

ESTIMATIVA DA COMPACTAÇÃO ATRAVÉS DA RESISTÊNCIA DO SOLO A PENETRAÇÃO EM SOLO SOB DIFERENTES CULTURAS E MATA NATIVA

Murilo Henrique Freitas dos SANTOS¹; Adriana Aparecida RIBON²; Kathleen Lourenço FERNANDES³; Otávio Coscrato Cardoso da SILVA⁴; Letícia Custodio de OLIVEIRA⁵; Adriel Antônio da SILVA⁶

RESUMO: O presente teve como objetivo avaliar a resistência do solo à penetração em diferentes sistemas de manejo e mata nativa no bioma Cerrado. O experimento foi delineado em blocos ao acaso, no esquema de parcelas subdivididas, tendo como parcelas, quatro sistemas de manejo (pastagem, girassol, milho, sorgo) e mata nativa e como subparcelas profundidades do solo, com 5 repetições. Foram avaliadas a resistência do solo à penetração e a umidade gravimétrica. Verificou-se que diferentes manejos do solo promoveram alterações na resistência do solo à penetração. Onde as camadas superficiais apresentam valores acima do limite considerado crítico, dificultando o desenvolvimento radicular.

Palavras-chave: umidade gravimétrica, penetrômetro de impacto, física do solo.

ABSTRACT: This aimed to evaluate the resistance to penetration in different management systems and native forest in the Cerrado biome. The experiment was conducted in a randomized block design in a split-plot, with the plots, four management systems (pasture, sunflower, corn, sorghum) and native forest and as subplots soil depths, with 5 repetitions. We evaluated the soil penetration resistance and gravimetric moisture. It was found that different soil management practices promoted changes in soil penetration resistance. Where the surface layers have values above the limit considered critical, difficult root development.

Keywords: gravimetric moisture, impact penetrometer, soil PHYSICS.

INTRODUÇÃO

A compactação do solo é um dos principais problemas da agricultura moderna. O uso excessivo das máquinas e implementos, cultivo e pastejo intensivo, bem como a má utilização do solo têm induzido a sua compactação. A compactação do solo varia em uma larga escala de solos e climas, e é agravado pelo baixo nível de matéria orgânica, baixo nível tecnológico e também pelos tratos culturais em solo com elevada umidade (HAMZA; ANDERSON, 2005).

Em função disso, a compactação do solo tem conduzido à perda da produtividade agrícola e levado o solo à degradação (SILVA et al., 2000). Esta perda de produtividade está relacionada à interferência da compactação do solo no desenvolvimento das raízes limitando uma maior absorção de água e nutrientes pela planta em maiores profundidades.

Portanto, a compreensão e a quantificação do impacto do uso e manejo do solo na sua qualidade física são fundamentais no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis (ARAÚJO et al., 2004). Estas alterações podem ser identificadas através de ensaios de resistência do solo à penetração (RP), que é um atributo do solo sensível e eficiente em identificar as alterações estruturais dos solos (DIAS JUNIOR et al., 2004), além do mais, este atributo permite inferir sobre a maior ou menor facilidade de penetração das raízes (SILVEIRA et al., 2010), servindo como indicador dos efeitos dos sistemas de manejo do solo sobre o ambiente radicular.

Esta propriedade física do solo pode ser determinada através do penetrômetro de impacto e o princípio de utilização é baseado na resistência do solo à penetração de uma haste, após o recebimento de um impacto provocado pelo deslocamento vertical de um bloco de ferro colocado na parte superior da haste, por distância conhecida, normalmente em torno de 0,4 m. O penetrômetro de impacto (PI) modelo IAA/Planalsucar, descrito por Stolf et al. (1983) e Stolf (1991), é mais usado para avaliar a resistência do solo à penetração (RP).

Desse modo, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a resistência do solo à penetração em diferentes tipos de cultura e mata nativa nas condições do bioma cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na fazenda Imóvel Buritis no município de Palmeiras de Goiás (GO), em uma área de 1,0 ha cultivada com diferentes tipos de culturas e mata nativa em um Latossolo Vermelho Amarelo, por seguinte o solo foi classificado de acordo com (EMBRAPA, 2006) (Figura 2), com altitude 569m, 16° 51' 21'' latitude-sul e 49° 58' 44'' oeste.

