

## EFEITO DO TRÁFEGO AGRÍCOLA NA INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

**BARBARA BARRETO FERNANDES<sup>1\*</sup>; INDIAMARA MARASCA<sup>2</sup>; MURILO BATTISTUZZI MARTINS<sup>3</sup>; JEFFERSON SANDI<sup>2</sup>; KELLY GABRIELA PEREIRA DA SILVA<sup>3</sup> E KLEBER PEREIRA LANÇAS<sup>4</sup>**

*\*Dados parciais da dissertação de mestrado da primeira autora.*

<sup>1</sup> *babarretof@hotmail.com*

<sup>2</sup> *Centro Universitário Unilasalle/Lucas. Av. Universitária, 1000, Parque das Emas - 78455-000, Lucas do Rio Verde, MT, Brasil. E-mail: marasca\_7@hotmail.com; jffsandi@gmail.com*

<sup>3</sup> *Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – Unidade de Cassilândia. Rodovia MS 306 - km 6,4; 79540-000, Cassilândia, MS, Brasil. E-mail: mbm\_martins@hotmail.com; kellygsilva11@gmail.com*

<sup>4</sup> *Departamento de Engenharia Rural na FCA/UNESP, Av. Universitária, 3780 - Altos do Paraíso, 18610-034, Botucatu, SP, Brasil. E-mail: kp.lancas@unesp.br*

### 1 RESUMO

As modificações causadas por atividades antrópicas como o tráfego de máquinas afetam diretamente a infiltração de água no solo. O trabalho teve por objetivo avaliar a infiltração de água no perfil do solo submetido a diferentes intensidades de tráfego agrícola. O experimento foi realizado na Fazenda Lageado da UNESP/FCA, Botucatu/SP, em duas classes de solo, Nitossolo Vermelho distroférico (Nvd) e Latossolo Vermelho distroférico (LVd). O delineamento experimental foi completamente casualizado, com os respectivos tratamentos de compactação: T0 = 0; T1 = 1; T2 = 2; T3 = 3; T4=5 e T5 = 10 passadas consecutivas de um trator agrícola. Foram determinados os seguintes atributos: infiltração de água no solo, porosidade e água disponível no solo. Constatou-se que a velocidade de infiltração básica do solo foi baixa para ambos os solos em todos os tratamentos que houve o tráfego. Para as duas classes de solo houve a redução da macro porosidade e não interferência na microporosidade. O teor de água disponível às plantas no solo argiloso teve maior variação do que no solo de textura média. Há efeito da compactação do solo na dinâmica da lâmina de água no perfil do solo.

**Palavras-chave:** compactação do solo, tráfego de máquinas, infiltração de água no solo.

**FERNANDES, B. B.; MARASCA, I.; MARTINS, M. B.; SILVA, K. G. P.; SANDI, J.; LANÇAS, K. P.**

**EFFECT OF TRAFFIC IN AGRICULTURAL SOIL WATER INFILTRATION AND THE PHYSICAL ATTRIBUTES OF THE SOIL**

### 2 ABSTRACT

Modifications caused by human activities such as machine traffic directly affect water infiltration into the soil. The objective of this work was to evaluate the water infiltration in the soil profile submitted to different intensities of agricultural traffic. The experiment was carried out at the Lageado Farm at UNESP/FCA, Botucatu/SP, in two soil classes, Dystralferric Red

Nitrosol (NVd) and Dystroferic Red Oxisol (LVd). The experimental design was completely randomized, with the respective compaction treatments: T0 = 0; T1 = 1; T2 = 2; T3 = 3; T4=5 and T5 = 10 consecutive passes of an agricultural tractor. The following attributes were determined: soil water infiltration, porosity, and available soil water. It was found that the basic soil infiltration speed was low for both soils in all treatments that had traffic. For both classes of soil there was a reduction in macro porosity and no interference in microporosity. The water content available to plants in clayey soil had greater variation than in medium textured soil. There is an effect of soil compaction on the water depth dynamics in the soil profile.

**Keywords:** soil compaction, machinery traffic, water infiltration into the soil.

### 3 INTRODUÇÃO

Trabalhos científicos constataram que a maior compactação do solo ocorre logo após as primeiras passadas das máquinas e o tráfego posterior adiciona menor compactação, a não ser que haja aumento da carga aplicada em relação à anterior ou que ocorra mudança no teor de água do solo. Outros trabalhos citam que a compactação ocorre de maneira diferenciada, no horizonte superficial do solo e que é gerada pelo contato entre o rodado e o solo, enquanto em relação à profundidade, a carga do eixo torna-se o fator mais importante.

Tem sido sugerido que a compactação possa ser identificada mediante avaliação de atributos físicos do solo, como a resistência do solo à penetração, densidade do solo, porosidade total, tamanho e continuidade dos poros, estabilidade de agregados, infiltração de água, condutividade hidráulica, curva característica de retenção de água, entre outros atributos.

