

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line) 1981-0997

v.7, n.3, p.427-433, jul.-set., 2012

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI:10.5039/agraria.v7i3a1681

Protocolo 1681- 12/07/2011 • Aprovado em 23/12/2011

Karina de V. Rossetti¹

Itamar Andrioli¹

José F. Centurion^{1,4}

Sammy S. R. Matias²

Júlio C. A. Nóbrega³

1 Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Departamento de Solos e Adubos, Via de Acesso Paulo Donato Castellane, s/n, Rural, CEP 1487000, Jaboticabal-SP, Brasil. Fone: (16) 3209-2672. Fax: (16) 3209-2673. E-mail: krossetti@bol.com.br; itamar@fcav.unesp.br; jfcentur@fcav.unesp.br

2 Universidade Estadual do Piauí, Prof Joaquina Nogueira Oliveira, s/n, Aeroporto, CEP 64980-000, Corrente-PI, Brasil. Fone: (89) 3573-2093. E-mail: ymmsa2001@yahoo.com.br

3 Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, BR 135, Km 3, CEP 64900-000, Bom Jesus-PI, Brasil. Fone: (89) 3356-2468. E-mail: juliocnobrega@gmail.com

4 Bolsista de Produtividade em Pesquisa

Atributos físicos do solo em diferentes condições de cobertura vegetal em área de plantio direto

RESUMO

A utilização de plantas de cobertura no solo provoca alterações nos atributos do solo influenciando numa série de processos físico-hídricos, o que também modifica a capacidade de suporte do solo para as inúmeras atividades para as quais ele é destinado. Deste modo, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da cobertura vegetal nos atributos físicos do solo; para isto, realizou-se um experimento em Latossolo Vermelho distrófico, em Jaboticabal, SP, utilizando-se plantas de cobertura de milheto, crotalária juncea, feijão de porco, lab-lab e mucuna preta em sistema plantio direto e área de pousio (vegetação espontânea). Foram avaliadas a densidade do solo, macroporosidade, microporosidade, porosidade total, estabilidade de agregados, resistência à penetração e matéria orgânica. A incorporação das plantas de cobertura demonstrou tratar-se de uma prática benéfica visando aos atributos físicos do solo, permitindo uma estabilidade maior dos agregados, em comparação com o pousio na profundidade de 0-0,05 m. Todas as plantas de cobertura apresentaram valores de resistência do solo à penetração abaixo do crítico de 2 MPa.

Palavras-chave: adubação verde, compactação, manejo conservacionista

Soil physical attributes under different cover crops in an area of no-tillage

ABSTRACT

The use of cover crops in the soil causes changes in soil attributes influencing in a series of hydro-physical processes, which also modify the ability of soil to support the many activities that it is intended. Thus, the objective of this study was to evaluate the effect of cover crops on physical attributes of the soil. For this, an experiment was carried out on a Typic Hapludox, Jaboticabal State, Brazil, using cover crops of millet, sunn hemp, jack bean, lab-lab and black velvet bean in no-tillage and fallow area (spontaneous vegetation). The characteristics evaluated were the bulk density, macroporosity, microporosity, total porosity, aggregate stability, penetration resistance and organic matter. The incorporation of cover crops has proved to be a beneficial practice for the physical attributes of the soil, allowing a greater aggregate stability compared to fallow in the depth of 0-0.05 m. All cover crops presented values of soil penetration resistance below the critical value of 2 MPa.

Key words: green manure, compact, conservationist management

INTRODUÇÃO

A incorporação de espécies de cobertura nos sistemas de plantio direto tem recebido grande ênfase, no que se refere à manutenção e melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, proporcionando aumento da infiltração e da disponibilidade de água para as plantas minimizando, desta forma, os impactos ao ambiente (Sousa Neto et al., 2008) contribuindo, conseqüentemente, para maior produtividade das culturas agrícolas.

O uso de espécies de cobertura, como as leguminosas, antes da cultura principal e no início do período chuvoso, além de proteger o solo contra o desgaste ocasionado pelo impacto direto das gotas de chuva que aceleram a perda de solo por erosão pode também fornecer nitrogênio, possibilitando ganhos em produtividade (Bertin et al., 2005; Suzuki & Alves, 2006).

A utilização de implementos agrícolas em locais sem ou com pouca cobertura vegetal, reflete diretamente nos atributos físicos do solo, ocasionando redução da porosidade do solo. Essas alterações estruturais, por sua vez, levam a mudanças principalmente nos atributos da estrutura do solo, como: porosidade, densidade do solo e resistência à penetração. Por isso, estratégias de manejo do solo para melhorar ou recuperar a estrutura, como a colocação de cobertura no solo e a incorporação de matéria orgânica (Milne & Haynes, 2004), permitem o aumento na porosidade e redução da densidade do solo. Neste sentido, Costa et al. (2011) verificaram, em Latossolo Vermelho eutroférrico, que a rotação de culturas em sistema plantio direto promoveu redução na densidade do solo, elevou a macroporosidade e a porosidade total na camada de 0 a 0,10 m e ainda reduziu a resistência à penetração na camada de 0,025 a 0,20 m.

