

---

## RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO E ESTABILIDADE DE AGREGADOS SOB SOLOS DE MATA NATIVA DO CERRADO, PLANTIO CONVENCIONAL E PASTAGEM

Karoline Nascimento Siqueira<sup>1\*</sup>, Rafael Fernandes dos Santos<sup>1</sup>, Júlia Machado Santos<sup>1</sup>, Jean Henrique dos Santos<sup>1</sup>, Quezia Cavalcante de Oliveira<sup>1</sup>, Andreza Caroline Andrade Ferreira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Florestal na Universidade Federal de Goiás – UFG.\*karolflorestal@gmail.com

Recebido em: 02/10/2017 – Aprovado em 27/11/2017 – Publicado em: 06/12/2017  
DOI: 10.18677/TreeDimensional\_2017B5

---

### RESUMO

A resistência do solo à penetração juntamente com a estabilidade de agregados são atributos físicos que influenciam diretamente o crescimento e desenvolvimento radicular das plantas. O efeito do impedimento mecânico sobre o desenvolvimento radicular é dependente das características pedológicas e das práticas de manejo a que o solo é submetido. O tamanho dos agregados do solo e o estado de agregação podem ser influenciados por diferentes processos de manejo e práticas culturais. Vários atributos físicos têm sido utilizados para avaliar a qualidade do solo, dentre os quais, destacam-se a avaliação de resistência mecânica do solo à penetração e a estabilidade de agregados. A avaliação da qualidade física do solo, foi realizada sob diferentes sistemas - Área de plantio convencional, Pastagem e Mata Nativa, localizados na área que compreende a Escola de Agronomia (EA) e a Escola de Veterinária e Zootecnia (EVZ) da Universidade Federal de Goiás, Campus II. A área com maior resistência à penetração foi verificada no sistema de pastagem, seguido pelo sistema de Mata Nativa e o sistema de Plantio Convencional, tendo apresentado esse último, a área com menor resistência. Na análise de estabilidade de agregados, nas condições impostas pelo trabalho possibilitaram observar que não ocorreram diferenças significativas entre ambos os ecossistemas estudados, para o diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados. Na condição de Mata nativa, revelou, de maneira geral, maior DMP e melhor estruturação.

**PALAVRAS- CHAVE:** Classes de agregados, densidade, faixa de compactação.

### THE PENETRATION RESISTANCE AND AGGREGATES OF STABILITY UNDER THE NATIVE FOREST SOIL CLOSED, PLANTING CONVENTIONAL AND PASTURES ABSTRACT

The soil penetration resistance along with aggregate stability are physical attributes that directly influence the growth and root growth. The effect of mechanical impediment on root development is dependent on soil characteristics and management practices to which the soil is subjected. The size of soil aggregates and the state of aggregation can be influenced by different management processes and

cultural practices. Various physical attributes have been used to assess soil quality, among which stand out the assessment of soil mechanical resistance to penetration and aggregate stability. The valuation of soil physical quality, was carried out under different systems - conventional tillage area, Grasslands and native forest, located in the area comprising the School of Agronomy (EA) and the School of Veterinary and Animal Science (EVZ), Federal University of Goiás, Campus II. The area with the highest penetration resistance was observed in the pasture system, followed by natural forest system and the conventional planting system, presenting the latter, the area of least resistance. In aggregate stability analysis under the conditions imposed by the work made it possible to note that there were no significant differences between the two studied ecosystems, the DMP aggregate. The native forest condition, revealed, in general, most DMP and better structuring.

**KEYWORDS:** range compression, density, aggregate classes

## INTRODUÇÃO

O uso sustentável dos recursos naturais, especialmente do solo e da água, tem ganhado merecida atenção nas últimas décadas, principalmente diante a crescente incorporação de ecossistemas naturais aos sistemas produtivos. Isso porque, os sistemas de uso e manejo dos solos podem influenciar a sustentabilidade e a produtividade dos ecossistemas por meio da degradação de propriedades físico-químicas do solo (PAGLIA et al., 2004).

À medida que o solo vai sendo submetido ao uso agrícola, as propriedades físicas sofrem alterações, geralmente desfavoráveis ao desenvolvimento vegetal (SPERA, 2004). Essas alterações provocadas pela substituição da vegetação nativa por sistemas de pastagens ocasionam a degradação, que se manifesta na perda de fertilidade e na compactação do solo (CARDOSO et al., 2010).

A resistência do solo à penetração é uma das propriedades físicas relacionadas diretamente com o crescimento das plantas e modificados pelos sistemas de preparo do solo. Valores excessivos de resistência do solo à penetração podem influenciar o crescimento das raízes em comprimento e diâmetro (MEROTTO & MUNDSTOCK, 1999) e na direção preferencial do crescimento radicular. Desta forma, a resistência do solo à penetração é fundamental para a avaliação dos efeitos dos sistemas de preparo no ambiente físico do solo para o crescimento das plantas.

