



## Níveis de degradação estrutural de Latossolo<sup>(1)</sup>.

**Vico Mendes Pereira Lima<sup>(2)</sup>; Fernanda Alves Costa<sup>(3)</sup>; Raquel Nunes Cardoso<sup>(3)</sup>;  
Ricardo Matos Silva<sup>(3)</sup>; Geraldo César de Oliveira<sup>(4)</sup>; Richard John Heck<sup>(5)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG.

<sup>(2)</sup> Professor; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais; Almenara, MG; vico.lima@ifnmg.edu.br; <sup>(3)</sup> Estudantes do curso de Agronomia; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais; Almenara, MG; fernandaifnmg@gmail.com; raquelnunes.c@hotmail.com; ricardomatosilva@yahoo.com.br; <sup>(4)</sup> Professor; Universidade Federal de Lavras; Lavras, MG; geraldooliveira@dcs.ufla.br; <sup>(5)</sup> Professor; University of Guelph; Guelph, ON; rheck@uoguelph.ca

**RESUMO:** A degradação da estrutura do solo, resultante do pisoteio animal e tráfego de máquinas, é um dos grandes entraves para a obtenção de elevadas produtividades das gramíneas, sob pastejo ou fenação, por reduzir gradativamente o vigor das plantas. Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar níveis de degradação da estrutura do Latossolo Vermelho-Amarelo, cultivado com *Coastcross* em campo de feno, utilizando-se do modelo de capacidade de suporte de carga (CSC) e do intervalo hídrico ótimo (IHO), como ferramentas indicadoras de qualidade estrutural do solo. Foram coletadas amostras de solo, em anéis volumétricos de 0,025 m de altura e 0,064 m de diâmetro, no campo de feno, para determinar o modelo de CSC e o IHO e para comparar os níveis de degradação da estrutura. Foram comparadas quatro situações distintas: área com estrutura recuperada, área com tráfego de máquinas, áreas encrostadas e carregadores. O modelo de CSC e o IHO foram adequados na avaliação da qualidade estrutural do solo. Melhores parâmetros físicos do solo foram verificados na seguinte ordem: área com estrutura recuperada > área com tráfego de máquinas > áreas encrostadas > carregadores. Verificaram-se avanços na predição da compactação do solo, como efeito da entrada de máquinas e equipamentos de fenação no campo de cultivo, e na avaliação da restrição físico-hídrica à gramínea decorrente das operações de tráfego.

**Termos de indexação:** capacidade de suporte de carga do solo, qualidade física do solo, disponibilidade hídrica do solo.

### INTRODUÇÃO

O uso e manejo intensivos de solos pode afetar a qualidade estrutural, acarretando redução no rendimento das culturas e danos ambientais (Oliveira et al. 2003). Entende-se por qualidade do solo o aspecto funcional deste componente dentro de limites do ecossistema que sustente a produtividade biológica, mantenha a qualidade ambiental e promova a saúde animal e vegetal.

No estudo de modelos de CSC, uma situação de estresse é simulada. O solo é submetido à

compactação, sendo monitorada a deformação por meio do incremento na densidade do solo, para cada nível de pressão aplicada. Estes parâmetros, quando combinados, permitem o cálculo da máxima pressão suportada pelo solo sem a ocorrência da compactação adicional para diferentes conteúdos de água (Dias Junior & Pierce, 1995).

No estudo de IHO, valores limitantes de resistência do solo à penetração, disponibilidade de água na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente, além da prosidade de aeração, são plotados para diferentes densidades do solo, obtendo-se os parâmetros que são restritivos à utilização da água do solo pela planta.

