

O uso do Penetrômetro de Impacto modelo IAA/PLANALSUCAR-STOLF para diagnóstico da compactação do solo em Área de Preservação Permanente (APP) e culturas circunvizinhas de Pinhão Manso (Jatropha curcas L.) e Pinheiros (Pinus Elliottii)

El uso del Penetrometro de Impacto modelo IAA/PLANALSUCAR-STOLF para diagnóstico de la compactación del suelo en Área de Preservación Permanente (APP) y culturas alrededor de Pinhão Manso (Jatropha Curcas L.) y Pinheiros (Pinus Elliottii)

L'utilisation d'Impact Pénétromètre modèle IAA/PLANALSUCAR-OLF pour le diagnostic de compactage du sol dans la Zone de Réserve Permanente (ZRP) et les cultures environnantes de Pinhão Manso (Jatropha Curcas L.) et de Pins (Pinus Elliottii)

Vandervilson Alves Carneiro

Professor da Universidade Estadual de Goiás (UEG)
Câmpus de Ciências Exatas e Tecnologias Henrique Santillo
profvandervilson@hotmail.com

Lucimar Marques da Costa Garção

Professora da Universidade Estadual de Goiás (UEG)
Câmpus de Porangatu
lucimargeo35@gmail.com

Felipe Corrêa Veloso dos Santos

Professor da Pontifícia Universidade Católica de Goiás
PUCGO / Goiânia-GO
felipecv Santos@hotmail.com

Wilson Mozena Leandro

Professor da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos
Universidade Federal de Goiás (UFG) / Goiânia-GO
wilsonufg@gmail.com

Resumo

Os olhares tanto agrônômico como pedológico/geográfico admitem que a compactação do solo é justamente um processo em que há redução da porosidade por forças compressivas aplicadas ao solo, forçando as partículas a se moverem e ficarem mais próximas reduzindo os espaços entre elas. Esta pesquisa tem como objetivo central

avaliar a resistência do solo à penetração em sistemas de APP (área de preservação permanente) e cultivos circunvizinhos de pinhão manso (*Jatropha curcas L.*) e pinheiros (*Pinus elliottii*), em duas profundidades (0 – 20 cm e 20 – 40 cm), utilizando-se um penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf e classificação USDA (1993). Estando o solo compactado, a resistência mecânica aumenta, reduzindo a porosidade total em função da perda dos espaços vazios. A resistência do solo à penetração é um parâmetro dinâmico que avalia as possibilidades de manejo e cultivos de forma que não degrade o ambiente pedológico.

Palavras-chave: Compactação pedológica; Penetrometria; Manejo agropastoril.

Resumen

Las miradas tanto agronômica como pedológica / geográfica admitem que la compactación del suelo es justamente un proceso en que hay reducción de la porosidad por fuerzas compresivas aplicadas al suelo, forzando a las partículas a moverse y quedarse más cerca reduciendo los espacios entre ellas. Esta investigación tiene como objetivo central evaluar la resistencia del suelo a la penetración en sistemas de APP (área de preservación permanente) y cultivos circundantes de piñón manso (*Jatropha curcas L.*) y pinos (*Pinus elliottii*), en dos profundidades (0 - 20 cm y De 20 a 40 cm), utilizando un penetrómetro de impacto modelo IAA / Planalsucar-Stolf y clasificación USDA (1993) .Estando el suelo compactado, la resistencia mecánica aumenta, reduciendo la porosidad total en función de la pérdida de los espacios vacíos. La resistencia del suelo a la penetración es un parámetro dinámico que evalúa las posibilidades de manejo y cultivos de forma que no degrade el ambiente pedológico.

Palabras clave: Compactación pedológica; Penetrometría; Manejo agropastoril.

