor de matéria orgânica, assim como maior percentagem de agregados na classe 8,00 a 4,76 mm. Por outro lado, nas parcelas de solo descoberto e preparado, houve aumento de agregados na classe entre 1 e 0,21 mm, possivelmente pelas práticas agrícolas realizadas que destruíram os agregados maiores. Portanto, as variações na percentagem de agregados maiores é uma dinâmica resultante da interação contínua e simultânea de fatores físicos, químicos e biológicos, e dependentes do tipo de sucessão de culturas.

Segundo Stone (2005) as diferenças provocadas nos atributos físicos do solo pelos sistemas de rotação de culturas estão relacionados com a sua capacidade em alterar o conteúdo de matéria orgânica do solo. Por sua vez, em seu experimento observou que a menor agregação da camada superficial do solo verificada na monocultura de arroz pode também estar relacionada ao sistema de preparo. Como as culturas de safrinha foram conduzidas em plantio direto, neste período a matéria orgânica do solo ficou menos exposta ao ataque dos microrganismos, pois, sem revolvimento, não há quebra das estruturas que a protegem fisicamente dos agentes decompositores (AMADO et al., 2001).

Fahadet al. (1982) encontraram decréscimo no tamanho dos agregados estáveis em água em solos decultivo contínuo com soja, quando comparados com o solo cultivado com soja após pousio, sorgo e milho. Segundo estes autores, as raízes da soja, como as de outras leguminosas, são ricas em nitrogênio, o que favorece a sua mais rápida decomposição em relação às raízes ricas em carbono, como as das gramíneas. Assim, as leguminosas são menos efetivas que as gramíneas na construção de uma estrutura estável do solo.

Segundo Eltzet al. (1989), a palhada oferece excelente proteção à superfície do solo, mantendo a umidade e principalmente a atividade microbiana, proporcionando agregados mais estáveis. Isso tem aplicações práticas importantes, por reduzir o processo erosivo do solo, diminuir o assoreamento de cursos d'água e a sua contaminação e, portanto, garantir maior conservação do solo e preservação do meio ambiente.

Wendling et al. (2005) concluíram, entre diferentes manejos, que o cultivo do solo reduz a estabilidade de agregados em água, quando comparado aos valores anteriores ao desmatamento e que o plantio direto aumenta os índices de agregação em relação ao preparo convencional, mas diminui em relação à mata nativa.

Osório Filho et al. (2002), em solo sob diferentes manejos, observaram que os ocupados por cultivo perene apresentaram maior diâmetro médio ponderado de agregados estáveis do que em solos com cultivos anuais, mas ainda menores que os encontrados em solos não cultivados e verificaram estar a agregação do solo diretamente relacionada à cobertura vegetal, visto que esta é a fonte de energia para a atividade microbiana, a qual tem efeito na estabilidade dos agregados.

Tolentino et al. (2005), em Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, em amostras coletadas nas profundidades 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm, em cultivo convencional e com diferentes culturas, verificaram que não houve diferenças quanto à estabilidade dos agregados

e que a matéria orgânica do solo apresentou boa correlação com agregados de diâmetro maior que 2 mm e com o DMP.

Stone e Silveira (2004) verificaram que o fato de não revolver a terra durante a exploração agrícola resultou em aumento da presença de agregados maiores que 2 mm de diâmetro.

## 5CONCLUSÕES

A utilização dos diferentes cultivos mostram-se adequadas em relação a distribuição de agregados, sendo eficiente o manejo do proprietário. O pouco revolvimento do solo pode ser o grande responsável por este resultado, como também o pastejo rotacionado implantado e seguido corretamente na propriedade, diminuiu a pressão exercida pelos animais com o pisoteio.

Tanto o plantio direto como o pastejo rotacionado favorecem o acréscimo de matéria orgânica do solo, um pela própria cobertura vegetal morta e a outra pelo acumulo de dejetos bovinos sobre o solo.

A mata nativa não sofreu ação antrópica mantendo seu ciclo biogeoquímico equilibrado pela natureza.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. I. **Qualidade física do solo em sistemas Agroflorestais**. 2008. 72p. Programa de pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. Viçosa – MG, 2008.
- AMADO, T. J. C. et. al. Potencial deculturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 189-197, jan./mar. 2001.
- ANDRADE, H.; SOUZA, J.J. Solos: origem, componentes e organização. Lavras-MG, ESAL/FAEPE (Apostila de curso de Especialização por Tutoria à Distância - Solos e Meio Ambiente - Módulo 1). s/d. 170p, 2001.
- ASSIS, R. L., LANÇAS, K. P. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo vermelho distroférico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Ribeirão Preto, v 29, p 515-522, 2005.
- BERTOL, I.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após as colheitas de milho e trigo, na presença e na ausência dos resíduos culturais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.409-418, 1997.
- BREWER, R. **Fabricand mineral analysis of soils**. New York, Robert Krieger, 1976. 173p.
- BRONICK, C.J.; LAL, R. Soil structure and management: A review. *Geoderma*, 124:3-22, 2005.
- 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**, Botucatu, p 1399-1407, 2008.
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo eo desenvolvimento das plantas**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, p 132, 1997.
- CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19 p.121-125, 1999.
- 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**, 22:527-538, 1998.

