

Taxa de infiltração da água e a resistência do solo a penetração sob sistemas de uso e manejoFabio Pereira Martins¹ e Esmael Lopes dos Santos²¹Engenheiro Agrônomo²Docente do Curso de Agronomia do Centro Universitário Assis Gurgacz – PR.

Email autor correspondente: elsantos@fag.edu.br

Artigo enviado em 07/01/2017, aceito em 05/12/2017.

Resumo: A velocidade da infiltração básica (VIB) de água no solo pode ser explicada naturalmente pela variabilidade textural dos solos. A interferência do homem pode alterar as propriedades físicas do solo, influenciando a velocidade da infiltração e a capacidade de campo. A agricultura demanda um solo com rápida absorção e bom armazenamento de água efetivo. O objetivo do trabalho foi avaliar taxa de infiltração da água e a resistência do solo a penetração sob sistemas de uso e manejo. Para alcançar o objetivo foi utilizado um infiltrômetro modelo Cornell, que simula uma chuva de alta intensidade e o escoamento superficial de água no solo (ES) é determinado a partir da coleta do excesso de água em uma mangueira instalada na parte inferior do equipamento. A intensidade da chuva foi de 280 mm/hora e foi controlada através das diferenças de leituras do volume de água no reservatório, a cada 2 minutos. As leituras da intensidade da chuva e as medições do ES foram realizadas simultaneamente. A TI foi calculada pela diferença entre a chuva aplicada e o ES, porém para comparação entre os sistemas de uso e manejo do solo foi calculada a porcentagem de ES e infiltração em relação à chuva simulada. O teste em cada local de medição teve a duração de aproximadamente 60 minutos. Foram avaliados o sistema de plantio direto (SPD) e sistema de plantio direto com rotação de culturas (SPDR), campo de cultivo de Eucaliptos e mata preservada. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) e cinco repetições. Foi determinada também, a resistência do solo à penetração (RP). Os dados obtidos foram submetidos à Análise de Variância as médias de tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A infiltração de água no solo, assim como a resistência a penetração (RP) são influenciadas pela forma de utilização e sistema de manejo do solo. A rotação de culturas aplicada ao SPDR foi determinante para uma maior infiltração de água e para uma menor RP neste tratamento em comparação ao SPD. Houve uma correlação inversa entre a infiltração de água e a RP do solo, indicando que a uma maior infiltração foi sempre acompanhada de uma menor RP.

Palavras-chave: Propriedades físicas, compactação, sistema plantio direto.

Water infiltration speed and penetration resistance as land use

Abstract: The speed of the infiltration (VIB) soil water can be determined naturally by the variability of different soil textures. The human interference may alter the physical properties and natural soil, influencing the rate of infiltration and

field capacity. Agriculture requires a soil with rapid absorption and effective water storage. The objective was to evaluate the water infiltration rate conforming land use. To achieve the goal were evaluated intensities of rainfall 280 mm / hour, using the Cornell infiltrometer in no-tillage (NT) and no-tillage with crop rotation (SPDR), Eucalyptus cultivation field and preserved forest. The design was completely randomized (DIC) and five repetitions. The variables evaluated responses were: Infiltration and time for the run-off. It was also determined, the penetration resistance (RP) during the execution of the work. The data were submitted to ANOVA and means compared by Tukey test at 5% probability, the Assistat program. The variables analyzed showed a significant difference between the native forest and the SPD, with the forest infiltration 100% of the water used, while the SPD infiltration was 15.67% for the SPDR infiltration was 41.67% and Eucalyptus plantation was 67.27%. It is concluded from this study that soil where organic matter most of this much water infiltration as the penetration resistance are more favorable to the system implanted in it.

Keywords: Physical properties, Field capacity, Absorption.

Introdução

O manejo do solo pode ser compreendido como sendo um conjunto de práticas que, usado racionalmente, pode permitir elevada produtividade das culturas a custos que compensam ao produtor. No entanto, quando usado de maneira incorreta, pode levar rapidamente um solo à degradação física, química e biológica e, paulatinamente, diminuir o seu potencial produtivo (DEBIASI et al., 2010).

Entre as práticas de manejo, destaca-se o Sistema de Plantio Direto (SPD) que, executado em concordância com seus fundamentos básicos pode ser classificado como prática conservacionista que confere sustentabilidade aos sistemas produtivos. No entanto, o atendimento parcial em seus fundamentos, tem conduzido a perda de qualidade do solo, com o aumento da compactação do solo e consequente redução da capacidade de armazenamento e infiltração de água. A conservação do solo e da água na propriedade rural são princípios

básicos para a sustentabilidade ambiental e da produção agrícola (FRANCHINI, et al., 2016).