Résumé

Les regards tant agronômica comme pedológica / géographique admitem que le compactage du sol est précisément un processus dans lequel il y a réduction de la porosité par les forces de compression appliquées au sol, obligeant les particules à se déplacer et rester plus près en réduisant les espaces entre elles. Cette enquête a pour objectif principal d'évaluer la résistance du sol à la pénétration dans des systèmes de PPP (zone de préservation permanente) et cultures avoisinantes de piñón manso (*Jatropha curcas L.*) et de pins (*Pinus elliottii*), deux profondeurs (0 - 20 cm et de 20 à 40 cm), en utilisant un pénétromètre d'impact modèle IMA / Planalsucar-Stolf et classification USDA (1993) .toujours le sol compacté, la résistance mécanique augmente, en réduisant la porosité total en fonction de la perte des espaces vides. La résistance du sol à la pénétration est un paramètre dynamique qui évalue les possibilités de gestion et des cultures de forme qui ne détériore l'environnement pedológico.

Mots clés: Compactage du sol; Penetrometría; Gestion agropastoril.

Introdução

A dinâmica do processo de ocupação do Cerrado Brasileiro foi estimulada pela visão capitalista voltada para a agricultura e a pecuária, tendo como complexa a questão do manejo de solo voltado para cultivos versus localização, como gargalos a serem superados, tendo como consequência a degradação do meio físico-geográfico pelo uso intensivo.

Alguns aspectos merecem reflexão no que se refere ao uso intensivo dessas áreas quanto às diferentes formas de degradação do solo levando a ter sérios prejuízos e até mesmo perda de espaço de produção. Historicamente as formas de uso e ocupação caracterizaram-se na intensificação de uso da terra. Segundo Richartet al. (2005, p. 332):

A introdução de sistemas agrícolas em substituição às florestas causa desequilíbrio no ecossistema em que a retirada da cobertura vegetal original e a implantação de culturas, aliadas às práticas de manejo inadequadas, promovem o rompimento do equilíbrio entre o solo e o meio modificando desta forma suas propriedades físicas, químicas e biológicas.

A visão generalizada das várias regiões do Brasil sobre a questão da degradação do meio físico-geográfico gera prejuízos à capacidade agrícola dos solos. Cabe ressaltar que a compactação do solo é consequência dessas práticas inadequadas de manejo, restringindo o crescimento radicular, reduzindo a disponibilidade de água, de ar e de nutrientes, principalmente alterando a macroporosidade do solo e a infiltração da água. Com efeito, a prática de uma agricultura predatória realizada sobre bases de insuficiência tecnológica, gerou a improdutividade agrícola com reflexos sociais e econômicos negativos em um prazo relativamente curto.

Os solos do Cerrado apresentam alguns fatores podem ser limitantes: dentre eles, Goedert (1986) aponta o alto grau de agregação decorrente da presença de agentes cimentantes, como óxido de ferro e de alumínio nas camadas do solo que impedem o desenvolvimento radicular de algumas espécies vegetais. Para Lopes (1983, p. 111) este problema é ainda agravado dado à baixa capacidade de armazenamento de água disponível nestes solos, em que a alta saturação de alumínio e a baixa disponibilidade de cálcio, nas camadas subsuperficiais restringem o desenvolvimento das raízes.

A degradação das camadas do solo implica em alterações da sua estrutura, ficando comprometida a manutenção dos nutrientes necessários ao desenvolvimento saudável da planta.

Infere-se o sentido da compactação do solo, que é definida como uma alteração no arranjo das suas partículas constituintes (GUPTA *et al.*, 1987 e 1989; RICHART *et al.*, 2005). Sabendo que a compactação do solo depende de processos endógenos e exógenos, pode-se atribuir as causas de compactação a diversos fatores como apontam Gupta *et al.* (1987 e 1989) e Richart *et al.* (2005), sendo eles de origem antrópica e natural; e podem ser: impacto das gotas de chuva, operações de preparo do solo e tráfego de máquinas agrícolas onde vários processos são envolvidos na compactação. Aponta ainda a textura do solo, a umidade, a quantidade de matéria orgânica, a densidade, a porosidade, a estrutura e a compressibilidade do solo, sendo que a intensidade da compactação vai depender da forma de uso/ocupação e manejo.