CENTURION, J.F. et. al. Influência do cultivo da cana-de-açúcar e da mineralogia da fração argilana nas propriedades físicas de Latossolos Vermelhos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31:199-209, 2007.

CINTRA, F.L.D. **Caracterização do impedimento mecânico em Latossolos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1980. 89p. (Tese de Mestrado).

CORA, J.E. et al., Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.1013-1021, 2004

COSTA, F.S; ALBUQUERQUE, J.A; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas de plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27: 527-535, 2003.

CURI, N. et al. **Vocabulário de ciência do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.90, 1993.

DADALTO, G.G.; COSTA, L.M. e MOURA FILHO, W. Alterações em características físicas de solos cultivados com pastagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36:317-329, 1989.

DEXTER, A.R. Advances in characterization of soil structure. **Soil Till. Res.**, v. 11, p.199-238, 1988.

DIAS FILHO, M.B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 2. Ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. p.173, 2005.

DIAS JÚNIOR, M. S, PIERCE, F. J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 20:175-182, 1996.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining soil quality for sustainable environment. Madison, Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, 1994. p.3-21.

EDWARDS, A. P.; BREMNER, J. M. Dispersion of soil particles by sonic vibration. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.18, n.1, p.47-63, Mar. 1967.

ELTZ, F.L.P., et. al. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 13: 259-257. 1989.

EMERSON, W.W. The structure of soil crumbs. **J. Soil Sci.**, 10:235-244, 1959.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro – RJ). **Manual de Métodos de Análise de Solos**/ Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2 ed. Ver. Atual. Rio de Janeiro, p 212, 1997.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos**. Ed. 2. ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006

FAHAD, A. A. et al., D. Soil physical properties as affected by soybean and other cropping sequences. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 46, n. 2, p. 377-381, Mar. 1982.

FERREIRA, J.C.V. **Mato Grosso e seus municípios**. Cuiabá: Secretaria de Estado de Educação/Ed. Buriti. 2001.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, p. 36-41, 2008.

FERNANDES, M.R. **Alterações em propriedades de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, fase cerrado, decorrentes da modalidade de uso e manejo**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1982. 65p. (Tese de Mestrado)

GENRO, J. et al., Atributos físicos de um Latossolo Vermelho e produtividade de culturas cultivadas em sucessão e rotação. **Ciência Rural**, v.39, p.65-73, 2009.

GREENLAND, D. J., et al. **Determination of the structural stability class of English and Welsh soils using a water coherence test**. *Journal of Soil Science*, 26, 294- 303, 1975.

GUERRA, A. J.T. **Erosão e Conservação dos solos**. 2.ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil LTDA, p 20, 2005.

HERNANI, L.C. e GUIMARÃES, J.B.R. **Efeitos de sistemas de preparo do solo e rotação de culturas em atributos físicos de um Latossolo Roxo.** In: Congressolatinoamericano de la ciencia del suelo, 14, 1999.

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

IMHOFF, S.; et al. Quantificação de pressões críticas para o crescimento das plantas. **Revista Brasileira Ciência Solo**, 2001, v.25 p.11-18.

ISLAM, K. R.; WEIL, R.R. **Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh.** Agriculture Ecosystems and Environment, 2000.79: 9 – 16.

KEMPER, W.D.; CHEPIL, W.S. **Size distribution of aggregates.** In: BLACK, C.A. (ed) Methods of soil analysis. American Society of Agronomy, 1965p. 449-510.

LACERDA et al., **Efeito de sistemas de manejo na estabilidade de agregados de um Nitossolo vermelho.** Engenharia. Agrícola, Jaboticabal,, 2005 v.25, n.3, p.686-695.

LANZANOVA, M. E. et al., Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2007.v.31 p.1131-1140.

LETEY, J. **Relationship between soil physical properties and crop productions.** Adv. Soil Sci., 1985.1:277-294.

LONGO, R. M. et al., Modificações na estabilidade de agregados no solo decorrentes da introdução de pastagens em áreas de cerrado e floresta amazônica. Campo Grande, PB, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 1999 v.3, n.3, p.276-280.

MAGUALHÃES, V. L; CUNHA, J. E. da. **Uso e degradação do solo no fundo de vale da Sanga Creoula.** Marechal Cândido Rondon- PR. Geografia.2007 v. 16, n. 2.

MARCHÃO, R. L. et al. **Qualidade física de um Latossolo vermelho sob sistemas de integração lavoura - pecuária no Cerrado.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2007. 42:873-882.