Segundo WHITELEY et al. (1981), para analisar a resistência de um solo à penetração é recomendado que se utilize um equipamento denominado penetrômetro. O uso do penetrômetro é uma maneira rápida e fácil de medir a resistência à penetração a várias profundidades, e o aparelho é muito utilizado para relacionar fatores de resistência do solo à elongação radicular.

Outra importante propriedade física do solo é a estabilidade de agregados, afetada principalmente pela matéria orgânica, decorrente da aproximação e a cimentação das partículas do solo que ocorrem por meio de mecanismos físicos, químicos e biológicos (SILVA et al., 2005; SANTANA et al., 2016). E que ocasionalmente influencia outras propriedades tais como a porosidade, a infiltração, a retenção de água no solo e a densidade. E que podem ser utilizadas como parâmetros para avaliar a relação entre o manejo e a qualidade do solo (LIMA, 2007). Isso porque a agregação das partículas está diretamente ligada com a estrutura do solo (COUTINHO, 2010). Solos com boa estrutura devem apresentar adequados valores de porosidade, aeração, armazenamento e dinâmica da água e crescimento das raízes das plantas, entre outros aspectos (FERREIRA, 2010).

O processo de agregação envolve um conjunto de elementos como argila, ferro, alumínio e matéria orgânica, que atuam como agentes cimentantes unindo as partículas do solo (CORRÊA, 2009). Os agregados estáveis em água reconstituem a porosidade do solo influenciando no processo de infiltração e a resistência à erosão. Mas os agregados não estáveis podem desaparecer ao mínimo impacto causado pelas gotas de chuva. Assim, a estabilidade dos agregados pode ser definida como uma força resistente a uma ação mecânica apta a degradar a estrutura do solo bem como, a capacidade do solo de resistir às forças compactantes (SILVA, 2006).

Este trabalho teve como objetivo utilizar métodos de resistência à penetração e estabilidade dos agregados do solo para avaliar os parâmetros físicos do solo em área de floresta, plantio convencional e área de pastagem.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Localização da área

Os diferentes sistemas estudados neste experimento estão localizados na área que compreende a Escola de Agronomia (EA) e a Escola de Veterinária e Zootecnia (EVZ) da Universidade Federal de Goiás, Campus II (Samambaia), Goiânia – Goiás. A localização da área estudada está ilustrada na Figura 1.

De acordo com Köppen (1923), o clima da região é predominantemente tropical, com a divisão marcante de duas estações bem definidas durante o ano: verão úmido, nos meses de dezembro a março, e inverno seco, predominante no período de junho a agosto. De acordo com o Sistema de Meteorologia e Hidrologia da Secretaria de Ciência e Tecnologia (SIMEHGO/SECTEC), a temperatura média varia entre 18°C e 26°C, com amplitude térmica significativa, variando segundo o regime dominante no Planalto Central. A média de chuvas anual fica em torno de 1.300 a 1.700 mm. Grande parte da chuva concentra-se nos meses de outubro a março (nas estações da primavera e verão). Entre maio e setembro ocorre a estação seca, período em que as chuvas são raras, podendo ocorrer estiagem. Entre os meses de julho a agosto a umidade relativa do ar cai muito (tempo seco), podendo ficar entre 15% e 30%.



**Figura 1** – Imagem de satélite da Escola de Agronomia (EA) e Escola de Veterinária e Zootecnia (EVZ)

## **Sistemas Estudados**

### **Mata Nativa**

O sistema de Mata Nativa situado na EVZ está localizado aproximadamente nas coordenadas 16°36'10.49"S – latitude Sul e 49°16'25.86"O, longitude Oeste. Segundo SIQUEIRA et al. (2016), a vegetação da área é caracterizada por ser do tipo Floresta estacional semidecidual (Mata semicaducifólia), se tratando de um remanescente de mata preservado na Universidade Federal de Goiás.

### **Pastagem**

O sistema de pastagem, também situado na EVZ está localizado aproximadamente nas coordenadas 16°36'8.03"S – latitude Sul 49°16'25.86"O – longitude Oeste. Atualmente é caracterizado por possuir como cobertura vegetal predominante a braquiária (*Urochloa* sp.) e presença de bovinos.

### **Plantio Convencional**

O sistema de Plantio Convencional está situado na Escola de Agronomia (EA) aproximadamente nas coordenadas 16°35'48.07"S – latitude Sul e 49°16'39.84"O – longitude Oeste. Atualmente a área não apresenta nenhuma cultura sendo cultivada, tendo, anteriormente, sido utilizada para cultivo de soja.

### **Determinações da Resistência à penetração**

Para realização dessas avaliações foi utilizado um Penetrômetro de Impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf, descrito em STOLF et al. (1983) e STOLF e FAGANELLO (1983).

### **Experimento**

As RPs foram determinadas em solos dos sistemas (Mata Nativa, Pastagem, Plantio Convencional) totalizando 3 pontos ensaiados. Em cada área, foi realizado a análise de Resistência à Penetração do solo até a profundidade de 70 cm, e 3 repetições.