É bom ressaltar que o estudo da compactação do solo é um atributo físico que tem sido estudado por muitos pesquisadores com destaque na finalidade para produção agrícola e nas propriedades físicas do solo, o que tem revelado que a compactação afeta a distribuição e o crescimento das raízes.

A aeração está associada ao tamanho dos poros que podem afetar a resistência mecânica para manejo. A compactação do solo restringe o crescimento radicular e o volume de solo explorado por ele, reduzindo a disponibilidade de água, de ar e de nutrientes. Reduz principalmente a macroporosidade diminuindo a aeração do solo e a infiltração da água, com efeitos na atividade microbiana do solo e no aumento do escoamento superficial, acelerando os processos erosivos tanto laminares como lineares e assoreamentos de corpos hídricos.

Cabe ressaltar que o estudo da compactação do solo é um atributo físico que tem sido estudado por muitos pesquisadores destacando o seu impacto na produção e produtividade agrícola e nas propriedades físicas do solo e, em estudos atuais têm revelado que a compactação do solo afeta a distribuição e o crescimento das raízes. No estudo de compactação do solo o conhecimento do processo histórico de ocupação da área perfazendo um levantamento do tipo de plantio e manejo exercido torna-se necessário para eficácia da compreensão da importância do macro e micro porosidade na obtenção de informações para o sistema de cultivos.

Levando em consideração as diferentes formas de uso e ocupação é importante ressaltar os diferentes graus de resistência do solo, no que tange a APP (Área de Preservação Permanente) e áreas com cultivo de pinheiros (*Pinus elliottii*) e pinhão manso (*Jatropha curcas L.*) com a avaliação sob o uso do penetrômetro de impacto. Desta forma, dizemos que a compactação do solo é fortemente correlacionada com a resistência do solo à penetração e mensurada por meio da penetrometria.

Os penetrômetros são aparelhos destinados a determinar a resistência do meio (solo) a que penetram e a resistência do solo à penetração que constitui uma das variáveis físicas consideradas na avaliação da qualidade do solo, podendo ainda apresentar grande variabilidade espacial. Os estudos de variabilidade espacial da resistência do solo à penetração têm sido realizados com frequência em áreas de pastagens, sistemas convencionais e sistema de plantio direto.

A proposta do experimento (figura 1) para este artigo tem por objetivo central avaliar a resistência do solo à penetração em sistemas de APP (área de preservação permanente) e cultivos circunvizinhos de pinhão manso (*Jatropha curcas L.*) e pinheiros (*Pinus elliottii*), em duas profundidades (0 – 20 cm e 20 – 40 cm), utilizando-se um penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf e classificação USDA (1993).



Figura 1 – Área dos experimentos: **A** (APP – Área de Preservação Permanente), **B** (pinheiros - *Pinus elliottii*) e **C** (pinhão manso - *Jatropha curcas L.*) **Fonte:** CARNEIRO et al., 2012

A partir das informações obtidas é possível correlacionar se há diferença de valores de resistência do solo à penetração coletados em APP (área de preservação

permanente) e cultivos circunvizinhos de pinhão manso (*Jatropha curcas L.*) e pinheiros (*Pinus elliottii*) em mesmo domínio geográfico-pedológico.

Materiais e métodos

A penetrometria consiste num método apropriado para avaliar a resistência mecânica à penetração das raízes no solo, devido à facilidade, rapidez e à possibilidade de efetuar grande número de repetições na obtenção de dados, embora possam ocorrer dificuldades na interpretação dos resultados obtidos devido à dependência desses em relação ao conteúdo de água, matéria orgânica e a textura do solo (BEUTLER et al., 2007; CARBONERA, 2007 e 2010; CASTRO et al., 2005; TORRES et al., 1999; STOLF, 1984; NASCIMENTO et al., 2007; ROQUE et al., 2003; ROBOREDO, 2005 e 2010).