Segundo Genro Júnior et al. (2009) é recomendável o uso de rotação de culturas, o qual diminui a densidade e aumenta a porosidade e a estabilidade de agregados do solo. Nesse mesmo sentido, Muzilli (2006) afirmou ser possível prevenir o problema da compactação no sistema plantio direto com a adoção de rotação de culturas com plantas de cobertura que possuam características de rusticidade e sistema radicular vigoroso.

Por sua vez, Milne & Haynes (2004) verificaram, nos primeiros anos da implantação de sucessão de culturas, maior estabilidade de agregados com o cultivo de leguminosas devido à maior produção de biomassa e ao comprimento de hifas de fungos. A utilização de cobertura vegetal é indicada como uma das formas de minimizar os efeitos do revolvimento do solo e o tráfego de implementos agrícolas, ensejando a adoção de uma agricultura sustentável e com menor impacto ambiental.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de seis coberturas vegetais nos atributos físicos como densidade do

solo, macroporosidade, microporosidade, porosidade total, resistência a penetração, estabilidade de agregados e o teor de matéria orgânica de um Latossolo Vermelho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma área da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP de Jaboticabal, SP, em Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso, A moderado, caulinitico, hipoférrico, muito profundo e com relevo suave ondulado (Andrioli & Centurion, 1999), nas coordenadas de 21°15' Latitude Sul e 48°18' Longitude Oeste, sendo a altitude média 614 m. O clima é do tipo Cwa (subtropical) com verão quente e chuvoso, de acordo com a classificação de Köppen, temperatura média de 21°C e precipitação média anual de 1428 mm. Os atributos químicos e a granulometria do solo antes do experimento estão descritos na Tabela 1.

Os tratamentos foram instalados em seis áreas cultivadas desde o ano agrícola de 2000/01 a 2006/07 (com exceção de 2003/04) com plantas de cobertura: milho (*Pennisetum americanum* L.), crotalaria juncea (*Crotalaria juncea* L.), mucuna preta (*Mucuna aterrina*), feijão de porco (*Canavalia ensiformis* DC.), lab-lab (*Dolichos lablab* L.) e pousio (vegetação espontânea).

A semeadura de cobertura foi realizada no espaçamento de 0,45 m entre linhas e com 70; 25; 8; 10 e 8 kg ha⁻¹ de sementes de milho, crotalaria juncea, feijão de porco, lab-lab e mucuna preta, respectivamente. As plantas de cobertura foram plantadas em sistema plantio direto sem adubação, com o auxílio de semeadora tratorizada para plantio direto, exceto para feijão de porco e mucuna preta, que foram semeadas manualmente com o auxílio de uma matraca, em virtude do tamanho das sementes.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas (parcelas de 31,5 m²), com seis tratamentos, quatro profundidades e quatro repetições, totalizando 96 subparcelas referentes ao ano agrícola de 2006/07.

Em fevereiro de 2007 foram coletadas amostras deformadas de solo, nas camadas de 0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,15 e 0,15-0,20 m, a fim de determinar o teor de matéria orgânica (MO) (Raij et al., 2001) e a estabilidade de agregados em água (Kemper & Chepil, 1965) nas camadas de 0-0,05 e 0,05-0,10 m.

Para avaliar a estabilidade de agregados via úmida foram usados 50 g de solo passados em peneira de 7,93 mm que ficaram retidos na peneira de 4,00 mm, e foram pré-umedecidos, conforme o princípio de umedecimento lento descrito por Kemper & Chepil (1965); em seguida, essa amostra foi colocada no aparelho de oscilação vertical sobre um conjunto de peneiras de 4,00; 2,00; 1,00; 0,50; 0,25 e 0,125

Tabela 1. Atributos químicos e granulometria do solo na profundidade 0-0,20 m, antes da implantação do experimento

Table 1. Chemical properties and particle size in the soil depth 0-0,20 m before the implantation of the experiment

Profundidade (m)	Atributos químicos										Granulometria		
	pH CaCl ₂	MO g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	H + Al mmol _c dm ⁻³	SB	CTC	V %	Areia	Argila	Silte
0-0,20	5,4	23	45	3,4	24	15	28	42	70	60	490	430	80

mm de diâmetro de abertura de malha, conforme descrito por Yooder (1936). Transcorridos 15 min as porções retidas em cada peneira foram transferidas para latas de alumínio com o auxílio de jatos de água e secadas em estufa a 105 °C, durante 24 h, para posterior pesagem. A partir dos valores dessas massas calculou-se o diâmetro médio geométrico (DMG), conforme Kemper & Chepil (1965).

