



SELEÇÃO DE INDICADORES PARA DISCRIMINAR SISTEMAS DE PREPARO E AVALIAR A QUALIDADE EM LATOSSOLO VERMELHO

Regiane Kazmierczak¹, Neyde Fabíola Balarezo Giarola², Alisson Marcos Fogaça³, Flávia Biasso Riferte⁴, Josiane Bürkner dos Santos⁵, Sandoval Carpinelli⁶; Andressa Dranski⁷, Ariane Lentice de Paula⁸

RESUMO: Os sistemas de preparo do solo visam melhorar as condições do solo para as culturas e afetam os atributos do solo. Alguns atributos são afetados em maior magnitude, e análises estatísticas podem ser utilizadas para encontrar os atributos mais sensíveis (indicadores), que permitam discriminar os sistemas de preparo do solo e possam ser utilizados para realizar avaliação de qualidade do solo. O objetivo deste estudo é identificar os indicadores que discriminam os sistemas de preparo do solo e podem ser utilizados em avaliações de qualidade do solo. Foram avaliados 16 atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho muito argiloso, cultivado por um longo período de tempo no Plantio Direto (PD), Preparo Convencional (PC) e Preparo Mínimo (PM). Os atributos do solo mais sensíveis (indicadores) foram selecionados por análise discriminante canônica. Microporosidade (Mip), condutividade hidráulica saturada (Kfs), pH (CaCl₂), cálcio (Ca), magnésio (Mg), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V%) foram os indicadores mais eficientes em discriminar os sistemas de preparo do solo. Estes indicadores podem ser utilizados para futuras avaliações e monitoramento da qualidade do solo dos sistemas de preparo em regiões e condições similares.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade do solo, preparo do solo, indicadores sensíveis.

INTRODUÇÃO

Os sistemas de preparo do solo visam melhorar as condições do solo para o estabelecimento e desenvolvimento das culturas. O sistema de preparo convencional (PC) foi dominante no Brasil durante o século XX. No entanto, devido a degradação do solo desencadeada pelo revolvimento, o sistema de plantio direto (PD) ganhou destaque em relação ao PC. Porém, devido à preocupação com a compactação do solo gerada pelo PD, o sistema de preparo mínimo (PM) começou a ser adotado, onde são realizados preparos menos intensivos no solo (Reichert et al., 2016; Nunes et al, 2019).

Os sistemas de preparo influenciam os atributos do solo, porém, alguns com maior magnitude. Selecionar os que apresentam maior poder de discriminação proporciona a

¹Doutoranda em Agronomia, UEPG, Ponta Grossa-PR; e-mail: regikazi@hotmail.com. ²Docente do curso de Agronomia, UEPG, Ponta Grossa-PR. ³Mestrando em Agronomia, UEPG, Ponta Grossa-PR. ^{4,6,7,8}Doutorando (a) em Agronomia, UEPG, Ponta Grossa-PR. ⁵Pesquisadora do IAPAR, Ponta Grossa-PR.

composição de um conjunto de indicadores sensíveis, os quais podem ser usados em futuras avaliações e monitoramentos, como de qualidade do solo. Doran e Parkin (1994) e Muñoz-rojas (2018) ressaltam que, para um atributo ser considerado um indicador de qualidade do solo, ele deve ser sensível às variações de manejo e clima e oferecer informações das funções do solo. Além disso, a seleção de indicadores reduz tempo e custo em avaliações futuras.

Para atingir tal objetivo pode-se utilizar a análise discriminante canônica (ADC), que é uma técnica eficiente para encontrar as variáveis com maior peso de discriminação (Cruz-Castillo et al., 1994), porém, pouco explorada. Para diferentes condições de solo e clima, o uso e manejo do solo pode influenciar de maneira diferente os atributos do solo, podendo assim serem formados conjuntos específicos de dados para cada condição. O objetivo deste trabalho é identificar, por meio da ADC, os indicadores físicos e químicos do solo que discriminam os sistemas de preparo do solo e podem ser utilizados em avaliações de qualidade do solo, em Latossolo Vermelho de textura muito argilosa de clima subtropical.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Estação Polo do IAPAR, no município de Ponta Grossa (PR), em um Latossolo Vermelho textura muito argilosa, em clima Cfb, segundo Koppen. A área experimental foi dividida em três macroparcelas que foram cultivadas por 36 anos sob PD e PC e 28 anos sob PM. As coletas foram realizadas na camada de 0-10 cm, em malha regular, com 42 pontos por preparo.