Os penetrômetros são aparelhos destinados a determinar a resistência mecânica do solo a penetração. Na ocasião de coleta de dados é preciso levar em consideração a umidade do solo, pois esta influencia na resistência da penetração (BEUTLER et al., 2007; CARBONERA, 2007 e 2010; CASTRO et al., 2005; NASCIMENTO et al., 2007; ROQUE et al., 2003; ROBOREDO, 2005 e 2010; STOLF, 1984).

Dessa forma, os estudos da USDA (1993), sobre a resistência do solo à penetração que são classificadas em três classes: a) pequena < 0,1 MPa; b) intermediária 0,1 – 2 MPa e c) grande > 2 MPa.

O experimento foi conduzido na Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás (figura 2) com as coordenadas geográficas 16°35'47"S e 49°16'47"W com 730m de altitude, nos dias 08 e 12 de abril de 2012.

Para a pesquisa de campo, utilizou-se o penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf e a classificação USDA (1993), onde foram coletadas 20 amostras de solos indeformadas por meio de trado holandês via caminhamento tipo zigue-zague em área de APP (área de preservação permanente)¹ e cultivos circunvizinhos de pinhão manso (*Jatropha curcas L.*)² e pinheiros (*Pinus elliottii*)³,

¹ APP em domínio do Córrego Samambaia que percorre a propriedade rural onde está a Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (Goiânia, GO), também ladeia estrada interna e instalações laboratoriais.

² O cultivo de pinhão manso tem aproximadamente 2 (dois) anos e está localizado às margens de estrada interna e tem em suas proximidades instalações laboratoriais.

respectivamente. Para as camadas de 0 - 20 cm e 20 - 40 cm foram realizados o cálculo das médias e submetidas ao teste de Dunnett (SOUZA et al., 2002) e aplicação do software ASSISTAT - versão 7.6 beta (SILVA et al., 2006). Também foram utilizados dados climatológicos (pluviometria) de Goiânia / GO (INMET, 2012) dos últimos 10 (dez) anos (2º semestre de 2001 e 1º semestre de 2012) para análise de influência na umidade gravimétrica do solo coletado nas áreas de APP, pinus e pinhão manso.

Resultados e discussão

Na tabela 1, o teste F informa que existe diferença significativa ao nível de 1% e 5% entre os tratamentos realizados.

TABELA 1 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO TEOR DE ÁGUA NO SOLO, NAS CAMADAS (Z) DE 0-20 E 20-40 cm, EM LATOSSOLO VERMELHO SOB DIFERENTES USOS

Fonte de Variação	GL	Z	SQ	QM	F
Tratamentos	2	0-20	488.957	244.478	29.734**
		20-40	783.171	391.585	219.821**
Resíduo	27	0-20	221.995	8.222	
		20-40	48.097	1.781	

**significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$), ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).

Fonte: CARNEIRO et al., 2012.

³ Os pinheiros têm aproximadamente 45 anos, localiza-se ao lado direito da portaria principal da Instituição em tela, tem adjacências edificadas e vias internas asfaltadas.



Figura 2 – Localização das áreas de estudo (APP, pinhão manso e pinus) na Escola de Agronomia daUFG – Universidade Federal de Goiás. **Fonte:** Google Earth, 2009

Na tabela 2, a umidade gravimétrica apresenta valores iguais tanto para o pinus como para o pinhão manso nas camadas de 00–20 cm e 20–40 cm, mas a APP apresenta valores diferenciados entre as camadas analisadas.

TABELA 2 - UMIDADE GRAVIMÉTRICA (%) DE UM LATOSSOLO VERMELHO SOB DIFERENTES USOS

Camadas ¹	APP ²	Pinus	Pinhão manso
00-20	26.22 a	16.59 b	19.46 b
20-40	28.77 a	16.96 b	19.30 b

1= camada em cm, 2= Área de preservação permanente.*Letras iguais e na mesma linha não diferem significativamente pelo teste de Dunett com $\alpha=0,05$.