O conhecimento da dinâmica da água no solo é uma ferramenta importante para avaliar o sistema de manejo executado em uma área, pois está diretamente relacionado com a produção vegetal, tornando-se fundamental para decisões sobre o uso e manejo dos solos (CALHEIROS et al., 2009). A taxa de infiltração de água no solo (TI) é um importante indicador para avaliar a qualidade física do solo, devido à integralização de características como estabilidade de agregados, selamento superficial, distribuição e tamanho de poros (REICHERT et al., 2009).

A melhoria nas condições de infiltração de água no solo ocasiona uma redução nos processos erosivos e estimula a recarga dos aquíferos subterrâneos, além de reduzir as vazões máximas dos cursos d'água, sendo um componente determinante do balanço hídrico na zona radicular da cultura (CECÍLIO et al., 2007). Este processo é influenciado por grande

número de variáveis relativas ao solo e às condições a que ele é submetido (PRUSKI et al., 1997), dependendo principalmente de condições relacionadas com a superfície e com o preparo e manejo do solo, em função de que estes fatores são condicionantes do meio poroso, o qual está estreitamente relacionado com o movimento da água no solo e o selamento superficial (BRANDÃO et al., 2006).

O manejo do solo é apresentado como sendo o principal responsável por alterações na TI, pois a atividade biológica, a cobertura vegetal, a estrutura e sua estabilidade, o padrão de poros e a rugosidade superficial, influem fortemente sobre este parâmetro. A textura do solo, sobretudo o silte, afeta a desagregação e o salpicamento das partículas provocado pelo impacto das gotas de chuva, contribuindo para uma redução da porosidade da camada superficial do solo. Pode-se acrescentar ainda que em SPD os bioporos exercem forte influência sobre a TI, são longos e contínuos e, assim, de alta efetividade para a transmissão de água e ar (OADES, 1993). Porém, podem ocorrer reduções da TI em decorrência do adensamento de partículas e do aumento do nível de compactação nas camadas superficiais do solo (PINHEIRO; TEIXEIRA; KAUFMANN, 2009).

Zwirteset al. (2013) acrescentam que dentre as metodologias encontradas para quantificar a infiltração, o infiltrômetro de Cornell, além de ser um simulador de chuva portátil, conta com sistema de entrada de ar, simulando diferentes intensidades de chuva. Santi (2007) comparando o método de anéis concêntricos e o

infiltrômetro de Cornell, afirma que o segundo é mais preciso por ser mais fácil seu manuseio, necessitar apenas de um avaliador (não mudando alguns critérios por ele estabelecidos) e principalmente por que ao contrário dos anéis concêntricos ele é semi automático.

A resistência do solo à penetração (RP) tem sido utilizada, ao longo de muitos anos, com inúmeras aplicações em diversas áreas da pesquisa agrônômica, sendo várias já consolidadas, tais como: detecção de camadas compactadas, em estudo da ação de ferramentas de máquinas no solo, prevenção de impedimento mecânico ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas, predição da força de tração necessária para execução de trabalhos e para conhecimento de processos de umedecimento e de ressecamento (CUNHA et al., 2002).

Para Vaz, Primavesi e Patrizzi (2002) a resistência penetração (RP) de um solo está diretamente ligada à umidade do mesmo, sendo uma correlação é negativa entre a RP e a umidade do solo, ou seja, a medida em que há uma maior umidade haverá uma menor RP. Em condição de baixa umidade, a água encontra-se num maior estado de tensão nos poros do solo. Com o aumento do teor de água, decresce a atuação das forças de coesão entre as partículas do solo e o atrito interno, provocando, então, a diminuição da RP (CUNHA et al., 2002).

O penetrômetro é um instrumento importante na avaliação da compactação do solo, porém os resultados obtidos por meio dele devem ser inseridos em um contexto maior de avaliação da compactação, o histórico de produtividade da propriedade em diferentes glebas e

abertura de trincheiras para a verificação do sistema radicular (TORRES & SARAIVA, 1999). Para Beutler, Centurion e Silva (2007) os penetrômetros são muito usados para aferição de compactação de solo. É um aparelho que pode ser de uso manual ou eletrônico e seus resultados estão relacionados com a infiltração de água no solo. E afirma que quanto mais compactado o solo, menor o potencial de infiltração.

Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar taxa de infiltração da água e a resistência do solo a penetração sob sistemas de uso e manejo.

Material e Métodos

O presente trabalho foi desenvolvido, na Fazenda Escola do Centro Universitário Assis Gurgacz, localizada em Cascavel - PR, com coordenadas geográficas 53°30'35" de longitude Oeste e 24°56'24" latitude Sul. Altitude de 740 metros, clima subtropical e solo Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 2006).