Segundo Libardi (2005), a infiltração de água é definida como o processo pelo qual a água penetra no perfil do solo no sentido descendente através de sua superfície. A quantidade de água que passa pelo perfil do solo por unidade de tempo é denominada taxa de infiltração ou velocidade de infiltração da água no solo (VI), expressa em  $\text{cm h}^{-1}$  ou  $\text{mm h}^{-1}$ . É esse parâmetro que indica qual o comportamento de uma lâmina

de água sobre o solo em relação ao tempo para nele infiltrar.

Esta taxa de infiltração vai diminuindo ao longo do tempo de infiltração, tendendo a uma taxa constante. Esta constância ao longo do tempo é denominada de velocidade de infiltração básica (VIB), valor que deve corresponder à condutividade hidráulica média saturada ou quase saturada do perfil superficial do solo (BOUWER, 1978; REICHARDT; TIMM, 2004).

Em irrigação, tão importante quanto a VI é a VIB, sendo ela quem indica se o solo suporta a intensidade de aplicação de água imposta por determinado tipo de emissor.

Dentre as muitas variáveis que influenciam a infiltração de água no solo, o deslocamento dos rodados é um dos mais importantes, pois provoca sensível aumento na densidade do solo, durante a interação máquina-solo. O decréscimo dos poros de maior diâmetro pela compactação, ocorre devido, entre outros fatores, a fragmentação dos agregados, por causa da ação dos equipamentos de preparo do solo ou pelo peso das máquinas que trafegam no solo ser superior à máxima resistência interna dos agregados, destruindo os espaços inter-agregados que são de maior diâmetro (HORN et al., 1995). Em consequência disso, forma-se um denso rearranjo dos agregados menores do solo e a formação de poros de menor diâmetro (HORN et al., 1995), que alteram a retenção e a redistribuição de água no perfil do solo

(TARAWALLY et al., 2004). Sendo assim, o fluxo de ar e o movimento da água no solo são seriamente prejudicados (BEUTLER et al., 2001).

A água disponível às plantas, corresponde a um intervalo de umidade que vai de um limite superior, a capacidade de campo (CC), até um limite inferior, o ponto de murcha permanente (PMP). Considerando que os limites de CC e PMP dependem das propriedades físicas do solo e, que essas são alteradas pelo sistema de manejo, o grau em que são afetadas pode refletir em menor disponibilidade de água as plantas se a quantidade adicional de água armazenada encontra-se retida em potenciais menores do que aqueles que as plantas conseguem extrair. (GONÇALVES, 2011).

O teor de água na capacidade de campo, pode ser definido pelo teor de água do solo no potencial matricial de  $-0,01$  MPa (HAISE; HASS; JENSEN, 1955) e o ponto de murcha permanente, pelo teor de água do solo no potencial de  $-1,5$  MPa (RICHARDS, 1965).

O trabalho teve por objetivo avaliar a ocorrência e distribuição da água ao longo do perfil do solo e atributos físicos do solo conforme diferentes intensidades de tráfego agrícola.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido na Fazenda Experimental Lageado pertencente à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas, localizada no município de Botucatu, no estado de São Paulo.

O experimento foi realizado em duas áreas, sendo a primeira, denominada como “Área 1”, localizada geograficamente a:  $22^{\circ} 50' 24''$  Latitude Sul,  $48^{\circ} 25' 23''$  Longitude Oeste e altitude de 791 m e a segunda como “Área 2” localizada a  $22^{\circ} 51' 17''$  Latitude Sul,  $48^{\circ} 26' 10''$  Longitude Oeste e altitude de 822 m.

O solo da Área 1 é classificado por Carvalho, Espíndola e Paccola (1983) como Terra Rocha Estruturada, adaptado à classificação da Embrapa (2013), como Nitossolo Vermelho distroférrico (NVd) com relevo plano e textura argilosa, com 50% de teor de argila. A área do estudo foi de  $3.670$  m<sup>2</sup>, possuindo antes de seu preparo, cobertura vegetal com braquiária, presença de camada compactada em relevo plano.

