

Melhoria estrutural do solo: Cultivo de gramínea perene e seus efeitos em Intervalo Hídrico Ótimo e Pressão de Preconsolidação⁽¹⁾.

Vico Mendes Pereira Lima⁽²⁾; Geraldo César de Oliveira⁽³⁾; José Maria de Lima⁽³⁾; Antônio Ricardo Evangelista⁽³⁾; Richard John Heck⁽⁶⁾

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

⁽²⁾ Professor; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais; Almenara, MG; vico.lima@ifnmg.edu.br; ⁽³⁾ Professores; Universidade Federal de Lavras; Lavras, MG; geraldooliveira@dcs.ufla.br; jmlima@dcs.ufla.br; aricardo@dzo.ufla.br; ⁽⁴⁾ Professor; University of Guelph; Guelph, ON; rheck@uoguelph.ca

RESUMO: Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar as possíveis melhorias estruturais em Latossolo Vermelho-Amarelo muito argiloso, promovidas pelo *Coastcross* (*Cynodon spp.*). Foram avaliados o intervalo hídrico ótimo (IHO) e a pressão de preconsolidação (CSC). Amostras de solo foram coletadas em anéis volumétricos de 0,025 m de altura e 0,064 m de diâmetro, em uma análise temporal, durante o ano de 2009/2010, no campo de feno para determinar os modelos de CSC e o IHO. Os seguintes tratamentos foram conduzidos: 1º áreas sem tráfego de máquinas agrícolas, avaliadas no mês de maio de 2010 (ST maio/10); 2º áreas com tráfego de máquinas agrícolas, avaliadas nos meses de novembro de 2009 (T nov/09) e maio de 2010 (T maio/10); 3º horizonte Bw, como referencial de boa qualidade estrutural. Verificou-se maior disponibilidade hídrica efetiva para as plantas, por meio do IHO, o que é indicativo de melhor qualidade estrutural no solo, na seguinte ordem: horizonte Bw > ST maio/10 > T nov/09 > T maio/10. A melhor qualidade estrutural do solo, avaliado por meio dos modelos de CSC, ocorreu no horizonte Bw, acompanhado da seguinte ordem: ST maio/10 > T nov/09 > T maio/10. O *Coastcross* apresenta potencial para a melhoria dos atributos físico-hídricos do Latossolo degradado fisicamente, aumentando a disponibilidade hídrica, diminuindo a resistência do solo à penetração de raízes e aumentando a aeração do solo, com consequente aumento dos teores de carbono orgânico do solo e da produção de forragem.

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

INTRODUÇÃO

A melhoria da estrutura do solo e o controle da compactação superficial podem ser realizados por meio de cultivo de gramíneas perenes (Severiano et al., 2010; Vezzani & Mielniczuk, 2011) e microrganismos (Blanchart et al., 2004). O uso de plantas, que atuam nesse sentido, constitui

importante estratégia de manejo em sistemas intensivos de cultivo (Jimenez et al., 2008). As gramíneas, em especial, apresentam potencial de rompimento de camadas adensadas e ou compactadas e de recuperação estrutural do solo, devido à alta densidade e periódica renovação de suas raízes, sendo estes alguns dos fundamentos para a qualidade e a sustentabilidade da produção (Silva & Mielniczuk, 1997).

Do ponto de vista físico, o cultivo de plantas que contribuem para a melhoria da estrutura do solo, como técnica de manejo, é importante alternativa por propiciar a formação de bioporos no solo com ampla variação de tamanho. Estes bioporos funcionam como rotas alternativas para o crescimento das raízes das seguintes gerações (Williams & Weil, 2004), e aumentam o movimento de água e a difusão de gases no solo (Müller et al., 2001). Além de apresentarem potencial de redução do impedimento mecânico, as gramíneas contribuem para a melhoria do estado de agregação do solo (Camargo & Alleoni, 1997; Vezzani & Mielniczuk, 2011).

No monitoramento da qualidade estrutural do solo é essencial a utilização de ferramentas com menor limite de quantificação e com potencial de predição das possíveis alterações na estrutura e atributos físico-hídricos, resultantes do crescimento e da renovação do sistema radicular ou da compactação devido ao tráfego de máquinas. Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar as possíveis melhorias estruturais em Latossolo muito argiloso, promovido pelo *Coastcross* (*Cynodon spp.*), assim como seus efeitos no intervalo hídrico ótimo e pressão de preconsolidação.

