



Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico sob diferentes manejos e métodos

Penetration resistance of a dystrophic Red-Yellow Latosol (Oxisol) under different managements and methods

Lucivânia Izidoro da Silva¹ , Milton César Costa Campos² , Paulo Guilherme Salvador Wadt³ , José Maurício da Cunha¹ , Ivanildo Amorim de Oliveira⁴ , Ludmila de Freitas⁴ , Eduardo Antônio Neves dos Santos¹ , Elilson Gomes de Brito Filho^{*1} 

¹Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, Universidade Federal do Amazonas, Humaitá, Amazonas, Brasil

²Departamento de Solos e Engenharia Rural, Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba, Brasil

³Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Agroflorestal), Porto Velho, Rondônia, Brasil

⁴Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Ariquemes, Rondônia, Brasil

E-mails: lucy-vany@hotmail.com (LIS); mcesarsolos@gmail.com (MCCC);

paulo.wadt@embrapa.br (PGSW); maujmc@gmail.com (JMC); ivanildoufam@gmail.com (IAO);

ludmilafreitas84@gmail.com (LF); edusantos.engflorestal@hotmail.com (EANS)

*E-mail para correspondência: bfsambiente@gmail.com (EGBF)

Recebido (Received): 21/09/2019

Aceito (Accepted): 30/05/2020

Resumo: Os sistemas de manejo têm grande influência nas propriedades físicas do solo e estão relacionados com a compactação do solo. Assim, este trabalho teve o objetivo avaliar a resistência mecânica do solo à penetração de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico sob diferentes manejos. O experimento foi desenvolvido no campo experimental da Embrapa Rondônia, no município de Porto Velho, RO, sendo coletadas amostras para as análises nas profundidades de 0 a 0,05; 0,05 a 0,10; e 0,10 a 0,20 m. Os penetrômetros utilizados foram: um eletrônico modelo MA-933/Marconi, e um automatizado de campo, modelo SOLO TRACK/Falker. Os tratamentos consistiam na ausência e adição de 2000 kg ha⁻¹ de gesso agrícola, ausência e presença de escarificação do solo, e três sistemas de sucessão de culturas: SP (soja/pousio), SMP (soja/milho/pousio) e SMBP (soja/milho/braquiária/pousio). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2x2x3 com oito blocos. Os dados foram submetidos à análise de variância, e quando constatada significância, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5 % de probabilidade. Os sistemas de sucessão de culturas podem influenciar nas características físicas do solo, os menores valores de RP foram observados nos sistemas de sucessão SMBP e SMP. O penetrômetro MA-033 mostrou-se adequado para avaliação da resistência a penetração.

Palavras-chave: Manejo; Resistência do solo; Propriedades físicas.

Abstract: Soil management systems have a great influence on soil physical properties and are related to soil compaction. This work aimed to evaluate the soil mechanical resistance to penetration of a dystrophic Red-Yellow Latosol (Oxisol) under different management. The experiment was carried out at Embrapa Rondônia experimental field, in Porto Velho, RO, Brazil. Samples were collected for analysis at depths from 0 to 0.05; 0.05 to 0.10; and 0.10 to 0.20 m. The penetrometers used were: an electronic model MA-933 / Marconi, and an automated field, model SOLO TRACK / Falker. The treatments consisted of the absence and addition of 2000 kg ha⁻¹ of agricultural plaster, absence and presence of soil scarification, and three crop succession systems: SP (soybean / fallow), SMP (soybean / corn / fallow) and SMBP (soybean / maize / brachiaria / fallow). The experimental design was in randomized blocks, in a 2x2x3 factorial scheme with eight blocks. Data were subjected to analysis of variance, and when significance was found, means were compared by the Scott-Knott test at the 5% probability level. Crop succession systems can influence soil physical characteristics, the lowest PR values were observed in SMBP and SMP succession systems. The MA-933 was better to evaluate of mechanical penetration resistance.

Keywords: Management; Soil resistance; Physical properties.