A composição granulométrica foi realizada no Laboratório de Física do Solo do mesmo Departamento, conforme método da Teixeira et al. (2017). Os resultados da caracterização física do solo da área 1 estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Caracterização granulométrica da área experimental 1.

| Camadas<br>(mm) | Frações granulométricas |                             |        |          |
|-----------------|-------------------------|-----------------------------|--------|----------|
|                 | Areia                   | Silte<br>g kg <sup>-1</sup> | Argila | Textura  |
| 0-200           | 348                     | 156                         | 496    | Argilosa |
| 200-400         | 345                     | 153                         | 502    | Argilosa |

**Fonte:** Fernandes et al., (2019).

Na segunda área experimental, denominada Área 2, o solo foi classificado como Latossolo Vermelho (LV) (EMBRAPA, 2013), com textura média, teor de argila entre 15 e 35% e elevado grau de intemperização. O relevo predominante é suave ondulado e ocupam as partes mais

elevadas da Fazenda Experimental Lageado. A área para o estudo foi de  $4.239$  m<sup>2</sup> e se encontrava recoberta por vegetação espontânea. Esta área não é cultivada há vários anos. Os resultados da caracterização física do solo da área 2 são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Caracterização granulométrica da área experimental 2.

| Camadas (mm) | Frações granulométricas |       |        |         |
|--------------|-------------------------|-------|--------|---------|
|              | Areia                   | Silte | Argila | Textura |
| 0-200        | 706                     | 38    | 256    | Média   |
| 200-400      | 696                     | 41    | 263    | Média   |

Fonte: Fernandes et al., (2019).

O clima da região é do tipo Cfa, clima temperado quente (mesotérmico) úmido, segundo a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013), com estação seca, que vai de abril a agosto segundo a classificação de Thornthwaite (CUNHA; MARTINS, 2009).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Os tratamentos foram constituídos de acordo com a intensidade do tráfego: T0 = 0 controle (sem passada do trator); T1 = 1; T2 = 2; T3 = 3; T4 = 5 e T5 = 10 passadas consecutivas do trator que é semelhante a colheita de cana-de-açúcar com colhedoras, transbordo, tratores com área de vivência e demais operações agrícolas, todas com movimento unidirecional, no mesmo local. Os tratamentos de compactação foram realizados após o preparo do solo, em parcelas de 150 m<sup>2</sup> (5x30 m) quando o teor de água do solo estava próximo à capacidade de campo. Ocorreu discrepância nas avaliações do tratamento T2 da Área 2, portanto não consta na análise estatística.

Os solos de ambas as áreas apresentavam cobertura vegetal com braquiária antes do preparo, assim, foi realizado subsolagem e gradagem para nivelamento e destorroamento. A profundidade média de trabalho atingida foi de 350 mm. Nestas operações de preparo do solo, foi utilizado um trator com potência máxima de 89 kW (121 cv). O subsolador empregado foi o de arrasto, com cinco hastes subsoladoras, equipado com rodas de controle de profundidade, acionadas por atuadores hidráulicos e ajustados para atingir profundidade máxima de trabalho de 400 mm. A grade utilizada após a subsolagem foi

a niveladora - tipo "off set", com 32 discos de 180 mm de diâmetro e profundidade média de trabalho de 120 mm.

Para simular a compactação do solo, foi utilizado um trator com potência máxima de 121 kW (165 cv), tração dianteira auxiliar (4x2 TDA), montado em pneus 16.9-28" R1 com 22 psi e 20.8-38" R1 com 24 psi, todos com 75% de lastro líquido. O peso total do trator, 91.300 N (9.310 kg), foi determinado por meio de balança de piso com célula de carga e receptor de pesagem, tendo uma distribuição de carga de aproximadamente 40% no eixo dianteiro e 60% no eixo traseiro.

A avaliação de infiltração de água no solo foi realizada utilizando-se o método do infiltrômetro de anéis concêntricos de carga constante (COELHO; MIRANDA; DUARTE, 2000). Este método é constituído de dois anéis posicionados de forma concêntrica no solo (vista superior), o anel interno possui diâmetro de 150 mm e o externo de 300 mm, ambos foram enterrados cerca de 100 mm no solo e nivelados com um nível de mão.

A água foi colocada ao mesmo tempo nos dois anéis. As medidas de infiltração foram feitas no anel interno, pois o anel externo tem a finalidade de bordadura, impedindo que a infiltração se processe no sentido lateral do solo.

Depois que os anéis foram instalados, acrescentou-se água no anel interno, utilizando uma proveta graduada que possibilitava saber o volume de água aplicada no cilindro. A água foi acrescentada de maneira a manter-se uma lâmina de água de aproximadamente 100 mm. Iniciado a infiltração, a água foi repostada, permitindo

uma variação máxima de 2 cm na altura do nível da água no anel interno, dando uma condição de carga hidráulica constante, marcando-se o tempo e o volume de água gasto a cada 10 minutos. Em cada tratamento, foi realizada 3 repetições consecutivas, a coleta de dados foi encerrada quando a velocidade de infiltração

observada no anel interno tornou-se constante com o tempo (Figura 1). Para calcular a VIB, a velocidade de infiltração foi considerada constante quando o valor da leitura da lâmina infiltrada no anel interno se manteve constante pelo menos em três medições.

**Figura 1.** Determinação da velocidade de infiltração básica da água no solo (VIB) através do método dos anéis concêntricos.



Fonte: Fernandes et al., (2019).

