

INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMAS DE MANEJO E NÍVEIS DE COMPACTAÇÃO

SÁLVIO NAPOLEÃO S. ARCOVERDE¹, THAYNÁ MENDES MACHADO²,
CRISTIANO MÁRCIO A. de SOUZA³, ANDRESSA CHAGAS⁴

¹Doutor em Agronomia, PNPd, Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD/FCA, salvionapoleao@gmail.com

^{2,4}Mestranda em Agronomia, UFGD/FCA, thaynamendes62@gmail.com, andressachagaas4@gmail.com

³Doutor em Engenharia Agrícola, Professor Associado, UFGD/FCA, csouza@ufgd.edu.br

Apresentado no
L Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2021
08 a 10 de novembro de 2021 - Congresso On-line

RESUMO: O uso de indicadores de qualidade de solo é essencial para o reconhecimento das práticas de manejo visando a sustentabilidade agrícola. Por esta razão, objetivou-se identificar indicadores de qualidade do solo sob diferentes sistemas de manejo e níveis de compactação, por meio do método estatístico multivariado do tipo fatorial (AF). O estudo foi desenvolvido em áreas produtoras de grãos com sistema plantio direto e preparo convencional submetidas a quatro níveis de compactação do solo por passadas de trator (0, 3, 6 e 9). Nas áreas agrícolas, cujo solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico, foram retiradas amostras indeformadas e deformadas, nas camadas de 0-0,10 e 0,10-0,20 m, em 3 pequenas trincheiras por área, totalizando 64 amostras para determinação de cinco atributos físicos e nove atributos químicos. A partir da AF, identificou-se que o modelo de melhor ajuste para expressar a qualidade do solo nas duas camadas avaliadas foi aquele composto por três fatores, explicando cerca de 85% da variância total. Adicionalmente, a AF permitiu identificar, em ordem de importância, a disponibilidade de nutrientes e a compactação do solo, respectivamente, como as componentes dos fatores para explicar a qualidade do solo.

PALAVRAS-CHAVE: análise fatorial, índice de qualidade do solo, mecanização agrícola.

SOIL QUALITY INDICATORS IN MANAGEMENT SYSTEMS AND COMPACTION LEVELS

ABSTRACT: The use of soil quality indicators is essential for the recognition of management practices aimed at agricultural sustainability. For this reason, the objective was to identify soil quality indicators under different management systems and compaction levels, through the multivariate statistical method of the factorial type (AF). The study was developed in grain producing areas with no-tillage and conventional preparation together with four levels of soil compaction by tractor passes (0, 3, 6 and 9). In agricultural areas, whose soil is classified as Oxisol, samples with preserved and non-preserved structure were taken, in layers of 0-0.10 and 0.10-0.20 m, in 3 small trenches per area, totaling 64 samples for determination of five physical attributes and nine chemical attributes. From the AF, it was identified that the best fit model to express soil quality in the two layers evaluated was the one composed of three factors, explaining about 85% of the total variance. Additionally, the AF allowed to identify, in order of importance, the availability of nutrients and soil compaction, respectively, as the components of the factors to explain the soil quality.

KEYWORDS: factor analysis, Soil quality indexes, agricultural mechanization.