Foram realizadas na área coletas de resistência do solo à penetração através de um penetrômetro de Impacto modelo IAA/Planalsucar / Stolf em pontos determinados totalmente ao acaso nas profundidades de 0-0,1m; 0,1-0,2m; 0,2-0,3m; 0,3-0,4m; 0,4-0,5m e 0,5-0,6m nos diferentes tipos de culturas.

O delineamento experimental usado foi de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, considerando como Parcelas os cinco diferentes tipos de culturas (pastagem, girassol, milho, sorgo, mata nativa), como subparcelas as profundidades do

solo, e 5 repetições. Cada tratamento se deu numa área de aproximadamente 1800 m² dentro dessa área experimental e foram estabelecidos da seguinte forma:

- Pastagem: Área de pastagem com capim Brachiaria destinado ao pastoreio de animais;
- Girassol: 1ª safra após cultivo de soja com 5 anos de abertura;
- Milho: Sob pivô, com sucessão milho semente no inverno e soja no verão por dois anos consecutivos.
- Sorgo: Após soja (obtenção de palhada);
- Mata Nativa: Área de Vegetação Permanente Natural.

Na Tabela 1, mostra o modelo de dados obtidos em uma determinada área. Todos os resultados de penetrometria coletados na área amostrada serão transformados em resistência mecânica (MPa), onde os dados de impactos/cm para impactos/dm foram obtidos pela fórmula: (nº impactos/cm/profundidade) x 10, impactos/dm para Kgf. cm⁻² utilizou a fórmula dos Holandeses de acordo com Stolf (1991): e de Kgf. cm⁻² para MPa dividiu se por 10. O número de impactos/dm foi transformado em resistência dinâmica (MPa) através da seguinte fórmula proposta por Stolf (1991): R-kgf. cm⁻² = (5,6 +6,89 x N) x 10; onde: N - número de impactos/decímetro; R-resistência do solo-MPa.

A umidade gravimétrica foi coletada ao acaso, num total de 6 pontos/ha na área experimental, nos mesmos dias de amostragem da resistência do solo à penetração. Para determinação de umidade do solo, empregou-se o método gravimétrico determinando-se também a massa do solo úmido, utilizando uma balança analítica de precisão.

$$Ug = \frac{Mu - Ms}{Ms}$$

onde Ug é a umidade gravimétrica (kg kg⁻¹), Mu é a massa de solo úmida (kg) e Ms é a massa do solo seco (kg) na estufa por 24 h a 105°C.

As análises para obtenção dos parâmetros estatísticos das propriedades físicas avaliadas foram realizadas separadamente para cada volume de amostras, através do Programa SAS (1991).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resistência do solo à penetração

Na Tabela 1 encontram-se expressos a análise de variância dos resultados médios da RP. Observou-se que houve diferenças significativas em todos os sistemas de manejo e profundidade ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$), indicando que houve influência do sistema de manejo do solo na resistência do solo à penetração radicular e entre as profundidades do solo, para um mesmo sistema de manejo.

Tabela 1. Análise de Variância da resistência do solo á penetração em função dos diferentes tipos de culturas e mata nativa e profundidades do Latossolo Vermelho Amarelo. (Palmeiras de Goiás-GO, 2014).

| Causas da Variação | Graus de Liberdade | Soma de Quadrados | de Quadrado Médio | F |
|------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|------------|
| Sistema de manejo (Ta) | 4 | 448.21891 | 112.05473 | 36.9202 ** |
| Resíduo-a | 20 | 60.70099 | 3.03505 | |
| Parcelas | 24 | 508.91990 | | |
| Profundidade (Tb) | 5 | 298.87168 | 59.77434 | 58.5831 ** |
| Int. TaxTb | 20 | 167.96895 | 8.39845 | 8.2311 ** |
| Resíduo-b | 100 | 102.03337 | 1.02033 | |
| Total | 149 | 1077.79390 | | |

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$) ns não significativo ($p \geq .05$)

A Tabela 2 apresenta os dados de resistência do solo à penetração nos diferentes tipos de culturas estudados.