O princípio de utilização do penetrômetro é baseado na resistência do solo à penetração de uma haste, após o recebimento de um impacto provocado pelo deslocamento vertical de um bloco de ferro colocado na parte superior da haste, por uma distância de 40cm. Quando o aparelho atinge zonas compactadas, o número de impactos necessários para a penetração da haste é maior, indicando as zonas de compactação.

As especificações do penetrômetro utilizado são: massa que produz o impacto (M): 4 kg; massa do sistema sem considerar M (m): 3.5 kg; altura de queda de M (h): 40 cm; diâmetro máximo da seção transversal da ponteira cônica (d): 1,1 cm. Neste procedimento, a penetração por impacto foi lida na haste graduada do penetrômetro e os resultados foram fornecidos em impactos/dm, que foram convertidos em MPa.

Após coletado dos dados, estes foram submetidos aos cálculos de resistência mecânica e com base nos resultados obtidos, classificou-se a resistência à penetração sob diferentes sistemas segundo o USDA (1993) e elaborou-se gráficos aproximados, considerando 2 Mpa para faixa compactada.

Cálculos desenvolvidos:

$$P = D$$
$$R \text{ (impactos/dm)} = (I \div P) \times 10$$
$$R \text{ (kgf.cm}^{-2}\text{)} = 5,6 + 6,9 \times R \text{ (impactos/dm)}$$

Onde,

P = Penetração do Solo;

D = Diferença da leitura da haste em cm;

R = Impactos/dm;

I = Número de impactos;

Os dados de resistência do solo à penetração, obtidos em kgf cm<sup>-2</sup>, foram multiplicados pela constante 0,0980665, para transformação em unidade Mpa, conforme Arshad et al. (1996).

$$R(\text{Mpa}) = 0,0980665 \times R(\text{kgf.cm}^{-2})$$

A USDA considera o limite de 2 Mpa como forte restrição ao crescimento radicular para muitas culturas anuais. Sendo um critério para restrição física ao crescimento radicular. Segundo a USDA (1993), a resistência do solo à penetração pode ser classificada em classes, como pode ser observada na tabela 1.

**Tabela 1** - Classificação das classes de solo quanto à resistência à penetração/Mpa.

<b>CLASSES</b>	<b>RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO Mpa</b>
Pequena	<0,1
Extremamente pequena	<0,01
Intermediária	0,01-0,1
Baixa	0,1-1
Moderada	1 -2
Grande	>2
Alta	02 – 4
Muito alta	04 – 8
Extremamente alta	>/=8

Fonte: USDA (1993)

## **Análise de Estabilidade de Agregados**

### **Procedimento inicial**

Foram coletadas ao acaso, nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, amostras de solo indeformadas (forma de blocos), em três pontos de cada área selecionada (Mata Nativa, Pastagem, Plantio Convencional). Foram abertas três trincheiras por área, retirando-se uma amostra por camada de cada trincheira. As amostras foram retiradas com o auxílio de uma pá de corte e um enxadão, sem

destruição dos torrões, que foram acondicionados em sacos de plástico e, posteriormente, secados ao ar, para atingir a friabilidade necessária.

No preparo das amostras, os torrões foram desmanchados manualmente, tomando-se cuidado para não destruir os agregados, foram tamisados em peneiras de 4 mm e 2 mm, para excluir das amostras as extremidades dos monólitos, como os fragmentos de plantas, e outros resíduos não componentes do solo, colocadas para secar ao ar por uma semana, e peneiradas em malha de 4 mm e de 2 mm, respectivamente, para as análises de estabilidade de agregados. Os agregados retidos na menor peneira foram selecionados para a análise laboratorial via úmida.

### **Procedimento para análise da estabilidade de agregados via úmida**

Para a determinação da distribuição das classes de agregados, foi utilizado o tamisamento via úmida, com o aparelho preconizado por Yooder (1936), que foi calibrado para funcionar durante 15 minutos, com 38 oscilações por minutos, num intervalo espacial de 3,5 cm de amplitude entre o ponto máximo e mínimo. Para cada amostra coletada do campo, foram feitas quatro repetições no laboratório.

A umidade residual foi determinada utilizando-se uma amostra adicional, sendo submetida a 24 horas na estufa, e quando retirada foi pesada. Cada amostra foi colocada em placas de Petri e umedecida, lentamente, com água destilada, com auxílio de papel filtro, durante 10 min. Depois de 10 minutos do umedecimento, as amostras foram transferidas para o aparelho Yooder, adaptado com peneiras de malhas de 2,0; 1,0; 0,5; 0,25 e 0,105 mm de abertura.

Após o término das oscilações, o material retido em cada peneira foi retirado, separadamente, com o auxílio de jato d'água, colocado em latas de alumínio previamente pesadas e identificadas, e levado à estufa até peso constante, onde foram secadas a 105°C, durante 24 horas. Posteriormente, realizou-se a pesagem do material.