Ferramentas com menor limite de quantificação e com potencial de predição das possíveis alterações na estrutura e atributos físico-hídricos, resultantes do tráfego de máquinas, em condições inadequadas de umidade, são essenciais ao monitoramento da qualidade estrutural do solo. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar níveis de degradação da estrutura do Latossolo Vermelho-Amarelo, cultivado com *Coastcross* em campo de feno, utilizando-se do modelo de CSC e o IHO, como indicadores de qualidade estrutural do solo.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em área de Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), textura muito argilosa, cultivado com *Coastcross* (*Cynodon spp.*) e coletado no município de Itutinga, MG. A análise granulométrica da camada de 0-0,05 m apresentou valores de 630, 240 e 130 g kg<sup>-1</sup>; da camada de 0,20-0,25 m, 670, 210 e 120 g kg<sup>-1</sup> e da camada de 0,80-0,85 m, 710, 190 e 100 g kg<sup>-1</sup> de argila, silte e areia, respectivamente.

#### Modelo de capacidade de suporte de carga

Para a construção de modelo de CSC, foram coletadas 15 amostras indeformadas do solo (0,064 m de diâmetro e 0,025 m de altura), na profundidade de 0-0,05 m, no mês de maio de 2009 em uma área com estrutura conservada. As amostras indeformadas foram saturadas e, por meio de



unidades de sucção e ou evaporação, secas até atingir conteúdos de água, entre os potenciais matriciais -6 a -1.500 kPa, valores correspondentes à capacidade de campo e ao ponto de murcha, sendo, após isto, submetidas ao ensaio de compressão uniaxial (Dias Junior, 1994).

O ensaio de compressão uniaxial foi realizado aplicando-se pressões sucessivas a cada amostra, obedecendo à seguinte ordem: 25, 50, 100, 200, 400, 800, 1.600 kPa, sendo cada uma delas aplicada até que se atingisse 90% da deformação máxima, seguindo, então, a aplicação de uma nova pressão. Após o ensaio, as amostras foram secas em estufa, à 105° C, por 48 horas, para a determinação da densidade do solo (Ds). A  $\sigma_p$  foi ajustada a modelos não lineares, em função do  $\theta$ :

$$\sigma_p = 10^{(a + b\theta)} \quad (1)$$

sendo  $\sigma_p$  a pressão de preconsolidação (kPa); a e b, os parâmetros de ajuste da equação e  $\theta$ , o conteúdo volumétrico de água ( $m^3 m^{-3}$ ). Na construção do intervalo de confiança, utilizaram-se os critérios propostos por Dias Junior et al. (2005).

### Modelo de intervalo hídrico ótimo do solo

Para a construção de modelo de IHO, utilizaram-se amostras indeformadas do solo (0,064 m de diâmetro e 0,025 m de altura), coletadas nos meses de novembro de 2008, março de 2009 e maio de 2009. Esta área encontrava-se no início do experimento (nov/08) com aspectos de degradação estrutural e, conforme verificado no artigo 2, ocorreu melhoria estrutural do solo cultivado com *Coastcross*, na ausência de tráfego de máquinas durante o ciclo produtivo 2008/2009. Estas amostras foram coletadas nas profundidades de 0-0,05 e 0,20-0,25 m (15 amostras x 2 profundidades x 3 períodos = 90 amostras) e na profundidade de 0,80-0,85 m, correspondente ao horizonte Bw (15 amostras x 1 profundidade x 1 período = 15 amostras), totalizando 105 amostras.

As amostras foram devidamente preparadas e saturadas por meio da elevação gradual de uma lâmina de água. Para a determinação da curva de retenção de água (CRA), as amostras foram divididas em 5 grupos de 21 amostras, sendo 3 repetições em cada potencial utilizado. Foram utilizados os seguintes potenciais: 0, condição de solo saturado; -6 kPa, obtido na unidade de sucção; -33, -100 e -1500 kPa, obtidos nas membranas extratoras de Richards e o valor menor que -1.500 kPa, até o limite de -60.000 kPa, obtido no psicrômetro de termopar (WP4-T). Após atingir o equilíbrio hídrico em cada potencial, as amostras foram pesadas e foi determinada a RP, utilizando-se

o penetrógrafo eletrônico de bancada, conforme Tormena et al. (1998). Após determinação da RP, as amostras foram secas em estufa a 105 °C, por 24 horas, para a determinação da Ds e do conteúdo de água do solo ( $\theta$ ).