Os atributos físicos do solo medidos foram a densidade do solo (D_s), porosidade total (PT), macroporosidade (Map) e microporosidade (Mip) utilizado a metodologia da Embrapa (2011), condutividade hidráulica saturada (K_{fs}), conforme Bagarello et al. (2004) e resistência do solo a penetração (RP) com penetrógrafo de campo penetroLog (Falker, BR). Os atributos químicos do solo medidos foram: pH (H_2O), pH ($CaCl_2$), alumínio (Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K), carbono orgânico total (COT), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V%).

As análises estatísticas foram realizadas com o software R. Foi realizado o teste de normalidade univariado de Shapiro-Wilk e multivariado de Royston. Os dados que não apresentaram normalidade foram transformados através da raiz quadrada ou logaritmo natural. Utilizou-se a ADC conforme relatado por Cruz-Castillo et al. (1994), primeiramente com todos os atributos e posteriormente nos indicadores selecionados, obtendo a função discriminante canônica (FDC) dos indicadores que melhor discriminam os preparos. O teste Lambda de Wilks foi utilizado para verificar a significância das FDC.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os atributos que não apresentaram distribuição normal foram P, RP, Kfs e K, cujo primeiro foi transformado por raiz quadrada e os demais por logaritmo natural. Houve significância para as duas FDC. As correlações mais fortes entre a primeira FDC e os dados originais selecionou indicadores físicos: Mip e Kfs (Tabela 01).

Tabela 01: Teste de significância e correlação entre a função discriminante e as variáveis originais.

	FDC 1	FDC 2			
F	63,52	56,79	pH (H₂O)	0,24	0,65
Significância¹	2,20E-16	2,20E-16	pH (CaCl₂)	0,45	0,72
			Al (cmol_c dm⁻³)	-0,33	-0,64
	Correlação		Ca (cmol_c dm⁻³)	-0,16	0,74
Ds (g cm⁻³)	-0,08	-0,02	Mg (cmol_c dm⁻³)	-0,24	0,94
PT (%)	0,10	-0,05	P (mg dm⁻³)	-0,57	-0,03
Map (%)	0,69	0,20	K (cmol_c dm⁻³)	-0,21	0,22
Mip (%)	-0,80	-0,27	COT (g dm⁻³)	-0,18	0,00
Kfs (cm hora⁻¹)	0,78	0,23	CTC (cmol_c dm⁻³)	-0,55	0,71
RP (Mpa)	-0,54	-0,43	V (%)	-0,16	0,94

¹Probabilidade da correlação dos escores da FDC com as variáveis originais ser igual a 0.

As correlações mais fortes entre a segunda FDC e os dados originais resultou na seleção dos indicadores químicos: pH (CaCl₂), Ca, Mg, CTC e V%. Com base nos resultados dos indicadores selecionados, foi desenvolvido dois modelos de FDC envolvendo os indicadores selecionadas. Houve significância para as duas FDC obtidas.

A FDC 01 representou 53,06% da variância com maior peso para os indicadores físicos: Mip e Kfs. A FDC 02 representou 46,94% da variância e foi representada com maior peso pelos indicadores químicos: pH (CaCl₂), Ca, Mg, CTC e V%. Portanto, a FDC 01 representou as funções físicas do solo e a FDC 02 representou as funções químicas do solo. Reichert et al. (2016) reforçam a importância de indicadores físicos na comparação entre preparos do solo.

FDC 01 = (-0,83*Mip) + (0,80*Kfs) + (0,50*pH (CaCl₂) + (-0,12*Ca) + (-0,20*Mg) + (-0,52*CTC) + (-0,11*V%).

FDC 02 = (-0,23*Mip) + (0,19*Kfs) + (0,70*pH (CaCl₂) + (0,75*Ca) + (0,96*Mg) + (0,74*CTC) + (0,96*V%).

A ADC foi eficiente em selecionar os indicadores que podem ser usados na avaliação da qualidade do solo. A ADC também foi usada para selecionar moléculas de agroquímicos em amostras de solo (Gonçalves et al., 2006) e distinguir diferentes usos da terra (Bhattacharjya et al., 2017).