1. Introdução

A degradação física do solo tem sido verificada em sistemas convencionais como resultado do tráfego de máquinas agrícolas (ESCAPINELLI *et al.*, 2016), como também em sistemas mais conservacionistas, como o plantio direto ou cultivo mínimo (NUNES *et al.*, 2014a, 2015), sendo entre as alterações físicas a compactação do solo como o principal fator a afetar a produtividade das culturas (VALADÃO *et al.*, 2017).

A compactação do solo pode ser entendida como uma alteração estrutural que causa a reorganização das partículas e de seus agregados, o que aumenta a densidade e ocasiona a diminuição da porosidade, podendo interferir nas trocas gasosas, absorção de nutrientes, infiltração e redistribuição de água, na emergência das plântulas e comprometimento do desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea (ROSSETTI; CENTURION, 2017). Essa compactação normalmente ocorre a poucos centímetros abaixo da superfície do solo (DRESCHER *et al.*, 2012).

Em sistemas convencionais, práticas como aração profunda seguida de subsolagem do solo pode contribuir para romper a camada compactada; todavia, em sistemas conservacionistas, como cultivo mínimo ou plantio direto, a adoção destas práticas não é indicada por resultar em forte movimentação do solo. Como alternativa para reduzir. Desta forma são realizados manejos conservacionistas que visem minimizar esses impactos, como a gessagem que através das propriedades agregante de seus íons é capaz de beneficiar a estrutura do solo (DELINIÈRE *et al.*, 2014), a escarificação superficial para revolver o solo e aumentar a aeração e reduzir a densidade (MATTSSON E BERGSTEN, 2003), ou a sucessão de cultura com espécies com sistema radicular abundante, como algumas poáceas, que podem contribuir para a melhor agregação do solo e com o rompimento da camada adensada (XIA; LIU, 2010), os três citados quando realizados de forma adequadas auxiliam na descompactação e conservação do solo.

Um dos parâmetros utilizados para se avaliar a compactação do solo é a resistência mecânica à penetração. Este atributo está diretamente relacionado ao crescimento das plantas e descreve a resistência física que o solo exerce sobre a raiz que tenta se mover através dele (LABEGALINE *et al.*, 2016). Valores de resistência mecânica acima de 2,0 MPa afetam negativamente a penetração das raízes, a aeração e a disponibilidade de água e nutrientes no solo (TORMENA *et al.*, 1998; DALCHIAVON *et al.*, 2011). A resistência mecânica à penetração é uma técnica quantitativa, de fácil operação e rapidez de determinação e obtenção de dados, com baixo custo operacional (VALENTE *et al.*, 2019; THEODORO *et al.*, 2018; MEDEIROS *et al.*, 2013).

A avaliação da resistência a penetração é determinada por equipamentos denominados de “penetrômetros” (SANTANA *et al.*, 2014), porém, com diversidade dimensões resultando em variações entre os diferentes tipos de equipamentos, motivo pelo qual se recomenda avaliações comparativas diretas para uma adequada interpretação dos dados.

Dentre os mais conhecidos, estão os penetrômetros estáticos, que registram RP por unidade de área, os penetrômetros dinâmicos (penetrômetro de impacto), que registram a RP por unidade de profundidade, o que não permite a comparação direta dos aparelhos. Ainda, o penetrômetro estático eletrônico, que determina vários valores de resistência na mesma amostra, dos quais se utiliza o valor médio de RP, e os penetrômetros de impacto e de anel dinamométrico, que determinam a RP máxima (HERRICK; JONES, 2002). Isso impossibilita a comparação direta dos penetrômetros. Entretanto, em vários trabalhos, a compactação do solo é avaliada por meio da resistência à penetração determinada com diferentes penetrômetros e, a partir dos resultados, são realizadas inferências nas resistências à penetração críticas ao crescimento radicular das plantas de 2,0 MPa (TAYLOR *et al.*, 1966).

Deste modo, devido à diversidade dos penetrômetros disponíveis para determinação da resistência do solo a penetração, são necessárias investigações sobre suas características e disponibilidade de informações (SORIANI *et al.*, 2018), tendo a finalidade de auxiliar na interpretação dos dados. Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo a resistência a penetração em função de variações nos sistemas de manejo de um Latossolo Vermelho-amarelo, utilizando-se duas técnicas independentes.

