ISSN 1984-252X

Determinação da resistência do solo a penetração sob diferentes sistemas de cultivo em um Latossolo sob Bioma Pantanal

Determination of resistance to penetration under different cropping systems on a Oxisol in Pantanal Biome

Wellington de Azambuja Magalhães[1], Cassiano Cremon[2], Nilbe Carla Mapeli[2], Wininton Mendes da Silva[1], Jucélio Marcos de Carvalho[1], Micael Seidht da Mota[1]

[1] Universidade do Estado de Mato Grosso – Unemat, Curso de Agronomia. Avenida São João, s/n, Cavalhada, CEP 78200-000, Cáceres, MT. E-mail: wellington_azambuja@hotmail.com

[2] Universidade do Estado de Mato Grosso – Unemat, professor do curso de Agronomia.

Recebido: 09/02/2010 Aceito: 15/07/2010

Resumo. *A compactação do solo consiste em um dos fatores relacionados à ação impeditiva das raízes, dificultando as culturas em expressar seu máximo potencial produtivo. O objetivo deste trabalho foi determinar a resistência do solo à penetração (RP) em diferentes sistemas de cultivo em um Latossolo Vermelho Distroférrico sob Bioma Pantanal. Foram estudados três sistemas de cultivo, solo sob mata nativa, sob pastagem e sob cultivo de cana-de-açúcar com colheita mecanizada. Na determinação da resistência do solo à penetração, foi utilizado um penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar. Simultaneamente às leituras de RP foram avaliadas densidade do solo, porosidade total e análise química. A análise de variância revelou haver diferença significativa na média da resistência à penetração do solo, densidade e porosidade entre os sistemas em todo o perfil analisado. A dinâmica da resistência do solo à penetração sob pastagem foi menor em relação à área de cana-de-açúcar. A área sob cana-de-açúcar com colheita mecanizada apresentou maiores valores de RP e densidade, bem como maior redução na porosidade total do solo.*

Palavras-chave: *cana-de-açúcar, compactação, mata nativa, pastagem.*

Abstract. *Soil compaction is in one of the factors impeding the action of the roots, preventing the cultures to express their full productive potential. The objective of this study was to determine the resistance to penetration (RP) in different cropping systems in a Oxisol under Pantanal Biome. We studied three cropping systems, soil under native forest, pasture and under cultivation of sugar cane with mechanical harvesting. In the determination of resistance to penetration, we used a penetrometer impact model IAA / Planalsucar. At the same time the readings of RP were evaluated bulk density, porosity and sampling for chemical analysis. Analysis of variance revealed significant differences in the average penetration resistance of soil, density and porosity between the systems in all profile review. The resistance to penetration under pasture was smaller in relation to the area of sugar cane. The area under sugar cane*

with mechanized harvesting showed higher values of RP and density, and greater reduction of total porosity.

Key-words: *sugar cane, compression, native forest, pasture.*

Introdução

Para que uma planta cresça e expresse o seu máximo potencial produtivo, é necessário que ela encontre em seu meio uma série de fatores favoráveis ao seu desenvolvimento. Blainsk et al. (2008) afirmaram que a perda do solo por erosão, a redução da matéria orgânica e a compactação são alguns dos fatores que corroboram para a degradação física do solo, com consequente perda de uma ou mais destas funções. A compactação do solo ocorre quase sempre de maneira muito habitual em propriedades agrícolas, que utilizam com freqüência máquinas e implementos, ou em áreas onde o pisoteio dos animais é intenso. Em função disso, a compactação do solo tem conduzido à perda da produtividade agrícola e levado o solo à degradação (SILVA et al., 2000).

A seriedade com que deve ser abordado o assunto foi expressa por Camargo & Alleoni (2009), pois fatores físicos como a compactação do solo é um conceito amplo e de difícil descrição e mensuração. Além do mais, está intimamente relacionada a outros atributos físicos como tamanho e forma de agregados e estrutura do solo, fatores químicos e biológicos que, reconhecidamente, são importantes para o desenvolvimento das plantas e cujos efeitos sinérgicos podem agravar significativamente o problema.

No entanto, essa ação impeditiva ao desenvolvimento das raízes pode ser quantificada e monitorada para fins de tomada de decisão objetivando evitar maiores adensamentos. A determinação da resistência à penetração é feita por meio de penetrômetros, os quais apresentam como principais vantagens a facilidade e a rapidez na obtenção dos resultados (BENGHOUGH & MULLINS, 1990). Este tipo de aparelho permite que sejam monitorados diferentes sistemas de cultivo com o mesmo tipo de solo, permitindo identificar no perfil, barreiras impeditivas ao crescimento radicular das plantas e garantir seu pleno desenvolvimento.