¹Doutoranda em Agronomia, UEPG, Ponta Grossa-PR; e-mail: regikazi@hotmail.com. ²Docente do curso de Agronomia, UEPG, Ponta Grossa-PR. ³Mestrando em Agronomia, UEPG, Ponta Grossa-PR. ^{4,6,7,8}Doutorando (a) em Agronomia, UEPG, Ponta Grossa-PR. ⁵Pesquisadora do IAPAR, Ponta Grossa-PR.

A figura 01 ilustra a separação dos grupos PD, PC e PM. A primeira função canônica discriminou os três preparos, já a segunda função canônica discriminou o PM dos demais.

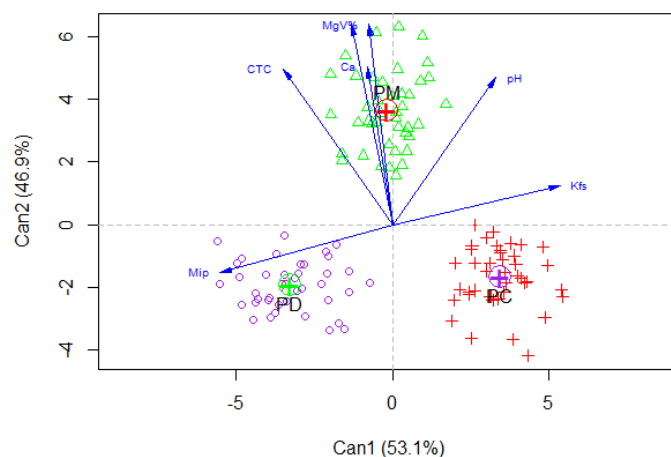


Fig. 1. Biplot de funções discriminantes canônicas para separação de diferentes sistemas de preparo do solo.

CONCLUSÕES

Os indicadores selecionados foram: Mip, Kfs, pH (CaCl₂), Ca, Mg, CTC e V%, e estes podem ser utilizados para a avaliação da qualidade do solo no local estudado e por futuros pesquisadores para avaliações dos sistemas de preparo do solo para Latossolos de regiões similares.

REFERÊNCIAS

- Bhattacharjya S, Bhaduri D, Chauhan S, Chandra R, Raverkar, KP, Pareek N. Comparative evaluation of three contrasting land use systems for soil carbon, microbial and biochemical indicators in North-Western Himalaya. *Ecol Eng.* 2017; 103:21-30. <https://doi.org/https://doi.org.ez82.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.ecoleng.2017.03.001>
- Cruz-Castillo JG, Ganeshanandam S, MacKay BR, Lawes GS, Lawoko CRO, Woolley DJ. Applications of Canonical Discriminant Analysis in Horticultural Research. *Hort Sci.* 1994; 29:1115-19. <https://doi.org/https://pdfs.semanticscholar.org/5a21/c09b62d780d1d1a6efbed4aa4d8a86ba5d79.pdf>
- Doran JW, Parkin TB. Defining and assessing soil quality. In: Doran JW, Coleman DC, Bezdicek DF, Stewart B, editores. *Defining soil quality for a sustainable environment*. USA: Madison, Soil Science Society of America, 1994. p.3-21.
- Gonçalves C, Esteves da Silva JCG, Alpendurada MF. Chemometric interpretation of pesticide occurrence in soil samples from an intensive horticulture area in north Portugal. *Anal Chim Acta.* 2006; 560:164-71. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aca.2005.12.021>
- Nunes MR, Pauletto EA, Denardin JE, Suzuki LEAS, van Es HM. Dynamic changes in compressive properties and crop response after chisel tillage in a highly weathered soil. *Soil Tillage Res.* 2019; 186:183-90. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.still.2018.10.017>
- Muñoz-rojas M. Soil quality indicators: critical tools in ecosystem restoration. *Environ Sci Heal.* 2018;5:47–52. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.04.007>
- Reichert JM, Rosa VT, Vogelmann ES, Rosa DP, Horn R, Reinert DJ, Denardin JE. Conceptual framework for capacity and intensity physical soil properties affected by short and long-term (14 years) continuous no-tillage and controlled traffic. *Soil Tillage Res.* 2016; 158:123-36. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.still.2015.11.010>