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 profundidade de 0-0,05 m apresentou valores médios de 630, 240 e 130 g kg⁻¹; da profundidade de 0,20-0,25 m, 670, 210 e

120 g kg⁻¹ e da profundidade de 0,80-0,85 m, 710, 190 e 100 g kg⁻¹ de argila, silte e areia, respectivamente.

Tratamentos e amostragem

O experimento foi implantado em parcelas experimentais de 30 m², localizadas no interior de uma área de 9 ha cultivada com *Coastcross* (*Cynodon spp.*), visando à produção comercial de feno. Na média, ocorreram doze operações de tráfego mecanizado, durante as etapas produtivas de corte, revolvimento, enfardamento e transporte. Estas operações são multiplicadas por quatro, quando se consideram os sucessivos cortes durante a estação chuvosa do ano. A área está sob este manejo desde 2001.

O primeiro tratamento corresponde a áreas sem tráfego de máquinas agrícolas (ST maio/10). O segundo tratamento corresponde a áreas com tráfego de máquinas agrícolas (T maio/10), média de 48 passadas ano⁻¹ de um trator acoplado a implementos que trafega sem controle da umidade do solo.

O experimento foi iniciado em 1º de novembro de 2009, com o corte de uniformização do *Coastcross* à altura de 10 cm do solo. Posteriormente, realizaram-se quatro cortes de avaliação da forrageira, com intervalos médios de 44 dias para cada corte, sendo o experimento conduzido até 10 de outubro de 2010.

A coleta de amostras do solo com estrutura preservada (0,064 m de diâmetro por 0,025 m de altura) foi realizada em um delineamento inteiramente casualizado, com auxílio de um macaco hidráulico, nos meses de novembro de 2009 (T nov/09), antes do início do experimento, nas profundidades de 0-0,05; 0,20-0,25 e 0,80-0,85 m, correspondente ao horizonte Bw (18 amostras x 3 profundidades = 54 amostras) e no mês de maio de 2010 (T maio/10 e ST maio/10), após os quatro cortes e período de pousio de 34 dias, nas profundidades de 0-0,05 e 0,20-0,25 m (18 amostras x 2 profundidades x 2 tratamentos = 72 amostras), totalizando 126 amostras. Após coletadas, as amostras foram envoltas em filme plástico, parafinadas e acondicionadas em sacos plásticos, sob temperatura de aproximadamente 25° C, até serem processadas no laboratório.

Intervalo hídrico ótimo e pressão de preconsolidação

Para a construção do IHO foi necessário determinar a curva de retenção de água e a curva de resistência do solo à penetração. Assim, as amostras com estrutura preservada foram

saturadas e, por meio de unidades de sucção, foram equilibradas nos potenciais matriciais de -2 e -6 kPa e, nas membranas extratoras de Richards (Embrapa, 1997) equilibradas nos potenciais matriciais de -33, -100, -500 e -1,500 kPa, suficiente para a determinação da CRA. Após o equilíbrio, estas foram submetidas ao ensaio de resistência à penetração (RP) (Tormena et al. 1998) e de compressão uniaxial (Dias Junior & Pierce, 1995). Os dois ensaios foram realizados na sequência, sendo, primeiro, realizado o ensaio de RP e, depois, o de compressão uniaxial.

O IHO foi determinado adotando-se os procedimentos descritos em Silva et al. (1994) e Tormena et al. (1998). A σ_p foi obtida segundo Dias Junior & Pierce (1995). Os modelos de capacidade de suporte de carga (CSC) dos solos foram obtidos ajustando-se a σ_p de dezoito amostras em função do potencial matricial da água no solo (Oliveira et al., 2003).

