

Estado de compactação de um Latossolo Vermelho com sistemas de manejo e modelos de produção de longo prazo⁽¹⁾.

Moacir Tuzzin de Moraes⁽²⁾; Henrique Debiasi⁽³⁾; Reimar Carlesso⁽⁴⁾; Vanderlei Rodrigues da Silva⁽⁴⁾; Julio Cezar Franchini⁽³⁾; Renato Levien⁽⁵⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Embrapa Soja, e bolsa de mestrado concedida pela CAPES.

⁽²⁾ Doutorando em Ciência do Solo; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Porto Alegre; RS; moacir.tuzzin@gmail.com; ⁽³⁾ Pesquisador, Embrapa Soja; ⁽⁴⁾ Professor, Universidade Federal de Santa Maria; ⁽⁵⁾ Professor, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

RESUMO: Ao longo do tempo, é muito importante, a preservação da qualidade física dos solos. Objetivou-se determinar o potencial de modelos de produção e manejos do solo em reduzir o grau de compactação do solo ao longo do tempo, determinando o período residual das intervenções mecânicas. Foi utilizado um esquema fatorial 5x2. O fator manejo do solo foi: sistema de preparo convencional; sistema plantio direto (SPD) escarificado a cada ano e/ou a cada três anos; SPD contínuo por 11 e/ou 24 anos. O fator modelo de produção foi: rotação e sucessão de culturas. Foi avaliada a densidade do solo até 0,30 m. Não foram observadas alterações no solo em função do uso dos modelos de produção. O efeito residual da escarificação do solo se restringiu ao período de dez meses na camada de 0,0-0,20 m. A escarificação periódica do solo em SPD é dispensável, independentemente do modelo de produção. O incremento do tempo de adoção do SPD de 11 para 24 anos favoreceu melhorias na qualidade física do solo.

Termos de indexação: Densidade do solo. Sistema plantio direto. Escarificação do solo.

INTRODUÇÃO

Com o aumento do tempo de uso do sistema plantio direto (SPD), os atributos físicos dos solos têm sido modificados, necessitando, portanto, de pesquisas com períodos de duração mais longos para estudar os fenômenos ligados à sua estrutura. A compactação do solo, além de aumentar a resistência mecânica do solo à penetração radicular (Moraes et al., 2012), reduz a porosidade total, a macroporosidade, a aeração, a capacidade de infiltração de água e a condutividade hidráulica. Essas modificações podem diminuir a produtividade das culturas, especialmente em anos com deficiência hídrica e/ou com excesso de chuvas (Franchini et al., 2009).

No SPD, um dos principais problemas é a formação de camadas com maior grau de compactação, a qual se localiza, geralmente, em uma profundidade de 0,08-0,20 m (Franchini et al., 2009). Para reduzir este problema, alguns

pesquisadores vêm indicando a utilização da escarificação periódica do solo (Klein et al., 2009) como ferramenta para romper camadas compactadas. Desde que bem executada, a escarificação é capaz de romper camadas compactadas de solo de modo imediato (Klein & Camara, 2007), porém seus efeitos persistem, no geral, por um período efêmero, igual ou inferior a um ano (Silva et al., 2012), uma vez que essa operação não elimina a causa do problema (Franchini et al., 2009). Neste sentido, a utilização de sistemas de rotação de culturas que contemplem plantas com elevado potencial de produção de fitomassa e dotadas de um sistema radicular abundante vem sendo indicada como opção para evitar a formação de camadas compactadas e melhorar a qualidade física do solo.