A CRA foi obtida, ajustando-se o  $\theta$  em função do potencial matricial da água no solo ( $\Psi_m$ ):

$$\theta = (\theta_{sat} - \theta_{res}) [1 + (\alpha \Psi_m)^n]^{-m} + \theta_{res} \quad (2)$$

sendo  $\Psi_m$  o potencial matricial da água no solo (kPa);  $\theta$ , o conteúdo de água ( $m^3 m^{-3}$ );  $\theta_{sat}$ , o conteúdo de água na saturação ( $m^3 m^{-3}$ );  $\theta_{res}$ , o conteúdo de água no ponto de murcha permanente ( $m^3 m^{-3}$ ) e m, n e  $\alpha$ , os parâmetros de ajuste do modelo.

A curva de resistência do solo à penetração (CRS) foi obtida ajustando-se os valores de RP em função do  $\theta$  a modelos não lineares:

$$RP = a + b.e^{(c.Ds)} \quad (3)$$

sendo RP a resistência à penetração (MPa); a, b e c, os parâmetros de ajuste da equação e Ds, a densidade do solo ( $g cm^{-3}$ ).

O IHO foi determinado adotando-se os procedimentos descritos em Silva et al. (1994) e Tormena et al. (1998).

### Avaliação e monitoramento da qualidade estrutural do solo

Para avaliação e monitoramento da qualidade estrutural do solo em glebas com diferentes níveis de degradação da estrutura do solo, foram coletadas amostras indeformadas na profundidade de 0-0,05 m, no mês de fevereiro de 2010. As glebas foram identificadas como: área de estrutura recuperada (área considerada com estrutura recuperada e não submetida ao tráfego de máquinas, durante 2 anos agrícolas) (12 amostras); área de tráfego de máquinas (área submetida ao tráfego médio de 48 passadas ano<sup>-1</sup> de trator e implementos que trafegam há 9 anos, sem o controle de umidade do solo) (12 amostras); áreas encrostadas (áreas de pequenas crostas superficiais, localizadas em área de *Coastcross*, submetida ao tráfego de máquinas) (6 amostras) e área de carregadores (áreas sem o cultivo do *Coastcross* e com tráfego intenso de máquinas e implementos agrícolas) (6 amostras).

As amostras de solo, sob diferentes níveis de degradação, foram coletadas no mês de fevereiro de 2010, com auxílio de um macaco hidráulico, salientando-se que a coleta foi realizada minuciosamente, procurando evitar danos à estrutura. Nas áreas encrostadas, o cilindro foi coletado até a altura de 0,01 m, tendo em vista a



superficialidade das crostas formadas neste solo. Estas amostras foram avaliadas na umidade atual, sendo realizado o ensaio de compressão.

## Estatística

O ajuste das equações foi realizado pelo método de regressão não linear, utilizando-se o software Sigma Plot 10.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A magnitude da pressão aplicada não prejudicial à qualidade estrutural do solo em função do conteúdo de água, foi quantificada no modelo de CSC do LVA, representado pela linha contínua na Figura 1, com seus respectivos parâmetros, coeficientes de determinação e nível de significância. A alta susceptibilidade do LVA à compactação pode indicar limitação a execução de operações mecanizadas, particularmente em condições de solo úmido (Dias Junior et al., 2005). Assim, é preciso cautela ao se estabelecer o momento mais adequado para o tráfego de máquinas neste solo, tendo em vista o desenvolvimento de uma agricultura sustentável.

Considerando a  $\sigma_p$  um indicador do comportamento compressivo do solo e com objetivo de avaliar a qualidade estrutural do LVA, sob diferentes níveis de degradação, são apresentadas, na Figura 1, três regiões. De acordo com Dias Junior et al. (2005) as três regiões refletem os níveis de degradação encontrados em um dado solo. Verifica-se, nas amostras situadas na região "a", a compactação adicional do solo, portanto, a alteração da estrutura. Na região "b", o solo não sofreu compactação adicional, porém, há uma tendência à compactação, se as próximas operações mecanizadas excederem a CSC do solo. A região "c" indica que não há compactação do solo, sinalizando que a estrutura está adequada ao desenvolvimento das plantas.