### **Cálculo do Diâmetro Médio Ponderado**

Para obter o diâmetro médio ponderado (DMP) foi utilizado a seguinte equação, segundo CASTRO FILHO (1998):

$$DMP = \sum_{i=1}^n (x_i w_i)$$

em que,

DMP - diâmetro médio ponderado/ mm;

$x_i$  - diâmetro médio das classes/ mm e

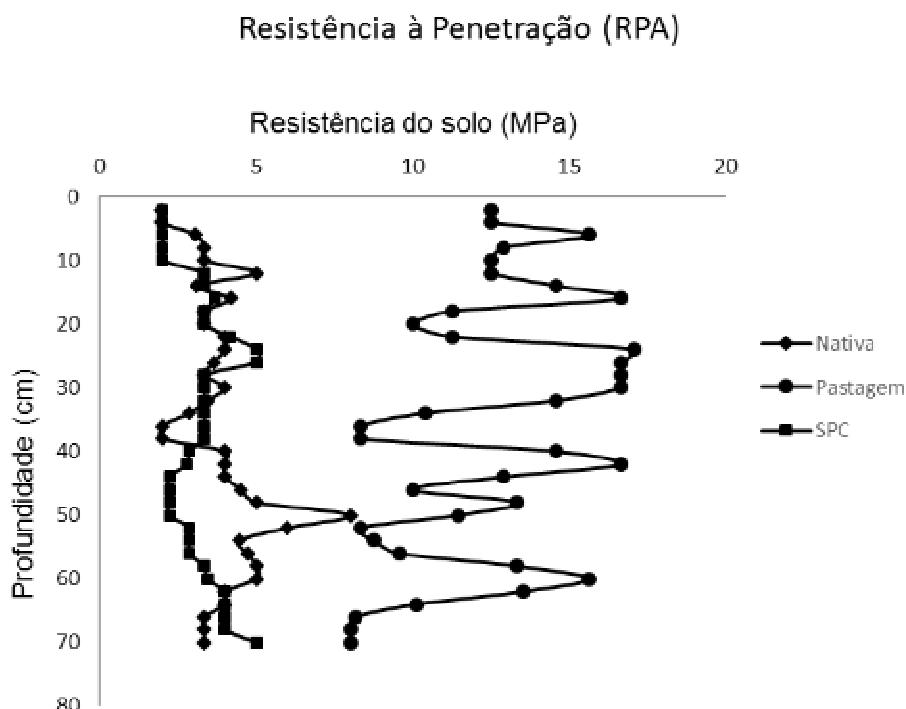
$w_i$  - proporção de cada classe em relação ao total

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Resistência à Penetração (RP)**

A resistência do solo à penetração (RP) é um importante atributo indicador da qualidade física do solo, que apresenta relação direta com a densidade do solo (BLAINSKI et al., 2008). A RP integra os efeitos da densidade e da umidade nas

condições físicas do solo necessárias para o crescimento das raízes. Os valores médios da RP nos sistemas avaliados podem ser verificados na Figura 5.



**Figura 5** - Avaliação de Resistência à Penetração (RP) nos sistemas de Mata Nativa, Pastagem e Plantio Convencional (SPC).

A resistência do solo à penetração (RP) mostrou valores médios significativamente menores para Sistema de Plantio Convencional (PC) e para Sistema de Mata Nativa (MN) e maiores para Sistema de Pastagem (SP). À profundidade de 0,10 cm, os valores médios de RP foram menores para PC, intermediários para MN e maiores para SP. À profundidade de 0,20 cm, os valores médios de RP foram menores e iguais para SPC e MN e maiores para SP. À profundidade de 0,40 cm, os valores médios de RP voltaram a ser menores no SPC, intermediários em MN e maiores no SP (Figura 1).

Os maiores valores de RP foram observados no Sistema de pastagem (SP). Os valores de RP (MPa) obtidos estão muito acima do limite crítico para causar prejuízos ao desenvolvimento do sistema radicular, apontado como 2 MPa pela USDA (1993). Os maiores valores de RP podem ocasionar um efeito de impedimento mecânico sobre o desenvolvimento radicular, este impedimento está relacionado com as características pedológicas e das práticas de manejo a que o solo é submetido.

Conforme a resistência à penetração do solo aumenta, o sistema radicular das plantas pode ser reduzido, afetando a busca do vegetal por água e nutrientes no solo, bem como o desenvolvimento, estabilidade e fixação desta no perfil. De certa forma, existe uma relação entre resistência à penetração e densidade solo. Esta relação é afetada principalmente pela textura e teor de umidade do solo. Com o aumento da densidade ocorre diminuição do volume de poros, contribuindo para baixas produtividades da área cultivada. De acordo com Cardoso et al. (2010), esses resultados provavelmente estão associados à maior pressão mecânica sobre o solo, exercida pelo pisoteio dos animais, como também pela redução no teor de matéria orgânica nas áreas de pastagens.