O manejo ao qual o solo é submetido influencia diretamente a resistência mecânica à penetração. Dexter & Youngs (1992) sugerem que sejam avaliados as alterações dos atributos físicos do solo manejado para fim de estabelecimento de sistemas de manejo agrícolas sustentáveis e que, essas alterações sejam quantificadas e comparadas a um solo sob vegetação nativa.

O emprego de máquinas no campo vem crescendo exuberantemente e nos mais diversos setores. A colheita mecanizada da cana-de-açúcar torna-se cada vez mais tradicional nos sistemas de produção nacional e trás como principais benefícios a agilidade e velocidade na colheita além de eliminar a queima da cultura, mobilização superficial dos solos e mantê-los cobertos com restos cul-

turais, com o propósito de obter-se um menor índice de erosividade e aumento no teor de matéria orgânica (VASCONCELOS, 2002). Entretanto, de acordo com Cerri et al. (1991), o preparo e o cultivo intensivo do solo com cana-de-açúcar causam modificações em sua estrutura, principalmente na camada superior. Byrnes et al. (1982) relataram que o intenso preparo do solo para o plantio da cana-de-açúcar e a utilização constante de cultivadores em condições não ideais de umidade, alteram suas propriedades físicas.

O mesmo acontece quando o solo é submetido ao pastejo extensivo. Melo & Silva (1995) avaliaram solo sob cerrado com áreas de pastoreio, e chegaram à conclusão que o sistema de manejo adotado na pastagem promoveu alterações nas propriedades físicas e no conteúdo de matéria orgânica. A compactação provocada pelo pastejo influencia negativamente as propriedades do solo, aumentando a densidade, diminuindo o tamanho dos agregados estáveis em água e a macroporosidade (LONGO et al., 1999). Concomitantemente às leituras da resistência à penetração, Campbell & O'Sulivan (1991) sugeriram relacionar informações complementares relativos ao tipo de solo, teor de água e densidade do solo, pois podem ser indicativos e fatores esclarecedores para o bom entendimento dos dados.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a intensidade da compactação de um Latossolo sob Bioma Pantanal, em três diferentes sistemas de cultivo, pastagem extensiva, cana-de-açúcar e mata nativa na região sudoeste de Mato Grosso.

Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido em um Latossolo Vermelho Distroférrico, localizado no município de Rio Branco, região sudoeste do Estado do Mato Grosso, no bioma Pantanal, com altitude média de 118 metros, longitude oeste 57º57'28" e latitude sul 15º28'40". Foram selecionadas três áreas sob diferentes modalidades de uso e manejo do solo: (a) solo sob mata nativa; (b) solo sob pastagem com *Brachiaria brizantha* em pastejo extensivo de bovinos durante 10 anos, com lotação média de 0,8 unidade animal por hectare (UA ha^{-1}), 1 UA = 1 animal com peso vivo de 500kg; (c) solo sob cultivo de cana-de-açúcar com colheita mecanizada.

Para fins de avaliação foram delimitadas áreas experimentais de dois hectares em todos os sistemas avaliados. A resistência mecânica do solo à penetração foi avaliada de forma aleatória, mediante o uso de penetrômetro de impacto – modelo IAA/Planalsucar; a massa de impacto de quatro quilos sofreu uma queda livre de 40 cm, num total de 10 repetições. Os resultados obtidos em impactos dm^{-1} foram convertidos em resistência dinâmica (MPa) por meio da fórmula (STOLF, 1991):

$RP = 5,6 + 6,89\ N$

em que:
RP= Resistência à penetração em kgf cm^{-2};
N= penetração em impactos dm^{-1}.

Para conversão da RP em kgf cm^{-2} para MPa, multiplicou-se o resultado obtido na equação 1 pela constante 0,0981.

Para fins de auxílio nas discussões dos resultados foram analisados os seguintes atributos: químicos (K, Ca, Mg, Al, P, pH), textura, densidade do solo e porosidade total, determinados de acordo com os métodos propostos pela Embrapa (1997). Para determinação da umidade gravimétrica (Ug), foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0 a 0,1; 0,1 a 0,2 e 0,2 a 0,3 m, totalizando 10 repetições por sistema (EMBRAPA 1997).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ao nível de ($p<0,05$), e ao teste de correlação de Pearson ($p<0,05$).