Os sistemas de manejo e uso dos solos avaliados foram: mata nativa, campo de cultivo de eucaliptos, sistema de plantio direto com rotação de culturas (SPDR - rotação de culturas) e sistema de plantio direto com sucessão de culturas (SPD - soja/milho). O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) com cinco repetições.

O tratamento SPD e SPDR foram conduzidos em parcelas experimentais do projeto GEMA (Grupo de estudo em manejo agrícola), sendo o SPD com sucessão de culturas (soja no verão e milho na segunda safra) e SPDR com o seguinte rotação: 1º ano de implantação (soja no verão e milho com braquiária na segunda safra), 2º ano, (soja no verão, crotalária e milheto na janela, e trigo no inverno), 3º ano, (soja no verão e milho na segunda safra). A área utilizada para o desenvolvimento do trabalho está representada na figura 1, a mata nativa é remanescente do local, a parcela de eucalipto tem uma extensão de 1500m² foi implantada com fins comerciais e de pesquisa no ano 2006.



Fonte: Google Earth, 2016.

Figura 1. Locais onde foram realizadas as avaliações de Infiltração e Resistência a Penetração – RP. Cascavel, PR. 2016.

A avaliação da infiltração da água no solo foi realizada no período crítico de risco de erosão (mês de outubro), quando as culturas anuais não estão protegendo a superfície do terreno. Neste período há a retomada das chuvas da primavera na região, quando a erosividade (R) aumenta.

Para a determinação da infiltração foi utilizado um infiltrômetro modelo Cornell (VAN ES; SCHINDELBECK, 2003). O equipamento simula uma chuva de alta intensidade e o escoamento superficial de água no solo (ES) é determinado a partir da coleta do excesso de água em uma mangueira

instalada na parte inferior do anel (Figura 2). Para a determinação do ES com este equipamento foi utilizado uma intensidade média de chuva em torno de 280 mm h^{-1} , pois a elevada intensidade de chuva aplicada, é necessária para que haja uma rápida saturação do solo, conseqüentemente ocasionando o ES com posterior estabilização da TI. O aumento da intensidade da chuva provoca uma redução no tempo para que ocorra início do ES, ocasionando aumento das perdas, independente das condições da superfície do solo (CARLESSO et al., 2011).



Figura 2. Infiltrômetro de Cornell instalado no local de avaliação da infiltração e o escoamento da água do solo. Cascavel, PR. 2016.

A intensidade de chuva foi controlada pela entrada de ar no reservatório de água através da abertura da coluna de vidro disposta na parte superior do equipamento, e calculada através das diferenças de

leituras do volume de água no reservatório em uma régua localizada na lateral do equipamento, a cada 2 minutos. As leituras da intensidade da chuva e as medições do ES foram realizadas simultaneamente. A TI foi

calculada pela diferença entre a chuva aplicada e o ES, e, para a comparação entre os sistemas de uso e manejo do solo foi calculada a porcentagem de escoamento e infiltração em relação a chuva simulada. O início do ES foi contabilizado a partir da formação de um filete contínuo de água na saída da mangueira coletora. O teste em cada local de medição teve a duração de aproximadamente 60 minutos.

A resistência à penetração (RP) foi realizada em cinco pontos nas áreas, em nove leituras distanciadas de 0,11m entre si, em um transecto de 0,9m disposto aleatório na mata nativa e transversalmente ao sentido das linhas no caso dos outros tratamentos. Foi utilizado um medidor de RP (Penetrologger art. nr.06.15.01 - EIJQELKAMP) até a profundidade de 0,40m, equipado com cone de 12,83mm de diâmetro da base e ângulo de 30°.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo método Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

A porcentagem de infiltração e escoamento superficial (ES) avaliados através do infiltrômetro de Cornell em diferentes sistemas de uso é apresentada na Figura 3. A utilização do solo com mata nativa apresentou maior porcentagem de infiltração de água (100%) entre os usos do solo avaliados, e, neste caso não houve ES, indicando que a taxa de infiltração foi semelhante à intensidade de chuva aplicada (280 mm h⁻¹), neste caso, para que houvesse ES seria necessária uma intensidade maior de chuva. A alta

porcentagem de infiltração existente em área de mata é resultado da grande quantidade de material vegetal (serapilheira) ainda em decomposição, favorecendo a presença de poros responsáveis pela redistribuição de água no solo (Zwirtes et al., 2013).

A utilização do solo com a cultura do eucalipto apresentou um ES de aproximadamente 33% enquanto que a infiltração foi de 67% do volume da chuva simulada no período de 60 minutos. No uso do solo com culturas anais manejadas em SPDR cerca de 58% da chuva teve ES e 42% da água foi infiltrada, enquanto no SPD foram 84% de ES e 16% de infiltração.