MELO, V.F.; SILVA, J.R.C. **Propriedades físicas de um Latossolo Amarelo álico, em áreas sob cultivo e vegetação natural de cerrado.** In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Anais...Viçosa, v.3, p. 1890-92, 1995

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A. e CAMARGO, F.A.O., eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo - ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre, Genesis, 1999. p.1-8.

MIELNICZUK, J.et. al.**Manejo de solo e culturas e sua relação com estoques de carbono e nitrogênio do solo**. In: CURI, N.et. al., ed. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3. p.209-248.

MORAES, W.V. **Comportamento de características e propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de cultivo**. Lavras: ESAL, 1984, 207 p. Dissertação Mestrado

NUNES, L. A. P. L. **Qualidade de um solo cultivado com café e sob mata secundária no município de Viçosa – MG**. 2003, 102p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Programa de Pós-graduação em Agronomia.– Universidade Federal de Viçosa.

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

OADES, J.M.; WATERS, S.G. Aggregate hierarchy in soils.*Aust. J. Soil Res.*, 29:815-828, 1991.

OLIVEIRA, M. Influencia do cultivo na agregação de um podzólico vermelho-amarelo textura média/argilosa.**Revista Brasileira de Ciência do Solo**.1983, 7:317-322.

OLIVEIRA, G. C. **Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo submetido a diferentes sistemas de manejo por 20 anos no cerrado**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2002. 78p. (Tese de Doutorado)

OLIVEIRA, G.C. et al. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, 200428:327-336.

OLSZEWSKI, N., et. al. Morfologia dos agregados do solo avaliada por meio de imagem. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, 28:290-909, 2004.

OSÓRIO FILHO, B.D. et. al. **Qualidade física do solo de microbacia hidrográfica no Planalto Médio-RS**.In: Reunião brasileira de manejo e conservação do solo e da água, 14., Cuiabá, 2002.

PALADINI, F. L. S.; MIELNICZUK, J. Distribuição de tamanho de agregados de um solo Podzólico Vermelho-Escuro afetado por sistema de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 1991.v.15, p.135-140.

PLOEY, J.; POESEN, J. Aggregate stability, runoff generation and interrill erosion. In: **Geomorphology and Soil**. Ed: K.S Richards, R.R. Arnett e S. Ellis, 99 – 120, 1985.

RANDO, E.M. **Alterações nas características e propriedades físicas de um Latossolo Roxo distrófico, ocasionadas pelo cultivo convencional**. Lavras: Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1981. 161p. Tese Mestrado

REINERT, D.J; REICHERT, J.M. Propriedades física do solos. Santa Maria: Universidade Federal Santa Maria, 2006.180p.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista Ciência & Ambiente**, v.27, p.29-48, 2003.

ROSA FILHO, G. et al. Variabilidade da produtividade da soja em função de atributos físicos de um latossolo vermelho distroférrico sob plantio direto **Revista Brasileira de Ciência do Solo** Viçosa, 2009, v.33 n.2.

SALTON et al. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. . **Revista Brasileira de Ciência do solo**, 2008 v 32, p 11-21.

SARMENTO, P. et.al. Atributos químicos e físicos de um Argissolo cultivado com *Panicum maximum* Jacq.cv. IPR-86 Milênio, sob lotação rotacionada e adubo com nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, 2008, v. 32, p183-193.

SILVA, A. P.; KAY, B. D.; PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range of soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, 1994 v. 58, p. 1775-1781.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de planta na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, 1997, 21:113-117.

SILVA, G. da. **Métodos auxiliares para diagnóstico da necessidade de subsolagem de solos agrícolas**. 2002. 137 f. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002

SIX, J.; et al. **A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics.** Soil Till. Res., 2000, 79:7-31.

SOUZA, Z. M. et al. Variabilidade espacial de atributos físicos em um latossolo vermelho distrófico sob semeadura direta em selvíria. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 2000, vol. 25.

STONE, F. L. **Influência de sistemas de rotação de culturas nos atributos físicos do solo.** Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás. 2005, 15p, 21 ed.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. **Atributos físico-hídricos de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes preparos e rotações de cultura.** In: Congresso brasileiro de engenharia agrícola, 2004, 33, São Pedro.

STRECK, C.A.; et al. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. **Ciência Rural**, 2004, 34:755-760.

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, 1982, v.33, p.141-163.

TOLENTINO, E.R.S. et. al., **Estabilidade de Agregados de um Latossolo Vermelho Distrófico sob diferentes plantas de cobertura do Solo.** In: congresso de pesquisa, ensino e extensão da universidade federal de goiânia, 2005, 13.

VEZZANI, F.M. Qualidade do sistema solo na produção agrícola. 2001, 184p. Tese de Doutorado, Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

WENDLING, B. et. al., **Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 2005, v 40, n. 5, p. 487-494.

WOHLENBERG, E V. et al. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2004, 28: 891-900.