Observando o gráfico, no sistema de pastagem é possível constatar que houve maior resistência a penetração na faixa mais superficial, entre 0 e 20 cm, que segundo Lanzasova et al. (2008), ocorre um encrostamento superficial devido ao pisoteio dos animais no pasto. Os valores mais elevados da resistência mecânica à penetração ao longo do perfil do solo, observados na área de pastagem, podem também ser devidos à tendência de degradação da estrutura ao longo do perfil do solo provocado pelo uso intensivo da mecanização agrícola adotada no sistema convencional, causando a compactação do solo. Resultados semelhantes foram relatados na literatura por (PORTUGAL et al., 2008; ARATANI et al., 2009; CARDOSO et al., 2010).

Esta maior resistência à penetração observada no SP pode, também, estar relacionada aos ciclos de umedecimento e secagem do solo que promovem o rearranjo das partículas (CONTE et al., 2011). A redução de macroporos, juntamente com o sistema radicular denso da vegetação rasteira presente na área, preenche grande proporção desses macroporos, o que também podem contribuir com o aumento da rigidez deste sistema (PEDROTTI et al., 2001; CARNEIRO et al., 2009), além disso, a baixa umidade do solo no momento da avaliação e uma considerável quantidade de pedras pequenas e médias (variando de 2 cm a 7 cm) em todos os pontos de análise também podem ter influenciado positivamente nos valores de RP.

Comparando os valores de RP nos diversos sistemas, constatou-se que a área da Mata Nativa apresentou valores de RP acima do limite considerado crítico ao desenvolvimento das raízes (2 Mpa), em todo o perfil analisado, diferindo do observado por Canarache (1990) e Magalhães (2009). Apesar dos valores de RP não tão comuns, estes se mostraram compreendidos entre 2 e 4 MPA. A condição de menor resistência à penetração na camada mais superficial do solo em que existe mata nativa tem relação com a baixa alteração antrópica sobre a área, devido à existência de matéria orgânica, e a proteção do solo pela copa das árvores.

Entre 45 - 55 cm os valores de resistência mostram-se significativamente maiores nesta área sendo justificado pela grande presença de raízes e pelo crescimento destas que aproximam as partículas do solo. Stefanoski et. al. (2013) e Ferreira et al. (2014), estudando a resistência à penetração em solo sob sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, pasto convencional e mata nativa do cerrado também observaram que em 35 cm e 70 cm os valores de resistência mostram-se significativamente maiores na área sob mata nativa, sendo isso justificado pela presença de raízes. Durante a coleta de dados foi observado à presença de pegadas de bovinos na área devido a sua proximidade com uma área de pastagem o que também pode estar relacionado a este fato. Nas camadas mais profundas (entre 60 e 70 cm) o sistema apresentou menor resistência à penetração.

O Sistema de Plantio Convencional, em comparação com os demais, apresentou os menores valores de RP. Quando comparado com o Sistema de Mata Nativa, isto é pouco esperado visto que, em um PC é comum o tráfego de maquinário pesado, mas como discutido anteriormente, os valores de RP observados no MN são justificados pela grande presença de raízes. Já em comparação com o SP, este resultado também foi observado por Blainski et al. (2008). Na camada mais superficial (0 – 10cm) a RP foi menor (2 Mpa), isto porque, os sistemas de preparo do solo promovem modificações nas propriedades físicas como a agregação do solo, a densidade e a porosidade do solo (DE MARIA et al., 1999), assim, o preparo na camada superficial pode ter influenciado para essa menor RP superficial. Entre 10 – 40 cm, no entanto, maiores valores de RP foram observados, provavelmente foram causados pelo acúmulo de pressões provocadas pelo tráfego de maquinário



agrícola, impacto das gotas de chuva, ou pela não descompactação de camadas mais profundas.

De modo geral, em todos os tratamentos a RP aumenta à medida que a profundidade cresce. Provavelmente isso pode ser explicado pelo adensamento do solo nas camadas mais profundas, além da diminuição na concentração de matéria orgânica. Em seu estudo, FERREIRA et al. (2014) também observa esta tendência de resistência à penetração ao longo do perfil.

### Estabilidade de Agregados

A formação e a estabilização dos agregados do solo ocorrem mediante a atuação de processos físicos, químicos e biológicos que, por sua vez, atuam por mecanismos próprios, nos quais são envolvidas substâncias que agem na agregação e na estabilização (SRIVASTAVA et al., 2015; WU et al., 2016). Assim, o efeito do uso do solo foi analisado quanto à estabilidade de agregados e expresso pelo diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP).

