



VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DA RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO EM DIFERENTES UMIDADES DE UM LATOSSOLO VERMELHO

Altamir Mateus Bertollo¹; Ezequiel Koppe²; Tiago Edu Kaspary²; Sérgio Daniel Bonna³ & Vanderlei Rodrigues da Silva⁴;

¹ Eng. Agr. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente da Universidade Federal de Santa Maria *campus* de Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil. e-mail: altamirmateus@yahoo.com.br;

² Eng. Agr. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente da Universidade Federal de Santa Maria *campus* de Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil ;

³ Eng. Agr. Mestrando do Programa de Pós-graduação em Agricultura de Precisão, Universidade Federal de Santa Maria;

⁴ Eng. Agr. Dr. Professor Adjunto do Departamento de Ciências Agrônômicas e Ambientais, Universidade Federal de Santa Maria, Brasil.

Recebido em: 06/05/2013 – Aprovado em: 17/06/2013 – Publicado em: 01/07/2013

RESUMO

O presente trabalho objetivou quantificar a variabilidade da resistência à penetração (RP) em diferentes níveis de umidade em área manejada com agricultura de precisão. Foram georreferenciados 15 pontos na área de estudo, sendo coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm para determinação da umidade gravimétrica. Em cada ponto foram realizadas três medições de RP, totalizando 45 medições. A primeira medição foi realizada três dias após precipitação de 35 mm na área em estudo, a segunda amostra foi coletada cinco dias após a precipitação e a terceira amostra sete dias após a precipitação. A umidade do solo na primeira medição foi de 17,34 %, nesta condição a variabilidade entre os pontos foi insignificante, 99,73% da área apresenta RP menor que 1500 KPa para a profundidade de 0-10 cm. Na segunda coleta, com valores de umidade de 16,42% o solo apresentou em 42,14% da área resistência entre 1000 a 2000 KPa, sendo esta coleta a que mais expressou a variabilidade da RP na área. Na terceira medição, com umidade de 15,51% os valores obtidos de RP foram elevados, 52,89% da área apresenta RP maior que 2000 KPa para a profundidade de 0-10cm, valor de resistência considerado elevado. A resistência à penetração é influenciada pela umidade do solo nas duas profundidades, a diminuição dos teores de umidade do solo aumentam a resistência à penetração em todas as profundidades.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura de precisão, compactação do solo, georreferenciamento.

SPATIAL AND TEMPORAL VARIABILITY OF PENETRATION RESISTANCE AT DIFFERENT HUMIDITIES OF AN OXISOL

ABSTRACT

This study aimed to quantify the variability of penetration resistance (PR) at different levels of moisture in the area managed with precision farming. Were georeferenced

15 points in the study area, being undisturbed soil samples collected at 0-10 and 10-20 cm for gravimetric moisture determination. At each point there were three measurements of RP, totaling 45 measurements. The first measurement was taken three days after a rainfall of 35 mm in the study area, the second sample was taken five days after rainfall and the third sample seven days after rainfall. Soil moisture at the first measurement was 17.34%, in this condition the variation between points was negligible, 99.73% of the area has less than 1500 KPa RP to a depth of 0-10 cm. In the second test, with values of 16.42% moisture in the soil had 42.14% of the resistance between 1000 to 2000 KPa, and this collection that expressed more variability in the RP. In the third measurement, moisture 15.51% of the values obtained were high PR, 52.89% of the area has higher PR than 2000 KPa to a depth of 0-10cm, resistance value considered high. The penetration resistance is influenced by soil moisture at two depths, decreasing the levels of soil moisture increase resistance to penetration at all depths.

KEYWORDS: Precision agriculture, soil compaction, georeferencing.

INTRODUÇÃO

Uma das mais frequentes preocupações e também motivação da pesquisa agrônômica recente, é o incremento da produtividade por unidade de área com redução de custos de produção, minimização dos efeitos ambientais danosos e aumento da rentabilidade do produtor rural. Desta maneira, nas últimas décadas tem surgido novas tecnologias agrícolas, que foram colocados à disposição da agricultura, visando proporcionar uma prática racional, produtiva, econômica e equilibrada da exploração do solo. Dentre as novas tecnologias em destaque no cenário agrícola brasileiro tem-se a agricultura de precisão (AP).