2. Material e métodos

O experimento foi instalado no campo experimental da Embrapa Rondônia, no município de Porto Velho, RO (**Figura 1**), para avaliar efeito de doses de gesso agrícola, escarificação do solo e sistemas de rotação da

soja (soja/pousio, soja/milho/pousio e soja/milho/braquiária/pousio) sobre as propriedades físicas, químicas e a produtividade da soja. O clima da região é do tipo tropical, subtipo Am (chuvas tipo monção), segundo a classificação de Köppen, com média anual de temperatura em torno de 24,9°C e umidade relativa de 89%. A precipitação pluvial média varia entre 2.000 e 2.200 mm, com uma estação seca de junho a setembro (ALVARES *et al.*, 2013). O solo do local foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2018).

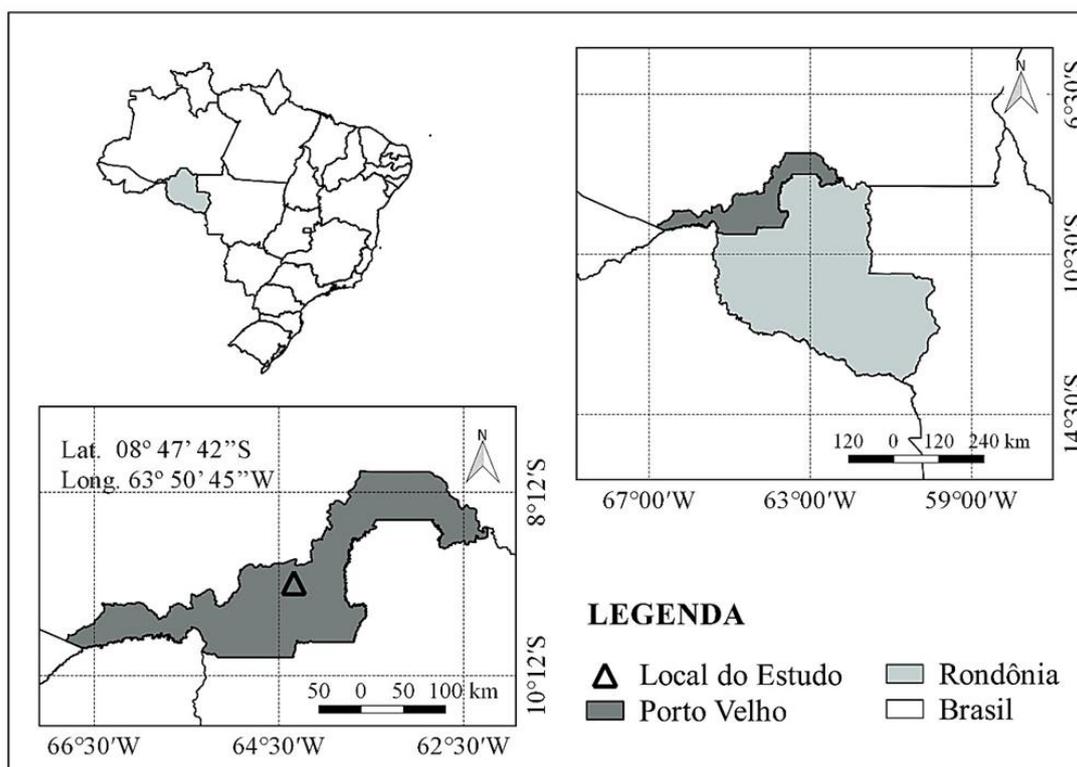


Figura 1: Localização da área de estudo no município de Porto Velho, RO.

Fonte: Base cartográfica digital do IBGE.

Antes da implantação do experimento, a área foi cultivada com *Brachiaria brizantha* cv. Marandú durante dezoito anos (1990 a 2008), após esse período foi mantida em pousio por quatro anos (2009 a 2013), quando então foi instalado o experimento no ano agrícola 2013, safra 2014, em área contida no campo experimental da Empresa Rondônia, no município de Porto Velho-RO, situado à latitude 08° 47' 42'' sul e longitude 63° 50' 45'' oeste e altitude de 95 m.