Para determinação dos outros atributos físicos do solo amostras indeformadas foram coletadas em dois pontos aleatórios por parcela, utilizando-se anéis volumétricos de 0,03 m de altura e 0,044 m de diâmetro ($45,616 \times 10^{-6} \text{ m}^3$), nas camadas de 0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,15 e 0,15-0,20 m, para determinar a resistência à penetração (RP), a densidade do solo (Ds), a microporosidade, a macroporosidade e a porosidade total (PT). As amostras foram saturadas durante 24 h e pesadas obtendo-se, assim, a massa do solo saturado e em seguida submetidas em mesa de tensão (60 cca) e pesadas obtendo-se a massa do solo úmido; após este procedimento as amostras foram levadas à estufa a 105 °C, por 24 h, e pesadas para obtenção da massa de solo seco. A densidade do solo, a microporosidade e a porosidade total foram obtidas por secagem, conforme Embrapa (1997). Obteve-se a macroporosidade por diferença entre a porosidade total e a microporosidade.

A RP foi determinada após as amostras saírem da mesa de tensão, com duas subdeterminações por amostra, utilizando-se um penetrômetro eletrônico estático de laboratório com velocidade constante de penetração de $0,01 \text{ m min}^{-1}$, registro de uma leitura por segundo, cone com ângulo de 60° e área de $2,96 \times 10^{-6} \text{ m}^2$, equipado com atuador linear de célula de carga de 20 kgf, acoplado a um microcomputador para aquisição dos dados, conforme descrito por Tormena et al. (1998). Foram utilizadas 120 leituras por subdeterminação correspondentes à camada central do cilindro e calculado o valor médio das 240 leituras (duas subdeterminações) para representar a RP da amostra.

Os efeitos dos sistemas de cobertura sobre os atributos físicos do solo nas diferentes profundidades, foram verificados a partir da análise de variância e suas médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de matéria orgânica do solo (MO) considerando-se os cinco tipos de cobertura mais o pousio (cobertura natural) nas profundidades de 0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,15 e 0,15-0,20 m (Figura 1) foram menores no pousio quando comparados com as demais coberturas, em ambas as profundidades.

Os teores de MO na profundidade de 0-0,05m foram superiores em todas as coberturas quando comparados com as demais profundidades. Isto se deve à adição de MO pelas plantas de cobertura, na superfície do solo e à natureza superficial das raízes da maioria dos vegetais (Sousa Neto et al., 2008). Além do mais, o menor revolvimento do solo ocasionado pelo sistema de semeadura direta pode ter diminuído a velocidade de decomposição da MO, quando comparado com os sistemas de manejo convencional, deixando os restos culturais expostos à ação de micro-organismos, que ajudam na sua decomposição. Bertin et al. (2005) mencionaram que, em condições de menor

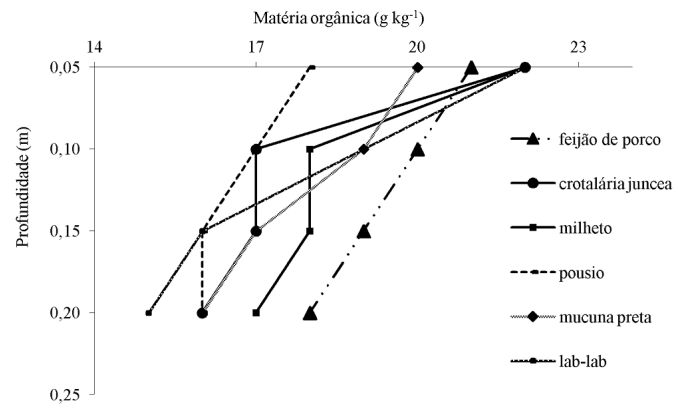


Figura 1. Teor de matéria orgânica do solo em diferentes plantas de cobertura e profundidades

Figure 1. Soil organic matter content under different cover crops and depths

revolvimento do solo, a dinâmica da MO é alterada interferindo não apenas nos ciclos de transformação dos nutrientes mas também na estruturação do solo. Segundo esses autores, tal condição é também decorrente da ação da fauna do solo na fragmentação, decomposição da MO e da formação de galerias que, por sua vez, favorecem trocas gasosas mais intensas e contribuem para melhorar a agregação do solo. Por outro lado, em sistemas de menor revolvimento do solo os agregados são menos fragmentados durante as operações de preparo do solo (Beutler et al., 2001).