Estatística

As comparações das equações de regressão dos modelos de CSC foram realizadas segundo Snedecor & Cochran (1989).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O IHO das diferentes amostras, com seus respectivos parâmetros, coeficientes de determinação e nível de significância, é apresentado na **figura 1**. Verificou-se maior disponibilidade hídrica efetiva para as plantas, o que é indicativo de melhor qualidade estrutural no solo, na seguinte ordem: horizonte Bw > ST maio/10 > T nov/09 > T maio/10 (Figura 1). Os valores médios de IHO foram de 0,157 m³ m⁻³ no horizonte Bw; 0,058 e 0,048 m³ m⁻³, para ST maio/10; 0,013 e 0,009 m³ m⁻³ para T nov/09 e 0 e 0 m³ m⁻³, para T maio/10, nas profundidades de 0-0,05 e 0,20-0,25 m, respectivamente, o que evidencia a compactação ocorrida nas áreas de tráfego de máquinas agrícolas (T maio/10) e o alívio na estrutura do solo promovido pelo *Coastcross* em área com ausência de tráfego (ST maio/10).

A variação temporal do IHO entre os meses de novembro de 2009 e maio de 2010 foi dependente da alteração da Ds. Observou-se que, com aumentos na Ds do solo, os valores do θ_{CC} , θ_{PMP} e θ_{RP} aumentaram e os valores do θ_{PA} reduziram (**Figura 1**).

O θ_{CC} representou o limite superior do IHO no ST maio/10 e no horizonte Bw (**Figura 1**). Estes resultados sugerem que a microestrutura do solo está estável e preservada e que há espaço

poroso suficiente para trocas gasosas. Nos tratamentos T nov/09 e T maio/10, verificou-se θ_{PA} igual ou inferior ao θ_{CC} , nas profundidades de 0-0,05 e 0,20-0,25 m, de onde se depreende que, a aeração foi limitante ao adequado crescimento das plantas, uma vez que a macroporosidade foi inferior a $0,10 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$, confirmando a degradação da estrutura do solo nestas condições.

No tratamento T maio/10, verificou-se a situação mais limitante, quantificada pelas substituições do θ_{PMP} pelo θ_{RP} e θ_{CC} pelo θ_{PA} , como limite inferior e superior do IHO nas duas profundidades. Essa redução da qualidade estrutural tem reflexos negativos na quantidade de água potencialmente disponível para as plantas (**Figura 1**).

A variação temporal do modelo de CSC das diferentes amostras do LVA com seus respectivos parâmetros, coeficientes de determinação e nível de significância é apresentada nas Figuras 2 e 3, para as profundidades de 0-0,05 e 0,20-0,25 m, respectivamente. Ocorreram diferenças estatísticas entre os modelos de CSC em pelo menos um dos seguintes parâmetros: homogeneidade dos dados, coeficiente angular e linear, quando estes são comparados dois a dois, segundo os procedimentos de Snedecor & Cochran (1989).

Considerando a pressão de preconsolidação (σ_p), a máxima pressão suportada pelo solo sem que ocorra compactação adicional (Dias Junior & Pierce, 1995), e por meio da observação (Figuras 2 e 3) de que os valores deste índice cresceram, sempre em direção aos maiores valores absolutos de Ψ_m , conclui-se que as operações mecanizadas devem ser realizadas em condições de solo mais seco. Essa afirmação reforça a recomendação de Oliveira et al. (2003) e Ajayi et al. (2009). Salienta-se, ainda, que, fixando-se um mesmo Ψ_m , os menores valores de σ_p são indicativos de solo mais poroso. A melhor qualidade física do solo em estudo ocorreu no horizonte Bw, acompanhado da seguinte ordem: ST maio/10 > T nov/09 > T maio/10, independente da profundidade avaliada (**Figuras 2 e 3**).

Assim, de acordo com o histórico, a maior pressão aplicada em condições inadequadas de umidade ocorreu no tratamento T maio/10, quando os valores de σ_p , para o $\Psi_m = -6 \text{ kPa}$, atingiram os limites de 341 e 360 kPa, nas profundidades de 0-0,05 e 0,20-0,25 m, respectivamente. Essa mesma área, avaliada no mês de novembro de 2009 (T Nov/09), $\Psi_m = -6 \text{ kPa}$, apresentava valores de σ_p de 289 e 382 kPa, nas profundidades de 0-0,05 e 0,20-0,25 m, respectivamente, evidenciando o processo de compactação que ocorreu na camada mais superficial do solo, resultante do tráfego de máquinas agrícolas em condições inadequadas

de umidade. A área que não recebeu tráfego (ST maio/10) apresentou valores de σ_p , para o $\Psi_m = -6 \text{ kPa}$, de 232 e 256 kPa, nas profundidades de 0-0,05 e 0,20-0,25 m, respectivamente, evidenciando uma melhoria estrutural ocorrida ao longo dos quatro ciclos produtivos do *Coastcross*.

