



EFEITO DO CARBONO ORGÂNICO E DA TEXTURA SOBRE AS CURVAS DE COMPACTAÇÃO DE UM LATOSSOLO VERMELHO EM DOIS SISTEMAS DE MANEJO

Edner Betioli Junior¹; Wagner Henrique Moreira¹; Guilherme Anghinoni²; Camila Jorge Bernabé Ferreira²; Cássio Antonio Tormena³

RESUMO: A compactação do solo é um problema comumente observado nas lavouras em que foi adotado o sistema de plantio direto (SPD), resultado da aplicação de cargas externas ao solo, em geral atribuída a tensões geradas pelo tráfego de máquinas agrícolas. Uma estratégia eficaz para avaliação da suscetibilidade a compactação do solo é através do ensaio de Proctor, que determina a umidade crítica para compactação (U_c) bem como sua densidade máxima (D_{max}) respectiva. O objetivo desse trabalho foi comparar o efeito do carbono orgânico e da textura na determinação da curva de compactação em dois sistemas de manejo distintos. Amostras com estrutura deformada foram coletadas em área de mata nativa e sob SPD por longo prazo num Latossolo Vermelho distroférico no município de Maringá, PR. Foram coletados 40 kg de solo em cada sistema de manejo na profundidade de 0-10 e 10-20 cm para realização do ensaio de Proctor. As comparações entre as curvas de compactação mostraram que não houve diferença entre as profundidades no SPD. As curvas de compactação da mata apresentaram menor D_{max} e maior U_c em relação as curvas do SPD. A variação do carbono e da textura dentro do Latossolo Vermelho distroférico estudado foi significativa na determinação da curva de compactação. Conferindo à mata valores de U_c acima e D_{max} abaixo do encontrado no sistema plantio direto.

PALAVRAS-CHAVE: Densidade máxima; Ensaio de Proctor; Umidade crítica para compactação.

1 INTRODUÇÃO

A compactação do solo é um problema comumente observado nas lavouras em que foi adotado o sistema de plantio direto (SPD), especialmente em solos argilosos. Sua origem está relacionada ao não revolvimento do solo, permitindo o acúmulo de pressões produzidas pelo tráfego contínuo de máquinas agrícolas e/ou animais, principalmente em dias de alta umidade do solo, provocando, assim, mudanças significativas em algumas propriedades físicas do solo (Mentges et al., 2007).

O ensaio de Proctor é uma técnica eficaz em avaliar a susceptibilidade dos solos à compactação. Através do ensaio de Proctor, para uma mesma energia de compactação, é possível relacionar valores de densidade (D_s) obtidos com seus respectivos valores de umidade do solo, de modo que a D_s aumenta com o incremento do teor de água até

¹ Mestrando do Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Maringá – UEM. Avenida Colombo, 5790. CEP 87020-900 Maringá (PR). wh.moreira@hotmail.com; betioli.jr@gmail.com

² Acadêmico de graduação da Universidade Estadual de Maringá. g_anghinoni@hotmail.com; kmilaphi@hotmail.com

³ Professor associado do Departamento de Agronomia, UEM. Bolsista do CNPq. catormena@uem.br

determinado valor e, depois, torna-se decrescente (Braida et al., 2006). Com a relação de diferentes valores de D_s obtidos em função da umidade de compactação obtém-se a curva de compactação do solo, a partir da qual é possível calcular a umidade crítica para compactação (U_c) bem como a densidade máxima (D_{max}) correspondente.

As alterações na matéria orgânica do solo, devido aos diferentes sistemas de manejo, podem causar alterações nos parâmetros da curva de compactação do solo (Dias Júnior & Estanislau, 1999). O maior poder de adsorção de água pela matéria orgânica diminui a quantidade de água nas partículas minerais do solo, sendo necessária maior quantidade de água para as partículas se orientarem e o solo atingir a sua D_{max} , o que resulta em maior U_c (Soane, 1990).

O objetivo desse trabalho foi comparar as curvas de compactação de uma mata com de SPD por longo prazo e avaliar o efeito do carbono orgânico e da textura na determinação da curva de compactação nos dois sistemas de manejo e profundidade num Latossolo Vermelho distroférico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Amostras com estrutura deformada foram coletadas num Latossolo Vermelho distroférico no município de Maringá, PR. Foram selecionadas duas áreas: uma cultivada e outra sob mata nativa. A área cultivada é conduzida em sistema plantio direto (SPD) desde 1980 com rotação de culturas envolvendo as culturas de milho, aveia, soja, trigo e milho de segunda safra. A área da mata nativa está localizada ao lado da área cultivada, na mesma posição do relevo. As amostras foram coletadas nas profundidades de 0 - 10 e 10 - 20 cm nos dois sistemas de manejo.