Os objetivos deste trabalho foram: (i) determinar o potencial de dois modelos de produção, em reduzir o grau de compactação do solo em SPD ao longo do tempo; e (ii) determinar a duração do efeito residual da descompactação mecânica em SPD, com rotação e ou sucessão de culturas, comparando-o ao SPD contínuo ao longo do tempo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um experimento de longa duração, implantado em 1988 na Fazenda Experimental da Embrapa Soja (23°11' S, 51°11' O, e altitude de 620 m). O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférico com textura muito argilosa. Na camada de 0,0-0,10 m, o solo apresentou 732, 196 e 72 g kg⁻¹ de argila, silte e areia, respectivamente. Na camada de 0,10-0,20 m, o solo apresentou 757, 183 e 60 g kg⁻¹ de argila, silte e areia, respectivamente. Já na camada de 0,20-0,30 m, o teor de argila, silte e areia de 775, 156 e 69 g kg⁻¹, respectivamente.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 2 (manejos x modelos), com quatro repetições e parcelas de 30 x 10 m. O fator manejo do solo foi constituído pelos seguintes tratamentos: (i) sistema preparo convencional (SPC) utilizando grade pesada a uma profundidade média de 0,15 m, seguida de grade

leve antes de cada cultivo de inverno e verão; (ii) SPD com escarificação periódica a cada ano (SPDE1); (iii) SPD com escarificação periódica a cada três anos (SPDE3); (iv) SPD contínuo por 11 anos, implantado em 2001 (SPDC11); e (v) SPD contínuo por 24 anos, implantado em 1988 (SPDC24). No SPDC11, entre os anos de 1988 e 2001, o preparo do solo foi realizado com a utilização de arado de aivecas (profundidade média de trabalho de 0,32 m), seguido de gradagem leve realizada antes da cultura de verão, e de gradagem pesada (profundidade média de trabalho de 0,15 m) seguida de gradagem leve realizada antes da implantação da cultura de inverno. O SPDE1 e SPDE3 foram escarificados antes da implantação das culturas de inverno, com escarificador montado tipo cruzador equipado com rolo destorroador e quatro hastes distanciadas 0,40 m, e profundidade média de trabalho de 0,30 m, com ângulo de ataque de 45°. A amostragem de solo no SPDE1 e SPDC3 foi realizada após 10 e 22 meses da última escarificação, respectivamente. Os sistemas de manejo do solo foram conduzidos sob dois modelos de produção: (i) sucessão trigo no inverno e soja no verão; e (ii) rotação de culturas com ciclo de 4 anos, com as seguintes espécies no inverno-verão: trevo branco ou nabo forrageiro milho-aveia preta/soja-trigo/soja-trigo/soja.

Amostras de solo com estrutura preservada foram coletadas em três camadas do solo (0,0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,3 m), usando anéis de aço inox com volume de 100 cm³ (5 cm de altura e 5 cm de diâmetro interno), utilizando um dispositivo amostrador de solo, acoplado a um trator, de modo que os anéis sejam inseridos verticalmente no solo, sem que haja impacto. Foram coletados 20 anéis por tratamento e camada (cinco repetições por parcela), nas entrelinhas não trafegadas da cultura de verão (soja) de 2011/12. Nestas amostras de solo foi determinada a densidade do solo conforme Embrapa (1997).

Os resultados foram submetidos à análise de variância (Teste F, $p < 0,05$). Quando o efeito dos tratamentos foi significativo em nível de 5% de probabilidade de erro, as diferenças entre as médias dos modelos de produção e ou manejos do solo em cada uma das camadas avaliadas foram comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro. Foi utilizado o programa estatístico SAS Learning Edition (2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância indicou que não houve efeito de interação entre os sistemas de manejo do solo e os modelos de produção para nenhuma variável analisada, nas três camadas de solo

avaliadas (Moraes, 2013). Assim, para todas as variáveis, a análise estatística foi executada em separado para cada fator (manejos do solo e modelos de produção).

Os resultados de Ds não apresentaram diferenças significativas entre os modelos de produção nas camadas de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m (Figura 1). Na camada de 0,20-0,30 m, houve uma menor Ds no modelo sob sucessão de culturas. Observa-se que um dos motivos para não haver alterações da Ds, nas camadas de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m, em função do modelo de produção, pode estar relacionado à baixa sensibilidade deste indicador da qualidade física do solo em identificar mudanças estruturais do solo.