Resultados e Discussão

Foram realizadas análises químicas do solo para caracterização dos ambientes estudados (Tabela 1). As condições químicas encontradas na área sob pastagem ocorreram devido ao eutrofismo natural do solo, uma vez que ao longo dos anos não houve adubação ou correção do solo na área. O solo sob mata apresentou pH inferior aos ambientes da pastagem e cana-de-açúcar nas três profundidades estudadas. Os valores de pH foram mais elevados no ambiente cana-de-açúcar, possivelmente em razão da prática de calagem feita durante o preparo de solo antes do plantio. A ausência de Al^{+3} no solo sob cana-de-açúcar nas camadas de 0,0-0,2 m, pode ser atribuída ao aumento do pH, reduzindo a solubilidade do Al. A ausência deste elemento no ambiente da mata na camada 0,0-0,1 m e sua baixa concentração na camada 0,1-0,2 m pode estar associada à provável reação de complexação do Al com compostos orgânicos, depositados pelo sistema formando a serrapilheira, comumente observado em sistemas orgânicos pela incorporação de material orgânico (ALCÂNTARA, 1997). Pelos valores observados sugere-se que os atributos químicos avaliados não influenciaram nos resultados encontrados para os atributos físicos dos ambientes estudados.

Tabela 1. Características da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférrico, Mato Grosso – Brasil.

Sistema	Prof	M.O.	CTC T	V%	pH	P	K	Ca	Mg	Al
	m	g dm^{-3}	$cmol_c$ dm^{-3}		H_2O	mg dm^{-3}		---- $cmol_c$ dm^{-3} ----		
Mata	0-0,1	32	8,33	41,17	5,3	0,5	0,13	2,8	0,5	0
	0,1-0,2	22	7,59	23,58	5	0,4	0,09	0,9	0,8	0,6
	0,2-0,3	17	6,16	10,71	5	0,2	0,06	0,3	0,3	1
Pastagem	0-0,1	32	8,87	31,03	5,6	0,5	0,17	1,9	0,9	0,1
	0,1-0,2	18	6,38	33,48	5,6	0,2	0,08	1,6	0,3	0,2
	0,2-0,3	20	6,58	31,61	5,6	0,2	0,08	1,5	0,5	0,1
Cana	0-0,1	25	8,1	44,44	5,9	5,3	0,17	2,2	0,6	0
	0,1-0,2	30	7,67	40,02	5,9	2,3	0,08	1,5	0,8	0
	0,2-0,3	20	7,56	31,21	5,7	1,5	0,08	1,3	0,4	0,1

Concomitantemente às leituras da resistência à penetração, foi realizada a leitura dos valores de umidade do solo, e observou-se, na profundidade 0,00-0,30 metros, umidade homogênea nos três sistemas de preparo do solo e próximo à capacidade de campo para o solo em questão (SERAFIM, 2008), conforme Figura 1 e Tabela 2. Sendo assim, nestas condições, não se atribui as diferenças de RP em função da umidade do solo no momento da amostragem.

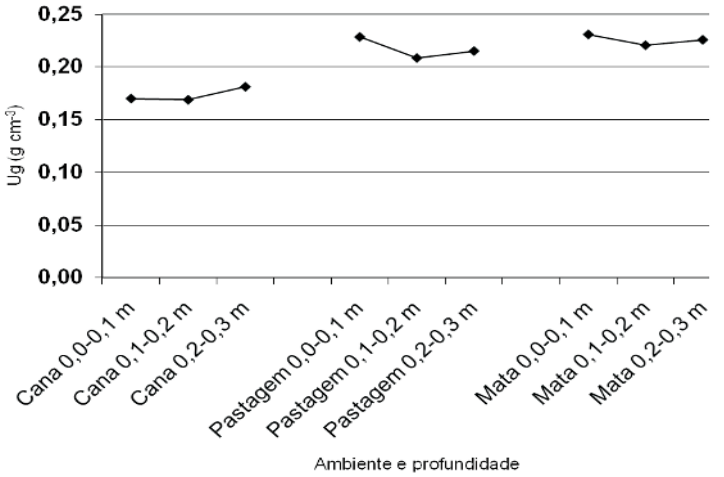


Figura 1. Umidade gravimétrica do solo nos diferentes sistemas de manejo e em três profundidades (0-0,1; 0,1-0,2 e 0,2-0,3 m), para um Latossolo Vermelho Distroférrico, Mato Grosso - Brasil.