Atualmente profissionais da pesquisa e de campo buscam alternativas e práticas de manejo que visem altas produtividades, sem prejudicar a qualidade do solo. As principais linhas de estudos focam basicamente a questão da fertilidade do solo (atributos químicos). Porém, deve-se proceder a avaliação de outros fatores no processo de decisão e de recomendação, como por exemplo, o monitoramento georreferenciado da produtividade de grãos e caracterização dos atributos físicos do solo.

Um dos indicadores de compactação no solo é a resistência do solo à penetração, que descreve a resistência física que o solo oferece a algo que tenta se mover através dele, como uma raiz em crescimento ou uma ferramenta de cultivo (PEDROTTI et al., 2001). A resistência à penetração tem sido usada como indicadora de camadas compactadas, o valor mais comumente utilizado como limitante é de 2000 KPa (SILVA et al., 2008; LIMA et al., 2012). Porém, recentemente, trabalhos de pesquisa têm apontado a possibilidade de aumentar os valores limitantes de RP para 3500 KPa (BETIOLI JUNIOR et al., 2012). Práticas de manejo do solo, baseadas na escarificação periódica, têm sido usadas como métodos de controle da compactação do solo (SILVA et al., 2012). Porém, o efeito residual das intervenções com aração ou escarificação sobre os atributos físicos do solo desapareceram em poucos ciclos de cultivo (DRESCHER et al., 2011).

O conhecimento da variabilidade espacial das propriedades físicas do solo pode contribuir na definição de melhores estratégias para o manejo sustentável do solo SCHAFFRATH et al., (2008). A partir disso, torna-se relevante estudar os indicadores de qualidade física dos solos, neste caso avaliando a resistência do solo à penetração em diferentes teores de umidade. Conhecer o problema, podendo

caracterizá-lo em intensidade, localização e profundidade são fundamental para saber as causas, resolvê-lo e evitar que volte a ocorrer.

Neste trabalho objetivou-se explorar a variabilidade temporal da resistência do solo à penetração em diferentes teores de umidade, expresso através da elaboração de mapas temáticos de resistência do solo à penetração, obtidos pelo índice de cone, a partir de amostras georreferenciadas.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido, no ano de 2011, na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, campus de Frederico Westphalen, localizada geograficamente a 27°23'50" S e 53°25'32" O. A área em estudo apresenta 3,7 ha. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico SANTOS, (2006), com relevo levemente ondulado, o clima característico do local é o subtropical úmido, tipo Cfa, conforme determinação de Köppen (MORENO, 1961).

Inicialmente a área foi georeferenciada com auxílio de GPS de navegação portátil, marca Garmin®, modelo *Legend*. Em seguida, a área foi dividida em malha amostral (*grids*) de 50 x 50 m, auxiliado pelo programa computacional Sistema CR - Campeiro 7®, desenvolvido pelo setor de Geomática da UFSM. Com esta malha, foram gerados 15 pontos amostrais (Figura 1). A espacialização da variabilidade dos atributos físicos do solo foi procedida por meio da elaboração dos mapas temáticos de resistência à penetração, medidos em Kilopascal (kpa). As medições foram realizadas com o equipamento PenetroLOG® (Medidor Eletrônico de Compactação do Solo) e constaram de três repetições por ponto amostral distantes 5 metros uma da outra para compor a média de cada ponto.