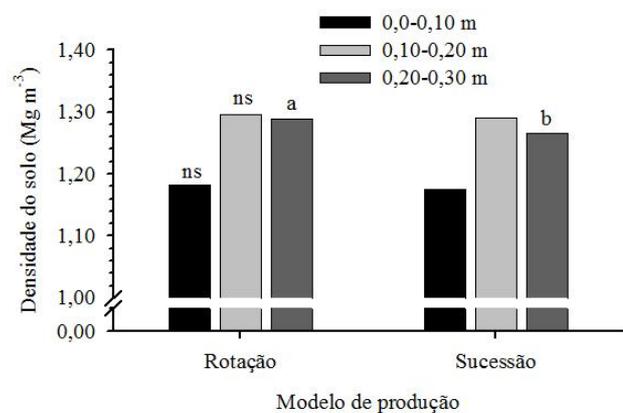


Figura 1 – Densidade do solo em função dos modelos de produção em um Latossolo Vermelho Distroférico. *médias seguidas pela mesma letra, na mesma camada, não diferem entre si (Tukey, $p < 0,05$). ^{ns}não significativo.

Neste sentido interações, entre modelos de produção e manejos do solo, podem não ter sido detectados em função da sensibilidade de detecção por meio da coleta de amostras para avaliação da densidade do solo. Outro fator que pode ter influenciado na redução das diferenças dos valores de Ds entre o modelo de produção com rotação e sucessão de culturas, pode ter ocorrido em função de que o modelo baseado em rotação de cultura foi semelhante à sucessão de culturas, principalmente a partir do segundo ano do ciclo de rotações, onde foram utilizadas as culturas de soja e de trigo. A ausência de modelos de produção baseados na rotação de culturas acarreta o surgimento de alterações de ordem química, física e biológica no solo, que podem comprometer a estabilidade do sistema produtivo (Franchini et al., 2011). Neste mesmo experimento de longo prazo, avaliando o SPD contínuo entre 1988 a 2006, Franchini et al. (2011) observaram na camada de 0,0-0,10 m, que a Ds foi menor na rotação do que na sucessão de culturas em seis de nove amostragens de solo.

Estes mesmos autores observaram que os efeitos benéficos da rotação de culturas sobre a qualidade física do solo foram ainda mais evidentes na camada de 0,10-0,20 m onde, das nove amostragens, em oito a Ds foi mais elevada na sucessão (trigo/soja) do que na rotação de culturas.

A Ds, nas três camadas avaliadas (0,0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m), foi alterada pelos sistemas de manejo do solo (Figura 2). Observa-se que a utilização de grade pesada após cada cultivo (SPC), e a escarificação do solo todo ano (SPDE1), quando comparados com o SPDC11 e SPDC24, reduziram a Ds na camada de 0,0-0,10 m. No SPC, há a formação de uma camada com maior grau de compactação abaixo de 0,10 m. Esta camada compactada está presente no mínimo até 0,30 m de profundidade. No SPC o incremento da Ds de 1,10 Mg m⁻³, na camada de 0,0-0,10 m, para valores de 1,31 Mg m⁻³ nas camadas entre 0,10-0,30 m, causa problemas relacionados ao crescimento radicular das culturas, além de apresentar impedimentos nas trocas gasosas, líquidas e térmicas no perfil do solo, principalmente abaixo de 0,10 m. Portanto, a utilização de SPC, favorece a degradação da estrutura do solo, causando rompimento dos poros contínuos entre a superfície com camadas abaixo de 0,10 m (Moraes, 2013). Permanecendo poros grandes na superfície do solo (0,0-0,10 m) e poros pequenos abaixo de 0,10 m, o que possivelmente interrompa o fluxo ascendente de água no perfil do solo (Moraes, 2013).