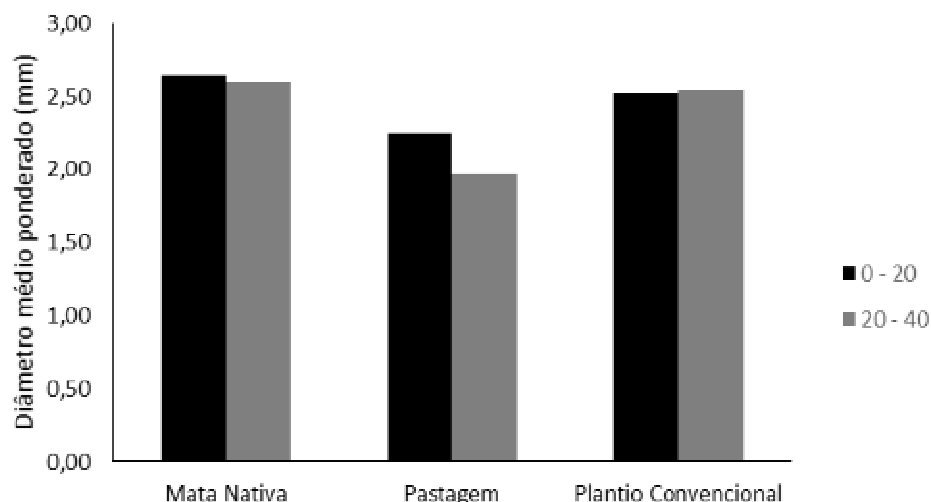
Os dados referentes ao diâmetro médio ponderado dos agregados obtidos por via úmida (DMP) para os sistemas e profundidades analisadas, encontram-se na tabela 2. Apesar de as amostras serem provenientes de tipos de usos diferentes em cada solo e, conseqüentemente, com agregação natural distinta, os valores de DMPAs foram relativamente altos, com pouca variação entre os sistemas, como também para as profundidades analisadas. As maiores variações ocorreram nos valores de DMP do sistema de Pastagem, como pode ser observado na Tabela 2.

**Tabela 2** - Distribuição do diâmetro médio ponderado de agregados para os solos, tratamentos e profundidades estudados, obtida por via úmida (DMP).

PROFUNDIDADE (cm)	DMP (mm)		
	Mata Nativa	Pastagem	PC
0 -20	2,64	2,25	2,52
0-40	2,60	1,97	2,54

Legenda: PC=Plantio convencional

A Figura abaixo apresenta graficamente a distribuição do Diâmetro Médio Ponderado dos agregados.



**Figura 6** - Distribuição do Diâmetro Médio Ponderado (PMD) nos sistemas de Mata Nativa, Pastagem e Plantio Convencional (SPC).

Comparando-se os sistemas estudados, verifica-se que não foram observadas diferenças significativas para o DMP entre as áreas amostradas. Entretanto, os resultados obtidos indicam tendência de maiores valores para o MN e menores para o SP, para todas as camadas. Para o sistema de MN, observaram-se altos valores de DMP ao longo de 0,0-0,4m. A maior agregação foi relacionada ao maior acúmulo de matéria orgânica proporcionada por esse sistema em relação aos demais.

A cobertura morta aumentou o percentual de agregados estáveis em água devido à sua proteção contra os impactos das gotas de chuva, bem como ao ressecamento rápido do solo, servindo também como cimentante de partículas minerais, compondo a estrutura de agregados estáveis (LONGO et al., 1999). Além disso, a grande concentração de raízes tem influência positiva na estabilidade dos agregados deste sistema. Bronick e Lal (2005), em trabalho de revisão, apontaram importantes efeitos das raízes, com especial destaque para a rizosfera, na formação e na estabilidade dos agregados.

Para o sistema de Pastagem, observou-se que, na camada de 0 a 0,2 m, o DMP foi 0,27 vez maior que o da camada de 0,2-0,4 m, resultado que pode ser atribuído à ocorrência de compactação subsuperficial, causada pelo pisoteio de animais. Resultados semelhantes foram obtidos por Melo e Silva (1995) que, ao compararem áreas de cerrado com áreas de pastagem, observaram diminuição no tamanho dos agregados estáveis em água.

Para o PC, observou-se que, um DMP constante entre 0,0-0,4 m, porém este foi menor em comparação com o MN, resultado que pode ser atribuído à ocorrência de compactação, causada pelos implementos agrícolas utilizados durante manejo do solo neste sistema, comportamento semelhante ao observado por Silva e Mielniczuk (1997).

Os dados apresentados mostram que o Sistema de Mata Nativa apresentou maior Diâmetro Médio ponderado (DMP), apresentando assim, maior diâmetro de agregados e estabilidade de agregados, em comparação com os demais sistemas estudados. Resultado similar foi observado por Moraes et al. (2002) quando este avaliou a estabilidade de agregados em Mata nativa, plantio convencional e plantio direto.

## CONCLUSÃO

Os sistemas de manejo estudados exibem diferença entre si para a variável resistência à penetração. A área com maior resistência à penetração foi verificada no sistema de pastagem, seguido pelo sistema de Mata Nativa e o sistema de Plantio Convencional, tendo apresentado esse último, a área com menor resistência.