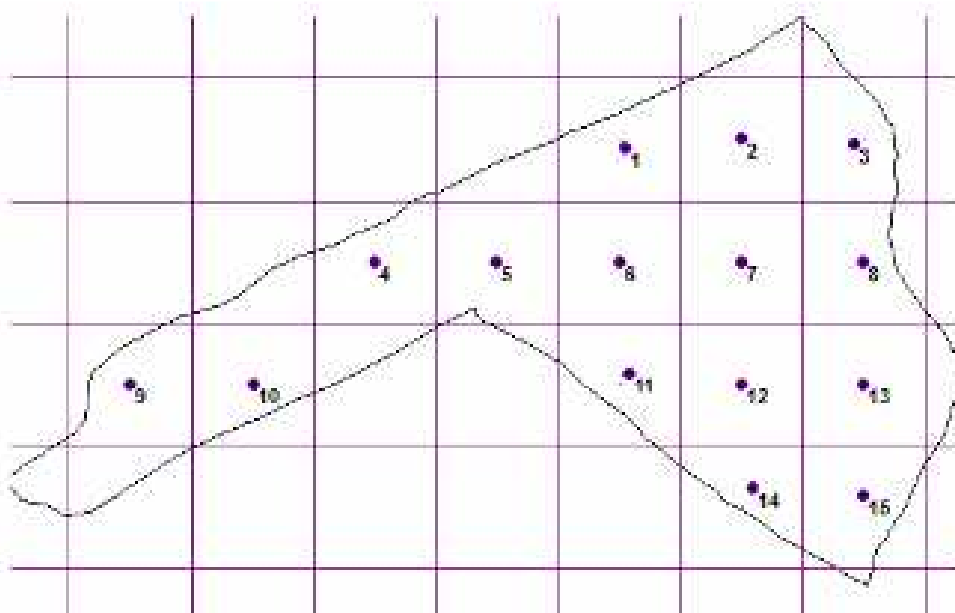


FIGURA 1. Malha amostral da área, distribuição dos 15 pontos amostrais nos *grids* de 0,25 ha.

Em cada ponto amostral foi realizada a coleta de solo, nas profundidades de 0 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m, para fim de determinação dos teores de umidade gravimétrica nas três coletas e desta maneira proceder a discussão dos resultados.

Após coletados, os dados foram transferidos para o computador e tabelados em planilhas eletrônicas, sendo que estas foram utilizadas pelo *software* FalkerMap® para a espacialização na forma de mapas. Optou-se pelas profundidades: 0 - 0,10 m; 0,10 - 0,20; 0,20 - 0,30; 0,30 - 0,40 m. Para isso, foram considerados os valores médios encontrados ao longo dessas profundidades. Valores discrepantes foram considerados como erros e descartados.

O solo coletado nos cilindros foi inicialmente pesado na condição da coleta (peso úmido), sendo posteriormente colocado em estufa para secagem e determinação da umidade pela diferença de massa entre as duas pesagens. Esse procedimento foi realizado no laboratório de física do solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) campus de Frederico Westphalen. O cálculo para determinação da Umidade gravimétrica (Ug) foi realizado pelo cálculo: $Ug = (Su - Ss)/Ss$. Onde: Su = Massa do solo úmido; Ss = Massa do solo seco (MORAES et al. 2012).

As amostragens foram coletadas em três datas: a primeira foi realizada três dias após a ocorrência de precipitação pluviométrica de 35 mm, estando o solo em capacidade de campo. A segunda coleta realizou-se três dias após a primeira, e a terceira coleta deu-se três dias após a segunda.

Os mapas foram gerados utilizando-se modelos matemáticos baseados no interpolador inverso do quadrado da distância, auxiliado pelo programa FalkerMap®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 estão apresentados os valores médios de resistência à penetração (RP) para as coletas em três diferentes umidades nas três profundidades. Através desta é possível observar o aumento na RP com a diminuição dos teores de umidade gravimétrica do solo, nota-se que para a camada superficial de 0 - 0,10 m a média dos valores de RP foram superiores a 2000 KPa(2000 KPa).

TABELA 1. Valores médios de resistência a penetração (KPa) obtidos em diferentes profundidades e umidades.

| Coleta* | Profundidades | | |
|---------|---------------|--------|--------|
| | 0,10 m | 0,15 m | 0,20 m |
| | ---- KPa ---- | | |
| 1 | 747,2 | 1346,6 | 1867,9 |
| 2 | 983,4 | 1726,5 | 2125,9 |
| 3 | 2034,3 | 2758,1 | 2914,5 |

* Valores de umidade gravimétrica para as coletas 1= 17,3%; Umidade 2= 15,8%; Umidade 3= 14,5%.

A RP atua de maneira restritiva ao crescimento radicular quando apresentar valores relativamente elevados. Na figura 2 é possível visualizar a variabilidade espacial da RP com a diminuição dos índices de umidade do solo. Umidades menores atuam diretamente no aumento dos valores de RP, que está intensamente ligada à compactação do solo. O valor de RP crítico varia com a classificação do tipo de solo e com características físicas. MORAES et. al., (2012) indicam que a umidade e densidade do solo são fatores preponderantes para influenciar na resistência imposta pelo solo. Para CAMARGO & ALLEONI, (1997) além da umidade a textura do solo é fator que influencia diretamente nos valores de RP críticos.