A determinação da microporosidade do solo foi realizada com amostras indeformadas coletadas com cilindros de 5 cm de diâmetro por 5 cm de altura, as mesmas utilizadas para determinação da densidade do solo. Foi utilizada uma mesa de tensão a  $-0,006$  MPa. O cálculo da porosidade total do solo foi realizado a partir das determinações de densidade do solo e de partículas. E a macro porosidade do solo foi calculada pela diferença entre a porosidade total e a micro porosidade, utilizando-se o método descrito por Teixeira et al. (2017). Os limites de água disponível para as plantas foram obtidos mediante extração de água de amostras de solo deformada em câmaras de Richards (TEIXEIRA et al., 2017). Os resultados foram tabulados e submetidos à análise de variância utilizando-se o programa estatístico MINITAB®, versão

16.0 (MINITAB, 2010). As médias dos tratamentos foram comparadas por meio da aplicação do teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A velocidade de infiltração básica de água no solo para Nitossolo Vermelho distroférico (NVd) foi influenciada pelos diferentes tratamentos. O tratamento que promoveu maior valor de VIB foi o T0 com  $39,3$  mm  $h^{-1}$ , sendo classificado como solo de VIB muito alta, segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2006). Os maiores valores obtidos de VIB foram verificados no solo em que não houve tráfego agrícola, devido ao tipo de microestrutura presente nesse solo e pela porosidade resultante. A

quantidade de macroporos neste tratamento foi maior quando comparado aos demais, o que favoreceu o maior movimento de água ao longo do perfil.

Em função da discrepância do valor de VIB do T0, os tratamentos T1, T2, T3 T4 e T5 foram analisados estatisticamente sem o T0 (Tabela 3).

**Tabela 3.** Valores médios de VIB (velocidade de infiltração básica) para os tratamentos T0, T1, T2, T3, T4 e T5.

| Velocidade de infiltração básica (VIB) |                    |
|--|--------------------|
| Tratamentos                            | mm h <sup>-1</sup> |
| T0                                     | 39,3 *             |
| T1                                     | 4,3 a              |
| T2                                     | 3,6 ab             |
| T3                                     | 1,8 bc             |
| T4                                     | 1,1 c              |
| T5                                     | 1,1 c              |

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas não diferem pelo teste de Tukey. \*O T0 não constou na análise estatística. **Fonte:** Fernandes et al., (2019).

Houve diferença entre os tratamentos T1, T2, T3 T4 e T5 ( $p < 0,01$ ), notando-se que o T1 obteve maior valor de VIB (4,3 mm h<sup>-1</sup>), não diferindo do T2 (3,6 mm h<sup>-1</sup>) e os tratamentos T3, T4 e T5 obtiveram os menores valores. De modo geral, todos os tratamentos têm valores de VIB abaixo de 5 mm h<sup>-1</sup>, característica de um solo de VIB baixa, segundo a classificação de Bernardo, Soares e Mantovani (2006).

Valores médios de teor de água do solo (%), no momento da avaliação de infiltração de água do solo para cálculo da VIB foram de 17,69% para a camada de 0-200 mm e 18,26% para a 200-400 mm do NVd.

Resultados semelhantes foram encontrados por Blanco-Canqui, Claassen e Stone (2010), cuja maior infiltração de água foi encontrada em linhas não trafegadas, mostrando que maior volume de chuvas pode infiltrar e mais água pode se tornar disponível em solos onde o tráfego é controlado. A redução da infiltração de água com o tráfego agrícola pode ter implicações adversas para a conservação da água e crescimento da planta, podendo levar a um aumento das perdas de água por escoamento

superficial, evaporação e assim reduzir consideravelmente a captura e o armazenamento de águas oriundas da precipitação.

Em um solo argiloso, Li, Tulberg e Freebairn. (2001) observaram que a taxa de infiltração foi reduzida em quatro a cinco vezes com o tráfego do rodado. Tomasini et al. (2010) avaliaram o efeito do tráfego agrícola sobre a infiltração de água no solo, em cultivo de cana-de-açúcar e observaram que o tráfego ocasionou redução de 72-83% nos valores de infiltração de água no solo.

Nesta avaliação a redução da velocidade de infiltração básica do solo foi de aproximadamente nove vezes no T1, reduzindo conforme a intensidade das passadas do rodado, chegando à redução da infiltração básica de 35 vezes (10%) no T5 em relação ao tratamento sem tráfego.

A velocidade de infiltração básica de água no solo para Latossolo Vermelho (LV) não sofreu influência pelos diferentes tratamentos. O tratamento que promoveu maior valor de VIB foi o T0 com 23,6 mm h<sup>-1</sup> (Tabela 4) sendo classificado como solo de VIB alta, conforme Bernardo, Soares e Mantovani (2006).