Fonte: CARNEIRO et al., 2012.

No caso da figura 3 abaixo, notamos diferenças ao se abordar a resistência do solo à penetração em áreas de APP, pinhão manso e pinus em domínio da Escola de Agronomia da UFG.

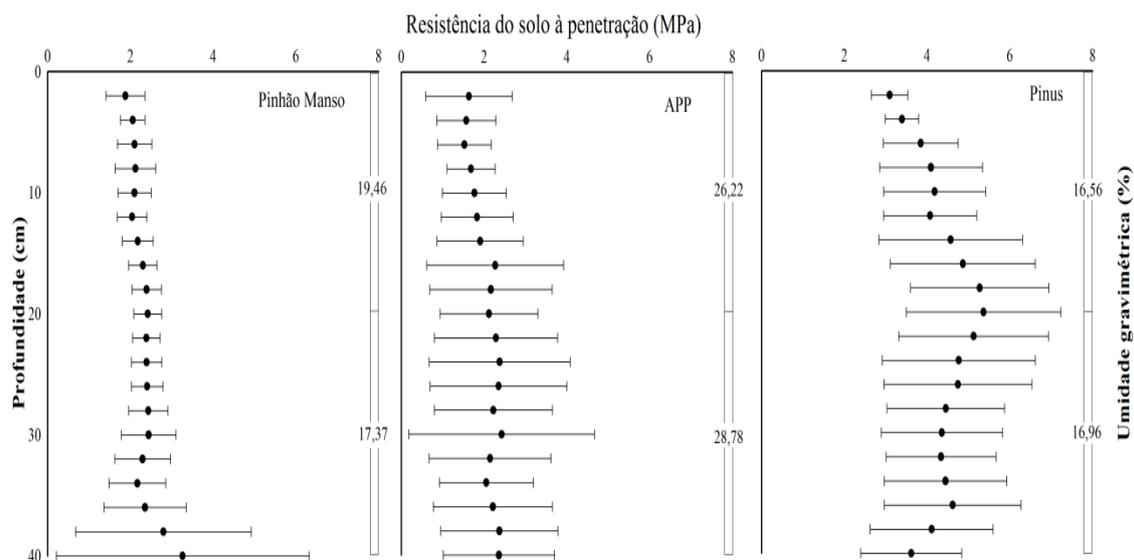


Figura 3- Resistência à penetração mecânica em Latossolo Vermelho sob diferentes usos.
Fonte: CARNEIRO et al., 2012.

A figura 3 acima também demonstra que o pinus apresenta uma resistência mecânica na camada referente aos 20 cm no intervalo de 3 a 5. Com relação ao pinhão manso, notamos uma compactação nas camadas superficiais e nas camadas profundas, mais exatamente na camada de 00-30 cm. Em área de APP, a umidade destacou-se em relação às demais áreas analisadas, refletindo-se na menor resistência ao uso do penetrômetro de impacto.

A tabela 3 abaixo apresenta significância tanto em 1% como em 5% ao se analisar a variância da resistência mecânica à penetração em Latossolo Vermelho em diferentes camadas e usos.

TABELA 3 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA RESISTÊNCIA MECÂNICA À PENETRAÇÃO DO SOLO, EM DIFERENTES CAMADAS (Z, CM), EM LATOSSOLO VERMELHO

Fonte de variação	GL	Z	SQ	QM	F
Tratamentos	2	0 -10	24.393	12.197	32.95 **
		10-20	47.659	23.830	18.828**
		20-30	35.847	17.923	9.963**
		30-40	22.812	11.406	5.986**
Resíduo	27	0 -10	9.993	0.370	
		10-20	34.173	1.266	

20-30	48.572	1.799
30-40	51.445	1.905

**significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$), ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).

Fonte: CARNEIRO et al., 2012.

Na tabela 4, verificamos que as áreas de pinhão manso e de APP apresentam uma menor resistência mecânica à penetração, já a área de pinus destaca-se por ter uma grande resistência ao uso do penetrômetro.