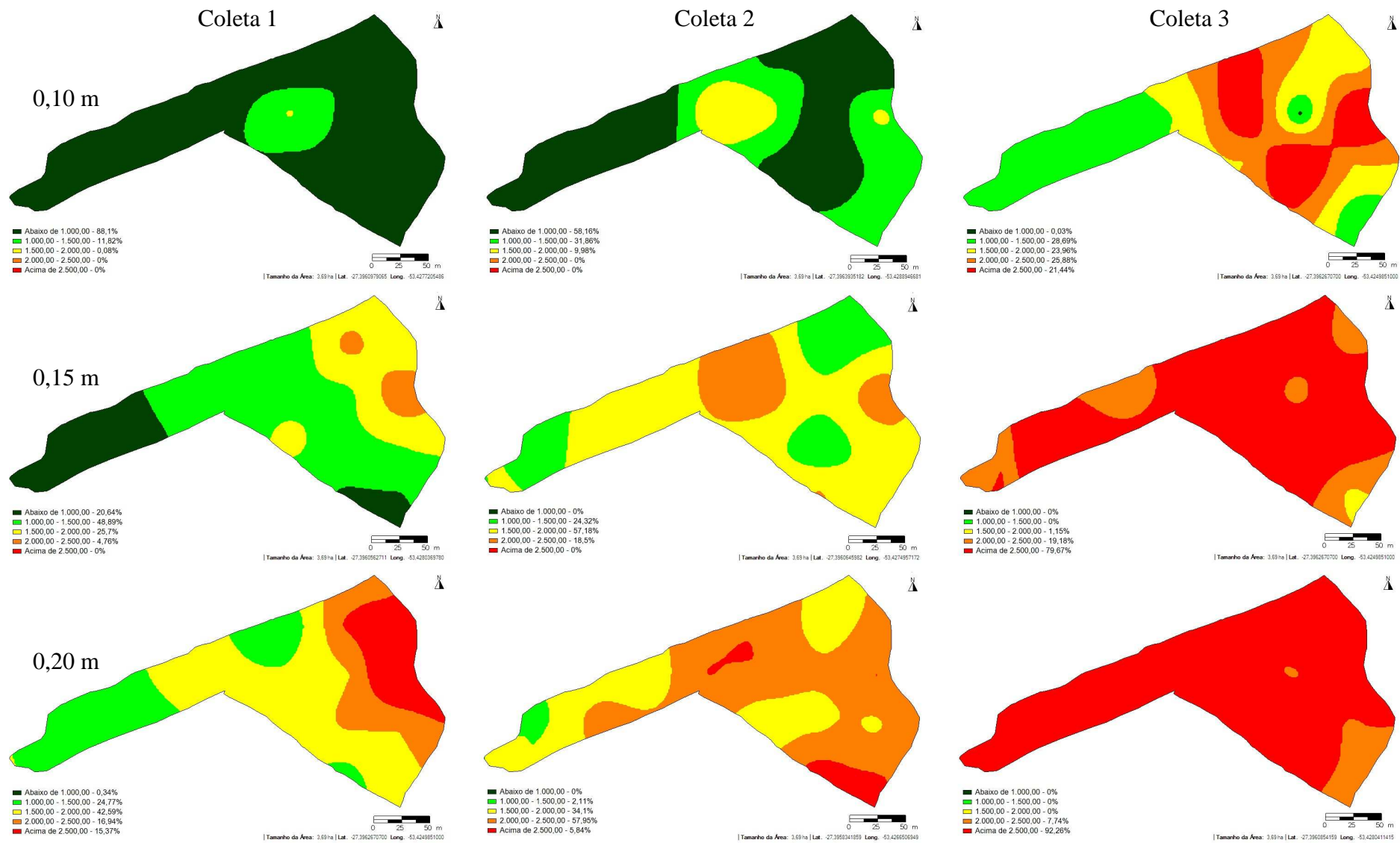


FIGURA 2. Mapa temático da resistência à penetração para as três profundidades (0,10, 0,15 e 0,20 m) nas três coletas.
 ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16; p. 2106/2013

Considera-se limitante valores que variam de 1500 a 3000 KPa conforme GRANT & LANFOND (1993); de 2000 a 4000KPa, segundo ARSHAD et al.(1996), sendo admitidos valores superiores para sistema de plantio direto, na ordem de 5000 KPa observados por EHLERS et al. (1983).