Na implantação do experimento, a única prática mecânica introduzida foi a escarificação do solo, em faixa de 54 metros, realizada antes do plantio de soja no primeiro ano do experimento (outubro de 2013). No momento da instalação dos experimentos, o solo na camada de 0 a 20 cm apresentava pH em água de 5,0, teor de matéria orgânica de 32 g kg⁻¹, P e K (Mehlich-1) respectivamente, 1,4 e 12 mg dm⁻³, Ca + Mg 1,7 cmol_c dm⁻³, H+Al 5,9 cmol_c dm⁻³, Al 2,2 cmol_c dm⁻³ e saturação por bases do solo de 23% (**Tabela 1**).

Tabela 1: Análise química do solo da área experimental na camada de 0 a 20 cm.

pH H ₂ O	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	K ⁺	Al ₃₊	H ⁺ +Al ³⁺	T	SB	MO	P disponível
	-----cmol _c dm ⁻³ -----						mg dm ⁻³	
5,0	1,7	0,12	2,2	5,9	7,7	1,73	3,2	1,4

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

O delineamento experimental utilizado foi de blocos (**Tabela 2**). Os tratamentos foram com e sem escarificação mecânica do solo, com e sem gesso agrícola e três sistemas de sucessão de culturas (soja/pousio; soja/milho/pousio; soja/milho e braquiária/pousio), com oito repetições (blocos). A dose de gesso utilizada foi de 2.000 kg ha⁻¹, aplicadas a lanço e em faixas de 20 m x 54 m (**Tabela 2**).

Cada tratamento foi aplicado em unidade experimental de 4,5 m por 20 m, distribuídas em blocos com dimensão de 27 m por 40 m, em uma área total, excluindo-se bordaduras, de 160 m por 54 m.

Tabela 2: Distribuição das parcelas experimentais dentro da área experimental. **CG** - com gesso; **SG** – sem gesso; **SP** – soja, pousio; **SMP** – soja, milho, pousio; **SMBP** – soja, milho e braquiária, pousio.

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

As datas de semeadura da soja foram em novembro de 2013, dezembro de 2014, dezembro de 2015 e novembro de 2016, as semeaduras do milho e braquiária foram feitas sempre trinta dias após a colheita da soja, normalmente, no mês de fevereiro seguinte ao ano de plantio da soja. Soja e milho foram cultivados com semeadeira mecanizada e a braquiária foi cultivada por semeadura manual a lanço.

Para o plantio da soja, do milho e da braquiária, foram utilizadas como sementes os materiais disponíveis na região e indicados para a região do Cone Sul de Rondônia, com a densidade de plantio de 260 a 340 mil plantas ha⁻¹ para soja, 50 a 70 mil plantas ha⁻¹ para milho e 16 kg ha⁻¹ de braquiária. Antes do cultivo da soja e do milho e, ou, braquiária, foi aplicado herbicida desfolhante na proporção de 75 mL p.c. ha⁻¹ de carfentrazona-etílica na concentração de 400 g/L, com adição de 0,5% de óleo mineral, misturado no mesmo tanque com 3 L ha⁻¹ de glifosato na concentração de 360 g L⁻¹ do princípio ativo.

Foram feitas adubações com NPK nas seguintes formulações: 400 kg ha⁻¹ da formulação 0-30-15 em semeadura na soja, mais 300 kg ha⁻¹ da formulação 4-30-10 no cultivo do milho (com ou sem braquiária) e 150 kg ha⁻¹ da formulação 25-0-25 em cobertura na cultura do milho (com ou sem braquiária), 30 dias após germinação do milho. A retira de cada cultura foi realizada de forma mecânica.

Em fevereiro de 2017 foi realizada a leitura (penetrômetro de campo) e amostragem do solo (anel volumétrico) em três camadas, correspondente a camada superficial do solo, sendo estratificada em três profundidades (0 a 5, 5 a 10, 10 a 20 cm), com oito amostras simples por tratamento.