CONCLUSÕES

O *Coastcross* apresenta potencial para a melhoria dos atributos físico-hídricos do Latossolo degradado fisicamente, aumentando a disponibilidade hídrica, diminuindo a resistência do solo à penetração de raízes e aumentando a aeração do solo, com consequências na melhoria do carbono orgânico do solo e produção.

A melhoria estrutural no Latossolo promoveu condições biofísicas adequadas para o melhor desenvolvimento da cultura, o que contribuiu para o aumento de produtividade.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FAPEMIG pelo fomento na realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AJAYI, A. E.; DIAS JUNIOR, M. S.; CURI, N.; ARAUJO JUNIOR, C. F.; SOUZA, T. T. T.; VASCONCELOS JUNIOR, A. I. Strength attributes and compaction susceptibility of Brazilian Latosols. *Soil and Tillage Research*, v. 105, p. 122-127, 2009.
- BLANCHART, E.; ALBRECHT, A.; CHEVALLIER, T.; HARTMANN, C. The respective roles of roots and earthworms in restoring physical properties of Vertisol under a *Digitaria decumbens* pasture (Martinique, WI). *Agriculture, Ecosystems and Environmental*, v. 103, p. 343-355, 2004.
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. Compactação do solo e o desenvolvimento de plantas. Piracicaba: ESALQ, 1997. 132p.
- 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.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de métodos de análises de solo, 2.ed., Rio de Janeiro, 1997. 212p.

JIMENEZ, R. L.; GONÇALVES, W. G.; ARAÚJO FILHO, J. V.; 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.

MULLER, M. M. L.; CECCON, G.; ROSOLEM, C. A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 25, p. 531-538, 2001.

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.

SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; COSTA, K. A. P.; CASTRO, M. B.; MAGALHÃES, E. N. Potencial de descompactação de um Argissolo promovido pelo capim-tifton 85. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, p. 39-45, 2010.

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.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 22, p. 311-317, 1997.

SNEDECOR, G. W.; COCHRAN, W. G. *Statistical methods*. 8.ed. Ames: Iowa State University, 1989. 503p.

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.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, p. 213-223, 2011.

WILLIAMS, S. M.; WEIL, R. R. Crop cover root channels may alleviate soil compaction effects on soybean crop. *Soil Science Society of America Journal*, v. 68, p. 1403-1409, 2004.

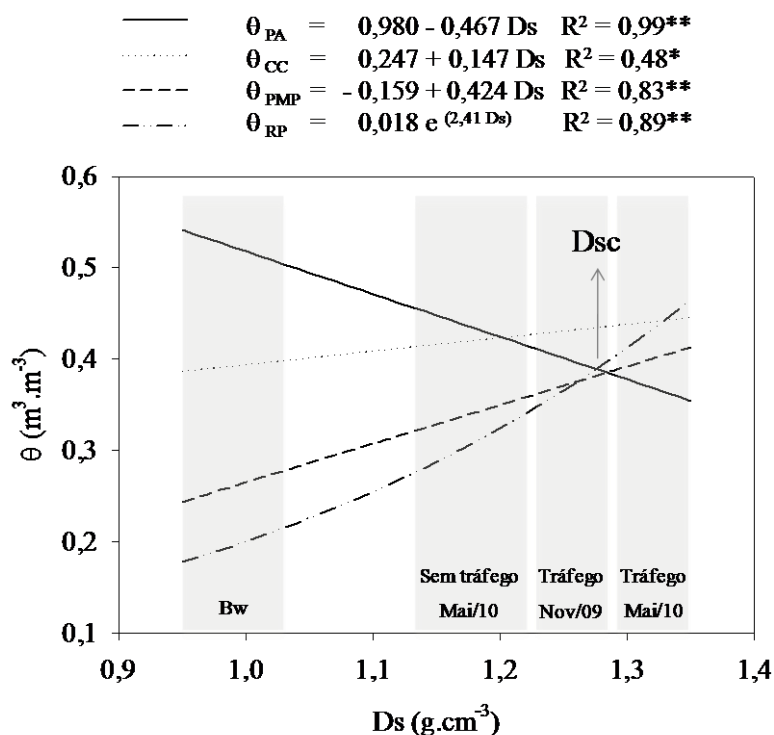


Figura 1. Variação do intervalo hídrico ótimo do Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com *Coastcross* em função de mudanças do conteúdo de água na capacidade de campo (θ_{CC}), ponto de murcha permanente (θ_{PMP}), porosidade de aeração de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (θ_{PA}),