Tabela 2. Momentos estatísticos para a variável umidade analisada nas profundidades 0-0,1; 0,1-0,2 e 0,2-0,3 m, para um Latossolo Vermelho Distroférrico, Mato Grosso - Brasil.

Cultura	Profundidade (m)	Momento estatístico		
		Média	Desvio	CV (%)
Cana-de-açúcar	0-0,1	0,170	0,0740	43,53
Cana-de-açúcar	0,1-0,2	0,169	0,0091	5,38
Cana-de-açúcar	0,2-0,3	0,181	0,0158	8,73
Pastagem	0-0,1	0,228	0,0178	7,8
Pastagem	0,1-0,2	0,208	0,0096	4,61
Pastagem	0,2-0,3	0,215	0,0208	9,67
Mata	0-0,1	0,231	0,0358	15,49
Mata	0,1-0,2	0,221	0,0445	20,13
Mata	0,2-0,3	0,226	0,0104	4,6

Os resultados da resistência do solo à penetração nos ambientes de cultivo estudados encontram-se na Figura 2. A RP aumentou com a intensificação do uso do solo (cana-de-açúcar > pastagem > mata). A camada subsuperficial do solo sob pastejo extensivo e plantio de cana-de-açúcar com colheita mecanizada, apresentou maior resistência à penetração (RP) dentre os sistemas, com valores variando de 2,64 MPa no solo sob pastagem a 4,83 MPa no solo sob cana-de-açúcar.

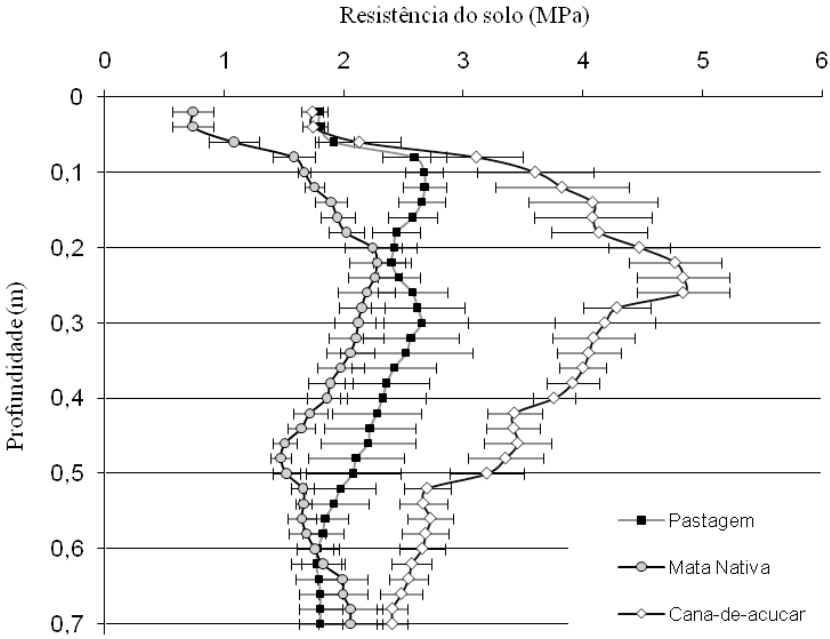


Figura 2. Resistência do solo a penetração nos diferentes sistemas de manejo para um Latossolo Vermelho Distroférrico, Mato Grosso - Brasil.

A análise de variância revelou diferença significativa na média de RP entre os sistemas em todo o perfil analisado (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados da análise de variância para a variável RP em diferentes profundidades em para um Latossolo Vermelho Distroférrico, Mato Grosso - Brasil.

Prof. (m)	Média RP (MPa)			QM res	GL	Sig
	Mata	Pasto	Cana			
0-0,1	1,62	2,15	2,46	0,31	27	0,00004
0,1-0,2	1,97	2,55	4,12	0,72	27	0,00002
0,2-0,3	2,20	2,54	4,58	0,65	27	0,00000
0,3-0,4	1,97	2,43	3,96	0,75	27	0,00006
0,4-0,5	1,57	2,18	3,37	0,71	27	0,00021
0,5-0,6	1,68	1,87	2,68	0,28	27	0,00060
0,6-0,7	1,98	1,80	2,48	0,32	27	0,03244

QM res: Quadrado médio do resíduo; GL: Grau de liberdade; Sig: significância.