Observa-se (Figura 1) que as amostras de solo provenientes da área não submetida ao tráfego de máquinas ficaram localizadas na região "b" (dentro dos limites de CSC do solo), confirmando a melhoria e a manutenção estrutural, apresentando estrutura recuperada e, portanto, não compactada. Entretanto, há uma tendência à compactação, se as pressões aplicadas nas próximas operações mecanizadas excederem a capacidade de suporte de carga do solo. As amostras, coletadas em área de tráfego de máquinas, áreas encrostadas e carregadores, ficaram localizadas na região "a" (acima dos limites de CSC do solo), o que confirma a compactação adicional do solo. Neste caso adverte-se para as consequências de se submeter o solo a condições adversas de carga, particularmente

em inadequadas umidades.

Com base no estudo do IHO, a ocorrência ou não de restrição físico-hídrica às culturas foi avaliada no LVA, em função de mudanças do conteúdo de água na capacidade de campo ( $\theta_{CC}$ ) e no ponto de murcha permanente ( $\theta_{PMP}$ ), da porosidade de aeração de  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  ( $\theta_{PA}$ ), da resistência do solo à penetração de 2.500 kPa ( $\theta_{RP}$ ) e das alterações nos valores de densidade do solo (Figura 2).

Verifica-se (Figura 2) que a variação do IHO foi dependente da variação da  $D_s$ . Observa-se que, em decorrência dos aumentos na  $D_s$  do solo estudado, os valores do  $\theta_{CC}$ ,  $\theta_{PMP}$  e  $\theta_{RP}$  aumentaram e o valor do  $\theta_{PA}$  reduziu. Desta forma, com o aumento da  $D_s$ , devido à intensificação do tráfego, houve redução do IHO, refletindo as perdas de qualidade estrutural (Silva et al., 1994).

Para a avaliação dos efeitos decorrentes do tráfego de máquinas sobre a restrição físico-hídrica à cultura, a exemplo do que foi feito no estudo da capacidade de suporte de carga do solo (Figura 1), também foi sugerida a divisão da Figura 2 em três regiões. Região "1": restrição físico-hídrica baixa,  $D_s < 1,14 \text{ g cm}^{-3}$ , IHO entre  $\theta_{CC}$  e  $\theta_{PMP}$  (a  $D_s = 1,14 \text{ g cm}^{-3}$  foi considerada por se verificar que, para valores de  $D_s$  inferiores a este, o IHO permanece entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente); região "2": restrição físico-hídrica média,  $1,14 \text{ g cm}^{-3} < D_s < 1,24 \text{ g cm}^{-3}$ ,  $\theta_{PA}$  e ou  $\theta_{RP}$  como limite superior e inferior do IHO; região "3": restrição físico-hídrica severa,  $D_s > 1,24 \text{ g cm}^{-3}$ , IHO = 0, sinalizando para a pior condição ao desenvolvimento das plantas.

As amostras de solo, com estrutura considerada recuperada, localizam-se na região "1", em que a qualidade física do solo pode ser considerada ideal, com ocorrência de estresse limitante ao desenvolvimento das plantas relacionado ao déficit hídrico que, por sua vez, é decorrente da sazonalidade climática. As amostras, coletadas na área de tráfego de máquinas, localizam-se na região "2" e predominantemente na região "3", indicando restrição físico-hídrica de média a severa. Por sua vez, as amostras coletadas em áreas encrostadas localizam-se na região "3", com restrição físico-hídrica severa. A formação de crostas pode ser considerada um dos fatores impeditivos à reinfestação dessas áreas com o capim, conduzindo a perdas de áreas cultivadas e, conseqüentemente, a perdas de produção. As áreas correspondentes aos carregadores também localizam-se na região "3". A avaliação do IHO confirma e complementa a avaliação da CSC, demonstrando as condições adversas a que estas áreas foram submetidas.