Os níveis de RP estão intrinsecamente ligados com o manejo do solo, densidade, umidade e no caso deste estudo, com a presença de raízes das espécies estabelecidas na área. Algo pouco esperado foi a maior RP observada no sistema de Mata Nativa (SMN), porém isso é justificado pela concentração de raízes na área.

Na análise de estabilidade de agregados, os dados obtidos com as análises de solo, nas condições impostas pelo trabalho e o delineamento experimental adotado, possibilitaram observar que não ocorreram diferenças significativas entre ambos os ecossistemas estudados, para o DMP dos agregados.

Na condição de Mata nativa, o solo tende a revelar, de maneira geral, melhor estruturação, ligada aos maiores teores de matéria orgânica decorrente, provavelmente, de uma conjunção de fatores que consideram diferenças na

quantidade e na qualidade do material orgânico incorporado ao solo, bem como as condições fitoclimáticas existentes, que favorecem o desenvolvimento vegetativo.

## REFERÊNCIAS

ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N. Influenciada 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**, Viçosa, v. 24, p. 857-865, 2000. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v24n4/17.pdf>>

ARATANI, R.G.; FREDDI, O.S.; CENTURION, J.F. & ANDRIOLI, I. Qualidade física de um Latossolo Vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 677-687, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000500023>.

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, R. Physical Test for Monitoring Soil Quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Ed.). Methods for assessing soil quality. Madison: Soil Science Society of America, v. 33, p. 123-141, 1996. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000300020> >.

BLAINSKI, E.; TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J.; GUIMARÃES, R. M. L. Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 975-983, 2008. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n3/a07v32n3>>

BRONICK, C.J. & LAL, R. Soil structure and management: A review. **Geoderma**, v. 124, p. 3-22, 2005. Disponível em:< [http://tinread.usarb.md:8888/tinread/fulltext/lal/soil\\_structure.pdf](http://tinread.usarb.md:8888/tinread/fulltext/lal/soil_structure.pdf)>.

CANARACHE, A. Penetrometer: a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. **Soil Tillage Research**, v. 16, p. 51-70, 1990. Disponível em:<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000116&pid=S0100-6916200900040000600008&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000116&pid=S0100-6916200900040000600008&lng=en)>

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; FREITAS, D. A. F. Resistência do Solo à Penetração Sob Vegetação Nativa e Pastagem Cultivada no Pantanal Sul-Mato-Grossense. 5º Simpósio sobre Recursos Naturais e sócios econômicos do Pantanal, 9 a 12 de novembro de 2010 – Corumbá – MS. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/25088/1/sp17291.pdf>>

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. 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. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000100008>>

CONTE, O.; FLORES, J. P. C.; CASSOL, L. C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; LEVIEN, R.; WESP, C. L. Evolução de atributos físicos de solo em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1301-1309, out. 2011.

CORRÊA, J. C.; BULL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C.; MORAES, M. H. Alteração de atributos físicos em Latossolo com aplicação superficial de escória de aciaria, lama cal, lodos de esgoto e calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 2, p. 263- 272, 2009. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000200004>>.

COUTINHO, F. S.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; RODRIGUES JÚNIOR, D. J.; TORRES, J. L. R. Estabilidade de agregados e distribuição do carbono em Latossolo sob sistema plantio direto em Uberaba, Minas Gerais. **Comunicata Scientiae**, v.1, n. 10 p.100-105, 2010. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000022> >.

DE MARIA, I.;CASTRO, O.M.; DIAS, H.S. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em latossolo roxo sob diferentes métodos de preparo do solo.**Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 4, p. 703- 709, 1999. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662008000400008>>.

FERREIRA, E. M.; SANTANA, A. V.; CALIL, F.N.; TSAI, H. M.; COSTA, L. F. S. Resistência à penetração em solo sob sistema de Integração lavoura-pecuária-florestal, pasto convencional e mata nativa do Cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 2675-2680, 2014. Disponível em: <DOI: [http://dx.doi.org/10.18677/Enciclopedia\\_Biosfera\\_2015\\_255](http://dx.doi.org/10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2015_255)> .

KÖPPEN, W. **Die klimate der Erde**. Berlin: W. Guyter, p. 339, 1923. Disponível em:< <http://www.worldcat.org/title/klimate-der-erde-grundriss-der-klimakunde/oclc/715762783>>

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. 32,p. 1805-1816, 2008. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000129&pid=S0100-0683201300060002600022&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000129&pid=S0100-0683201300060002600022&lng=en) >

Lima, H. V.; Oliveira, T. S.; Oliveira, M. M.; Mendonça, E. S.; Ferreira Lima, P. J. B. Indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional no semi-árido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n. 5, p.1085-1098 2007. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000500024>>. doi: 10.1590/S0100-06832007000500024

LONGO, R.M.; ESPÍNDOLA, C.R.; RIBEIRO, A.I. Modificações na estabilidade de agregados no solo decorrentes da introdução de pastagens em áreas de cerrado e floresta amazônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.3, p.276-280, 1999 Disponível em:< <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v3n3p276-280> >.