TABELA 4 - RESISTÊNCIA MECÂNICA À PENETRAÇÃO (MPa) EM LATOSSOLO VERMELHO SOB DIFERENTES USOS

Camadas ¹	APP ²	Pinus	Pinhão manso
0-10	1.64 b	3.72 a	2.05 B
10-20	2.06 b	4.83 a	2.27 B
20-30	2.33 b	4.69 a	2.41 B
30-40	2.23 b	4.23 a	2.58 B

1= camada em cm, 2= Área de preservação permanente.*Letras iguais e na mesma linha não diferem significativamente pelo teste de Dunett com $\alpha = 0,05$.

Fonte: CARNEIRO et al., 2012.

Verificamos que nos últimos 10 anos (2º semestre de 2001 e 1º semestre de 2012), a precipitação pluviométrica mensal no mês de março apresentou 282 mm, no mês de abril anotou-se 128mm e em maio 19mm. Portanto, o mês de abril em questão, trata-se do período de queda do período chuvoso em domínio de Cerrado (figura 4).

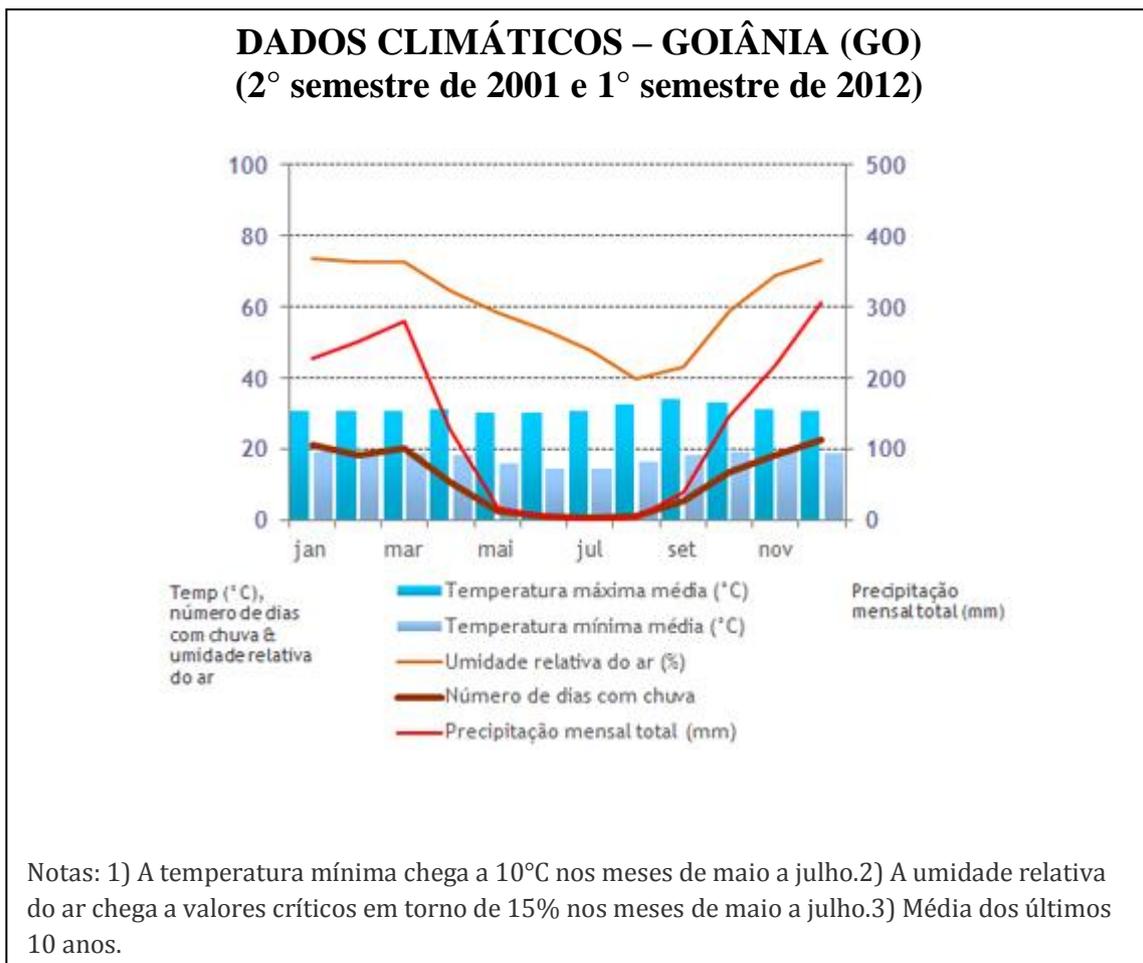


Figura 4 – Dados climáticos de Goiânia - GO (2º semestre de 2001 e 1º semestre de 2012).
Fonte: INMET (2012)

Assim, notamos que há pouca interferência de umidade nos solos coletados em domínios de pinhão manso e pinheiros. Porém, a APP naturalmente já apresenta forte umidade pelo fato de margear um curso d’água e somando-se aos tais 128 mm de chuva no período de abril.

Considerações finais

A introdução de sistemas agropecuários em supressão às matas e florestas ocasiona um desequilíbrio no bioma em que a retirada da cobertura vegetal original e as atividades agropastoris, aliadas às práticas de manejo inadequadas, alavancam a ruptura do equilíbrio entre o solo e o meio físico-geográfico, alterando assim, suas características químicas, físicas e biológicas, limitando sua utilização agropecuária. Estas perturbações ocorrem na medida em que os biomas vão sendo substituídos por atividades agrourbanas, agroindustriais e produção de alimentos em ambientes de

monoculturas e policulturas (BERTONI et al., 1993; LEPSCH, 2002; TROPMAIR, 2002; CAMARGO et al., 1997; RICHART et al., 2005).