Tabela 2. Médias de resistência à penetração do Latossolo Vermelho Amarelo sob diferentes tipos de culturas e mata nativa. (Palmeiras de Goiás-GO, 2014).

| Sistemas de Manejo | Profundidades (cm) | | | | | |
|--------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| | 0-10 | 10-20 | 20-30 | 30-40 | 40-50 | 50-60 |
| Milho | 2,213 cA | 2,213 cA | 2,764 bA | 2,489 bA | 1,800 bA | 1,524 aA |
| Sorgo | 3,040 bcBC | 5,383 bA | 4,142 bAB | 2,489 bBC | 1,800 bC | 1,662 aC |
| Mata | 4,556 bA | 5,107 bA | 3,729 bAB | 2,627 bB | 2,075 bB | 1,938 aB |
| Girassol | 4,694 bAB | 4,969 bA | 4,005 bAB | 3,040 bBC | 1938 bC | 1,662 aC |
| Pastagem | 11,446 aA | 11,308 Aa | 7,450 aB | 5,383 aC | 4,418 aCD | 3,040 aD |

Médias obtidas com as mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. DMS para colunas = 2.0510; DMS para linhas = 1.8575 CV (%) Sistemas de Manejo=45,48; CV (%) profundidades = 26,37

Comparando as camadas superficiais (0-10 e 10-20 cm) dos sistemas de manejo, observou-se que a pastagem apresentou as maiores médias de resistência do solo à penetração, significativamente superior as demais, provavelmente demonstrando o efeito deletério das altas cargas do pisoteio de animais que contribuíram para o selamento superficial dos solos. Resultado semelhante foi observado por Mello et al. (2001), que determinou compactação causada pelo pisoteio de animais na faixa de 0 a 10 cm de profundidade, fato esse devido a compactação causada pelo excessivo pisoteio animal na camada superficial do solo. Magalhaes et al. (2009) mostram os valores mais altos de resistência nas camadas superficiais em áreas de pastagens devido às alterações nas propriedades físicas, principalmente a porosidade do solo.

Já o sorgo, mata e girassol não apresentaram diferenças significativas entre as médias obtidas nas camadas superficiais, entretanto foi inferior à pastagem. Observou-se que nos três tratamentos as médias de resistência estão todos superiores à 2,0 MPa, valor este considerado impeditivo ao crescimento radicular da maioria das culturas. Segundo Imhoff et al. (2000) o limite crítico da resistência à penetração varia entre 2-3 MPa indicando que os valores de resistência até mesmo na mata, onde não há influência do homem, estão entre os limites críticos. Uma das explicações da mata nativa apresentar valores de resistência iguais ao sorgo e girassol pode ser devido à acomodação de partículas ao longo dos anos, a grande adição de resíduos e a ausência de revolvimento podem se refletir em maior coesão entre as partículas e agregados do solo (SOANE, 1990), contribuindo para obtenção de médias elevadas desse atributo físico do solo.

O menor valor de resistência do solo à penetração nestas camadas superficiais, significativamente inferior aos demais, foi apresentado pelo milho. Comparando as camadas de 20-30, 30-40 e 40-50 cm, dos sistemas de manejo e mata nativa verificar-se que as maiores médias de resistência do solo à penetração foram obtidas na pastagem, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, e estes não diferenciam significativamente entre si.

Na camada mais profunda (50-60 cm), verificou-se que não houve diferenças significativas entre as médias de resistência do solo à penetração obtidas para todos os tratamentos, sendo que apenas a pastagem apresentou valor acima do considerado como

crítico em relação aos demais, provavelmente devido ao efeito da sobreposição das camadas superiores somado as pressões exercidas pelo pisoteio de animais.

