

PERFILOMETRIA APÓS PREPARO DO SOLO: MÉTODO TRADICIONAL VERSUS ELETRÔNICO

GABRIEL GANANCINI ZIMMERMANN¹, SAMIR PAULO JASPER², DANIEL SAVI³, RAFAEL DA SILVA FERRAZ⁴, ROGERIO ANTONIO PINTO DA SILVA FILHO⁵, FILIPE AFONSO INGLES⁶

¹ Eng. Agrônomo, Doutorando em Ciência do Solo, Depto. de Solos e Engenharia Agrícola, UFPR, Curitiba-PR, gabrielganancini@gmail.com

² Eng. Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. de Solos e Engenharia Agrícola, UFPR, Curitiba-PR

³ Graduando em Agronomia, Depto. de Solos e Engenharia Agrícola, UFPR, Curitiba-PR

⁴ Tecnólogo em Redes de Computadores, Depto. de Engenharia Elétrica, UFPR, Curitiba-PR

⁵ Graduando em Agronomia, Depto. de Solos e Engenharia Agrícola, UFPR, Curitiba-PR

⁶ Graduando em Agronomia, Depto. de Solos e Engenharia Agrícola, UFPR, Curitiba-PR

Apresentado no
LI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2022
27 a 29 de outubro de 2022 - Pelotas - RS, Brasil

RESUMO: A qualidade da operação de preparo do solo pode ser mensurada por análises perfilométricas, as quais relatam o empolamento do solo, a área transversal mobilizada e a rugosidade superficial. Entretanto, a determinação destes parâmetros por meio de métodos tradicionais, é onerosa em mão-de-obra e tempo. O objetivo do experimento foi comparar um sistema desenvolvido de aquisição de dados automático para processos de perfilometria com o método tradicional em preparo do solo, analisando a mobilização do solo em diferentes velocidades. O experimento em faixas foi conduzido no delineamento de blocos casualizados, fatorial duplo, resultando em dois perfilômetros, eletrônico e convencional, e quatro velocidades estudadas da operação de preparo do solo, com sete repetições. Os dados coletados foram submetidos a análise de variância, quando significativo, ao teste de Tukey para fatores qualitativos, e teste de regressão para o fator quantitativo. Através dos dados obtidos com ambos os perfilômetros, constata-se a validação de fase do equipamento desenvolvido e a possibilidade da realização de leituras eletrônicas visando auxiliar a tomada de decisão de forma mais assertiva e rápida, além de minimizar as interferências do ambiente durante as avaliações. As maiores velocidades resultaram em menor área elevada e empolamento do solo.

PALAVRAS-CHAVE: rugosidade do solo, empolamento, perfilômetro

PROFILOMETRY AFTER SOIL PREPARATION: TRADITIONAL VERSUS ELECTRONIC METHOD

ABSTRACT: The quality of the soil preparation operation can be measured by profilometric analyses, which report soil blistering, mobilized transversal area and surface roughness. However, the determination of these parameters through traditional methods is costly in labor and time. The objective of the experiment was to compare a developed automatic data acquisition system for profilometry processes with the traditional method in soil preparation, analyzing soil mobilization at different speeds. The experiment in strips was carried out in a randomized block design, double factorial, resulting in two profilometers, electronic and conventional, and four studied speeds of the soil preparation operation, with seven replications. The collected data were submitted to analysis of variance, when significant, to the Tukey test for qualitative factors, and regression test for the quantitative factor. Through the data obtained with both profilometers, the phase validation of the developed equipment

and the possibility of carrying out electronic readings can be verified, in order to help decision-making in a more assertive and faster way, in addition to minimizing interference from the environment during the evaluations. Higher speeds resulted in less raised area and ground blistering.

