

Intervalo hídrico do solo em área de cana-de-açúcar com controle de tráfego agrícola

Zigomar Menezes de Souza⁽¹⁾; Gustavo Soares de Souza⁽²⁾

⁽¹⁾ Professor Doutor da Faculdade de Engenharia Agrícola, Departamento de Água e Solos; Universidade Estadual de Campinas, Avenida Candido Rondon, nº 501, CEP 13083-875, Campinas, SP. E-mail: zigomarms@feagri.unicamp.br

⁽²⁾ Doutorando do Depto de Água e Solo, FEAGRI / UNICAMP

RESUMO: O uso da colheita mecanizada no sistema de manejo da cana-de-açúcar despertou a preocupação com a compactação do solo. Uma medida efetiva na prevenção da compactação do solo é a aplicação de pressões inferiores à sua capacidade de suporte. O objetivo do trabalho foi determinar o intervalo hídrico do solo em área com cana-de-açúcar colhida mecanicamente no sistema de manejo com controle de tráfego. O trabalho foi realizado numa lavoura comercial de cana-de-açúcar com colheita mecanizada utilizando o sistema de manejo com controle de tráfego agrícola. A pesquisa foi desenvolvida com os seguintes tratamentos: ausência de controle de tráfego (T); controle de tráfego com ajuste da bitola para 3,0 m (CT1); e controle de tráfego com ajuste da bitola e piloto automático (CT2). O solo foi amostrado nas linhas de plantio e do rodado e no canteiro, na camada de 0,00-0,20 m para determinação do intervalo hídrico do solo. O intervalo hídrico ótimo foi sensível às alterações promovidas pelos sistemas de manejo agrícola, indicando maior limitação física na linha da planta e na região do canteiro no manejo sem controle de tráfego agrícola. Ocorreu uma redução no intervalo hídrico do solo no sentido da linha do rodado < canteiro < linha de plantio.

Termos para indexação: *Saccharum officinarum*, compactação do solo, tráfego de máquinas.

INTRODUÇÃO

Existe uma grande preocupação com o aumento das áreas agrícolas com problemas de compactação, o que, em grande parte, deve-se às operações mecanizadas realizadas em condições inadequadas, principalmente pelo fato de não considerar o conteúdo de água no solo e sua capacidade de suporte de carga, já que em condições de excesso de água, o solo torna-se mais propenso a sofrer compactação (Souza et al., 2005; Souza et al., 2012). Assim, a compactação altera a qualidade física do solo, com modificações em sua estrutura, criando um ambiente menos propício para o desenvolvimento do sistema radicular da cana-de-açúcar, o que interfere na sua produtividade.

Uma alternativa visando diminuir o efeito da compactação do solo pelo tráfego de máquinas agrícolas no desenvolvimento da cana-de-açúcar é

a adoção do sistema de tráfego controlado ou controle de tráfego agrícola, que basicamente realiza alterações no espaçamento da cultura e na bitola das máquinas agrícolas (Tullberg et al., 2007). Neste sistema são mescladas nas áreas de cultivo zonas destinadas ao tráfego e zonas destinadas somente ao crescimento das plantas, concentrando a passagem de pneus em linhas delimitadas. Com essa estratégia uma área menor será atingida, embora mais intensamente (Braunack et al., 2006).

O intervalo hídrico ótimo (IHO) também é uma variável do solo sensível aos efeitos da compactação, sendo sugerida como indicador de qualidade física do solo que influencia diretamente a produção das culturas (Tormena et al., 1998; Kaiser et al., 2009). O IHO do solo engloba informações sobre resistência do solo à penetração, disponibilidade de água e aeração do solo (Silva et al., 1994), indicando assim o conteúdo de água onde as limitações são mínimas ao desenvolvimento das culturas.

Avaliar a susceptibilidade do solo à compactação e as alterações nos seus atributos causadas pelo tráfego de máquinas agrícolas deve ser uma preocupação dos pesquisadores da área de mecanização agrícola e manejo do solo. Assim, o emprego de controle de tráfego agrícola em áreas intensamente mecanizadas apresenta-se como uma forma racional de manejo que minimiza o efeito da compactação sobre a planta e seu sistema radicular, podendo reduzir significativamente os problemas de degradação dos solos agrícolas, bem como tornar esta atividade mais rentável.

O objetivo do trabalho foi determinar o intervalo hídrico do solo em área com cana-de-açúcar colhida mecanicamente no sistema de manejo com controle de tráfego.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado numa lavoura comercial de cana-de-açúcar, localizada no município de Pradópolis-SP (21°18'67" de latitude sul e 48°11'38" de longitude oeste, 630 m de altitude). O clima da região é o mesotérmico de inverno seco (Cwa) pelo critério de classificação climática de Köppen. A área é de topografia plana. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico álico, textura argilosa A moderado (Embrapa, 2006). O trabalho

foi realizado numa lavoura com colheita mecanizada utilizando o sistema de manejo com controle de tráfego agrícola.