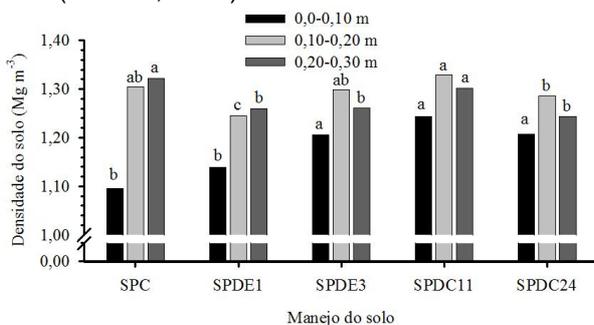


Figura 2 – Densidade do solo em função do manejo do solo em um Latossolo Vermelho Distroférrico. *médias seguidas pela mesma letra, na mesma camada, não diferem entre si (Tukey, p<0,05).

A escarificação esporádica do solo a cada ano (SPDE1) e ou a cada três anos (SPDE3), mesmo em um sistema de cultivo em SPD de longo prazo, conduzido por 24 anos em um Latossolo Vermelho Distroférrico muito argiloso, mostrou-se ineficiente. O período com efeito da escarificação persistiu por apenas dez meses após a realização da escarificação do solo, limitada a camada de 0,0-0,20 m. Este curto período de eficiência da escarificação do solo, visualizado por meio da densidade do solo, está relacionado com a forma de

atuação das hastes do escarificador no solo, pois há o rompimento de blocos compactos do solo nos pontos de fraqueza. Com isso, há uma permanência de “agregados” compactos nos espaços entre as hastes do escarificador, favorecendo o “retorno” à condição anterior à escarificação já após o primeiro ano de cultivo sem revolvimento do solo.

Comparando o SPDE1 em relação ao SPDC24, comprova-se que não há redução da Ds em camadas abaixo de 0,20 m. Isso demonstra que a escarificação, com o objetivo de reduzir a compactação do solo abaixo de 0,20 m não é eficiente mesmo considerando o primeiro ano após a realização da mesma, pois grande parte dos agregados do solo, na camada de 0,20-0,30 m, é rompida nos pontos de fraqueza e estes permanecem compactos. Portanto, dez meses após a escarificação do solo, não há efeitos residuais na redução da densidade do solo, na camada de 0,20-0,30 m em relação aos sistemas sem revolvimento do solo (SPDC11 e SPDC24). Este curto período residual do efeito da escarificação do solo foi relatado por Silva et al. (2012), onde os autores identificaram que, na camada de 0,20-0,30 m, logo após a realização da escarificação não houve diferenças de densidade do solo em relação ao SPD contínuo. Além disso, estes autores destacam que, após seis meses da escarificação do solo, houve incrementos de Ds na camada de 0,20-0,30 m, em função da redução da capacidade de suporte ao tráfego das camadas superficiais. Desta forma, não se justifica a utilização da prática de escarificação do solo a cada ano para a redução do grau de compactação de camadas compactas em subsuperfície (0,20-0,30 m). O efeito residual da escarificação do solo não foi ampliado com a utilização de rotação de cultura, pois não houve interações entre os fatores manejo do solo e modelos de produção, e nem diferenças entre os modelos de produção.

Os maiores efeitos da escarificação do solo foram observados na camada de 0,0-0,10 m, onde os valores de Ds foram semelhantes aos observados com a utilização do SPC. Porém, é possível que haja muita mobilização e desagregação do solo na camada de 0,0-0,10 m pela escarificação anual do solo, causando redução da capacidade de armazenamento de água, em função do aumento excessivo da quantidade de macroporos e, conseqüentemente, diminuição do movimento capilar de água no solo (Torres & Saraiva, 1999). Além disso, a escarificação mecânica, ao contrário dos efeitos gerados pelas raízes das plantas, resulta na quebra da continuidade dos poros, o que prejudica movimento de água das camadas mais profundas de solo para as camadas superficiais, onde se encontra a maior

parte do sistema radicular (Franchini et al., 2009).