O anel volumétrico foi levado para laboratório e seguindo a metodologia da Embrapa (2017) onde avaliou-se a resistência do solo a penetração utilizando um penetrômetro eletrônico modelo MA-933, marca Marconi, com velocidade constante de 4 mm s⁻¹, equipado com uma célula de carga de 200 N, haste com cone de 4 mm de diâmetro de base e semiângulo de 30°, receptor e interface acoplado a um microcomputador, para registro das leituras por meio de um software próprio do equipamento (DALCHIAVON *et al.*, 2011).

No campo, a resistência mecânica do solo à penetração foi determinada utilizando o penetrômetro automatizado modelo Solo Track, marca Falker, que realiza a medição da RP através de cone metálico inserido diretamente no solo, indicando em várias profundidades, o valor de pressão correspondente à

compactação do solo. O conjunto desses valores forma o perfil de compactação do solo. O aparelho acompanha um software que permite a visualização e a análise dos dados armazenados em um computador.

A hipótese de normalidade dos dados foi testada pelo teste de Shapiro -Wilk, os dados foram submetidos à análise de variância, quando significativos por intermédio do teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5 % de probabilidade, através do software ASSISTAT 7.7 (SILVA, 2016), bem como a comparação entre os tipos de penetrômetros foi realizada pelo teste t student a 5% de probabilidade.

3. Resultados e discussão

A utilização do penetrômetro SOLO TRACK mostrou-se insensível às variações da compactação do solo entre os tratamentos aplicados (**Tabela 3**), onde nenhum dos tratamentos apresentou diferenças significativas no grau de resistência à penetração.

Por outro lado, o uso do penetrômetro MA-933 identificaram menor resistência a penetração nos tratamentos onde houve a introdução do milho ou milho e braquiária após o cultivo da soja. Ou seja, o cultivo da soja seguido de pousio resultou em maior resistência a penetração (**Tabela 3**), o que é condizente com a redução da atividade radicular e, portanto, maior possibilidade de adensamento do solo, notadamente na camada de 0 a 5 e de 5 a 10 cm de profundidade. Não houve efeito do sistema de sucessão das culturas na camada de 10 a 20 cm de profundidade.

O efeito da sucessão de culturas em reduzir a RP nos sistemas com sucessão milho e milho+braquiária (**Tabela 3**) pode ser explicado pela maior diversidade do sistema radicular da leguminosa sucedida pela gramínea (RAMOS *et al.*, 2019) aumentando a distribuição de raízes nas camadas do solo e assim contribuindo para reduzir a RP (SANTOS *et al.*, 2017). Por sua vez, Genro Júnior *et al.*, (2004) não observaram efeito dos sistemas radiculares de plantas de cobertura sobre a RP, durante o período de crescimento das espécies cultivadas.

A impossibilidade do penetrômetro SOLO TRACK em identificar variações na RP pode ser atribuída a menor reprodutibilidade dos resultados em condições de campo, devido a sua maior sensibilidade operacional, ou seja, as medições dentro dos tratamentos apresentam maior variabilidade.

Tabela 3: Valores médios para resistência do solo a penetração (RP) determinada com o penetrômetro automatizado, em função do efeito da gessagem, escarificação do solo e sistemas de sucessão de culturas, nas camadas de 0,00-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m.

TRATAMENTOS		Resistência à penetração (MPa)		
		0,0 -0,05 m	0,05 - 0,10 m	0,10 - 0,20 m
Penetrômetro SOLO TRACK				
GESSO	Com	1,54 aA	2,35 aA	2,35 aA
	Sem	1,48 aA	2,41 aA	2,37 aA
ESCARIFICAÇÃO	Com	1,49 aA	2,32 aA	2,39 aA
	Sem	1,53 aA	2,44 aA	2,44 aA
SUCESSÃO	SMBP	1,51 aA	2,37 aA	2,37 aA
	SMP	1,53 aA	2,40 aA	2,37 aA
	SP	1,49 aA	2,36 aA	2,35 aA
Penetrômetro MA-933				
GESSO	Com	0,78 aB	1,25 aB	1,26 aB
	Sem	0,86 aB	1,20 aB	1,24 aB
ESCARIFICAÇÃO	Com	0,82 aB	1,15 aB	1,21 aB
	Sem	0,82 aB	1,30 aB	1,29 aB
SUCESSÃO	SMBP	0,76 bB	1,00 bB	1,32 aB
	SMP	0,75 bB	1,00 bB	1,37 aB
	SP	0,95 aA	1,30 aA	1,39 aB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si em profundidade pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula entre o penetrômetro SOLO TRACK e o MA-933, não diferem entre si em profundidade pelo teste t student a 5% de probabilidade.