Foram coletados 40 kg de solo com estrutura deformada para determinação de três repetições da densidade máxima (D_{max}) do solo e umidade crítica para compactação (U_c) através do ensaio de Proctor, em cada profundidade e sistema de manejo. O ensaio de Proctor foi realizado conforme Nogueira (1998). Os solos coletados foram secos ao ar, peneirados em malha 4,76 mm e posteriormente compactados em três camadas num cilindro de 1.000 cm³, utilizando um soquete com massa de 2,5 kg, em 25 golpes por camada, numa altura de queda de 30 cm. O solo foi compactado em diferentes teores de água, com intervalos de cerca de 0,025 kg kg⁻¹ de umidade gravimétrica.

Os resultados da curva de compactação, ou seja, densidade do solo em função do teor de água, foram ajustados pelos modelos polinomial de segundo grau.

$$D_s = aU^2 + bU + c \quad (1)$$

em que: D_s = densidade do solo (Mg m⁻³); U = umidade gravimétrica (kg kg⁻¹); a , b e c = coeficientes obtidos no ajuste do modelo aos dados;

Subamostras de solo com estrutura deformada de cada sistema de manejo e profundidade foram homogeneizadas, secas ao ar e peneiradas em peneira com malha 2 mm para a determinação da análise granulométrica e teor carbono orgânico (Tabela 1).

A U_c e a D_{max} são obtidas a partir da primeira e segunda derivada da equação, respectivamente. Os coeficientes do modelo polinomial de segundo grau foram testados pela análise de significância pelo teste F e pelo teste t de Student ($\alpha = 0,05$) nos coeficientes. O ajuste dos dados ao modelo polinomial de segundo grau foi realizado através do software SAS institute (2002). Os coeficientes obtidos nos ajustes das curvas de compactação foram comparados utilizando teste t, conforme Glants e Slinker (1990), através da equação 2.

$$t = \frac{(\text{coeficiente}_1 - \text{coeficiente}_2)}{\sqrt{(EP_1^2 + EP_2^2)}} \quad (2)$$

Em que: coeficiente_i: estimativa do coeficiente no tratamento i; coeficiente_j: estimativa do coeficiente no tratamento j; EPI: erro padrão da estimativa do coeficiente do tratamento i; EPj: erro padrão da estimativa do coeficiente do tratamento j.

Para se avaliar a contribuição da textura e carbono orgânico do solo na D_{max} realizaram-se ajustes dos resultados por meio de regressões lineares múltiplas, com análise de significância pelo teste F e teste t de Student ($\alpha = 0,05$), utilizando-se programa estatístico SAS institute (2002).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise granulométrica, do teor de carbono orgânico (C), da densidade máxima (D_{max}), umidade crítica (U_c), F, probabilidade mínima para ser significativo (Pvalor) e coeficiente de determinação (R²), para os solos estudados, estão apresentados na Tabela 1. Observa-se que o ajuste dos dados ao modelo foi eficiente e com R² alto (>95%).

Tabela 1. Teor de argila, silte, areia, carbono, F, P valor, R², umidade crítica e densidade máxima dos solos estudados.

| Tratamentos | Argila (%) | Silte (%) | Areia (%) | Carbono (mg dm ⁻³) | F | P valor | R ² | Uc (kg kg ⁻¹) | Dmax (Mg m ⁻³) |
|----------------|------------|-----------|-----------|--------------------------------|-------|---------|----------------|---------------------------|----------------------------|
| Mata (0-10cm) | 68,33 | 16,25 | 15,42 | 26,54 | 29,95 | 0,01 | 0,95 | 0,34 | 1,37 |
| Mata (10-20cm) | 76,00 | 15,74 | 8,26 | 12,65 | 51,19 | 0,01 | 0,97 | 0,32 | 1,46 |
| SPD (0-10cm) | 65,00 | 7,00 | 28,00 | 15,73 | 41,52 | 0,01 | 0,97 | 0,29 | 1,53 |
| SPD (10-20cm) | 71,00 | 13,00 | 16,00 | 11,13 | 95,70 | 0,002 | 0,99 | 0,30 | 1,51 |

Na Tabela 2 estão dispostos os coeficientes da equação $D_s = aU^2 + bU + c$. Todos os coeficientes obtidos para os diferentes sistemas de manejo e profundidade foram significativos ($\alpha=0,05$).