Comparando os valores de RP nos diversos sistemas, constatou-se que a área da mata nativa apresentou valores de RP abaixo do limite considerado crítico ao desenvolvimento das raízes, em todo o perfil analisado, conforme observado por Canarache (1990). A menor RP do solo nesse sistema pode ser atribuído à distribuição da matéria orgânica no perfil (Tabela 1) e à umidade, o que segundo Martinelli et al. (2002) pode estar relacionado com a camada de serrapilheira, a qual mantém a umidade do solo estável. A estruturação do solo é outro fator que pode colaborar para a menor resistência do solo à penetração na área com mata, pois possibilita melhores relações entre os seus constituintes e conseqüentemente menor densidade (AZEVEDO & SVERZUT, 2007).

A área sob mata nativa como referência de solo não antropizado, apresentou diferença significativa, pela análise de distribuição do erro padrão da média, em relação à área da pastagem, na profundidade de 0,00-0,18 m, apresentando valores de 2,25 MPa para mata e 2,64 MPa para pastagem, Figura 2. A pastagem apresentou maiores valores de resistência à penetração na camada superficial do solo, devido às alterações das condições físicas, como densidade e porosidade, que podem ser atribuídas ao pisoteio dos animais. Resultados semelhantes foram encontrados por Muller et al. (2001). Moreira et al. (2005) encontraram resultados semelhantes atribuindo a compactação do solo à indução de forças aplicadas na superfície, isto é, pela carga animal, seja em regime intensivo ou extensivo e que a compactação do solo afeta expressivamente o desenvolvimento do sistema radicular da pastagem braquiária. No entanto, medidas devem ser adotadas para que não haja um aumento na degradação física do solo, pois são fatores que limitam o desenvolvimento radicular das culturas comprometendo a produção da parte aérea.

Nas camadas subseqüentes da área da pastagem, observou-se valores de resistência acima de 2,5 MPa, a partir dos 0,08 m de profundidade, e se estendeu até 0,36 m. Os valores são significativamente diferentes, pela análise de distribuição do erro padrão da média, em relação à mata entre a camada 0,00-0,18 m e 0,40-0,50 m. Ao se observar a linha de resistência a penetração da área da pastagem (Figura 2), identifica-se maior resistência a penetração entre 0,30m e 0,60m em relação à mata nativa. Isto implica uma atenção maior a ser dada a este ambiente, uma vez que, estes valores tendem a aumentar com o tempo e uso do solo, na forma em que vem sendo conduzido, induzindo ao menor desenvolvimento das raízes das plantas e conseqüentemente menor produção da parte aérea.

Para os dados da área com cana-de-açúcar, os valores são significativamente diferentes, pela análise de distribuição do erro padrão da média em relação à mata em todo o perfil estudado. Houve aumento da RP da profundidade de 0,06 m a 0,28 m, passando de 2,64 MPa para 4,83 MPa com diminuição desses valores gradualmente no perfil de 0,30-0,52 m, comportamento este semelhante a área da pastagem. Os altos valores de resistência do solo a penetração en-

contrados no perfil de 0,15-0,28 m pode estar relacionado ao efeito do preparo de solo com grade aradora, propiciando menor resistência apenas na camada superficial, induzindo às deposições de sedimentos mineralógicos do solo nas camadas subsuperficiais, que não sofram a implicação do revolvimento, efeito conhecido como pé de grade. Os resultados da resistência do solo à penetração encontrado no sistema cana-de-açúcar podem ser atribuídos, entre outros fatores, às pressões das camadas superficiais sobre as adjacentes e à própria pressão exercida pelas máquinas utilizadas nas operações de preparo do solo, colheita, aplicação de herbicidas e plantio, que se transmite em profundidade (RALISCH et. al., 2007), o mesmo comportamento determinado na pastagem associado à criação extensiva de gado. A resistência do solo à compactação é diretamente relacionada ao controle de energia, teor de água, e estrutura do solo durante o momento da operação e se não controlado estes fatores, todo sistema de cultivo esta sujeito à compactação (PEREIRA et al., 2002).