A ausência de efeito significativo ($p > 0,05$) no efeito da aplicação de gesso agrícola nas camadas em ambos penetrômetros (**Tabela 3**) concorda com Oliveira *et al.* (2017), que não verificaram efeito residual da gessagem na resistência do solo à penetração em diferentes sistemas de condicionamento do solo, provavelmente devido ao fato que baixas doses de aplicação de gesso não é eficaz em modificar os aspectos de compactação e arranjo das partículas do solo.

Quanto ao fator escarificação do solo não houve diferença significativa na RP nas três camadas avaliadas em ambos penetrômetros (**Tabela 3**). Considerando que essa avaliação foi realizada quatro anos após a aplicação do tratamento de escarificação, é provável que qualquer benefício inicial do tratamento tenha se diluído com o decorrer do tempo, indicando que a escarificação não possui efeito de longo prazo. Drescher *et al.* (2016) ao avaliarem a persistência do efeito da descompactação em um Latossolo Vermelho distrófico típico, sob plantio direto, também verificaram que o efeito da escarificação mecânica sobre a RP foram perceptíveis apenas por 18 meses após a aplicação da prática mecânica. Colonego e Rosolem (2008) também observaram que os efeitos da escarificação sobre as propriedades físicas do solo não persistem por mais de três anos.

Independentemente do método utilizado, os menores valores de RP foram encontrados nas camadas 0 a 5 cm (**Tabela 3**), sendo este um efeito direto da maior densidade de raízes das culturas e do maior teor de carbono orgânico na camada superficial. Além desses efeitos, a própria semeadura pode contribuir como uma leve escarificação do solo, reduzindo a RP.

Em profundidade, os maiores valores de RP podem estar associados a diversos fatores, desde adensamento natural, menor atividade radicular, menor teor de carbono nas camadas do solo e formação de adensamento mecânico pela movimentação das máquinas agrícolas. Tormena *et al.* (1998) e Dalchiavon *et al.* (2011) indicam que valores de RP acima de 1,0 MPa podem prejudicar o bom desenvolvimento do sistema radicular e em outros fatores edáficos ligados ao desenvolvimento das culturas. Todavia, ainda assim, é importante observar que a magnitude do grau de RP foi amplamente afetado pela técnica utilizada para sua quantificação, sugerido, que valores limites devem ser estabelecidos conforme a técnica utilizada.

4. Conclusões

A aplicação de gesso agrícola em baixa dosagem e a escarificação do solo não mostraram efeitos benéficos de longo prazo sobre a resistência a penetração do solo.

A adoção de sucessão de culturas foi benéfica em reduzir a resistência à penetração, relativamente ao tratamento com sucessão soja-pousio.

A técnica utilizada para avaliar a resistência a compactação afetou a observação dos efeitos da sucessão de culturas, indicando que o método de campo não apresenta sensibilidade suficiente para identificar as variações observadas na resistência a penetração.

Agradecimentos

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo a Pesquisa no Estado do Amazonas (FAPEAM) e a pesquisa intitulada “Efeitos do manejo sobre os atributos físicos de um latossolo vermelho-amarelo distrófico, em Poto Velho – RO” do qual o artigo é oriundo.

Referências

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONCALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brasil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, p. 711–728, 2013. <http://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B. & GROSSMAN, B. **Physical Tests For Monitoring Soil Quality**. In: Doran, J.W. Jones, A.J. eds. *Methods for assessing soil quality*. Madison, Soil Science Society of America. 1996. p. 123-141 (SSSA Special publication 49).

COLONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A. Estabilidade de agregados do solo após manejo com rotações de culturas e escarificação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p. 1399- 1407, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000400004>

- CARDOSO, D. P.; SILVA, M. L. N.; CARVALHO, G. J.; FREITAS, D. A. F.; AVANZI, J. C. Espécies de plantas de cobertura no condicionamento químico e físico do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, p. 375-383, 2013. <http://doi.org/10.5039/agraria.v8i3a2421>.
- DALCHIAVON, F. C.; DE PASSOS, M.; NOGUEIRA, D. C.; ROMANO, D.; ABRANTES, F. L.; DE ASSIS, J. T.; OLIVEIRA, M. S. Produtividade da soja e resistência mecânica à penetração do solo sob sistema plantio direto no Cerrado brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia-GO, v. 41, p. 8-19, 2011. <http://doi.org/10.5216/pat.v41i1.8351>
- DELINIÈRE, R., AUBERT, J. E., ROJAT, F., GASC-BARBIER, M. PHYSICAL, mineralogical and mechanical characterization of ready-mixed clay plaster. **Building and environment**, v. 80, p. 11-17, 2014.
- DRESCHER, M. S.; REINERT, D. J.; DENARDIN, J. E.; GUBIANI, P. I.; FAGANELLO, A.; DRESCHER, G. L. Duração das alterações em propriedades físico-hídricas de Latossolo Argiloso decorrentes da escarificação mecânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 159-168. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2016000200008>
- DRESCHER, M. S.; ELTZ, F. L. F.; DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, A.; DRESCHER, G. L. Resistência à penetração e rendimento da soja após intervenção mecânica em latossolo vermelho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1836-1844, 2012.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 4.ed. Revisada. Embrapa Solos Rio de Janeiro, 358p. 2018.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solo, 236p, 2017.
- HERRICK, J.E.; JONES, T.L. A dynamic cone penetrometer for measuring soil penetration resistance. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 66, p. 1320-1324, 2002. <http://doi.org/10.2136/sssaj2002.1320>.
- JIMENEZ, R. L.; GONÇALVES, W. G.; FILHO, J. V. D. A.; ASSIS, R. L.; PIRES, F. R.; SILVA, G. P. Crescimento de plantas de cobertura sob diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, p. 116-121, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662008000200002>
- GENRO JÚNIOR, S. A., REINERT, D. J., & REICHERT, J. M. Variabilidade temporal da resistência à penetração de um Latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 477-484, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000300009>
- LABEGALINI, N. S., BUCHELT, A. C., ANDRADE, L., DE OLIVEIRA, S. C., & CAMPOS, L. M. Desenvolvimento da cultura do milho sob efeitos de diferentes profundidades de compactação do solo. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 3, p. 7-11, 2016.
- MATTSSON, S., BERGSTEN, U. Pinus contorta growth in northern Sweden as affected by soil scarification. **New Forests**, v. 26, p. 217-231, 2003.
- MEDEIROS, J.C.; FIGUEIREDO, G.C.; MAFRA, A.L.; ROSA, J.D. YOON, S.W. Deep sub soiling of a subsurface compacted typical Hapludult under citrus orchard. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 911-919, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832013000400008>
- NUNES, M. R.; DENARDIN, J. E.; PAULETTO, E. A.; FAGANELLO, A.; PINTO, L. F. S. Mitigation of clayey soil compaction managed under no-tillage. **Soil & Tillage Research**, v. 148, p. 119-126, 2015.
- NUNES, M. R.; PAULETTO, E. A.; DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, A.; PINTO, L. F. S.; SCHEUNEMANN, T. Persistência dos efeitos da escarificação sobre a compactação de Nitossolo sob plantio direto em região subtropical úmida. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 531-539, 2014a.