Muitas dessas práticas de manejo do solo e das atividades agropecuárias geram alterações nas propriedades físicas do solo, as quais podem ser permanentes ou temporárias. O prisma geográfico-pedológico coaduna com o saber agrônomo, pois, a compactação do solo é definida como uma alteração no arranjo de suas partículas constituintes do solo (RICHART et al., 2005; BERTONI et al., 1993; LEPSCH, 2002; TROPMAIR, 2002; CAMARGO et al., 1997).

Os solos agrícolas vêm sofrendo grandes perturbações, sendo a compactação pedológica apontada como a principal causa destas mudanças em virtude da circulação de tratores, adensamento de rebanhos e máquinas agrícolas em condições inadequadas de manejo (BERTONI et al., 1993; LEPSCH, 2002; TROPMAIR, 2002; RICHART et al., 2005; CAMARGO et al., 1997).

Estando o solo compactado, a resistência mecânica aumenta, reduzindo a porosidade total em função da perda dos espaços vazios. A resistência do solo à penetração é um parâmetro dinâmico que avalia as possibilidades de manejo e cultivo. Diversos autores mostram que os valores de resistência à penetração são diferentes quando avaliados com teores de água diferentes (TORRES et al., 1999; BEUTLER et al., 2007; CARBONERA, 2007 e 2010; CASTRO et al., 2005; NASCIMENTO et al., 2007; ROQUE et al., 2003; ROBOREDO, 2005 e 2010).

As reações do solo ao manejo ocasionam uma reação em cadeia, alterando uma série de componentes do ambiente. Apesar disto, as avaliações das alterações das características físicas do solo pelo uso, geralmente são feitas separadamente, dificultando sua interpretação. Quando as características físicas são analisadas em conjunto, a visualização e ordem de influência dessas variáveis tornam-se mais claras (BEUTLER et al., 2007; CARBONERA, 2007 e 2010; CASTRO et al., 2005; TORRES et al., 1999; NASCIMENTO et al., 2007; ROQUE et al., 2003; ROBOREDO, 2005 e 2010).