A Figura 1 ilustra a curva de resistência do solo à penetração ao longo do perfil do Latossolo Vermelho Amarelo cultivado com milho. Observou-se que nesse tratamento, em todas as profundidades analisadas não houve diferenças significativas (Tabela 3), fato esse comprovado pelo comportamento da curva obtida, não muito acentuada. Considerando como 2,0 MPa como o limite crítico para a resistência do solo à penetração, observou-se que as camadas 0-10 até 30-40 cm apresentaram valores superiores a limite crítico. De acordo com Senra et al (2007), a análise de resistência feita de forma estratificada no perfil do solo é uma informação importante, pois possibilita a localização precisa do nível de profundidade que se deve atuar para minimizar os efeitos deletérios da resistência do solo à penetração sobre as produções agrícolas.



Figura 1. Curva de resistência do solo à penetração em Latossolo Vermelho Amarelo sob cultivo do milho. Palmeiras de Goiás-GO, 2014.

A Figura 2 ilustra a curva de resistência do solo à penetração ao longo do perfil do Latossolo Vermelho Amarelo cultivado com sorgo. No sorgo ocorreram maiores valores de resistência do solo à penetração indicando uma provável ocorrência de camadas mais compactadas (pé de arado ou pé de grade) nas profundidades entre de 10-

20 e 20-30 cm. Este aumento pode estar ligado à sobreposição de camadas do solo devido às operações de preparo. Reinert et al. (2008) ao trabalharem com um Argissolo Vermelho Distrófico típico e diversas culturas encontraram menores valores de RP nas camadas mais superficiais do solo (0,00-0,10 m). Enquanto que, Tormena et al. (2002) quando trabalharam com um Latossolo Vermelho distrófico encontraram maiores valores de RP, tanto em preparo mínimo quanto em convencional, na camada de 0,25-0,35 m, acima de 2,0 MPa, porém o preparo convencional obteve o maior valor (2,5 MPa).

Ainda para o sorgo, a profundidade de 20-30 cm não diferiu estatisticamente da profundidade de 30-40 cm, entretanto esta diferiu estatisticamente das camadas mais profundas do solo (40-50 e 50-60 cm). Do mesmo modo que o milho, observou-se no sorgo que as camadas 0-10 até 30-40 cm apresentaram valores superiores a limite crítico de 2,0 MPa, entretanto para este tratamento a maior média foi em torno de 6,0 MPa, faixa essa considerada muito alta para esse atributo físico, de acordo com Benedetti et al (2010).



Figura 2. Curva de resistência do solo à penetração em Latossolo Vermelho Amarelo sob cultivo do sorgo. Palmeiras de Goiás, 2014.

A curva de resistência do solo à penetração para a mata nativa (Figura 3), mostrou que, a mata por apresentar vegetação permanente que não sofreu alterações,

encontrou resultados altos em todas as camadas, exceto na de 50-60cm. Este fato comprova o efeito da acomodação das partículas pela ausência de revolvimento do solo em sistemas não antropizados.



Figura 3. Curva de resistência do solo à penetração em Latossolo Vermelho Amarelo sob mata nativa. Palmeiras de Goiás-GO, 2014.

Pela curva de resistência do solo à penetração para girassol (Figura 4), observou-se que as profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm não diferem estatisticamente e em todas essas profundidades citadas o valor médio da resistência está acima do limite crítico, e nas profundidades de 40-50 e 50-60 cm os valores obtidos foram abaixo de 2 MPa. Porém, em comparação com o sistema de manejo do milho o girassol apresenta em todas as camadas valores superiores ao mesmo, encontrando-se na faixa de resistência muito alta (BENEDETTI et al., 2010).



Figura 4. Curva de resistência do solo à penetração em Latossolo Vermelho Amarelo sob girassol. Palmeiras de Goiás-GO, 2014.

A curva de resistência do solo à penetração para o Latossolo Vermelho Amarelo (Figura 5) sob camadas mais superficiais do solo em relação as demais, comprovando o efeito da pressão exercida pelo pisoteio de animais promovendo a compactação superficial do solo. Os valores de resistência nesse tratamento encontra-se dentro da faixa extremamente alta, de acordo com Benedetti et al. (2010).