Nas cinco coberturas analisadas mais o pousio, a densidade do solo (Ds) aumentou da superfície até 0,20 m, sendo maior na camada de 0,05 a 0,15 m, o que pode estar relacionado ao tráfego de máquinas ao longo dos anos, mesmo se tratando de manejo conservacionista (Figura 2). No geral, a Ds variou de 1,39 a 1,72 Mg m^{-3} entre os tratamentos. Em relação ao pousio, lab-lab e mucuna, foram verificados aumentos da Ds até a profundidade de 0-0,10 m; o mesmo não foi observado para as demais profundidades. Esta diferença pode estar relacionada às peculiaridades de cada cobertura vegetal (profundidade da raiz).

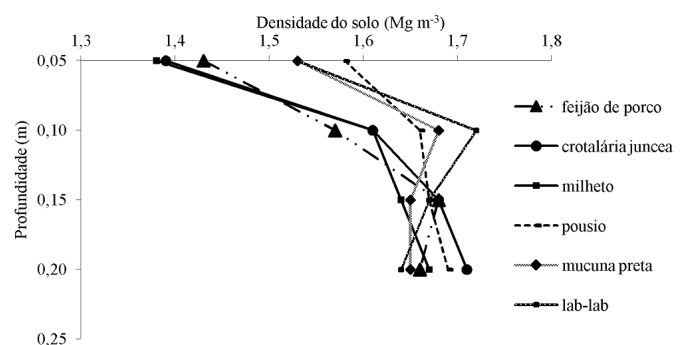


Figura 2. Densidade do solo em diferentes plantas de cobertura e profundidades

Figure 2. Soil bulk density under different covers and depths

O comportamento da Ds acima de 1,45 Mg m^{-3} em solos argilosos, no Rio Grande do Sul, dificultaram, segundo Reinert et al. (2001), o crescimento do sistema radicular caracterizando, desta forma, um solo compactado. Argenton

et al. (2005) concluíram, estudando o efeito de diferentes preparos e coberturas, que em solos com valores de D_s acima de $1,30 \text{ Mg m}^{-3}$, devem ser utilizadas práticas de cultivo para reduzir a D_s , como a introdução de cultura que aporta grande quantidade de resíduos orgânicos.

Verificou-se, no presente estudo, que os valores de D_s semelhantes na camada de 0-0,05 m de profundidade para milho e crotalária juncea, foram menores aos obtidos nas áreas com mucuna preta, lab-lab e pousio, na profundidade de 0,15 a 0,20 m (Figura 2). No geral, os valores encontrados para D_s foram semelhantes aos obtidos por Sousa Neto et al. (2008) e Matias et al. (2009) ao estudarem o efeito de várias coberturas na D_s .

A porosidade total (PT) foi influenciada pelas diferentes coberturas vegetais do solo (Figura 3). As alterações da PT também ocorreram em todas as profundidades, sendo constatada uma redução até a camada de 0-0,20 m. Observou-se, ainda, que os tratamentos com milho, feijão de porco, lab-lab e mucuna preta, obtiveram os valores mais elevados de PT na camada superficial enquanto a crotalária com PT de $0,47 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ apresentou o menor valor em relação às demais coberturas Sousa Neto et al. (2008) e Matias et al. (2009), observaram este mesmo resultado em áreas cultivadas com milho utilizando coberturas vegetais diferentes.

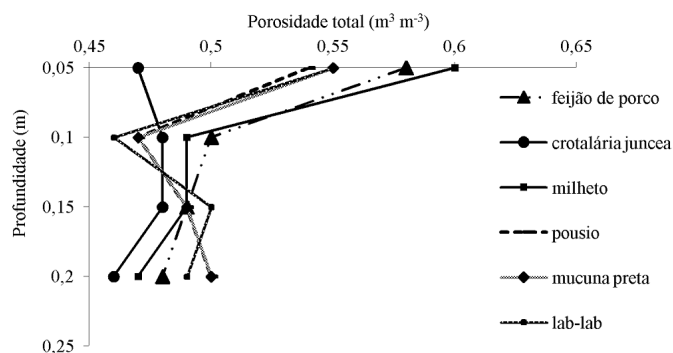


Figura 3. Porosidade total do solo em diferentes plantas de cobertura e profundidades

Figure 3. Soil total porosity under different cover crops and depths

O comportamento da PT nas diferentes coberturas vegetais foi semelhante ao da D_s , porém com sentido inverso, confirmando a influência da D_s na PT, ou seja, o aumento da D_s corresponde à menor aeração do solo. Esses resultados estão de acordo com Sousa Neto et al. (2008) e Matias et al. (2009). Neste sentido, Hakansson & Lipiec (2000) evidenciaram que a D_s é uma propriedade adequada para indicar a compactação do solo por constituir um índice que apresenta relação com outros atributos do solo que restringem o crescimento das raízes, como a resistência à penetração e a porosidade do solo.