Referências

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1999.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; SILVA, A. P. Comparação de penetrômetros na avaliação da compactação de latossolos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, 2007, v. 27, n. 1, p.146-151.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba, USP/ESALQ, 1997.

CARBONERA, L. **Comparação entre diferentes penetrômetros para diagnósticos de compactação de solo**. Piracicaba: USP-ESALQ, 2007 (Relatório Final de Atividades/Projeto de Iniciação Científica – PIBIQ 2005/2006).

CARBONERA, L. **Estudos com penetrometria** – novos equipamentos e amostragem correta. Piracicaba: USP-ESALQ, 2010 (Relatório Final de Atividades/Projeto de Iniciação Científica / Processo FAPESP nº. 2008/10862-1).

CASTRO, L. M.; COSTA, A. R.; SANTOS, J. L. S.; BALBINO, L. C. Resistência à penetração do solo em sistema de integração lavoura-pecuária no Cerrado. In: CONGRESSO DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO - CONPEEX, 2, 2005, Goiânia. **Anais...**Goiânia: XIII SIC/UFG, 2005.

GOEDERT, W. J. **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel/EMBRAPA-Cerrados, 1986.

GUPTA, S. C.; ALLMARAS, R. R. Models to access the susceptibility soil to excessive compaction. **Advanced Soil Science**, v.6, p.65-100, 1987.

GUPTA, S.C.; SHARMA, P.P.; DEFRANCHI, S.A. Compaction effects on soil structure. **Advanced Agronomy**, v. 41, p. 331–338, 1989.

LEPSCH, I. F. **Solos: formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LOPES, A. S. **Solos sob cerrado: características, propriedades e manejo**. Piracicaba: Instituto da Potassa 1983.

NASCIMENTO, J. B.; CARVALHO, G. D.; MENDONÇA, L.; MOREIRA, C. A.; LEANDRO, W. M. Análise da compactação do solo em áreas sob manejo sustentável no entorno de Goiânia, GO. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, out. 2007.

RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; LLANILLO, R. F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 321-344, jul./set. 2005.

ROQUE, C. G.; CENTURION, J.; ALENCAR, G. V.; BEUTLER, A. N.; PEREIRA, G. T.; ANDRIOLI, I. Comparação de dois penetrômetros na avaliação de resistência à penetração de um latossolo vermelho sob diferentes usos. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, 2003, v. 25, n. 1, p. 53-57.

ROBOREDO, D.; MAIA, J. C. S.; OLIVEIRA, O. J.; ROQUE, C. G. Uso de dois penetrômetros na avaliação da resistência mecânica de um latossolo vermelho distrófico. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p.307-314, mar./abr. 2010.

ROBOREDO, D. **Resistência mecânica do solo a penetração utilizando dois penetrômetros em um latossolo vermelho de Mato Grosso**. 2005. 79 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2005.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A.V. A. A new version of the Assistat-Statistical assistance software. In: WORDL CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4, Orlando (USA). **Anais...** Orlando (USA): American Society of Agriculture and Biological Engineers, 2006, 393-396.

SOUZA, A. M.; ETHUR, A. B. M.; LOPES, L. F. D.; ZANINI, R. R. **Introdução a projetos de experimentos**. Santa Maria: CCNE/UFSM, 2002.

STOLF, R. **Operação do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf**. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, 1984.

TORRES, E.; SARAIVA, O. F. **Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com a soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1999.

TROPPEMAIR, H. **Biogeografia e meio ambiente**. Rio Claro: Graf Set, 2002.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Soil survey manual**. Washington / DC: Soil Survey Division Staff, 1993.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Dados climáticos de Goiânia**. Disponível em: <<http://www.rio2016.com/pregamestraining/pt/dados-climaticos/goiania?camp=630>>. Acesso em 30/07/2012.

Recebido para publicação em fevereiro de 2016

Aprovado para publicação em abril de 2016