Entre os tipos de uso do solo, houve diferença estatística na porcentagem de ES e infiltração, sendo que a mata nativa não apresenta ES no período estudado e o SPD (soja/milho) o uso de solo que apresentou à maior ES. No entanto, a porcentagem de infiltração de água no solo apresentou resultado inverso do ES, e, neste caso a maior infiltração foi alcançada pela mata nativa e o menor volume pelo SPD (Soja/Milho).

Assim como o uso do solo o sistema de culturas influenciou diretamente na porcentagem ES e de infiltração, pois houve diferença estatística entre o SPD (soja/milho) e o SPDR, sendo a maior porcentagem ES e a menor infiltração apresentada pelo SPD (soja/milho). A prática da rotação de culturas possibilita a diversificação de sistemas radiculares e sua ação sobre o solo, inclusive aumentando a velocidade de infiltração de água no solo, pelo aumento do número de bioporos (PRANDO et al., 2010).

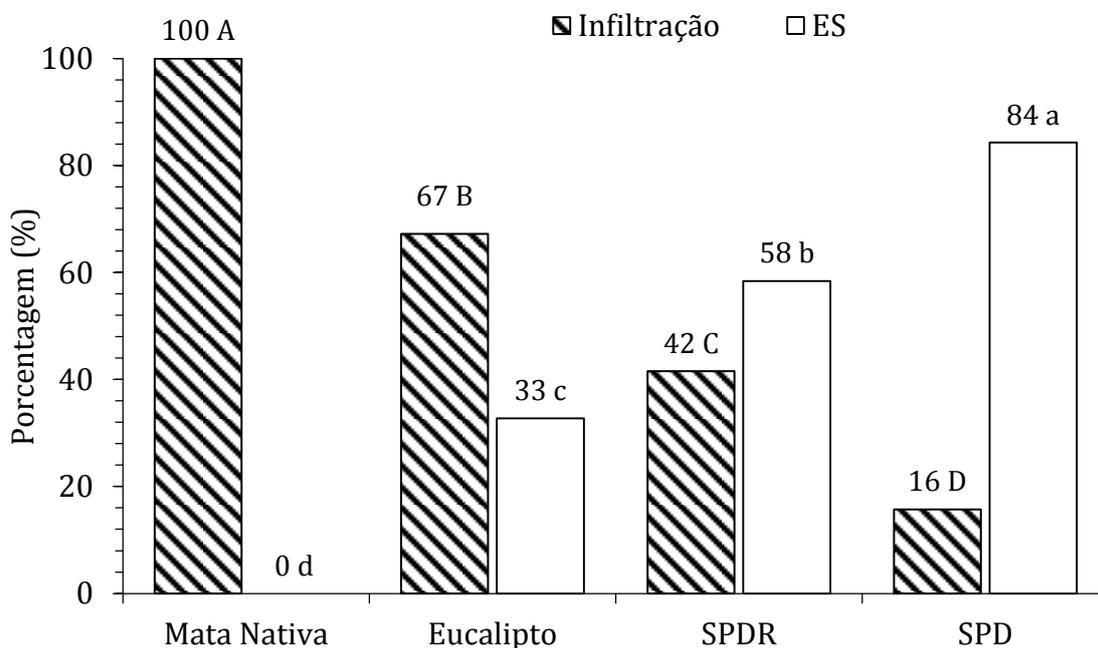


Figura 3 – Porcentagem de infiltração e escoamento superficial (ES) avaliados através do infiltrômetro de Cornell em diferentes sistemas de uso, em um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, Cascavel/PR., 2016.

¹Médias seguidas pelas mesmas letras, comparadas em cada tratamento, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A Resistência à Penetração (RP) apresentou valores diferentes conforme o uso do solo (Figura 4). Conforme, Reinert e Reichert (2004) a RP é bastante variável, sendo muito influenciada pelas condições do uso, manejo do solo e à intensidade de tráfego de máquinas.

A Resistência à Penetração (RP) foi menor na mata nativa, em toda a profundidade avaliada (Figura 3), com valores inferiores a 1,0 Mpa. No entanto, a justificativa para estes resultados, é que em solo de mata há grande quantidade de bioporos oriundos da atividade biológica, aliado a manutenção das características estruturais do solo como a alta porosidade e a baixa

densidade do solo (Zwirtes et al., 2013), favorecendo uma menor RP.