- NUNES, M. R.; DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, A.; PAULETTO, E. A.; PINTO, L. F. S. Efeito de semeadora com haste sulcadora para ação profunda em solo manejado com plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 627-638, 2014b.
- OLIVEIRA, M. P.; ROQUE, C. G.; BORGES, M. C. R. Z.; OLIVEIRA, R. P.; NOGUEIRA, K. B. Efeito residual da gessagem e calagem na resistência à penetração obtida com dois penetrômetros em diferentes sistemas de manejo. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, p. 58-64, 2017. <http://doi.org/10.32404/rean.v4i1.1208>.
- RAMOS, A. M. R., AMORIM, B. M. B., FREIRE, C. T. M.; LIMA, D. L. F. A. Atributos físicos do solo em sistema consorciado e monocultivo do maracujá (*Passiflora edulis sims*). **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 13, p. 80-87, 2019.
- ROSSETTI, K. V., CENTURION, J. F. Compactação em Latossolos e suas relações com o crescimento radicular do milho. **Revista Agro@ambiente On-Line**, v. 11, p. 181-190, 2017. <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v11i3.3845>
- SANTANA, A. V.; FERREIRA, E. M.; GUMARÃES, L. E.; CALIL, F. N.; TSAI, H. M. Resistência à penetração em solo sob sistema integração lavoura-pecuária-floresta, pasto convencional e mata nativa do cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, p. 2675-2680, 2014.
- SANTOS, E., BALBINOT JUNIOR, A. A., DEBIASI, H., FRANCHINI, J. **Crescimento de raízes e produtividade de soja influenciados pela escarificação e gessagem**. In: Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA, Londrina, PR. Resumos expandidos. Londrina: Embrapa Soja. v. 36, p. 24-26, 2017.
- SANTOS, E. A. N. D. **Efeitos do manejo sobre os atributos físicos de um latossolo vermelho-amarelo distrófico, em Poto Velho-RO** (dissertação de mestrado). Programa de pós-graduação em Agronomia Tropical, Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, 2017.
- SCAPINELLI, A., DEINA, F. R., JUNIOR, D. D. V., VALADÃO, F. C. A., & PEREIRA, L. B. Sistema radicular e componentes produtivos do girassol em solo compactado. *Bragantia*, v. 75, p. 474-486, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.286>
- SILVA, F.A.S. **ASSISTAT: Versão 7.7 betas**. DEAG-CTRN-UFCG. Disponível em. <http://www.assistat.com/>. Acessado em: 10 de abril de 2016.
- SORIANI, R., SANTOS, E. D., LEITE, C. A. M., BARBOSA, C. A. C., DA SILVA, M. C. M., COLOMBO, M. C., AMARAL, H. F. Eficiência dos penetrômetros de impacto e eletrônico na detecção de compactação do solo. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 34(esp.), p. 202-211, 2018.
- TAYLOR, H.M.; ROBERSON, G.M.; PARKER JÚNIOR, J.J. Soil strength-root penetration relations to medium to coarse-textured soil materials. **Soil Science**, Baltimore, v.102, p. 18-22, 1966.
- THEODORO, G. F., GOLIN, H. O., SILVA, M. S., REZENDE, R. P., & DE ABREU, V. L. S. Influência de sistemas de preparo na manutenção da palhada e resistência do solo à penetração. **Journal Of Neotropical Agriculture**, v. 5, p. 25-30, 2018.
- 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, p. 573-581, 1998. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06831998000400002>
- VALADÃO, F. C. D. A., WEBER, O. L. D. S., JÚNIOR, D. D. V., SANTIN, M. F. M., SCAPINELLI, A. Teor de macronutrientes e produtividade da soja influenciados pela compactação do solo e adubação fosfatada. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, p. 183-195, 2017. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA15092>.

VALENTE, G. F.; SILVA, J. N.; PINTO, D. R. S.; GALVÃO, J. R. Resistência mecânica à penetração em sistemas de manejo do solo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, p. 140-145, 2019.

XIA, P., LIU, Y. Study on obstacle effect of succession cropping on *Pseudostellaria heterophylla*. **Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica**, v. 30, p. 2240-2246. 2010.



BY



NC



SA

Este artigo é distribuído nos termos e condições do *Creative Commons Attributions/Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual* (CC BY-NC-SA).