Valores médios de teor de água do solo (%), no momento da avaliação de infiltração de água do solo para cálculo da VIB foram de 10,29% na camada de 0-200 mm e 11,19% na de 200-400 mm para LV

Os maiores valores obtidos para VIB, foram obtidos no solo em que não houve

tráfego agrícola, devido ao tipo de microestrutura presente nesse solo e pela porosidade resultante. A quantidade de macroporos neste tratamento foi maior quando comparado aos demais, o que favoreceu o maior movimento de água ao longo do perfil.

**Tabela 4.** Valores médios de VIB (velocidade de infiltração básica) para os tratamentos T0, T1, T3, T4 e T5.

| Velocidade de infiltração básica (VIB) |                    |
|--|--------------------|
| Tratamentos                            | mm h <sup>-1</sup> |
| T0                                     | 23,6*              |
| T1                                     | 2,3 a              |
| T3                                     | 1,7 a              |
| T4                                     | 1,2 a              |
| T5                                     | 1,4 a              |

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas não diferem pelo teste Tukey. \*O T0 não constou na análise estatística. **Fonte:** Fernandes et al., (2019).

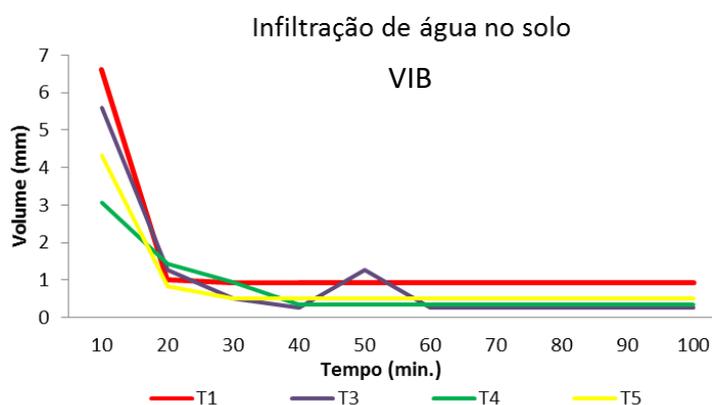
Não houve diferença entre os tratamentos T1, T3, T4 e T5 ( $p > 0,01$ ), esses apresentaram valores de VIB abaixo de 5 mm h<sup>-1</sup>, característica de um solo de VIB baixa, de acordo com Bernardo, Soares e Mantovani (2006).

Nesta avaliação a redução da velocidade de infiltração básica do solo foi de aproximadamente 10% para o T1, chegando à redução da infiltração básica de

aproximadamente 6% T5 em relação ao tratamento sem tráfego.

Nos tratamentos que ocorreu tráfego, foi observado menor infiltração de água no solo, provavelmente devido à diminuição da porcentagem de poros com diâmetro maior, influenciando negativamente a infiltração de água no solo, visto que esses poros são tipicamente de drenagem da água (Figura 2).

**Figura 2.** Capacidade de infiltração de água no solo para os tratamentos estudados no NVd.

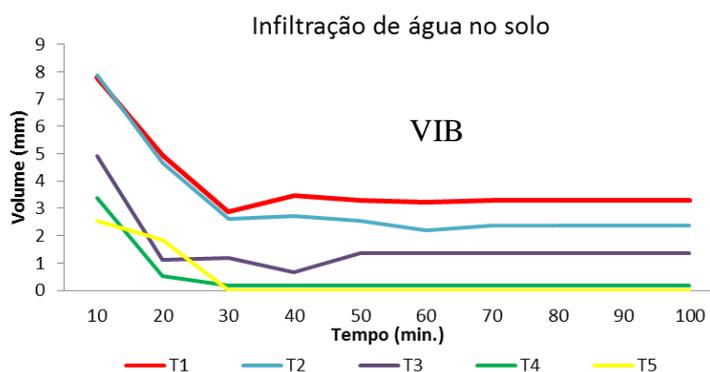


**Fonte:** Fernandes et al., (2019).

Das características do solo, a capacidade de infiltração é uma das principais, pois afeta o potencial que o solo tem em permitir a entrada de água no perfil, ou seja, a precipitação pode ser maior do que

a capacidade de infiltração. Quando há a redução significativa da infiltração, aumenta o escoamento superficial da água no solo, que transporta sedimentos do solo e propicia o surgimento de erosão (Figura 3).

**Figura 3.** Capacidade de infiltração de água no solo para os tratamentos estudados no LVd.



Fonte: Fernandes et al., (2019).