Figura 5. Curva de resistência do solo à penetração em Latossolo Vermelho Amarelo sob pastagem. Palmeiras de Goiás-GO, 2014.

Observou-se então, com este trabalho, que os diferentes sistemas de manejo (sorgo, milho, girassol e pastagem) e mata nativa, apresentou variações nos valores de resistência do solo à penetração, indicando que este atributo físico é altamente influenciado pelo manejo do solo e que valores considerados como críticos podem acarretar possíveis impedimento ao sistema radicular das culturas, que por sua vez afetam a produtividade. Portanto, medidas devem ser tomadas para que não haja aumento na degradação física do solo, pois são fatores que limitam o bom desenvolvimento radicular das culturas.

A resistência do solo à penetração torna-se então um importante indicativo da compactação dos solos cultivados, entretanto, antes de indicar um provável manejo de descompactação com maquinários, é necessária uma avaliação do aspecto morfológico do sistema radicular das culturas como complementação a este estudo.

Umidade gravimétrica

A umidade gravimétrica (UG), também é uma importante propriedade física do solo, mostrando ser inversamente proporcional aos valores de resistência do solo à

penetração (RP), onde valores mais acentuados de RP podem estar ligados ao baixo valor de umidade do solo na hora da coleta das amostras.

A Tabela 3 mostra os valores de umidade gravimétrica encontrados para cada tratamento no mesmo dia da coleta de resistência do solo á penetração.

Tabela 3. Valores de Umidade Gravimétrica (%) obtidos para o Latossolo Vermelho Amarelo sob diferentes tipos de culturas e mata nativa. (Palmeiras de Goiás, 2014).

| Profundidade | Tratamentos | | | | |
|--------------|-------------|----------|----------|----------|----------|
| | Milho | Sorgo | Mata | Girassol | Pastagem |
| 0-10 | 23,32724 | 20,92192 | 20,73406 | 19,62894 | 13,73979 |
| 10-20 | 22,91559 | 20,1548 | 20,95294 | 19,35044 | 12,31984 |
| 20-30 | 26,34426 | 20,68877 | 21,45181 | 20,40336 | 13,44132 |
| 30-40 | 27,01995 | 22,6783 | 24,24242 | 23,88959 | 13,88709 |
| 40-50 | 29,35039 | 26,49472 | 26,40646 | 23,62143 | 16,42157 |
| 50-60 | 29,97954 | 24,75395 | 27,05457 | 23,17695 | 16,71546 |

No milho em comparação entre a RP e a UG notou-se que nas camadas mais profundas onde apresentou maior valor de UG a RP teve valores inversamente proporcionais, com valores mais baixos.

No sorgo manteve a UG em 20% nas 3 primeiras profundidades analisadas, porém, os valores de RP diferiu entre as camadas analisadas, já nas camadas mais profundas apresentou valores de UG superior, conseqüentemente os valores de RP foram valores mais baixos. Isso mostra que geralmente a UG e a RP são propriedades físicas inversamente proporcionais, onde o maior valor de UG tende a apresentar um menor valor de RP. A umidade altera a coesão entre as partículas do solo e, quando o solo está seco ou apresenta baixo conteúdo de água, suas partículas apresentam-se mais próximas e difíceis de serem separadas por qualquer força externa (SILVEIRA et al., 2010), podendo promover elevados valores de resistência do solo.

No girassol pode se observa que quando a UG apresentou valores entre 19 a 20% sua resistência se manteve entre 3 à 4 MPa, quanto nas camadas mais profundas apresentaram maiores valores de UG a RP obteve um decréscimo chegando a valores abaixo de 2MPa.

Os solos cultivados mostraram UG semelhantes entre eles em todas as profundidades, não diferindo do sistema de mata, porém no sistema de pastagem foram onde mostraram os menores valores de umidade.

No sistema de manejo mata mostrou uma maior UG em relação ao manejo pastagem, o que pode estar relacionado ao maior conteúdo de matéria orgânica e a cobertura do solo com resíduos vegetais que diminuem as perdas de água por evaporação (SOLINO et al. 2010). CHEN et al. (2007) comentam que a cobertura vegetal exerce uma condição importante na dinâmica da água no solo, preservando-a e conservando a umidade no solo, condição encontrada no tratamento com vegetação nativa.