Nas operações mecanizadas foi usado um trator Case MX-270, tração 4x4, potência máxima do motor de 198 kW, massa de 11,7 Mg. Na colheita da cana foi usada a colhedora de esteira Case A-7700, rodado tipo esteira, potência máxima do motor de 246 kW e massa de 18,5 Mg e o trator Case MX-270 arrastando um transbordo de três compartimentos com massa total média de 49,5 Mg.

O preparo da área, realizado no dia 15 de julho de 2007, foi composto inicialmente pela eliminação mecânica da soqueira da lavoura anteriormente instalada e subsolagem na profundidade de 0,45 m apenas nos sulcos de plantio. Foram aplicados 2,5 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico antes do revolvimento do solo com grade aradora e 20 Mg ha⁻¹ de torta de filtro no plantio. Em julho de 2009 e 2010, após cada colheita, foram aplicados na área 280 e 260 kg ha⁻¹, respectivamente, do formulado 32-00-02 e 100 m³ ha⁻¹ de vinhaça.

Tratamentos e amostragens

Os sistemas de manejo instalados na lavoura comercial de cana-de-açúcar com colheita mecanizada e sem queima da palha foram: 1- Testemunha (T): ausência de controle de tráfego na lavoura com espaçamento de 1,5 m e bitola do trator e transbordos de 2,0 m; 2- Controle de tráfego (CT1): espaçamento de 1,5 m e ajuste da bitola do trator e transbordos para 3,0 m; e 3- Controle de tráfego (CT2): espaçamento de 1,5 m, ajuste da bitola do trator e transbordos para 3,0 m e uso de piloto automático no plantio e nas colheitas subsequentes.

Foram coletadas, após a colheita mecanizada da cana, amostras de solo indeformadas na linha da cultura, nas entrelinhas da cultura (linha do rodado) e na região do canteiro (região entre a linha da cultura e a linha do rodado) distante 0,30 m da linha da cultura e no centro da camada de 0,00-0,20 m para determinação de atributos do solo.

O ajuste da bitola do trator e transbordos interferiu na área diretamente em contato com os pneus agrícolas, devido à sobreposição do tráfego, apresentando o sistema de manejo sem controle de tráfego em 73% da área trafegada e os sistemas de manejo com controle de tráfego em 47%. Os três sistemas de manejo apresentaram uma área impactada pelas esteiras das colhedoras de 56%. A adoção do sistema de controle de tráfego resultou na adoção do conceito de "canteiro da cana", dessa forma uma área de pelo menos 0,40 m de cada lado da linha da cultura não recebe tráfego dos pneus do conjunto trator-transbordo, sendo este concentrado no centro das entrelinhas da cultura.

Caracterização do Intervalo Hídrico Ótimo (IHO)

Foi obtido pelo método descrito por Silva et al. (1994) e Tormena et al. (1998). A resistência do solo à penetração (RP) foi determinada em laboratório nas amostras coletadas com os cilindros volumétricos, utilizando um penetrômetro eletrônico modelo MA-933, com velocidade constante de 0,0005 mm s⁻¹, equipado com uma célula de carga de 200 N,

as amostras foram preparadas e saturadas por haste com cone de 0,003 m de diâmetro de base e semi-ângulo de 30°.

No laboratório meio da elevação gradual de uma lâmina de água numa bandeja, até atingir cerca de 3/4 da altura dos anéis. Em seguida, foram submetidas as tensões de 2, 6, 8, 10, 33, 100, 500 e 1500 kPa, em câmaras de Richards com placas porosas (Silva et al., 1994). Após atingirem o equilíbrio em cada tensão, as amostras foram pesadas e foi determinada a resistência do solo à penetração.

Análise estatística

O IHO foi determinado para a área, sendo os cilindros amostrados nos tratamentos em estudo (manejo x ponto de amostragem x camada de solo) em pontos aleatorizados, buscando obter uma variação da densidade do solo. A quantificação do IHO foi feita em 162 cilindros volumétricos com estrutura preservada de solo (54 anéis x 3 sistemas de manejo). Foi utilizado um algoritmo desenvolvido no *software* SAS®, ajustando modelos lineares aos dados. Foi realizada análise de variância pelo teste F para a regressão e os coeficientes foram analisados pelo teste t-Student, ambos ao nível de 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade do solo apresentou efeito positivo sobre a retenção de água nas tensões de 10 e 1.500 kPa, ou seja, na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente (Figura 1). Isso ocorreu devido à redução da porosidade total e macroporosidade e redistribuição dos tamanhos dos poros, aumentando a contribuição dos microporos na porosidade de solo, devido à indução de estresse via processos antropogênicos, o que resultou na adsorção da água no solo a maiores tensões (Tormena et al., 1998). Freddi et al. (2009) encontraram capacidade de água disponível variando de 0,109 a 0,123 m³ m⁻³ com o aumento da densidade de um Latossolo Vermelho textura média. Efeito positivo da densidade do solo sob a retenção de água nos potenciais de 10 e 1.500 kPa também foram observados por Tormena et al. (1998).