O aumento da D_s nas profundidades foi acompanhado da redução da macroporosidade e do aumento da microporosidade (Figuras 4 a e b, respectivamente), ou seja, o aumento da D_s corresponde à menor aeração do solo, sendo considerada limitante quando os valores de macroporosidade estão abaixo de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, restringindo o crescimento da planta (Grable & Siemer, 1968). Este é o valor de porosidade mínima para

trocas líquidas e gasosas entre o ambiente externo e o solo e a partir do qual o crescimento das plantas é fortemente reduzido (Silva et al., 2004). Em todas as coberturas os valores de macroporosidade variaram de $0,10$ a $0,29 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e foram superiores ao valor $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, considerado limitante. As áreas com cobertura vegetal constituída de milho e crotalária juncea apresentaram maiores valores de macroporosidade na camada 0-0,05 m em relação à área de pousio (Figura 4 a).

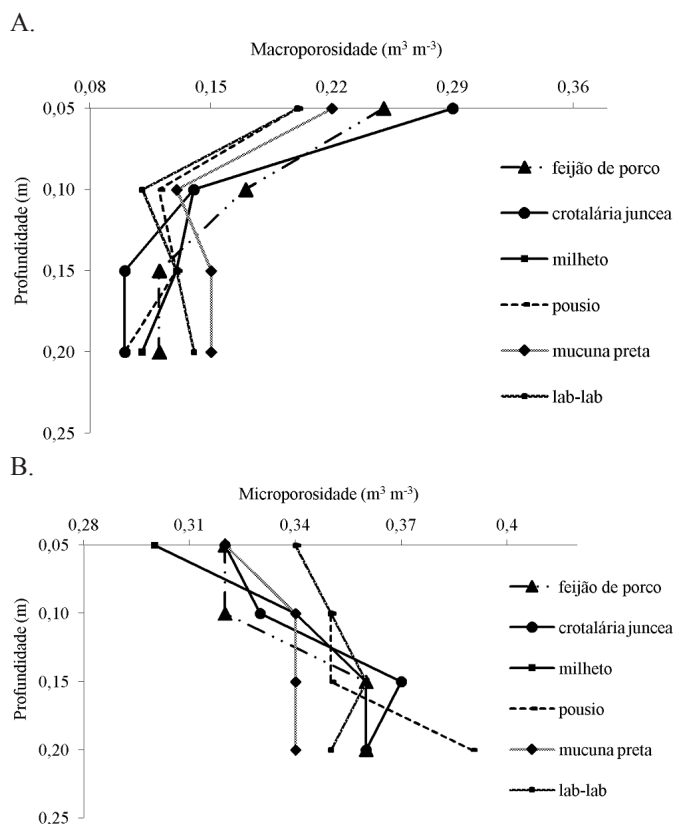


Figura 4. Macroporosidade (a) e microporosidade (b) do solo em diferentes plantas de cobertura e profundidades

Figure 4. Macroporosity (a) and microporosity (b) of the soil under different cover crops and depths

Em relação à microporosidade e à porosidade total (PT) (Figuras 3 e 4 b) ambas apresentaram diferenças pontuais entre as profundidades. Observa-se também que a mucuna preta apresentou menor volume de microporosidade em relação à área de pousio na camada de 0,15-0,20 m (Figura 4 b) e o maior valor de PT ($0,60 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) na camada mais superficial.

De acordo com Silva et al. (2004) e Matias et al. (2009) a microporosidade e a PT são bastante influenciadas pela textura e pelo teor de matéria orgânica do solo mas pouco pela D_s , demonstrando que a compactação do solo ou a diminuição da aeração do solo, está diretamente relacionada à menor quantidade de macroporosidade, concordando com Sousa Neto et al. (2008).

O aumento da D_s nas coberturas e nas profundidades refletiu na resistência do solo à penetração (RP) (Figura 5) e, conseqüentemente, no comportamento do sistema poroso (Figura 4), com valor de RP menor na camada mais superficial (0-0,05 m). Observa-se também aumento da RP para milho,

mucuna preta e feijão de porco, além de diminuição da RP na área com cobertura vegetal de crotalária juncea. Com o aumento da Ds, o conteúdo de água no solo no momento da amostragem também pode ter interferido nos valores de RP.