INTRODUÇÃO: O uso e ocupação de solos sem o conhecimento das suas potencialidades e limitações podem ocasionar a degradação deste recurso natural (Arcoverde et al., 2019), sobretudo pela degradação estrutural imposta por práticas de manejo que acarretam alterações na qualidade física e química do solo (Arcoverde et al., 2015). A compactação do solo é considerada uma das principais causas de degradação estrutural do solo e o seu estudo permite a adoção de práticas de manejo visando a sustentabilidade agrícola (Arcoverde et al., 2020). O reconhecimento das alterações do solo impostas pelas alterações na utilização não é, muitas vezes, uma tarefa fácil. Assim, os atributos do solo, principalmente relacionados com a estrutura, são utilizadas com indicadores de qualidade física e química (Pantoja et al., 2019). O estudo da qualidade do solo por meio de indicadores pode ser realizado utilizando-se técnicas estatísticas de análise multivariada, por terem importância em estudos de análise exploratória de dados, sendo empregadas no agrupamento de amostras de acordo com sua similaridade, bem como na seleção de variáveis de maior importância na discriminação de grupos pré-selecionados. Entre as técnicas multivariadas, a análise fatorial (AF) busca identificar um número reduzido de fatores comuns que podem ser utilizados para representar relações entre um grande número de variáveis inter-relacionadas (Arcoverde et al., 2015). Objetivou-se identificar indicadores de qualidade do solo sob diferentes sistemas de manejo e níveis de compactação, por meio do método estatístico multivariado do tipo fatorial.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi realizado em uma fazenda produtora de grãos, localizada no município de Dourados, MS, em um Latossolo Vermelho Distroférico, de textura argilosa. As áreas vinham sendo conduzidas há mais de cinco anos com soja no verão e milho na segunda safra em sucessão. Foram selecionadas áreas com plantio direto e preparo convencional (gradagem pesada), submetidas recentemente a quatro níveis de compactação por passadas de trator (0, 3, 6 e 9). Para indução dos níveis de compactação, com umidade do solo próximo a capacidade de campo ($0,28 \text{ kg kg}^{-1}$ na camada de 0-0,20 m de profundidade), foi utilizado trator agrícola modelo NH T7.175, de potência no motor 144 cv, com pneus radiais, bitola traseira de 2,94 m, bitola dianteira de 1,94 m, massa de 4,51 Mg, pressão de inflação 83 kPa nos pneus dianteiros (14.9-26 8 PR R2) e 83 kPa nos traseiros (18.4-38 R2), sendo 40% da massa distribuídos no eixo dianteiro e 60% no eixo traseiro. Em cada área foram coletadas amostras de solo indeformada e deformada, nas camadas de 0-0,10 e 0,10-0,20 m, para determinação de atributos físicos e químicos, totalizando 64 amostras. Determinaram-se os atributos físicos: macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (Pt), densidade do solo (Ds) e resistência do solo à penetração (RP), bem como os atributos químicos: potencial de hidrogênio (pH), matéria orgânica (MO), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), alumínio (Al) e enxofre (S). Para análise estatística dos dados, utilizaram-se análises de correlação de Pearson para observar se a matriz de correlação apresenta valores significativos e análise fatorial (AF) utilizando-se a ACP como método de extração e rotacionando os eixos pelo método Varimax. Estabeleceu-se o valor de 0,70 para cargas fatoriais significativas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Um total de 42 e 39 coeficientes (46 e 43%) foi superior a 0,5 (Tabela 1), o que é indicativo de boa correlação entre as variáveis empregadas. Na camada de 0-0,10 m, observa-se correlação forte e positiva entre as variáveis Ma e Pt ($r = 0,79$) e forte e negativa entre Ma e Ds ($r = -0,84$) e Ma e RP ($r = -0,84$). Isso evidencia alterações nos atributos físicos na camada superficial de solo devido à compactação ocasionada pelo tráfego de máquinas. O mesmo ocorreu na camada de 0,10-0,20 m, porém, o atributo Ds não se mostrou sensível ao manejo, em razão da maior compactação superficial. Para ambas as

camadas, as correlações entre os atributos químicos foram semelhantes; no entanto, na camada subsuperficial notou-se correlações forte e negativa entre pH e Al ($r = -0,83$) e pH e H+Al ($-0,84$), indicando que a acidez pode ser um fator limitante para o desenvolvimento da cultura, exigindo a adoção de práticas corretivas de pH do solo com melhorias na oferta de nutrientes. Esse resultado decorre de que, para a correção do Latossolo Vermelho Distroférico conduzido em SPD, a incorporação do calcário não apresenta vantagens em relação à sua aplicação na superfície do solo (Fidalski et al., 2015).

TABELA 1. Matriz de correlação dos atributos físicos e químicos do solo, nas camadas de 0-0,10 e 0,10-0,20 m, determinados nas áreas manejadas.