A utilização contínua do SPD desde 1988 demonstra que, neste Latossolo Vermelho Distroférrico muito argiloso, a conservação do solo e a ausência de revolvimento do solo pela escarificação, favorece manutenção da qualidade física do solo. Neste sentido, observa-se, nas três camadas avaliadas, que os valores de Ds no SPDC24 não são restritivos ao desenvolvimento das culturas. Conforme Torres e Saraiva (1999), neste Latossolo Vermelho Distroférrico, muito argiloso, os valores de Ds menores que $1,33 \text{ Mg m}^{-3}$, não afetam o crescimento e desenvolvimento das culturas anuais, tais como a soja. Além disso, o SPDC24 apresentou, nas três camadas avaliadas, Ds igual ao sistema com revolvimento a cada três anos, demonstrando que ao longo do tempo, se o solo for adequadamente manejado, não haverá a necessidade de realizar a escarificação do solo para redução do grau de compactação do perfil do solo. Observa-se também que não houve diferenças entre o SPDE3 e o SPDC11 nas camadas de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m, comprovando que a escarificação esporádica do solo a cada três anos, não teve efeito residual suficiente para redução do grau de compactação do solo.

No SPDC11, mesmo com valores de Ds ($1,33 \text{ Mg m}^{-3}$) próximos dos valores indicados por Torres & Saraiva (1999), estes podem não ser limitantes ao crescimento e desenvolvimento das culturas, pois no SPD ao longo do tempo há a formação de poros longos e contínuos, além da presença de poros biológicos, os quais favorecem que o perfil apresente locais com menor resistência ao crescimento das raízes, favorecendo que não ocorra perdas produtivas de soja e de trigo no SPDC11 em relação ao SPDE1 e SPDE3 (Moraes, 2013).

CONCLUSÕES

A avaliação da qualidade do solo através da densidade do solo não possibilitou identificar mudanças significativas na qualidade do solo entre estes dois modelos de produção (rotação e sucessão de culturas) de longo prazo testados em um Latossolo Vermelho Distroférrico muito argiloso.

A qualidade física de um Latossolo Vermelho Distroférrico muito argiloso sob SPD melhorou ao longo do tempo, e mesmo após 24 anos sem revolvimento o solo oferece condições adequadas para o crescimento e desenvolvimento das culturas de soja e de trigo.

A utilização de escarificação periódica do solo, no SPD de longo prazo, em um Latossolo Vermelho Distroférrico muito argiloso, é dispensável independentemente do modelo de produção, pois

seus efeitos residuais persistem no solo por um período inferior ou igual a 10 meses.

REFERÊNCIAS

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de Métodos de Análise de Solo. Rio de Janeiro, 2 ed., 1997, 212p.

FRANCHINI, J. C.; COSTA, J. M.; DEBIASI, H. & TORRES, E. Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 52p. (Embrapa Soja. Documentos, 327).

FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; SACOMAN, A.; NEPOMUCENO, A. L. & FARIAS, J. R. B. Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca. Londrina: Embrapa Soja, 2009. 39 p. (Embrapa Soja. Documentos, 314).

KLEIN, V. A. & CAMARA, R. K. Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em Latossolo Vermelho sob plantio direto escarificado. Revista R. Bras. Ci. Solo, 31:221-227, 2007.

KLEIN, V.; BASEGGIO, M. & MADALOSSO, T. Indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico típico sob plantio direto escarificado. Ci. Rural, 39:2475-2481, 2009.

MORAES, M. T. Qualidade física do solo sob diferentes tempos de adoção e de escarificação do sistema plantio direto e sua relação com a rotação de culturas. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2013. 205p. (Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo).

MORAES, M. T.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. & SILVA, V. R. Correction of resistance to penetration by pedofunctions and a reference soil water content. R. Bras. Ci. Solo, 36:1395-1406, 2012.

SAS LEARNING EDITION. Getting started with the SAS Learning Edition. Cary, 2002. 200p.

SILVA, S. G. C.; SILVA, A. P.; GIAROLA, N. F. B.; TORMENA, C. A. & SÁ, J. C. M. Temporary effect of chiseling on the compaction of a Rhodic Hapludox under no-tillage. R. Bras. Ci. Solo, 36:547-555, 2012.

TORRES, E. & SARAIVA, O. F. Camadas de impedimento mecânico do solo em sistemas agrícolas com a soja. Londrina: EMBRAPA Soja, 1999. 58 p. (Embrapa Soja, Circular Técnica, 23).