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.

Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&pid=S1415-4366199900030027600017&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S1415-4366199900030027600017&lng=en)>

MEROTTO, A.; MUNDSTOCK, C.M. Wheat root growth as affected by soil strength. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 2, p. 197-202, 1999. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06831999000200002>>

MORAES, M.H.; GOMAR, E.P.; BENEZ, S.H.; BARILLI, J. Effects of long-term management systems on soil quality. In: INTERNATIONAL SOIL CONSERVATION ORGANIZATION CONFERENCE, 12., 2002, Beijing. Proceedings Beijing: Tsinghua University Press, v. 2, p.187-92, 2002. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000109&pid=S0100-6916200500030001400010&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000109&pid=S0100-6916200500030001400010&lng=en)>

PAGLIAI, M.; VIGNOZZI, N. & PELLEGRINI, S. Soil structure and the effect of management practices. *Soil Tillage Res.*, p. 131-143, 2004. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198704001394> <doi:10.1016/j.still.2004.07.002>.

PEDROTTI, A.; PAULETTO, E.A.; CRESTANA, S.; FERREIRA, M.M.; DIAS JUNIOR, M.S.; GOMES, A.S. & TURATTI, A.L. Resistência mecânica à penetração de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 521-529, 2001. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v25n3/01.pdf>>

PORTUGAL, A. F.; COSTA, O. D. A.; COSTA, L. M.; SANTOS, B. C. M. Atributos químicos e físicos de um Cambissolo Háplico Tb distrófico sob diferentes usos na Zona da Mata mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 249-258, 2008. < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832014000400022>>

SANT'ANA, G. R. S.; SANT'ANA, C. E. R.; NETO-SILVA, C. M.; GONÇALVES, B. B.; SANT'ANA, L. R.; MONTEIRO, M. M.; RIBEIRO, A. C. C.; GONÇALVES, R. A.; CASTRO, S. S. Microbiological features of dystroferric and dystrophic red oxisols under sugar cane crops subject to different management procedures. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 11, p. 941-950, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5897/AJAR2015.10001>

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, 2013. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013001200008>>.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, n. 2, p. 311-317, 1998. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06831998000200017>>

SILVA, M. A. S.; MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; MIELNICZUKI, J. Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3,

p. 544- 552, 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782005000300009>> doi: 10.1590/S0103-84782005000300009

SIQUEIRA, K. N.; FERREIRA, H. D.; TOSCANO, T. G.; SANTOS, J. H.; SILVA, M. G. Quais espécies de árvores estão na borda da floresta estacional do cerrado. **Revista Treedimensional**, v. 1, n. 1, 2016. Disponível em: <http://www.treedimensional.org/revista/2016a/QUAIS%20ESPECIES.pdf>, [http://dx.doi.org/10.18677/TreeDimensional\\_2016\\_006](http://dx.doi.org/10.18677/TreeDimensional_2016_006)

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 533-542, 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000148&pid=S1413-7054201000060000100025&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000148&pid=S1413-7054201000060000100025&lng=en)>

SRIVASTAVA, A. K.; MALHOTRA, S. K.; KRISHNA KUMAR, N. K. Exploiting nutrient-microbe synergy in unlocking productivity potential of perennial fruits: a review. *Indian Journal Agricultural Sciences*, v.85, p.459-481, 2015.

STOLF, R.; FERNANDES, J. & URLANI NETO, V.L. Recomendação para o uso do penetrômetro de impacto - modelo IAA/Planalsucar - Stolf. São Paulo, MIC/IAA/PNMCA-Planalsucar, 1983. 8p.

STOLF, R.; FAGANELLO, B. F. Utilização do penetrômetro de impacto, modelo IAA/Planalsucar-Stolf, na recomendação do preparo do solo na Usina Nossa Senhora Aparecida (Pontal-SP). STAB, 1:11-22, 1983. (Reeditado: Piracicaba, IAA/Planalsucar, 1984. 14p. (Série Penetrômetro de Impacto. Boletim, 3). USDA, Soil survey manual.Washington, DC, USA, Soil Survey Division Staff, Handbook, v. 18,p. 437p. 1993.

YODER, R.E.A direct method of aggregate analysis of soil and a study of the physical nature of erosion losses. **Journal of America Society of Agronomy**, v. 28, p. 337-357, 1936.

WHITELEY, G.M.; UTOMO, W.H. & DEXTER, A.R.A comparison of penetrometer pressures and the pressures exerted by roots. **PlantSoil**, The Hague, v. 61, p. 351 - 364, 1981.

WU, Q. S.; WANG, S.; SRIVASTAVA, A. K. Mycorrhizal hyphal disruption induces changes in plant growth, glomalin-related soil protein and soil aggregation of trifoliolate orange in a core system. *Soil and Tillage Research*, v.160, p.82-91, 2016. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198716300216?via%3Dihub>>