O resultado referente à porosidade total, macroporosidade e microporosidade das amostras coletadas em duas camadas no perfil do solo, para NVd nos diferentes tratamentos estão apresentados na Tabela 5. O volume de macroporos de  $0,119 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , na camada de 0 a 200 mm, para o tratamento T0, foi proporcionado pelas operações de preparo de solo. Desta forma, superou o limite de  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  estabelecido por Grable e Siemer (1968) como limite crítico de porosidade de aeração para o ótimo desenvolvimento das plantas. O resultado corrobora com Calonego (2007), o qual afirma que o manejo mecânico proporciona o melhor efeito na descompactação do solo, levando em consideração o efeito no aumento da macroporosidade.

Segundo Torres e Saraiva (1999), em solos de textura argilosa, é comum encontrar reduzida macroporosidade, ou seja, abaixo de  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , devido à menor superfície específica das partículas.

Foi observada pouca influência na microporosidade devido à compactação, corroborando com Silva e Kay (1997) que salientaram que a microporosidade do solo é fortemente influenciada pela textura, pelo teor de carbono orgânico e pouco influenciada pela compactação do solo. Já Silva e Kay (1996) verificaram que, com o aumento do nível da compactação houve, aumento da microporosidade devido a diminuição da macroporosidade.

**Tabela 5.** Resultados de macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo, referente aos diferentes tratamentos.

| Tratamentos | Porosidade (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ) |         |          |
|-------------|--|---------|----------|
|             | Total  | Micro   | Macro    |
|             | 0-200 mm                                     |         |          |
| T0          | 0,505 a                                      | 0,385 a | 0,119 a  |
| T1          | 0,411 b                                      | 0,381 a | 0,030 bc |
| T2          | 0,400 bc                                     | 0,397 a | 0,003 c  |
| T3          | 0,410 b                                      | 0,394 a | 0,016 c  |
| T4          | 0,395 bc                                     | 0,384 a | 0,011 c  |
| T5          | 0,367 c                                      | 0,351 a | 0,016 c  |
|             | 200- 400 mm                                  |         |          |
| T0          | 0,488 a                                      | 0,416 a | 0,072 a  |
| T1          | 0,431 b                                      | 0,407 a | 0,024 b  |
| T2          | 0,429 b                                      | 0,412 a | 0,016 b  |
| T3          | 0,398 bc                                     | 0,39 a  | 0,000 b  |
| T4          | 0,408 bc                                     | 0,395 a | 0,013 b  |
| T5          | 0,384 c                                      | 0,374 a | 0,011 b  |

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey. **Fonte:** Fernandes et al., (2019).

De modo geral, em ambas as camadas (0-200 mm e 200-400 mm) notou-se maior proporção de macroporos para o tratamento T0, seguido do T1. Para os demais tratamentos, esta não foi uma medida relativamente sensível aos efeitos da intensidade (diferentes níveis de compactação) do tráfego agrícola sobre o solo, porém ficou evidente, devido à reduzida proporção de macroporos para os

tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 que houve acomodação das partículas do solo por forças exercidas na superfície do solo, devido ao tráfego agrícola.

O resultado referente à porosidade total, macroporosidade e microporosidade das amostras coletadas em duas camadas no perfil do solo, nos diferentes tratamentos do LV estão apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6.** Resultados de macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo, referente aos diferentes tratamentos.

| Tratamentos | Porosidade ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) |         |         |
|-------------|---|---------|---------|
|             | Total                                     | Micro   | Macro   |
| 0-200 mm    |   |         |         |
| T0          | 0,387 a                                   | 0,276 a | 0,111 a |
| T1          | 0,306 b                                   | 0,293 a | 0,013 b |
| T3          | 0,303 b                                   | 0,278 a | 0,024 b |
| T4          | 0,299 b                                   | 0,266 a | 0,033 b |
| T5          | 0,306 b                                   | 0,279 a | 0,027 b |
| 200-400 mm  |   |         |         |
| T0          | 0,392 a                                   | 0,277 a | 0,115 a |
| T1          | 0,303 b                                   | 0,284 a | 0,020 b |
| T3          | 0,320 b                                   | 0,284 a | 0,037 b |
| T4          | 0,303 b                                   | 0,289 a | 0,014 b |
| T5          | 0,274 b                                   | 0,256 a | 0,017 b |

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de Tukey. **Fonte:** Fernandes et al., (2019).

O volume de macroporos de  $0,111 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , na camada de 0-200 mm e  $0,115 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , na camada de 200 a 400 mm, para o tratamento T0, provavelmente foi proporcionado pelas operações de preparo de solo, e está acima do limite de  $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  estabelecido por Grable e Siemer (1968) como limite crítico de porosidade de aeração para o ótimo desenvolvimento das plantas e corroborando com Calonego (2007) que disse que o manejo mecânico proporciona o melhor efeito na descompactação do solo, levando em consideração o efeito no aumento da macro porosidade.

Não foi observada influência do tráfego na microporosidade do solo. De modo geral, em ambas as camadas (0-200e 200-400 mm) notou-se maior proporção de

porosidade total e macroporos no tratamento T0. Para os demais tratamentos, esta não foi uma medida relativamente sensível aos efeitos da intensidade (diferentes níveis de compactação) do tráfego agrícola sobre o solo.