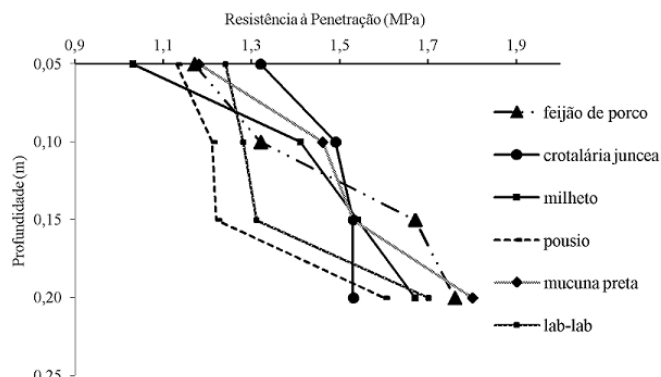


Figura 5. Resistência à penetração do solo em diferentes plantas de cobertura e profundidades

Figure 5. Soil penetration resistance under different cover crops and depths

A RP na profundidade de 0,15-0,20 m foi superior ou igual a 1,5 MPa em todas as coberturas, indicando o início da formação de uma pequena camada subsuperficial compactada podendo limitar a penetração da raiz. Argenton et al. (2005) obtiveram, estudando o efeito de cobertura e preparo do solo, resultados semelhantes. Apesar de ter ocorrido diferenças na RP, em termos de valores, entre as coberturas e profundidades, nenhum valor da RP ultrapassou o valor de 2,0 MPa. Entretanto, valores de RP de 1,03 e 1,80 MPa nas profundidades estudadas para os diversos sistemas de manejo foram classificados como moderados ($1,0 \leq RP < 2,0$ MPa) conforme Arshad et al. (1996). Matias et al. (2009) também encontraram valores médios de RP (1,33 MPa) para a cultura do milho na profundidade 0-0,10 m. Freddi et al. (2006) verificaram, em Latossolo Vermelho, valores de RP entre 1,03 e 5,69 MPa os quais provocaram alterações na morfologia do sistema radicular do milho.

Por outro lado, a correlação da RP apresentou relação inversa e significativa com MO e macroporosidade e direta com Ds e microporosidade em comparação ao milho e à crotalária juncea, com exceção da microporosidade da última planta de cobertura, que não apresentou correlação significativa (Tabela 2). A cobertura de feijão de porco proporcionou uma correlação inversa com MO e direta com microporosidade. Essas correlações indicam que, sem dúvida a cobertura vegetal não deve estar influenciando a RP, de forma positiva (direta).

Tabela 2. Coeficiente de correlação de Pearson entre resistência à penetração e os valores de MO, Ds, Macroporosidade, Microporosidade e PT nas coberturas vegetais em um Latossolo

Table 2. Coefficient of Pearson correlation between penetration resistance and the values of OM, BD, macroposity, microposity and TP under different cover crops in a Typic Hapludox

	Mucuna preta	Lab-lab	Pousio	Milho	Crotalária juncea	Feijão de porco
MO	-0,93	-0,73	-0,66	-0,97*	-0,88**	-0,97*
Ds	0,71	0,10	0,70	0,97*	0,99**	0,93
macroporosidade	-0,68	-0,24	-0,72	-0,97**	-0,99**	-0,93
microporosidade	0,87	0,39	0,99**	0,99**	0,88	0,96**
PT	-0,59	-0,20	-0,18	-0,95	-0,04	-0,83

*, **, respectivamente, significativo a $p < 0,05$ e $p < 0,01$ pelo teste F

A estabilidade dos agregados do solo nas profundidades de 0-0,05 e 0,05-0,10 m, expressa por meio do diâmetro médio geométrico (DMG), indicou que este índice foi superior na camada de 0-0,05 m. O DMG diferiu significativamente entre camadas, sendo superior na camada mais superficial (Figura 6); resultados semelhantes também foram observados por Sousa Neto et al. (2008). Uma possível explicação para isto, segundo Lacerda et al. (2005) é que com o efeito do sistema radicular de adubos verdes e do material orgânico, ocorre revolvimento do solo, proporcionando a liberação de materiais cimentantes e consequente melhoria da agregação na camada superficial.

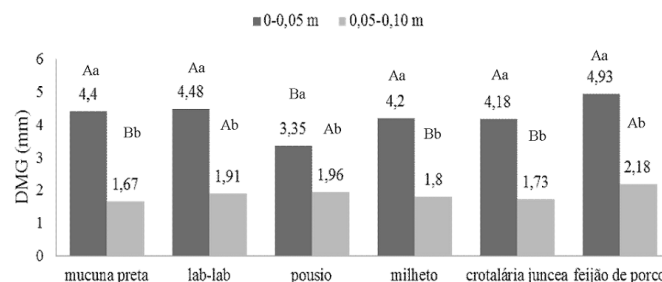


Figura 6. Diâmetro médio geométrico (DMG) em diferentes plantas de coberturas e profundidades de solo. Médias seguidas de letras maiúscula (tratamento) e minúsculas (profundidade), não diferem entre si pelo teste de Tukey a ($p < 0,05$)

Figure 6. Geometric average diameter (DMG) under different cover cross and depths. Means followed by the same capital letters (treatment) and lowercase letter (depth) do not differ by Tukey test ($p < 0,05$)

Observa-se também que a área de pousio apresentou o menor valor de agregação (DMG) em relação aos demais tratamentos, na profundidade de 0-0,05 m. Na profundidade de 0,05-0,10 m verificou-se que o DMG na mucuna preta, o milho e a crotalária juncea, diferiram estatisticamente dos outros sistemas de manejo.