No solo onde havia o cultivo do Eucalipto, a RP apresentou-se menor que as áreas de cultivo de grãos até a profundidade de 0,20 m, no entanto, após esta profundidade houve uma inversão e os valores apresentados foram maiores. Martins et al. (2002) e Dalben e Osaki (2008) também observaram maiores valores de RP em camadas de 0,20-0,40 m, resultados semelhantes a este trabalho. Conforme Dalben e Osaki (2008), em relação à profundidade, as atividades de fatores pedogenéticos resultantes da evolução do solo podem causar o adensamento de camadas subsuperficiais. Os materiais mais finos são transportados da

superfície do solo e preenchem os vazios (poros) das camadas inferiores, aumentando sua resistência à penetração (CAMARGO e ALLEONI, 2006).

Os resultados de maior RP nas camadas subsuperficiais na cultura do eucalipto pode estar relacionados ao tempo de implantação da cultura, que foi de aproximadamente 10 anos. Cavenague et al., (1999) estudando um LATOSSOLO VERMELHO Escuro de textura franco-argilosa, também observaram que as áreas com eucalipto com dez anos de cultivo apresentaram maiores valores de RP, com valores superiores a 5,0 Mpa na camada 0,30-0,45 m. Os autores argumentam que, a densidade do solo em condições naturais aumenta com a profundidade do solo, considerando a diminuição do teor de matéria orgânica e o peso das camadas de solo sobrejacentes. Outro fator a ser considerado é a abertura do sulco nas entrelinhas da cultura, para aplicação do composto, que pode ter ocasionado a compactação no fundo do mesmo (IBIAPINA et al., 2014).

Nos cultivos com SPD, os valores de RP apresentaram-se maiores nas camadas de 0,1-0,2 m, sendo que o SPD (soja/milho) o tratamento que apresentou as maiores médias nesta camada. O SPD também apresentou baixa infiltração e alto ES (Figura 3). Neste caso, Carvalho Jr. et al., (1998) sugerem que a menor infiltração de água no solo pode estar relacionada à compactação que ocorre na camada 0,1-0,2m, devido ao efeito cumulativo das pressões exercidas pelo tráfego de máquinas no solo e de preparos anteriores, além da acomodação

natural das partículas. No entanto, no uso do solo em SPDR, houve uma menor RP na camada de 0,1-0,2 m se comparado pelo SPD. Segundo Secco et al., (2004) a semeadura direta, quando não há o princípio de rotação de culturas, pode causar aumento da massa específica e microporosidade do solo, causando maior resistência a penetração e desenvolvimento das raízes, e por consequência reduzir macroporosidade, diminuindo assim a infiltração.

Os valores de RP apresentados pelo SPD são superiores a 3,0 Mpa, principalmente na camada 0,1-0,2 m. Segundo Debiasi et al., (2010) cerca de 45% da áreas cultivadas com culturas anuais no Paraná, apresentam camada com grau de compactação variável, geralmente localizada entre 0,1 a 0,2 m de profundidade, impedindo que as culturas expressem seu potencial produtivo.

Valores de RP na faixa de 2,0 a 4,0 Mpa têm sido propostos como críticos ao crescimento radicular de culturas anuais, sendo seu efeito mais prejudicial quando o solo encontra-se com baixa umidade (SUZUKI et al., (2007). Secco (2009), estudando o efeito do estado de compactação do solo em um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, encontrou resultados em que a RP na faixa de 2,65 a 3,26 Mpa ocasionaram decréscimos na produtividade de trigo (18,3%), milho (34,0%) e soja (24,3%). Segundo Beutler et al., (2006) um solo com RP a partir de 2,24 Mpa, em um LATOSSOLO VERMELHO com 330 g kg⁻¹ de argila, apresentou decréscimo de 32% na produtividade da soja.