KEYWORDS: soil roughness, blistering, profilometer

INTRODUÇÃO: Em virtude dos impedimentos físicos, químicos e/ou biológicos no solo diversos produtores têm adotado o preparo profundo do solo. Como alternativa para corrigir adversidades agrônômicas, dentre estas a compactação do solo em camadas mais profundas, substituindo a subsolagem e aração por gradagem pesada (FENG et al., 2020). O monitoramento da qualidade do preparo do solo pode ser realizado através do estudo da perfilometria, que mensura a área transversal mobilizada, empolamento, espessura média da camada, índice e modificação da rugosidade do solo (BÖGEL et al., 2016). Os dispositivos comumente utilizados para medição da seção transversal variam de equipamentos mecânicos de contato como perfilômetro de hastes tradicionais, ou de barra corrediça, e ópticos incluindo lasers e câmeras digitais, possibilitando a aquisição automatizada dos dados (GILLIOT et al., 2017). Atualmente, é utilizado o método tradicional na perfilometria, o qual é oneroso em mão-de-obra e tempo, além de resultar num pós-processamento de dados elevado, o que sugere a necessidade da modernização deste método, por meio da eletrônica e automação. Desta forma, objetivou-se comparar um sistema desenvolvido de aquisição de dados automático para processos de perfilometria com o método tradicional, analisando a mobilização do solo em diferentes velocidades.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi realizado no município de Pinhais, PR, Brasil, nas coordenadas centrais 7190620.00 de latitude e 688826.00 de longitude, Fuso 22J, Datum WGS 84. Em solo firme com presença de cobertura vegetal referente ao cultivo de inverno, classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, com 1% de declividade no sentido de preparo. O solo apresenta 234 g kg⁻¹ de areia, 98 g kg⁻¹ de silte e 668 g kg⁻¹ de argila, e textura muito argilosa. Os valores de resistência do solo a penetração nas camadas de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m foram de 0,90; 2,87 e 3,51 MPa, densidade do solo 1,25; 1,34 e 1,29 g cm⁻³, umidade volumétrica 30,09; 30,26 e 30,48 g g⁻¹, limite de liquidez 37,50 g g⁻¹, limite de plasticidade 29,17 g g⁻¹ e índice de plasticidade 8,40 g g⁻¹. As faixas de solo mobilizado foram preparadas com a grade pesada modelo SGAC 14C (Civemasa®), com 14 discos recortados de 30 polegadas de diâmetro, espaçados em 0,36 m, totalizando uma largura de trabalho de 2,34 m e massa total de 3.150 kg. O implemento foi acoplado a barra de tração do trator New Holland®, modelo T7 260, com potência útil (DIN 70020) de 160,92 kW, transmissão Full Powershift 18 x 6, dimensionado de acordo com ASABE D496.3 (2011). Na obtenção do índice de rugosidade e do perfil mobilizado do solo, que permite calcular a Área mobilizada, a Área de elevação e o Empolamento do solo, utilizou-se os perfilômetros desenvolvidos eletrônico e convencional, com largura útil de 2,8 m, com pontos de leitura a cada 0,05 m. A área experimental foi dimensionada em quatro faixas (21 x 3 m), correspondendo as velocidades de operação do preparo do solo. Para cada faixa foram demarcadas sete repetições, através da fixação de estacas e aplicação de cal hidratada para proporcionar aumento da remissão do sensor laser. Durante a leitura do perfilômetro eletrônico utilizou-se uma placa de material opaco posicionada perpendicularmente aos raios solares incidentes no sensor de leitura, conforme Odey e Manuwa, (2018). Os perfilômetros foram instalados sobre as estacas previamente niveladas, montado na direção transversal ao deslocamento do trator, conforme Carvalho Filho et al. (2007). Para obtenção das faixas mobilizadas realizou-se a operação de preparo do solo, com a grade pesada regulada e