Tabela 2. Resumo estatístico dos coeficientes do modelo polinomial de segundo grau.

| Tratamentos | Coefficiente | Valor | Erro estimado | T valor | P |
|----------------|--------------|---------|---------------|---------|-------|
| Mata (0-10 cm) | a | -2,645 | 0,546 | -4,850 | 0,017 |
| | b | 23,234 | 3,144 | 7,390 | 0,005 |
| | c | -33,562 | 4,486 | -7,480 | 0,005 |
| Mata (10-20cm) | a | -2,662 | 0,419 | -6,360 | 0,008 |
| | b | 25,809 | 2,721 | 9,490 | 0,003 |
| | c | -40,438 | 4,353 | -9,290 | 0,003 |
| SPD (0-10cm) | a | -2,593 | 0,446 | -5,810 | 0,010 |
| | b | 28,048 | 3,102 | 9,040 | 0,003 |
| | c | -47,745 | 5,321 | -8,970 | 0,003 |
| SPD (10-20cm) | a | -3,144 | 0,357 | -8,810 | 0,003 |
| | b | 30,824 | 2,456 | 12,550 | 0,001 |
| | c | -51,024 | 4,170 | -12,230 | 0,001 |

As curvas de compactação obtidas mostram que os valores de D_{max} e U_c do solo cultivado (SPD) são próximos (Tabela 1). A proximidade ocorre em função da igualdade estatística dos modelos que descrevem a curva de compactação no SPD (Tabela 3).

Tabela 3. Teste t para comparação dos coeficientes das equações obtidos nos diferentes sistemas de manejo e profundidade.

| Tratamentos | T _a | T _b | T _c | T tabelado |
|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|------------|
| Mata (0-10cm) x Mata (10-20cm) | 0,050 | -1,634 | 6,344 | 2,132 |
| Mata (0-10cm) x SPD (0-10cm) | -0,165 | -9,339 | 4,956 | 2,132 |
| Mata (10-20cm) x SPD (10-20cm) | 2,200 | -4,288 | 8,492 | 2,132 |
| SPD (0-10cm) x SPD (10-20cm) | 2,060 | -1,466 | 0,992 | 2,132 |

Para os dois sistemas de manejo e profundidades, o efeito do C sobre a D_{max} mostrou a mesma tendência, ou seja, reduziu a D_{max} (Figura 1), corroborando com os resultados obtidos por Braida et al. (2006) e Dias Júnior e Miranda (2000). E, à medida que os teores de areia aumentaram houve aumento da D_{max}, resultado semelhante ao encontrado por Dias Júnior e Miranda (2000). A semelhança das curvas do solo cultivado (Figura 1) mostra o efeito do C e da areia. Na camada superficial do cultivo há 4,6 mg dm⁻³ a mais de C e 120 g kg⁻¹ a mais de areia em relação a camada 10 – 20 cm (Tabela 1). Assim o efeito inverso de C e areia sobre a D_{max} resultou em D_{max} semelhante nas duas profundidades. A redução da D_{max} com o aumento no teor de C no solo decorre do efeito positivo na estabilidade estrutural do solo associado ao fato de o material orgânico apresentar densidade menor do que a dos minerais do solo (Braida et al., 2006). Já para a areia, a baixa área superficial específica a torna menos reativa que a argila, não sendo capaz de interagir suficientemente com a água, aumentando o efeito lubrificante entre as partículas minerais, aumentando assim a suscetibilidade à compactação (Braida et al., 2006).