resistência do solo à penetração de 2.500 kPa (θ_{RP}) e alterações na densidade do solo nas profundidades de 0-0,05 e 0,20-0,25 m. Densidade do solo crítica (D_{sc}) = 1,27 g cm⁻³.

---△---	Tráfego Mai/10	$\sigma_p = 305,3 + 24,1 \ln(\Psi_m)$	$R^2 = 0,94^{**}$	$n = 18$
---x---	Tráfego Nov/09	$\sigma_p = 272,3 + 15,4 \ln(\Psi_m)$	$R^2 = 0,89^{**}$	$n = 18$
---.---	Sem tráfego Mai/10	$\sigma_p = 191,2 + 21,4 \ln(\Psi_m)$	$R^2 = 0,96^{**}$	$n = 18$
---o---	Bw	$\sigma_p = 74,5 + 21,4 \ln(\Psi_m)$	$R^2 = 0,93^{**}$	$n = 18$

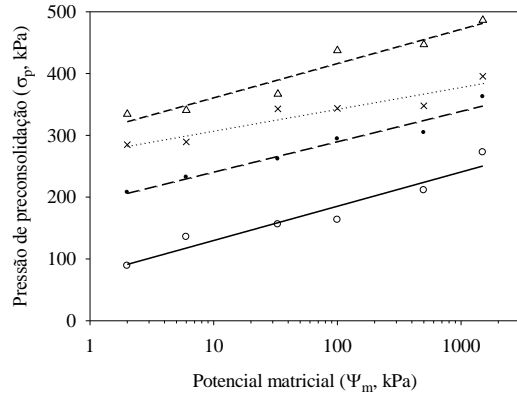


Figura 2. Modelos de capacidade de suporte de carga para o Latossolo Vermelho-Amarelo, cultivado com *Coastcross*, na profundidade 0-0,05 m e horizonte Bw (0,80-0,85 m), para o mês de novembro de 2009, em comparação a maio de 2010, nos tratamentos com e sem tráfego de máquinas agrícolas.

---△---	Tráfego Mai/10	$\sigma_p = 328,3 + 16,2 \ln(\Psi_m)$	$R^2 = 0,98^{**}$	$n = 18$
---x---	Tráfego Nov/09	$\sigma_p = 286,6 + 5,4 \ln(\Psi_m)$	$R^2 = 0,93^{**}$	$n = 18$
---.---	Sem tráfego Mai/10	$\sigma_p = 233,3 + 12,9 \ln(\Psi_m)$	$R^2 = 0,93^{**}$	$n = 18$
---o---	Bw	$\sigma_p = 74,5 + 21,4 \ln(\Psi_m)$	$R^2 = 0,93^{**}$	$n = 18$

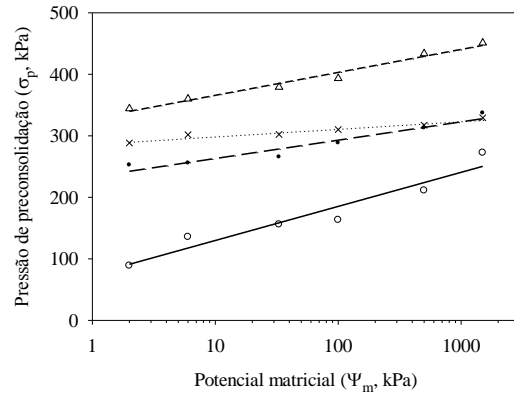


Figura 3. Modelos de capacidade de suporte de carga para o Latossolo Vermelho-Amarelo, cultivado com *Coastcross*, na profundidade 0,20-0,25 m e horizonte Bw (0,80-0,85 m), para o mês de novembro de 2009, em comparação a maio de 2010, nos tratamentos com e sem tráfego de máquinas agrícolas.