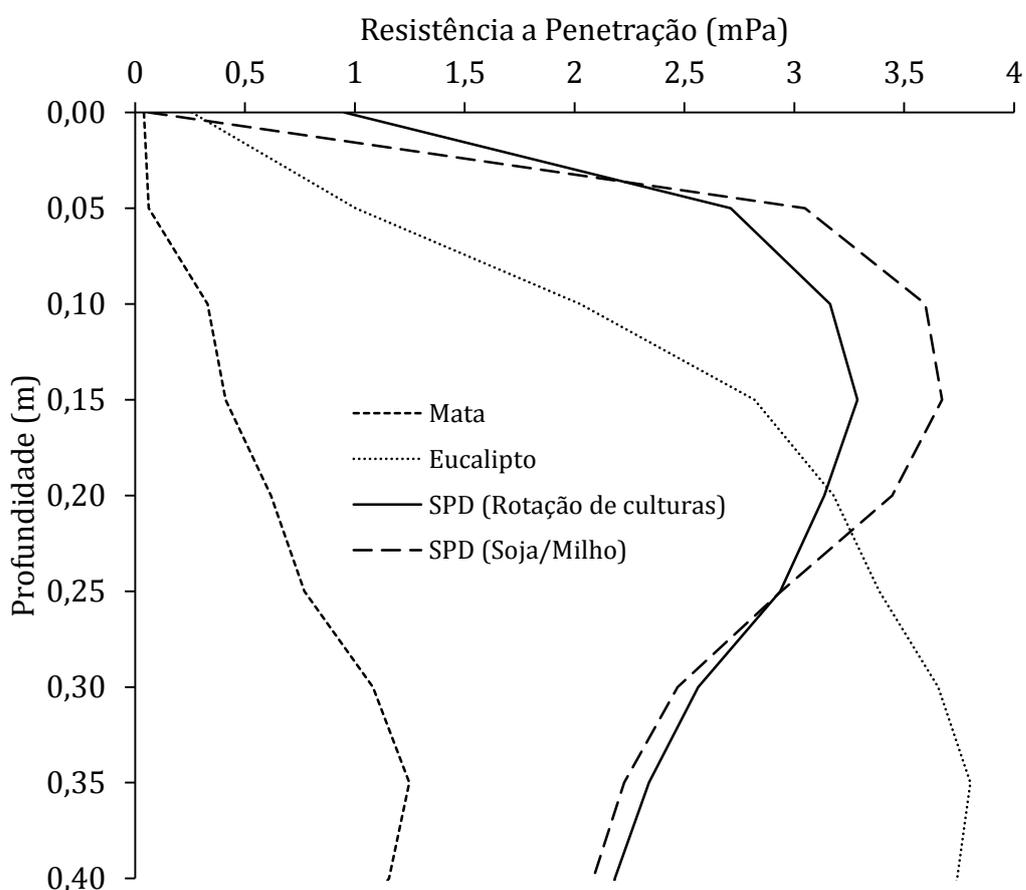


Figura 4 - Resistência à Penetração (RP) em diferentes sistemas de uso, em um Latossolo Vermelho Distroférico, Cascavel/PR., 2016.

Houve correlação inversa entre a RP e a Infiltração de água no solo (Figura 4), pois quando a RP esteve na faixa de 2,0 a 3,0 Mpa a infiltração de água no solo foi entre 20% e 30% da chuva simulada de 280 mm h⁻¹, no entanto, o valor da infiltração foi de até 100% quando a RP diminuiu para 0,05 Mpa. Demonstrando que à medida que a RP diminuiu, há um aumento da infiltração. A rotação de culturas é uma prática que previne a

compactação (Hamza e Anderson, 2005), pela diminuição da carga aplicada por máquinas agrícolas, a restrição no confinamento do tráfego e o aumento da área de contato do rodado sobre o solo. A maior quantidade de raízes, matéria seca (palhada/serrapilheira), contribui para uma menor compactação do solo, refletindo em uma menor RP e maior infiltração de água no solo.

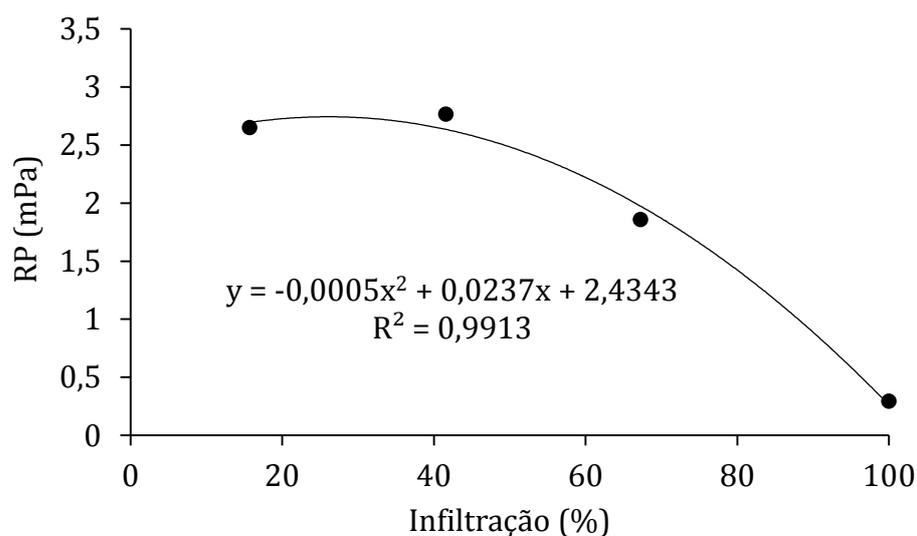


Figura 4 - Correlação entre a Resistência à Penetração (RP) média na camada 0,0-0,02 m e a infiltração de água no solo simulada por infiltrômetro de Cornell, em um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, Cascavel/PR., ($r = -0,948$, $P \leq 0,01$).