O tratamento de sorgo e mata apresentaram resultados semelhantes de UG nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, onde os valores da média de RP também não diferiram estatisticamente, porém os valores nessas profundidades mostraram acima do limite crítico de RP.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos no trabalho, as diferentes formas de manejo do solo promoveram alterações na resistência do solo à penetração. Em todos os diferentes tipos de culturas e para as camadas mais superficiais do solo, a resistência do solo à penetração obtida apresentou-se acima do valor crítico considerado impeditivo ao sistema radicular das culturas.

A resistência do solo à penetração torna-se então um importante indicativo da compactação dos solos cultivados, entretanto, antes de indicar um provável manejo de descompactação com maquinários, é necessária uma avaliação do aspecto morfológico do sistema radicular das culturas como complementação a este estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ARAUJO, M. A.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 28, p. 337-345, 2004.

- BENEDETTI, M.M.; DUARTE, I.N.; MELO JUNIOR, H.B.; BORGES, E.N. Resistência do solo à penetração em um latossolo vermelho distrófico típico sob diferentes usos. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia*, vol.6, N.11; 2010.
- CHEN, L.; HUANG, Z.; GONG, J.; FU, B.; HUANG, Y. The effect of land cover/vegetation on soil water dynamic in the hilly area of the loess plateau, China. *Catena* 70: 200-208 (2007).
- DIAS JUNIOR, M. S.; SILVA, A. R.; FONSECA, S.; LEITE, F. P. Método alternativo de avaliação da pressão de preconsolidação por meio de um penetrômetro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa*, v. 28, p.805-810, 2004.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SOLOS, 2006. 306p.
- HAMZA, M. A.; ANDERSON, W. K. Soil compaction in cropping systems A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil and Tillage Research*, v. 82, Issue 2 , p. 121-145, 2005.
- IMHOFF, S.; SILVA, A. P. da; TORMENA, C. A. Aplicações da Curva de Resistência no Controle da Qualidade Física de um Solo sob Pastagem. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, v. 35, n. 7, p. 1493-1500, jul. 2000.
- MAGALHÃES, W. de A.; CREMON, C.; MAPELI, N. C.; SILVA, W. M. da; CARVALHO, J. M. de; MOTA, M. S. da. Determinação da Resistência do Solo à penetração sob Diferentes Sistemas de Cultivo em um LATOSSOLO sob Bioma Pantanal. *Agrarian*, v. 2, n. 6, p.21-32, out./dez. 2009.
- MELLO, L.M.M. et al. : Atributos físicos do solo em pastejo rotacionado de sorgo na integração agricultura-pecuária no sistema de plantio direto. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 30, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, Resumos, 2001. 4p. CDRom.
- REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M.; AITA, C.; ANDRADA, M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.1805-1816, 2008.
- SENRA, A. F.; LOUZADA, R. O.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, C. M. A.; VICTOR, D. M.. Resistência a penetração em “Latosolo Vermelho” sob diferentes sistemas de uso e manejo do solo. *Revista Ciências Técnicas Agropecuárias* 16: 31-36 (2007).
- SILVA, V. R.; REINERT, D. J. REICHERT, J. M. Suscetibilidade à compactação de um Latossolo vermelho-escuro e de um Podzólico Vermelho-amarelo. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v. 24, p. 239-249, 2000.

SILVEIRA, D. C.; MELO FILHO, J. F.; SACRAMENTO, J. A. A. S.; SILVEIRA, E. C. P. Relação umidade versus resistência à penetração para um Argissolo Amarelo distrocoeso no recôncavo da Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 34, p. 659-667, 2010.

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

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V. L. Recomendação para uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar – Stolf. *STAB*, Piracicaba, v. 1, n. 3, p. 18-23, 1983.

TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A. C. S.; GONÇALVES, A. C. A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. *Scientia Agrícola*, v.59, p.795-801, 2002.