Para o NVd, a média dos resultados do teor de água no solo na tensão 0,01 MPa (CC) foi de  $0,2801 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  na camada 0-200 mm e  $0,2852 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  na camada de 200-400 mm. Na tensão 1,5 MPa (PMP) foi de  $0,1659 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  na camada de 0-200 mm e  $0,1750 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  na camada de 200-400 mm. O teor de água no solo entre as tensões 0,01 e 1,5 MPa variou de  $0,1142 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  para a camada de 0-200 mm e  $0,1102 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  para a camada de 200-400 mm (Tabela 7).

**Tabela 7.** Valores médios de teor de água no solo ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) nas tensões 0,01 e 1,5 MPa para as camadas estudadas.

| Camada  | Tensões Mpa                |        |
|---------|----------------------------|--------|
|         | 0,01                       | 1,5    |
| mm      | $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ |        |
| 0-200   | 0,2801                     | 0,165  |
| 200-400 | 0,2852                     | 0,1750 |

Fonte: Fernandes et al., (2019).

No LV, a média dos resultados do teor de água no solo para a tensão 0,01 MPa (CC) foi de  $0,1740 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$  na camada de 0-200 mm e  $0,1639 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$  na camada de 200-400 mm. Para a tensão 1,5 MPa (PMP) foi de  $0,0743 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$  na camada de 0-200 mm e  $0,0772 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$  na camada de 200-400 mm.

Observou-se que houve pequena variação do teor de água em profundidade. O teor de água no solo entre as tensões 0,01 e 1,5 MPa variou de  $0,1005 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$  para a camada de 0-200 mm e  $0,0867 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$  para a camada de 200-400 mm (Tabela 8).

**Tabela 8.** Valores médios de teor de água no solo ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) nas tensões 0,01 e 1,5 MPa para as camadas estudadas.

| Camada  | Tensões Mpa                |        |
|---------|----------------------------|--------|
|         | 0,01                       | 1,5    |
| mm      | $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ |        |
| 0-200   | 0,1748                     | 0,0743 |
| 200-400 | 0,1639                     | 0,0772 |

Fonte: Fernandes et al., (2019).

## 6 CONCLUSÕES

Nos tratamentos em que houve tráfego, a VIB no solo argiloso foi considerada baixa com redução na velocidade de infiltração de 10% para T1 (uma passada) e 6% para T5 (10 passadas) passadas consecutivas do rodado em relação ao tratamento sem tráfego ( $39,3 \text{ mm}^{-1}$ ).

No solo de textura média, não houve diferença entre os tratamentos em que houve tráfego, sendo todos considerados de VIB baixa com redução de infiltração de água de dezenove vezes no tratamento com dez passadas consecutivas do rodado em relação ao tratamento sem tráfego ( $23,6 \text{ mm}^{-1}$ ).

Nos tratamentos em que houve tráfego, foi observado redução da macro porosidade ( $< 0,030 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$ ) no solo argiloso e não houve interferência na microporosidade. No solo de textura média, foi observado redução da macro porosidade e aumento da microporosidade.

Os solos argilosos apresentam granulometria menor do que os de textura média, com espaços entre os poros menores, deste modo, retêm mais água. Assim, o teor de água disponível às plantas no solo argiloso variou de  $0,285$  a  $0,1659 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$ , e no solo de textura média, o teor de água variou de  $0,1748$  a  $0,0743 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$ .

## 7 REFERENCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507. Disponível em: [https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen\\_s\\_climate\\_classification\\_map\\_for\\_Brazil](https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil). Acesso em: 22 jun. 2021.
- BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, 2006. 625p.
- BEUTLER, A. N.; SILVA, N. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; CRUZ, J. N.; PEREIRA FILHO, I. A. Resistência a penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho Distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1 p. 167-177, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832001000100018>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/wv4frQn9HMk5PhtLSCqFfps/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 13 jul. 2021.
- BLANCO-CANQUI, H.; CLAASSEN, M. M.; STONE, L. R. Controlled traffic impacts on physical and hydraulic properties in an intensively cropped no-till soil. **Soil Science Society of America Journal**, New York, v. 74, n. 6, p. 2142-2150, 2010. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2010.0061>. Disponível em: <https://acess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2136/sssaj2010.0061>. Acesso em: 04 ago. 2021.
- BOUWER, H. **Groundwater hydrology**. New York: McGraw-Hill, 1978. 480 p.
- CALONEGO, J. C. **Uso de plantas de cobertura na recuperação de solo compactado**. 2007. Tese (Doutorado em Agronomia/Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.
- CARVALHO, W. A.; ESPÍNDOLA, C. R.; PACCOLA, A. A. Levantamento de solos da Fazenda Lageado - Estação Experimental "Presidente Médici". **Boletim Científico da Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP**, Botucatu, n. 1, p. 1-85, 1983.
- COELHO, R. D.; MIRANDA, J. H.; DUARTE, S. N. Infiltração da água no solo: parte I infiltrômetro de anéis versus infiltrômetro de aspersores. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 137-141 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662000000200001>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/hc787R4TnSdk3gHX3RyNjks/?lang=pt#:~:text=A%20escolha%20da%20metodologia%20depende,caso%20C%20o%20infiltr%C3%B4metro%20de%20aspersores>. Acesso em: 25 set. 2021.
- CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2009v14n1p1-11>. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3393#:~:text=Os%20munic%C3%A0pios%20de%20Botucatu%20e,%C3%A9%20superior%20a%2022%20%C2%BAC>. Acesso em: 14 jun. 2021.
- GRABLE, A. R.; SIEMER, E. G. Effects of bulk density, aggregate size, and soil water suction on oxygen diffusion, redox potential and elongation of corn roots. **Soil Science Society of America Journal**. New York, v. 32, n. 2, p. 180-186, 1968. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj1968.03615995003200020011x>. Disponível em: <https://acess.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf>