O aumento da densidade reduziu a porosidade de aeração do solo (Figura 1). Essa redução na porosidade de aeração também foi observada por Tormena et al. (1998), Freddi et al. (2009). A porosidade de aeração do solo deve ser de no mínimo $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ para permitir um adequado movimento de gases no espaço poroso (Silva et al., 1994), contudo as atividades agrícolas podem reduzir a porosidade do solo, interferindo significativamente na aeração do solo.

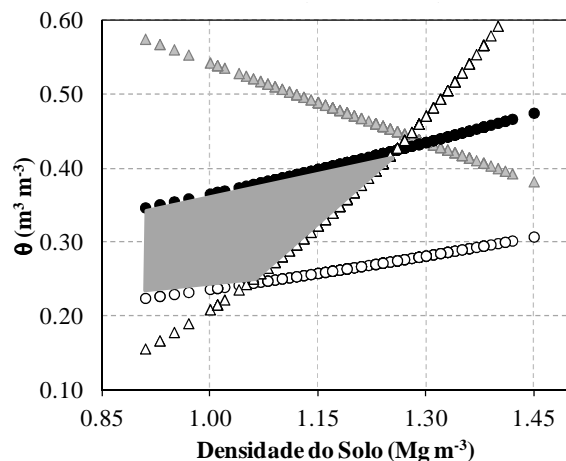


Figura 1 – Intervalo hídrico ótimo do solo representando a variação no conteúdo de água do solo na capacidade de campo (CC, $\psi = 10 \text{ kPa}$), ponto de murcha permanente (PMP, $\psi = 1.500 \text{ kPa}$), porosidade de aeração (PA = $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) e resistência do solo à penetração (RP = $3,0 \text{ MPa}$).

O ponto onde a porosidade de aeração torna-se mais limitante ao desenvolvimento do sistema radicular da cana que a capacidade de campo é a partir da densidade do solo de $1,30 \text{ Mg m}^{-3}$ (Figura 1), assim um aumento no conteúdo de água no solo, reduz a difusão de oxigênio dentro do espaço poroso do solo e nas trocas gasosas com a atmosfera (Silva et al., 1994), para renovação dos teores de oxigênio e eliminação do excesso de gás carbônico entre outros, provenientes principalmente da respiração celular do sistema radicular e de microrganismos.

Observou-se aumento do IHO com o aumento da RP limitante (Figura 1). A RP foi considerada o limite inferior do IHO em 92% das amostras, considerando a RP de $3,0 \text{ MPa}$. A RP substituiu PMP no valor de densidade do solo igual ou superior $1,05 \text{ Mg m}^{-3}$. A RP é o fator que mais reduziu o IHO, concordando com Tormena et al. (1998) e Silva et al. (2011). Em área cultivada com cana-de-açúcar o intenso tráfego de máquinas nas operações agrícolas resulta em compactação do solo, com aumento da RP, criando

condições impeditivas ao desenvolvimento do sistema radicular.

Os sistemas de manejo não diferiram quanto à capacidade de água disponível, contudo os sistemas de manejo com controle de tráfego apresentaram maior IHO na linha da planta em relação ao manejo sem controle de tráfego, o que reflete na melhoria da qualidade física do solo, devido à ausência do tráfego dos pneus nesta região (Figura 2). Esses resultados concordaram com Chan et al. (2006), que observaram mudanças no intervalo hídrico ótimo de um solo argiloso sob manejo com tráfego controlado. Para Lapen et al. (2004), o IHO foi eficaz na identificação de restrições potenciais da qualidade do solo para o crescimento de plantas de milho, empregando mudanças dinâmicas da densidade e resistência mecânica do solo ao longo do ciclo da cultura, como resultado de diferentes sistemas de manejo.

A redução da compactação do solo é a medida a ser tomada em curto prazo, a fim de reduzir a densidade e a resistência do solo à penetração. O controle de tráfego é uma alternativa que viabiliza essa necessidade, já que concentra o tráfego dos pneus no centro da entrelinha da cultura, conservando a qualidade física do solo na linha de plantio (Tullberg et al., 2007; Qingjie et al., 2009).