Para a umidade 1 (coleta foi realizada três dias após a precipitação pluviométrica de 35 mm), onde o solo se encontrava no estado friável com 17,3% de umidade gravimétrica. Nota-se que os valores de RP obtidos nesta coleta foram baixos, quando comparados às outras épocas, sendo que na camada superficial de 0 - 0,10 m a RP apresentou valores inferiores a 2000 KPa, citado por REINERT et al., (2001) como níveis críticos para o desenvolvimento de plantas. Nesta condição, com níveis de umidade elevados ($\geq 17\%$) não é apropriado à coleta de dados de RP para elaboração de mapas temáticos de AP, pois neste caso os resultados apresentam potencialidade de mascarar possíveis áreas com níveis de compactação mais elevados, não sendo representativo da condição física do solo.

Da mesma forma é possível verificar que para os valores coletados na terceira época (sete dias após a precipitação), com níveis de umidade gravimétrica $\leq 14\%$, existe uma variabilidade elevada entre os pontos amostrais na camada mais superficial, sendo que para esta coleta 48% da área apresentou RP > 2000 KPa, profundidade onde as outras duas coletas apresentaram 100% da área com valores inferiores a esta força. Para a profundidade de 0,15 m os resultados obtidos nesta coleta apresentam em 98,85% da área valores que indicam solo com impedimento ao desenvolvimento das culturas, profundidade esta que para a segunda coleta apenas 18,5% da área estava com valores acima dos referenciados como críticos.

Levando-se em consideração o nível crítico de RP para o crescimento radicular das plantas de 2000 KPa, destaca-se que as três profundidades da terceira coleta apresentaram necessidade de intervenção em mais de 90 % da área, enquanto que na coleta número 2 apenas a profundidade de 20 cm mostra problemas de compactação, representando assim a necessidade de manejo em 48 % da área, conforme apresenta a figura 2.

Observando os resultados da figura 3, é possível perceber que a compactação da área concentra-se na camada de 15 cm de profundidade. Isto foi obtido para as três coletas, efeito resultante do tráfego de máquinas, que acarreta em compactação na subsuperfície (ROSA et. al. 2011). Ressalta-se também que para as profundidades abaixo de 25 cm os valores de RP comportam-se de maneira semelhante quando comparadas as três coletas. Isto se deve a maior umidade nesta profundidade.