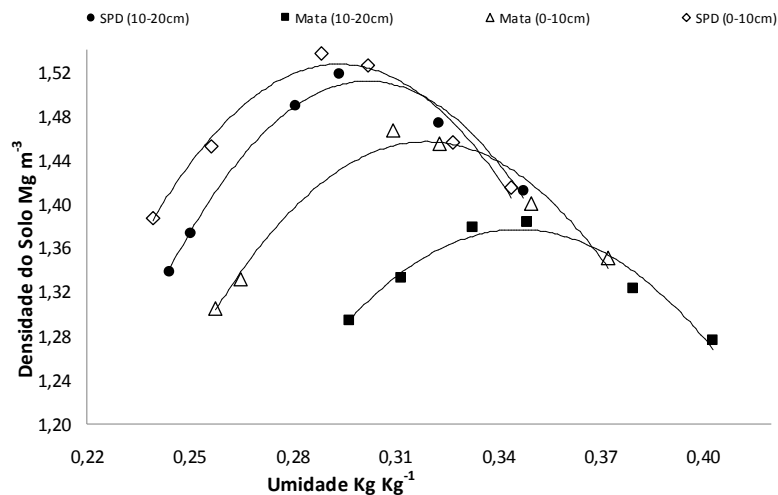


Figura 1. Curvas de compactação obtidas nos diferentes sistemas de manejo e profundidades.

Dos ajustes estatísticos, verificou-se que somente as variáveis areia e C influenciaram significativamente ($p < 0,0125$) a D_{max} (Equação 3) e a U_c (Equação 4) ($p < 0,0317$), permitindo, obter equações capazes de descrever satisfatoriamente ($R^2 = 99\%$) a D_{max} e a U_c para este solo e com todos os coeficientes significativos (Tabela 4).

$$D_s = 1,53148 + 0,00496 \text{ areia} - 0,00896 \text{ carbono} \quad (3)$$

$$U_c = 0,30362 - 0,00189 \text{ areia} + 0,00248 \text{ carbono} \quad (4)$$

É importante ressaltar, que a equação obtida é resultado de curvas de compactação de dois sistemas de manejo e duas profundidades, o que dificulta

inferências em outros solos ou sistemas de manejo. A utilização dessa equação permite a estimativa da Dmax e Uc na área estudada como forma de monitoramento. Por exemplo, com a variação do C em função do manejo ao longo do tempo a Uc irá variar, mas a sua estimativa poderá ser realizada com a equação 4.

Tabela 4. Resumo estatístico dos coeficientes obtidos para a equação ajustada.

| | Coeficiente | Valor | Erro estimado | T valor | P |
|------|--------------------|--------------|----------------------|----------------|----------|
| Dmax | Intercepto | 1,5310 | 0,0028 | 544,8500 | 0,0010 |
| | Areia | 0,0050 | 0,0001 | 45,2300 | 0,0140 |
| | Carbano | -0,0090 | 0,0001 | -69,4200 | 0,0090 |
| Uc | Intercepto | 0,3036 | 0,0022 | 137,3700 | 0,0046 |
| | Areia | -0,0019 | 0,0009 | -21,9600 | 0,0290 |
| | Carbano | 0,0025 | 0,0010 | 24,4300 | 0,0260 |

4 CONCLUSÃO

A variação do carbono e da textura dentro solo estudado foi significativa na determinação da curva de compactação. Conferindo à mata valores de umidade crítica acima e densidade máxima abaixo do encontrado no sistema plantio direto.

REFERÊNCIAS

BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M. & REINERT, D.J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 30, p. 605-614, 2006.

DIAS JÚNIOR, M. S.; ESTANISLAU, W. T. Grau de compactação e retenção de água de latossolos submetidos a diferentes sistemas de manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.23, p. 45-51, 1999.

DIAS JUNIOR, M.S. & MIRANDA, E.E.V. Comportamento da curva de compactação de cinco solos da região de lavras (MG). **Ciênc. agrotec.** v. 24, p. 337-346, 2000.

GRANTZ, S. A. & SLINKER, B. K. **Primer of applied regression and analysis of variance.** New York, McGraw Hill, 1990. p. 777.

MENTGES, I.M.; FONTANELA, E.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. & SUZUKI, L.E.A.S. Densidade máxima pelo ensaio de Proctor normal para seis solos em diferentes manejos e sua relação com o teste de compressão uniaxial. In: **XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 2007, Gramado, Anais Eletrônicos... 2007.

NOGUEIRA, J. B. **Mecânica dos solos: ensaios de laboratório.** São Carlos: USP/EESC, 1998.

SAS INSTITUTE. **SAS: user's guide: statistics.** 9th ed. Cary, 2002, 943p.

SOANE, B. The role of organic matter in soil compactability: a review of some practical aspects. **Soil Till. Res.**, v.16, p.179-201, 1990.