acoplada ao trator agrícola. Em seguida ao preparo do solo foi possível realizar as leituras do perfil da superfície mobilizada e do perfil interno do solo mobilizado, denominados, perfil mobilizado e perfil de corte. Os valores de cotas obtidos no perfilômetro convencional foram transferidos para planilhas, e as informações do perfilômetro eletrônico armazenadas no próprio computador de aquisição. O experimento em faixas foi conduzido no delineamento de blocos casualizados, fatorial duplo, resultando em dois perfilômetros (P), eletrônico e convencional, e as velocidades estudadas (VE) da operação de preparo do solo (5,7; 6,8; 8,2 e 9,8 km h⁻¹) obtidas nas marchas F7, F8, F9 e F10 do trator agrícola. Para cada tratamento, foram realizadas sete repetições, totalizando 56 unidades experimentais. As pressuposições de normalidade do resíduo e homogeneidade da variância foram avaliadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene. Atendido essas premissas foram aplicados à análise de variância, em caso de significância as médias foram analisadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para fatores qualitativos (P), e teste de regressão para o fator quantitativo (VE), com modelos selecionados pelo critério de maior R². Também foram calculados o erro médio entre as leituras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Tabela 1 apresenta a síntese da análise dos dados de perfilometria do solo. Os parâmetros Área elevada; Área mobilizada; Empolamento e Espessura apresentaram normalidade das variâncias, exceto a Rugosidade modificada. Ademais, a Rugosidade modificada; Área elevada e Empolamento exibiram homogeneidade dos resíduos das variâncias. O coeficiente de variação apresentou média geral de 28,20% estando associado à variabilidade dos atributos físicos na área experimental.

TABELA 1. Síntese estatística da análise de variância e do teste de médias para os parâmetros de perfilometria do solo

Análises	Parâmetros avaliados				
	Rugosidade modificada (%)	Área elevada (cm ²)	Área mobilizada (cm ²)	Empolamento (%)	Espessura (cm)
Normalidade					
SW	0,008	0,593	0,594	0,994	0,647
Homogeneidade					
LEV	0,855	0,381	0,044	0,874	0,029
Teste F					
P	3,912 ^{NS}	10,026 [*]	33,553 ^{**}	1,093 ^{NS}	84,019 ^{**}
VE	0,851 ^{NS}	7,070 ^{**}	0,159 ^{NS}	5,175 ^{**}	0,197 ^{NS}
P x VE	0,939 ^{NS}	0,220 ^{NS}	0,247 ^{NS}	0,250 ^{NS}	0,206 ^{NS}
CV (%)					
P	23,53	30,37	8,94	33,72	7,35
VE	59,68	37,34	19,31	41,78	20,03
P x VE	66,14	65,28	21,36	61,34	20,89
Erro padrão médio	116,35	938,14	1057,32	21,29	4,08
Teste de médias					
Convencional	207,99	1011,99 B	3677,94 B	28,71	12,46 B
Eletrônico	177,88	1394,91 A	4370,30 A	32,28	15,60 A

Teste de Normalidade de Shapiro-Wilk: $SW \leq 0,05$ – Anormalidade dos dados; $SW > 0,05$ – Normalidade nos dados. Teste de Homogeneidade das variâncias de Levene: $LEV \leq 0,05$ – Variâncias Heterogêneas; $LEV > 0,05$ – Variâncias homogêneas. P – Perfilômetro. VE – Velocidade estudada. Teste F da análise de variância (ANOVA): NS – Não significativo; * ($p < 0,05$) e ** ($p < 0,01$). CV (%) – Coeficiente de variação. Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem, entre si, pelo “teste de Tukey” ($p < 0,05$). Fonte: o autor (2022).

Os resultados obtidos demonstram diferença significativa do fator (P) sobre os parâmetros de Área elevada, Área mobilizada e Espessura. Já para os parâmetros Rugosidade modificada e Empolamento, foram verificadas que as leituras dos dados para ambos os perfilômetros não diferem entre si. Quanto a velocidade estudada (VE) observa-se apenas diferença nos parâmetros de Área elevada e Empolamento. Em relação aos resultados da Área elevada, notou-se que o perfilômetro convencional apresentou valores inferiores ao eletrônico, o que