As amostras das áreas encrostadas e carregadores extrapolaram os limites físicos do LVA. Verifica-se, assim, que os conceitos de capacidade de campo e

ponto de murcha permanente e os modelos matemáticos (Figura 2), para estes dois parâmetros, inicialmente construídos para os solos cultiváveis, não se aplicam a estas amostras.

## CONCLUSÕES

Os modelos de CSC e IHO foram adequados na avaliação e no monitoramento da qualidade estrutural do solo, verificando-se complemento de informações ao se utilizar as duas ferramentas, na avaliação do efeito da entrada de máquinas agrícolas e na consequente restrição físico-hídrica à cultura.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FAPEMIG pelo fomento na realização desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

DIAS JUNIOR, M.S. Compression of three soils under longterm tillage and wheel traffic. East Lansing, Michigan State University, 1994. 114p. (Doctorate Thesis).

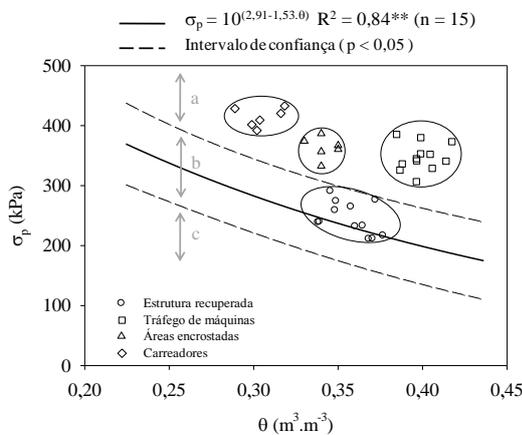
DIAS JUNIOR, M.S.; PIERCE, F.J. A simple procedure for estimating preconsolidation pressure from soil compression curves. *Soil Technology*, Amsterdam, v. 8, p. 139-151, 1995.

DIAS JUNIOR, M. S.; LEITE, F. P.; LASMAR JÚNIOR, E.; ARAÚJO JUNIOR, C. F. Traffic effects on the soil preconsolidation pressure due to eucalyptus harvest operations. *Scientia Agrícola*, v. 62, n. 3, p. 248-255, 2005.

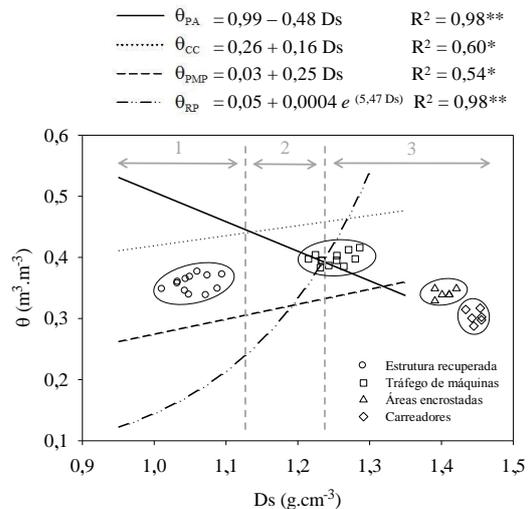
OLIVEIRA, G.C.; DIAS JUNIOR, M.S.; RESCK, D.V.S.; CURI, N. Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo vermelho do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo por 20 anos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38, n. 2, p. 291-299, 2003.

SILVA, A.P.; KAY, B.D.; PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range. *Soil Science Society of America Journal*, v. 58, p. 1775-1781, 1994.

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.



**Figura 1.** Modelo de capacidade de suporte de carga para o Latossolo. A região "a" indica que a compactação adicional já ocorreu; a região "b" indica que não ocorreu compactação adicional do solo, porém, há uma tendência dessa ocorrência, caso seja adotado um manejo inadequado e a região "c" é aquela onde não ocorreu compactação do solo.



**Figura 2.** Variação do intervalo hídrico ótimo do Latossolo em função de mudanças do conteúdo de água e alterações na densidade do solo. Região "1", restrição físico-hídrica baixa; região "2", restrição físico-hídrica média e região "3", restrição físico-hídrica severa. Densidade do solo crítica (Dsc) = 1,24 g cm<sup>-3</sup>.