Entre os ambientes estudados, o uso do solo com cana-de-açúcar propiciou maiores alterações nos atributos físicos do solo evidenciados por maior resistência do solo à penetração, conforme Tabela 2. Isso pode ser devido ao fato que, resultados obtidos mostram médias dos atributos físicos do solo sob área da cana-de-acúcar superiores ao do solo da mata (RP e densidade do solo) e, inferior no caso da porosidade total. Resultados semelhantes foram encontrados por Azevedo & Sverzut (2007) avaliando atributos físicos e químicos em pastagem na região sudoeste de Mato Grosso.

Na análise dos atributos físicos do solo, foi verificado alterações nas condições de densidade do solo e porosidade, sob cana-de-açúcar e pastagem em relação à mata 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m entre os ambientes para as duas variáveis (Tabela 4). Os maiores valores de densidade foram encontrados no ambiente de cana-de-açúcar e posteriormente no ambiente da pastagem e o aumento destes valores estão correlacionados positivamente com o aumento da RP ($P<0,01$), segundo teste de correlação de Pearson. Esta tendência deve-se provavelmente ao adensamento da estrutura devido ao trânsito de máquinas, no caso do ambiente cana-de-açúcar e com o pisoteio de animais no sistema da pastagem, ainda mais sob prática de manejo intensivo.

Tabela 4. Momentos estatísticos para as variáveis Densidade do solo, Porosidade total e RP para um Latossolo Vermelho Distroférrico, Mato Grosso – Brasil.

Prof. (m)	Variável	Cana	Pastagem	Mata	Desv. Pad.	F	Sig.
		------Médias ------					
0-0,1	Ds (kg dm^{-3})	1,461	1,383	1,061	0,2137	22,821	0,000
	Pt (m^3 m^{-3})	0,43	0,45	0,59	8,4828	24,533	0,000
	RP (MPa)	2,342	2,141	1,149	0,7386	11,364	0,000
0,1-0,2	Ds (kg dm^{-3})	1,475	1,437	1,252	0,1486	8,554	0,002
	Pt (m^3 m^{-3})	0,43	0,45	0,51	5,6234	7,895	0,003
	RP (MPa)	4,183	2,475	1,874	1,3207	14,050	0,000
0,2-0,3	Ds (kg dm^{-3})	1,437	1,454	1,309	0,0855	13,188	0,000
	Pt (m^3 m^{-3})	0,45	0,43	0,50	3,8304	20,301	0,000
	RP (MPa)	4,707	2,604	2,146	1,3761	22,839	0,000

Ds – Densidade do solo; P*t* – Porosidade; RP – Resistência do solo a penetração.

A densidade teve correlação negativa com a porosidade do solo ($p<0,01$), segundo o teste de correlação de Pearson, ou seja, quanto maior a densidade menor é a porosidade do solo para as três profundidades estudadas: 0,0-0,1; 0,1-0,2 e 0,2-0,3 m. Os valores das médias de porosidade total diferiram-se estatisticamente pela análise de variância ($p<0,01$) entre os ambientes. As médias foram maiores no ambiente mata e inferiores na pastagem e cana-de-açúcar. Esta redução pode estar associada à diminuição da matéria orgânica (Tabela 1) e, conseqüentemente a diminuição da agregação. Os resultados obtidos na pastagem e na cana-de-açúcar não estão de acordo com os valores sugeridos por Camargo & Alleoni (1997), os quais descreveram que um solo ideal deve apresentar 50% de volume de poros totais. Os menores valores de porosidade total são resultados dos maiores valores encontrados de densidade e RP, que ocorrem pelas pressões exercidas das camadas superiores sobre as subadjacentes, provocando desta forma a compactação (GOMES et al., 1992).

Conclusões

O perfil de resistência do solo a penetração sob pastagem mostrou-se menor em relação à área de cana-de-açúcar, entretanto, superior ao solo da mata como referencial.

A área sob cana-de-açúcar com colheita mecanizada apresentou maiores valores de RP e densidade, bem como maior redução da porosidade total.

Houve correlação negativa entre RP e a variável porosidade e correlação positiva entre RP e densidade do solo entre os ambientes estudados.

Referências

ALCANTARA, E. N. **Efeito de diferentes métodos de controle de plantas daninhas na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sobre a qualidade de um Latossolo Roxo Distrófico.** 1997. 133p. Dissertação (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

AZEVEDO, E. C.; SVERZUT, C. B. Alterações dos atributos físicos e químicos do solo sob pastagem no sudoeste do estado de Mato Grosso. **Revista Agropecuária Tropical Cuiabá**, v. 9, n. 1, p. 7-23, 2006/2007.