Segundo Brade & Weill (1999) a formação e a estabilização de agregados têm, como principais responsáveis, os óxidos de ferro e alumínio, o teor de MO e a atividade microbiana e as hifas de fungos. Os macroagregados se formam pela ação física, unindo os microagregados e as partículas de solo, e pelas exsudações de polissacarídeos e de outros compostos orgânicos que formam uma rede que se liga e agrupa partículas individuais de solo com pequenos microagregados.

Neste estudo as espécies de cobertura apresentaram efeito semelhante na estabilidade de agregados, contrariando estudos desenvolvidos no Sul do Brasil, que apontam as gramíneas como mais eficientes em relação à agregação (Wendling

et al., 2005). Ressalta-se que, embora algumas espécies de coberturas não tenham apresentado diferença significativa na mesma profundidade apresentaram, porém, diferença entre as profundidades, o que proporcionou aumento na estabilidade dos agregados podendo ser creditado ao maior acúmulo das espécies estudadas na camada superficial na camada de 0-0,05 m.

CONCLUSÕES

A incorporação das plantas de cobertura demonstrou ser uma prática benéfica para os atributos físicos do solo, permitindo maior estabilidade dos agregados em comparação com o pousio na profundidade de 0-0,05 m.

As áreas com cobertura vegetal constituídas de milheto e crotalária juncea, apresentaram maiores valores de macroporosidade em relação aos pousio e menores de densidade do solo em comparação com a mucuna preta, lab-lab e pousio na camada de 0-0,05 m.

Todas as plantas de cobertura apresentaram valores de resistência do solo à penetração abaixo do crítico, de 2 MPa.

LITERATURA CITADA

- Andrioli, I.; Centurion, J. F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 27., 1999. Brasília. Anais... Campinas: SBCS, 1999. CD Rom.
- Argenton, J.; Albuquerque, J. A.; Bayer, C.; Wildner, L. P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de latossolo vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, n.3, p.425-435, 2005. <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v29n3/25743.pdf>>. 12 Jun. 2011. doi:10.1590/S0100-06832005000300013.
- Arshad, M. A.; Lowery, B.; Grossman, B. Physical tests for monitoring soil quality. *Soil Science Society of America Journal*, v. 49, n.1-2, p. 123-141, 1996. <<https://www.soils.org/publications/books/abstracts/sssaspecialpub/methodsforasses/123>>. 10 Jun. 2011. doi:10.2136/sssaspepub49.c7.
- Bertin, E. G.; Andrioli, I.; Centurion, J. F. Plantas de cobertura em pré-safra ao milho em plantio direto. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.27, n.3, p.379-386, 2005. <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/1393/812>>. 30 Mai. 2011. doi:10.4025/actasciagr. v27i3.1393.
- Beutler, A. N.; Silva, M. L. N.; Curi, N.; Ferreira, M. M.; Pereira Filho, I. A.; Cruz, J. C. Agregação de Latossolo Vermelho distrófico típico relacionada com o manejo na região dos cerrados no Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, n.1, p.129-136, 2001. <<http://sbcs.solos.ufv.br/solos/revistas/v25n1a14.pdf>>. 17 Jun. 2011.
- Brade, N. C.; Weil, R.R. The nature and properties of soils. 12.ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 960p.
- Costa, M. S. S. de M.; Pivetta, L. A.; Costa, L. A. de M.; Pivetta, L. G.; Castoldi, G.; Steiner, F. Atributos físicos do solo e produtividade do milho sob sistemas de manejo e adubações. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.5, n.8, p. 810-815, 2011. <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n8/07.pdf>>. 21 Ago. 2011. doi:10.1590/S1415-43662011000800007.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 1997. 212 p.
- Freddi, O.S.; Carvalho, M.P.; Veronesi Júnior, V.; Carvalho, G.J. Produtividade do milho relacionada com a resistência mecânica à penetração do solo sob preparo convencional. *Revista Engenharia Agrícola*, v.26, n.1, p. 113-121, 2006. <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v26n1/30102.pdf>>. 17 Jul. 2011. doi:10.1590/S0100-69162006000100013.
- Genro Júnior, S. S.; Reinert, D. J.; Reichert, J. M.; Albuquerque, J. A. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho e produtividade de culturas cultivadas em sucessão e rotação. *Ciência Rural*, v.39, n.1, p. 65-73, 2009. <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v39n1/a11v39n1.pdf>>. 15 Mai. 2011. doi:10.1590/S0103-84782009000100011.
- Grable, A. R.; Siemer, E. G. Effects of bulk density, aggregate size, and soil water suction on oxygen diffusion, redox potentials and elongation of corn roots. *Soil Science of America Journal*, v.32, n.2, p.180-186, 1968. <<https://www.soils.org/publications/sssaj/pdfs/32/2/SS0320020180>>. 22 Jun. 2011. doi:10.2136/sssaj1968.03615995003200020011x.
- Hakansson, I.; Lipiec, J. A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. *Soil Tillage Research*, v.53, n.2, p.71-85, 2000. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198799000951>>. 18 Mai. 2011. doi:10.1016/S0167-1987(99)00095-1.
- Kemper, W. D.; Chepil, W. S. Size distribution of aggregates. In: Black, C.A.(Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison: American Society of Agronomy, 1965. part 1, p. 499-510.
- Lacerda, N. B.; Zero, V. M.; Barilli, J.; Moraes, M. H.; Bicudo, S. J. Efeito de sistemas de manejo na estabilidade de agregados de um Nitossolo Vermelho. *Revista Engenharia Agrícola*, v.25, n.3, p. 686-695, 2005. <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v25n3/28064.pdf>>. 11 Jul. 2011. doi:10.1590/S0100-69162005000300014.
- Matias, S. S. R.; Borba, J. A.; Ticelli, M.; Panosso, A. R.; Camara, F. T. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes usos. *Revista Ciência Agronômica*, v. 40, n. 3, p. 331-338, 2009. <<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/751>>. 11 Jul. 2011.
- Milne, R. M.; Haynes, R. J. Comparative effects of annual and permanent dairy pastures on soil physical properties in the Tsitsikamma region of South Africa. *Soil Use and Management*, v.20, n.1, p. 81-88, 2004. <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1475-2743.2004.tb00340.x/pdf>>. 22 Jun. 2011. doi:10.1111/j.1475-2743.2004.tb00340.x.