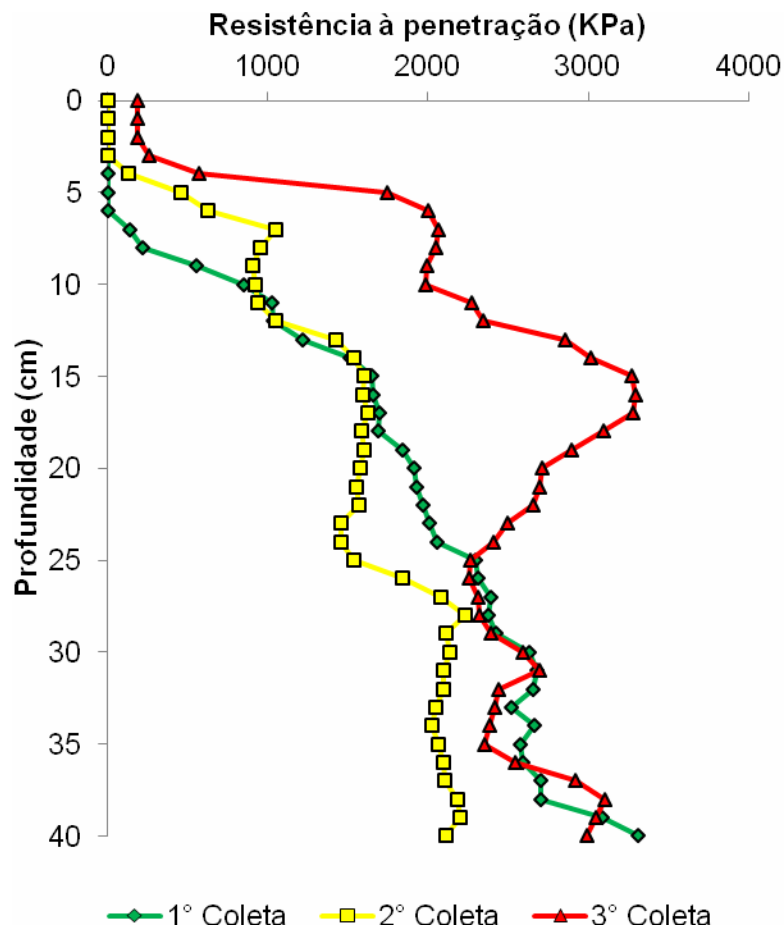


FIGURA 3 – Curvas de resistência do solo a penetração (KPa) ao longo do perfil (0 a 40 cm), nas três épocas de coleta dos dados.

CONCLUSÕES

Os níveis de resistência à penetração variam consideravelmente de acordo com umidade gravimétrica do solo, sendo que os dados obtidos na segunda coleta (umidade gravimétrica de 15,8%) representaram melhor a variabilidade espacial da compactação, expressa pela resistência a penetração do solo na área.

A partir da condução desta pesquisa, percebe-se a necessidade da elaboração de um sistema de correção da umidade do solo, que padronize os valores de RP, para que se tenha mais confiabilidade no momento de realizar uma possível intervenção na lavoura.

REFERÊNCIAS

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B. & GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W. & JONES, A.J., eds. **Methods for assessing of soil quality**. Madison, Soil Science Society of American/American Society of Agronomy, 1996. p.123-141.

BETIOLI JÚNIOR, E.; MOREIRA, W.H.; TORMENA, C.A.; FERREIRA, C.J.B.; SILVA, A.P. & GIAROLA, N.F.B. Intervalo hídrico ótimo e grau de compactação de um Latossolo Vermelho após 30 anos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36:971-982, 2012.

CAMARGO, O. A & ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e desenvolvimento de plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1997. 132p.

DRESCHER, M S.; ELTZ, F. L. F.; DENARDIN, J. E. & FAGANELLO, A. Persistência do efeito de intervenções mecânicas para a descompactação de solos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35:1713-1722, 2011.

EHLERS, W.; KÖPKE, U.; HESSE, F. & BÖHM, W. Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil. **Soil Till. Res.**, 3:261-275, 1983.

GRANT, C. A.; LAFOND, G. P. The effects of tillage systems and crop sequences on soil bulk density and penetration resistance an a clay soil in southern Saskatchewan. **Canadian Journal of Soil Science**, v.73, p.223-232, maio 1993.

LIMA, C.L.R.; MIOLA, E.C.C.; TIMM, L.C.; PAULETTO, E.A. & SILVA, A.P. Soil compressibility and least limiting water range of a constructed soil under cover crops after coal mining in Southern Brazil. **Soil Tillage Res.**, 124:190-195, 2012.

MORAES, M. T.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; SILVA, V. R. Correction of resistance to penetration by pedofunctions and a reference soil water content. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1395-1406, 2012.

MORENO, J. A. Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, Secção de Geografia, 1961. 38p.

PEDROTTI, A.; PAULETTO, E.A. & CRESTANA, S. Resistência mecânica à penetração de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25:521-529, 2001.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; SILVA, V. R.; Propriedades Físicas de Solos em Sistema de Plantio Direto Irrigado. In: CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; ROSA, G. M.; CERETTA, C. A., orgs. **Irrigação por Asperção no Rio Grande do Sul**. Santa Maria, Palloti, 2001. v.1, p. 114-133.

ROSA, D. P.; REICHERT, J. M.; MENTGES, M. I.; VIEIRA, D. A.; VOGELMAN, E. S.; ROSA, V. T.; REINERT, D. J.; métodos de obtenção da capacidade de suporte de carga de um argissolo cultivado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v 35:1561-1568, 2011.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F. & CUNHA, T. J. F. (Ed.). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SCHAFFRATH, V. R. et. al.; Variabilidade e correlação espacial de propriedades físicas de solo sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32:1369-1377, 2008.

SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J. & IMNHOFF, S. funções de pedotransferência para as curvas de retenção de água e de resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32:1-10, 2008.

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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v .36:547-555, 2012.