Conclusões

A infiltração de água no solo, assim como a resistência a penetração (RP) são influenciadas pela forma de utilização e sistema de manejo do solo, enquanto a mata nativa apresentou maior infiltração e menor RP o SPD apresentou menor infiltração e maior RP nas camadas 0,05-0,20 m.

A rotação de culturas aplicada ao SPDR foi determinante para uma maior infiltração de água e para uma menor RP neste tratamento em comparação ao SPD.

Houve uma correlação inversa entre a infiltração de água e a RP do solo, indicando que a uma maior infiltração foi sempre acompanhada de uma menor RP.

Referências

ALVES, M. C; SUZUKI, L. G. A. S; SUZUKI, L. E. A. S. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um latossolo vermelho distrófico em recuperação.

Revista Brasileira de Ciência do Solo. V.31, p.617-625, 2007.

BERNARDO S, SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: UFV, 2006.

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; SILVA, A.P.; BARBOSA, J.C. Intervalo hídrico ótimo e produtividade de cultivares de soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**: Campina Grande, v.10, n.3, p.639-45, 2006.

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; SILVA, A.P. Comparação de penetrômetro na avaliação da compactação de latossolos. Jaboticabal: **Revista Engenharia Agrícola**. v.27, n.1, p.146-151, 2007.

BRANDÃO, V. S.; CECILIO, R. A.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. **Infiltração da água no solo**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2006. 120 p.

- CALHEIROS, C. B. M.; TENÓRIO, F. J. C.; CUNHA, J. L. X. L.; SILVA, E. T.; SILVA, D. F.; SILVA, J. A. C. Definição da taxa de infiltração para dimensionamento de sistemas de irrigação por aspersão. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 665-670, 2009.
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: ESALQ, 132p, 2006.
- CARVALHO, F.C.; ARAÚJO FILHO, J.A.; REGO, M.C.; TELES, F.F.F. Flutuações dos níveis dos carboidratos de reserva disponíveis nas raízes e no caule do marmeleiro (*Cróton Sonderianus* Mueli. Arg), ao longo dos diferentes estádios fenológicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.4, p.670-675, 1998.
- CAVENAGE, A. ; MORAES, M. L. T. ; ALVES, M. C.; CARVALHO, M. A. C.; FREITAS, M. L. M. ; BUZETTI, S. Alterações nas propriedades físicas de um Latossolo vermelho-escuro sob diferentes culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.23, n.4, p.997-1003, 1999.
- CECÍLIO, R. A.; MARTINEZ, M. A.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D.; ATAÍDE, W. F. Substituição dos parâmetros do modelo de Green-Ampt-Mein-Larson para estimativa da infiltração em alguns solos do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 1141-1151, 2007.
- CUNHA, J.P.A.R. da; VIEIRA, L.B.; MAGALHÃES, A.C. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes densidades e teores de água. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.10, n.1-4, p.1-7, 2002.
- DALBEN, A. D.; OSAKI, F. Atributos físicos do solo de um cambissoloháplico em floresta nativa e de *Pinus taeda*. **Revista acadêmica ciências agrárias e ambientais**: Curitiba, v. 6, n.1, p.29-37, 2008.
- DEBIASI, H.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; CONTE, O.; KAMIMURA, K. M. Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 603-612, 2010.
- DEBIASI, H.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; CONTE, O.; KAMIMURA, K. M. Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 603-612, 2010.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Paraná**. 2006.
- FRANCHINI, J.C.; ARMACOLO, N.M.; DEBIASI, H.; BALBINOT JR, A.A.; SANTOS, E. L.; **Eficiência da manutenção e readequação do sistema de terraceamento numa fazenda no norte do Paraná**. In: In: XX Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 2016, Foz do Iguaçu. O solo sob ameaça: conexões necessárias ao manejo e conservação do solo e água, 2016.
- HAMZA, M. A.; ANDERSON, W. K. Soilcompaction in cropping systems:

- a review of the nature, causes and possible solutions. **Soil and Tillage Research**, v.82, p.121-145, 2005.
- IBIAPINA, T. V. B.; SALVIANO, A. A. C.; NUNES, L. A. P. L.; MOUSINHO, F. G. de.; LIMA, M. G. de.; SOARES, L. M. S. Resistência à penetração e agregação de um Latossolo Amarelo sob monocultivo de soja e de eucalipto no cerrado do Piauí. **Científica: Jaboticabal**, v.42, n.4, p.411-418, 2014
- IORI, P.; DIAS JUNIOR, M. S.; SILVA, R. B. Da.; Resistência do solo à penetração e ao cisalhamento em diversos usos do solo em áreas de preservação permanente. **Bioscience Journal**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia (UFU). n.28, n.1, p. 185-195, 2012.
- MARTINS, S. G. SILVA, M. L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M. Avaliação de atributos físicos de um latossolo vermelhódistroférrico sob diferentes povoamentos florestais. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 32-42, jan./jun. 2002.
- OADES, J. M. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. **Geoderma**, Amsterdam, v. 56, n. 1-4, p. 377-400, 1993.
- PINHEIRO, A. TEIXEIRA, L. P.; KAUFMANN, V. Capacidade de infiltração de água em solos sob diferentes usos e práticas de manejo agrícola. **Revista Ambiental e Água – Interdisciplinary Journal of Applied Science**: v.4, n.2, 2009.
- PINHEIRO, A.; TEIXEIRA, L. P.; KAUFMANN, V. Capacidade de infiltração de água em solos sob diferentes usos e práticas de manejo agrícola. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 4, n. 2, p. 188-199, 2009.
- PRANDO, M. B.; OLIBONE, D.; OLIBONE, A. P. E.; ROSOLEM, C. A. Infiltração de água no solo sob escarificação e rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p. 693-700, 2010.
- PRUSKI, F. F.; VENDRADE, V.; OLIVEIRA, E. F. de; BALBINO, L. C.; FERREIRA, P. A.; WERLANG, L.; CARVALHO, L. Infiltração da água num Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 32, n. 1, p. 77-84, 1997.
- REICHARD, K. TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera – conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Manole, 2004.
- REICHERT, J. M.; SUZUKI, L.; REINERT, D. J.; HORN, R.; HAKANSSON, I. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 102, n. 2, p. 242-254, 2009.
- REICHERT, J.M; REINERT, D.J; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**. Jul/Dez. p.26-48, 2003.
- SANTI, A. L. **Relações entre indicadores de qualidade do solo e a produtividade das culturas em áreas com agricultura de precisão**. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

- SANTI, A.L.; AMADO, T. J.C; SCHENATO, R. B; BELLÉ, G. L; PES, L.Z; DELLAMEA, R.B.C; PIZUTTI, L. **Infiltração de água no solo, em áreas com diferentes potenciais de produtividade e manejados com técnica de agricultura de precisão.** 2º Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão. São Paulo: ESALQ/USP, 2006.
- SECCO, D.; REINERT, D. J.; REICHERT, J.M. Produtividade de soja e propriedades físicas de um Latossolo submetido a sistemas de manejo e compactação. **Revista Brasileira Ciência Solo**, 28:797-804, 2004.
- SECCO, D.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; SILVA, V.R. da. Atributos físicos e rendimento de grãos de trigo, soja e milho em dois Latossolos compactados e escarificados. **Ciência Rural**, v.39, p.58-64, 2009.
- SILVA, V. R. Da.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Resistência mecânica do solo à penetração influenciada pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo. **Ciência do Solo**: Santa Maria. v.30, n.5, p.795-801, 2000.
- SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em plantio direto. **Ciência Rural**, 34:399-406, 2004.
- SUZUKI, L. E. A. S.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; LIMA, C. L. R. Grau de compactação, propriedades físicas e rendimento de culturas em Latossolo e Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, 42:1159-1167, 2007.
- TORRES, E.; SARAIVA, O.F. *Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com a soja.* Londrina: Embrapa Soja, 1999. 58 p. (Circular Técnica, 23).
- VAN, E. S. H.; SCHINDELBECK, R. **Field procedures and data analysis for the Cornell Sprinkle Infiltrometer.** Cornell University, Department of Crop and Soil Sciences. Extension publication R 03-01. 8 pages. 2003.
- VAZ, C.P.; PRIMAVESI, O.; PATRIZZI, V.C. **Comunicado Técnico: Influência da Umidade na Resistência do solo medido com Penetrômetro de impacto.** São Carlos: MAPA, 2002.
- ZWIRTES, A.L; SPOHR, R.B; BARONIO, C.A; MENEGOL, D.R; ROHR, M.R. **Avaliação dos impactos causados por diferentes sistemas de manejo nos atributos físicos do solo.** Bento Gonçalves: 3º Congresso Internacional de Tecnologia para o Meio Ambiente, 2012.
- ZWIRTES, A.L; SPOHR, R.B; BARONIO, C.A; MENEGOL, D.R; ROSA, G.M; MORAIS, M.T. Utilização do infiltrômetro de Cornell e dos anéis concêntricos para determinação da infiltração de água em um Latossolo Vermelho. **Ciências Agrárias**, v.34, n.6 2013.