- /10.2136/sssaj1968.03615995003200020011x. Acesso em: 30 jun. 2021.
- HAISE, H. R.; HASS, H. J.; JENSEN, L. R. Soil moisture studies of some Great Plain soils. II. Field capacity as related to 1/3 atmosphere percentage, and "minimum point" as related to 15-and 26- atmosphere percentage. **Soil Science Society of America Journal**, New York, v. 19, n. 1, p. 20-25, 1955. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj1955.03615995001900010005x>. Disponível em: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2136/sssaj1955.03615995001900010005x>. Acesso em: 07 maio 2021.
- HORN, R.; DOMZAL, H.; SLOWINSKA-JURKIEWICZ, A.; VAN OUWERKERK, C. Soil compaction processes and their effects on the structure of arable soils and the environment. **Soil Tillage and Research**, Amsterdam, v. 35, n. 1-2, p. 23-36, 1995. DOI: [https://doi.org/10.1016/0167-1987\(95\)00479-C](https://doi.org/10.1016/0167-1987(95)00479-C). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/016719879500479C>. Acesso em: 03 jun. 2021.
- LI, Y. X.; TULBERG, J. N.; FREEBAIRN, D. M. Traffic and residue cover effects on infiltration. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 39, n. 2, p. 239-247, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1071/SR00017>. Disponível em: <https://www.publish.csiro.au/sr/SR00017>. Acesso em: 10 jul. 2021.
- LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: Edusp, 2005. 335 p.
- MINITAB. **Statistical Software**. Version 16. State College: Minitab, 2010.
- REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Editora Manole, 2004. 478 p.
- RICHARDS, L. A. Physical conditions of water in soil. In: BLACK, C. A.; EVANS, D. D.; WHITE, J. L.; ENSMINGE, L. E.; CLARK, F. E., (ed.). **Methods of soil analysis - Physical and mineralogical properties, including statistics of measurements and sampling**. Madison: ASASSSA, 1965. p. 128-152.
- SILVA, A. P.; KAY, B. D. The sensitivity of shoot growth of corn to the least limiting water range of soils. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 184, n. 2, p. 323-329, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00010461>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF0010461>. Acesso em: 12 jul. 2021.
- SILVA, A. P.; KAY, B. D. Effect of soil water content variation on the least limiting water range. **Soil Science Society of America Journal**, New York, v. 61, n. 3, p. 884-888, 1997. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj1997.03615995006100030024x>. Disponível em: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2136/sssaj1997.03615995006100030024x>. Acesso em: 18 jun. 2021.
- TARAWALLY, M. A.; MEDINA, H.; FRÓMETA, M. E.; ITZAC, C. A. Field compaction at different soil-water status: effects on pore size distribution and soil water characteristics of a Rhodic Ferralsol in Western Cuba. **Soil Tillage and Research**, Amsterdam, v. 76, n. 2, p. 95-103, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2003.09.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198703002241>. Acesso em: 23 ago. 2021.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p.

TOMASINI, B. A.; VITORINO, A. C. T.; GARBIATE, M. V.; SOUZA, C. M. A.; SOBRINHO, T. A. Infiltração de água no solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar sob diferentes sistemas de colheita e modelos de ajustes de equações de infiltração. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 6, p. 1.060-1.070, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162010000600007>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/eagri/a/JdjQMVzGdYBGZV3X8ntW7yp/?lang=pt>. Acesso em: 29 maio 2021.

TORRES, E.; SARAIVA, O. F. **Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com a soja**. Londrina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1999. 58 p. (Circular Técnica, 23).