- Muzilli, O. Manejo do solo em sistema plantio direto. In: Casão Júnior, R.; Siqueira, R.; Mehta, Y.R.; Passini, J.J. (Eds.). Sistema Plantio Direto com qualidade. 1.ed. Londrina/Foz do Iguaçu: IAPAR/ITAIPU Binacional, 2006. cap.2, p.9-27.
- Raij, B.van.; Quaggio, J. A.; Cantarella, H. (Eds.). Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto agrônomo, 2001. 285p.
- Reinert, D. J.; Reichert, J. M.; Silva, V. R. Propriedades físicas de solos em sistema plantio direto irrigado. In: Carlesso, R.; Petry, M. T.; Rosa, G. M.; Ceretta, C.A. (Eds.). Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul. Santa Maria, 2001. v.1, p. 114-133.
- Silva, A. P.; Imhoff, S.; Kay, B. Plant response to mechanical resistance and air-filled porosity of soils under conventional and no-tillage system. *Scientia Agricola*, v.61, n. 4, p.451-456, 2004. <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v61n4/22164.pdf>>. 17 Jul. 2011. doi:10.1590/S0103-90162004000400016.
- Sousa Neto, E. L. Andrioli, I.; Beutler, A. N.; Centurion, J. F. Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré-safra. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, n.2, p.255-260, 2008. <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v43n2/a15v43n2.pdf>>. 05 Jul. 2011. doi:10.1590/S0100-204X2008000200015.
- Suzuki, L. E. A. S.; Alves, M. C. Fitomassa de plantas de cobertura em diferentes sucessões de culturas e sistemas de cultivo. *Bragantia*, v.65, n.1, p.121-127, 2006. <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v65n1/29046.pdf>>. 30 Jun. 2011. doi:10.1590/S0006-87052006000100016.
- Tormena, C. A.; Silva, A. P.; Libardi, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo roxo sob Plantio Direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.22, n. 4, p.573-581, 1998. <<http://sbcs.solos.ufv.br/solos/revistas/v22n4a02.pdf>>. 12 Jun. 2011.
- Wendling, B.; Jucksch, I.; Mendonça, E. Sá; Neves, J. C. L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.40, n.5, p.487-494, 2005. <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v40n5/24431.pdf>>. 22 Jun. 2011. doi:10.1590/S0100-204X2005000500010.
- Yooder, 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, n.5, p.337-351,1936. <http://soilslab.cfr.washington.edu/SSSAJ/SSAJ_Abstracts/data/contents/aB17-00-165.pdf>. 15 Jun. 2011.