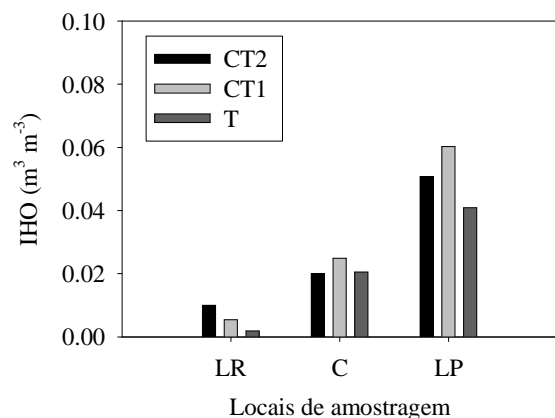


Figura 2 – Intervalo hídrico ótimo (IHO) do solo nos sistemas de manejo com controle de tráfego por meio do ajuste da bitola e uso de piloto automático (CT2) e apenas com ajuste da bitola (CT1) e testemunha sem controle de tráfego (T) determinados nas linhas do plantio (LP), do rodado (LR) e no canteiro (C).

Em geral, observou-se redução no IHO no sentido $LR < C < LP$ (Figura 2). Esses resultados concordaram com Chan et al. (2006), que notaram IHO igual a zero na linha do rodado em um solo argiloso, criando condições desfavoráveis às raízes das plantas, contrastando com a linha de plantio, onde a qualidade do solo foi mantida, resultando no



maior crescimento do sistema radicular das culturas de canola e trigo. O desenvolvimento radicular ocorre sem restrições dentro dos limites do IHO, dessa forma a amplitude do conteúdo de água do solo pode ser utilizada na avaliação da estrutura do solo e da faixa de água entre os níveis críticos para o desenvolvimento das plantas.

Menor intervalo hídrico do solo ocorrido na linha do rodado é devido ao tráfego dos pneus do conjunto trator-transbordo nessa região e elevada carga por eixo, resultando no maior grau de compactação do solo (Figura 2). Vale destacar que essa região é pouco explorada pelas raízes, não influenciando na produtividade da cana.

CONCLUSÕES

O intervalo hídrico ótimo foi sensível às alterações promovidas pelos sistemas de manejo agrícola, indicando maior limitação física na linha da planta e na região do canteiro no manejo sem controle de tráfego agrícola.

Ocorreu uma redução no intervalo hídrico do solo no sentido da linha do rodado < canteiro < linha de plantio.

AGRADECIMENTOS

À Usina São Martinho pela disponibilidade da área de estudo, ao CNPq pela bolsa concedida ao segundo autor e a FAPESP pelo financiamento do projeto (Processo: 2008/09232-3).

REFERÊNCIAS

BRAUNACK, M.V.; ARVIDSSON, J. & HAKANSSON, I. Effect of harvest traffic position on soil conditions and sugarcane (*Saccharum officinarum*) response to environmental conditions in Queensland, Australia. *Soil and Tillage Research*, 89:103-121, 2006.

CHAN, K.Y.; OATES, A.; SWAN, A.D. et al. Agronomic consequences of tractor wheel compaction on a clay soil. *Soil and Tillage Research*, 89:13-21, 2006.

EMBRAPA – Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPq, 2006. 306p.

FREDDI, O.S.; CENTURION, J.F.; DUARTE, A.P. et al. Compactação do solo e produção de cultivares de milho em Latossolo Vermelho. II – Intervalo hídrico ótimo e sistema radicular. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:805-818, 2009.

KAISER, D.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. et al. Intervalo hídrico ótimo no perfil explorado pelas raízes de feijoeiro em um Latossolo sob diferentes níveis de

compactação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:845-855, 2009.

LAPEN, D.R.; TOPP, G.C.; GREGORICH, E.G. et al. Least limiting water range indicators of soil quality and corn production, eastern Ontario, Canada. *Soil and Tillage Research*, 78:151-170, 2004.

QINGJIE, W.; HAO, C.; HONGWEN, L. et al. Controlled traffic farming with no tillage for improved fallow water storage and crop yield on the Chinese Loess Plateau. *Soil and Tillage Research*, 104:192-197, 2009.

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

SILVA, G.L.; LIMA, H.V.; CAMPANHA, M.M. et al. Soil physical quality of Luvisols under agroforestry, natural vegetation and conventional crop management systems in the Brazilian semi-arid region. *Geoderma*, 167:61-70, 2011.

SOUZA, Z.M.; PRADO, R.M.; PAIXÃO, A.C.S. et al. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40:271-278, 2005.

SOUZA, G.S.; SOUZA, Z.M.; SILVA, R.B. et al. Compressibilidade do solo e sistema radicular da cana-de-açúcar com e sem controle de tráfego agrícola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47:603-612, 2012.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. & LIBARDI, P. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22:573-581, 1998.

TULLBERG, J.N.; YULE, D.F. & MCGARRY, D. Controlled traffic farming - from research to adoption in Australia. *Soil and Tillage Research*, 97:272-281, 2007.