pode ser explicado pela ocorrência da imersão das hastes na superfície do solo mobilizado. O aprofundamento das hastes no solo pode acarretar a subestimação dos valores altimétricos da superfície do solo, conforme descrito por Laskoski et al. (2017). Esta distinção da Área elevada resulta em uma menor Área mobilizada quando mensurada convencionalmente, devido aos fatores descritos anteriormente. Entretanto, salienta-se que em razão da geração da sombra sobre o campo de leitura eletrônica, não foram observadas interferências devido a remitência ocasionada pela radiação do ambiente, que são observadas e descritas por Odey e Manuwa, (2018). O efeito da entrada das hastes sobre o perfil solo mobilizado fica mais evidente ao analisar a Espessura da camada mobilizada, na qual a menor densidade do solo após a operação de gradagem promoveu maior ocorrência de imersão das hastes no solo. Analisando o efeito das velocidades estudadas sobre os parâmetros estudados (Figura 1), observa-se que com o acréscimo das velocidades (8,2 e 9,8 km h⁻¹) houve redução linear da Área elevada (Figura 1A), devido a seleção da velocidade poder afetar a qualidade final do sulco em função da projeção do solo para longe desta região.

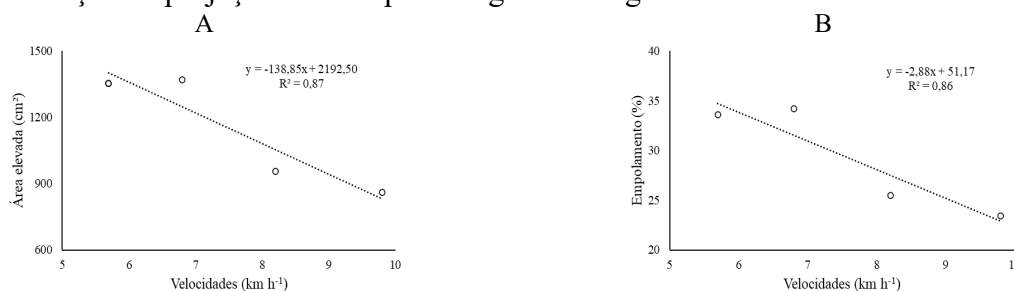


FIGURA 1. Regressão para velocidade estudada

Com o Empolamento do solo (Figura 1B), o qual representa a relação percentual entre a área de elevação e a área mobilizada resultante da ação dos órgãos ativos, é possível observar que na velocidade de 9,8 km h⁻¹ ocorreu o menor índice de Empolamento. Podendo ser explicado pela tendência de redução da Área elevada com o acréscimo da velocidade dos discos.

CONCLUSÕES: Através dos dados obtidos com ambos os perfilômetros, constata-se a validação de fase do equipamento desenvolvido e a possibilidade da realização de leituras eletrônicas visando auxiliar a tomada de decisão de forma mais assertiva e rápida, além de minimizar as interferências do ambiente durante as avaliações. As maiores velocidades resultaram em menor área elevada e empolamento do solo.

REFERÊNCIAS:

- BÖGEL, T.; OSINENKO, P.; HERLITZIUS, T. Assessment of soil roughness after tillage using spectral analysis. **Soil and Tillage Research**, v. 159, p. 73-82, 2016.
- CARVALHO FILHO, A.; CENTURION, J. F.; SILVA, R. P. D. Soil tillage methods: alterations in the roughness of the soil. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 1, p. 229-237, 2007.
- FENG, Q.; AN, C.; CHEN, Z.; WANG, Z. Can deep tillage enhance carbon sequestration in soils?. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 133, p. 110293. 2020.
- GILLIOT, J. M.; VAUDOUR, E.; MICHELIN, J. Soil surface roughness measurement: A new fully automatic photogrammetric approach applied to agricultural bare fields. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 134, p. 63-78, 2017.
- LASKOSKI, M.; PEREIRA, T.E.; KMIETIK, L.L.; BUENO, L.D.S.R.; JASPER, S.P. Desenvolvimento, construção e validação do perfilômetro a laser. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 25, n. 2, p. 132-138, 2017.
- ODEY, S. O.; MANUWA, S. I. Development of Profilometer for Measuring Area of Soil Disturbance by Narrow Tillage Tools. **International Journal of Research in Engineering and Science**, v. 6, n. 1, p. 26-32, 2018.