BENGHOUGH, A. G.; MULLINS, C. E. Mechanical impedance to root growth: A review of experimental techniques and root growth responses. **Journal of Soil Science**, v. 41, p. 341-358, 1990.

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 Ciência do Solo**, v. 32, p. 975-983, 2008.

BYRNES, W. R.; McFEE, W. W.; STEINHARDT, G. C. **Soil compaction related to agricultural and construction operations**. West Lafayette, Purdue University, 1982. 164p.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento de plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1997. 132p.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Conceitos gerais de compactação do solo**. Disponível em: <http:www.infobios.com/artigos/compsolo/comp1.htm>. Acesso em: 15 out. 2009.

CAMPBELL, D. J.; O'SULLIVAN, M. F. **The cone penetrometer in relation to trafficability, compaction, and tillage**. In: SMITH, K. A.; MULLINS, C. E. Soil Analysis. New York: Marcell Dekker, 1991. p. 399-423.

CANARACHE, A. Penetrometer: a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. **Soil Tillage Research**, v. 16, p. 51-70, 1990.

CERRI, C. C.; FELLER, C.; CHAUVEL, A. Evolução das principais propriedades de um Latossolo Vermelho-Escuro após desmatamento e cultivo por doze e cinqüenta anos com cana-de-açúcar. **Cachiers Orstom**, Série Pedológie, bondy, v. 26, p. 37-50, 1991.

DEXTER, A. R.; YOUNGS, I. M. Soil physic toward 2000. **Soil Tillage Research**, v. 24, p. 101-106, 1992.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212p.

GOMES, A. dos S.; CUNHA, N. S. da; PAULETTO, E. A.; SILVEIRA, R. J. da C.; TURATTI, A. Solos de várzea: uso e manejo. In. CHRISTIANSEN, M. N.; LEWWIS, C. F. **Breeding plants for less favorable environments**. Beltsvill: J Wiley, 1982. p.293-334.

LONGO, R. M.; ESPÍNDOLA, C. R.; RIBEIRO, A. Í. Modificações na estabilidade de agregados no solo decorrentes da introdução de pastagens em áreas de cerrado e

floresta amazônica. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 3, n. 3, p. 276-280, 1999.

MELO, V. F.; SILVA, J. R. C. Propriedades físicas de um Latossolo Amarelo álico, em áreas sob cultivo e vegetação natural de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa, 1995. v. 3, p. 1890-92.

MARTINELLI, B. M.; DIAS, H. C. T.; PAIVA, H. N. de; SALIM NETO, S. C. Resistência mecânica à penetração em solos com diferentes usos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 2002, Cuiabá-MT. **Anais...** Cuiabá: Editora da Universidade Federal de Mato Grosso, 2002. p. 4.

MOREIRA, J. A. V.; OLIVEIRA, I. P. de; GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F. Atributos químicos físicos de um latossolo vermelho distrófico sob pastagens recuperada e degradada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n. 3, p. 155-161, 2005.

MULLER, M. M. L.; GUIMARÃES, M. F.; DESJARDINS, T.; MARTINS, P. F. S.. Degradação das pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento das raízes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 11, p. 1409-1418, 2001.

PEREIRA, J. O.; SIQUEIRA, J. A. C.; URIBE-OPAZO, M. A.; SILVA, S. L. Resistência do solo a penetração em função do sistema de cultivo e teor de água do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 171-174, 2002.

RALISCH, R.; MIRANDA, T. M.; OKUMURA, R. S.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F.; SCOPEL, E.; BALBINO, L. C. Resistência a penetração de um latossolo vermelho amarelo do cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 4, p. 381-384, 2007.

SERAFIM, M. E.; VITORINO, A. C. T.; PEIXOTO, P. P. P.; SOUZA, C. M. A.; CARVALHO, D. F. Intervalo hídrico ótimo em um latossolo vermelho distroférrico sob diferentes sistemas de produção. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 4, p. 654-665, out./dez. 2008.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J. REICHERT, J. M. Suscetibilidade à compactação de um Latossolo vermelho-escuro e de um PodzólicoVermelho-amarelo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 24, p. 239-249, 2000.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 15, p. 229-235, 1991.

VASCONCELOS, A. C. M. **Desenvolvimento do sistema radicular da parte aérea de socas de cana-de-açúcar sob dois sistemas de colheita**: crua mecanizada e queimada manual. 2002. 140p. Dissertação (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.