	Ma	Mi	Pt	Ds	RP	pH	K	P	Ca	Mg	Al	Al+H	MO	S
0-10 cm														
Ma	1													
Mi	-0,18	1												
Pt	0,79	0,45	1											
Ds	-0,84	0,60	-0,39	1										
RP	-0,84	0,12	-0,68	0,74	1									
pH	-0,57	-0,19	-0,63	0,24	0,33	1								
K	-0,60	-0,21	-0,67	0,24	0,55	0,57	1							
P	-	-0,13	-0,15	0,21	0,29	0,18	0,12	1						
Ca	-0,60	-	-0,55	0,47	0,42	0,90	0,47	0,53	1					
Mg	-0,64	-	-0,59	0,44	0,44	0,92	0,64	0,45	0,97	1				
Al	0,84	0,33	0,96	-0,48	-0,63	-0,57	-0,57	-	-0,48	-0,51	1			
Al+H	0,55	0,41	0,75	-	-0,34	-0,74	-0,61	0,35	-0,42	-0,50	0,73	1		
MO	-0,61	0,29	-0,38	0,56	0,62	0,69	0,66	0,47	0,81	0,86	-0,27	-0,29	1	
S	0,31	-0,32	-	-0,46	-0,22	-0,62	-	-0,63	-0,85	-0,77	-	-	-0,74	1
10-20 cm														
Ma	1													
Mi	-	1												
Pt	0,81	0,56	1											
Ds	-0,44	-0,21	-0,49	1										
RP	-0,72	-0,01	-0,60	0,46	1									
pH	-	0,85	-0,47	0,29	0,22	1								
K	-	-0,55	-0,35	0,61	0,39	0,78	1							
P	0,42	-0,50	-	0,38	-0,46	0,37	0,50	1						
Ca	0,34	-0,83	-0,21	-	-	0,90	0,65	0,54	1					
Mg	0,19	-0,70	-0,26	0,22	0,20	0,92	0,87	0,45	0,90	1				
Al	-0,22	0,76	0,27	-0,42	-0,12	-0,83	-0,66	-0,40	-0,74	-0,68	1			
Al+H	-	0,71	0,46	-0,31	-0,37	0,84	-0,60	-	-0,63	-0,65	0,91	1		
MO	0,41	-0,56	-	-0,24	-0,12	0,65	0,49	-0,44	0,86	0,81	-0,33	-0,24	1	
S	-0,42	0,63	-	0,45	0,34	-0,62	-0,25	-0,34	0,81	-0,66	0,30	0,28	-0,89	1

A análise fatorial (Tabela 2) é um procedimento que define atributos com poder discriminatório em comum para o manejo estudado, possibilitando selecionar aqueles considerados como indicadores potenciais das alterações originais do solo (Pantoja et al., 2019). Os dois primeiros fatores explicaram aproximadamente 85% da variância total dos dados nas duas camadas de solo. O Fator 1 (disponibilidade de nutrientes) explicou 52,05% e 49,85% da variância total nas duas camadas, respectivamente. O Fator 2 apresentou-se de maneira diferenciada em função da camada. Na camada de 0-0,10 m, destacaram-se os

atributos relacionados à disponibilidade de nutrientes, enquanto na camada de 0,10-0,20 m foram os atributos relacionados à compactação, com 20,09% e 24,90% da variância total, respectivamente. O fator 3 (compactação do solo), na camada de 0-0,10 m, explicou 13,55% da variância total.

TABELA 2. Fatores das componentes rotacionadas (VF) dos atributos físicos e químicos do solo, nas camadas de 0-0,10 e 0,10-0,20 m, determinados nas áreas manejadas.

Atributos	0-0,10 m			0,10-0,20 m		
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Ma	-0,66	-0,27	-0,69	0,23	0,89	-0,13
Mi	-0,52	0,04	0,74	-0,86	0,1	-0,21
Pt	-0,92	-0,22	-0,17	-0,31	0,80	-0,23
Ds	0,16	0,26	0,93	-	-0,31	0,93
RP	0,51	0,21	0,69	-0,05	-0,87	0,19
pH	0,59	0,73	-0,05	0,94	-0,18	0,25
K	0,70	0,32	0,13	0,66	-0,12	0,61
P	-0,19	0,71	0,03	0,40	0,60	0,56
Ca	0,36	0,90	0,16	0,97	0,15	0,1
Mg	0,44	0,87	0,15	0,92	-0,01	0,21
Al	-0,90	-0,09	-0,27	-0,72	0,03	-0,50
Al+H	-0,91	-0,10	0,11	-0,70	0,37	-0,29
MO	0,23	0,79	0,41	0,84	0,27	-0,23
S	0,17	-0,93	-0,23	-0,83	-0,30	0,43
Autovalor	7,29	2,81	1,90	6,98	3,49	1,48
% Variância total	52,05	20,09	13,55	49,85	24,90	10,56

CONCLUSÕES: A análise fatorial permitiu identificar, em ordem de importância, a disponibilidade de nutrientes e a compactação do solo, respectivamente, como as componentes dos fatores para explicar a qualidade do solo das áreas estudadas.

AGRADECIMENTOS: À Capes pelas bolsas e à Fazenda Cedro pela infraestrutura e apoio.

REFERÊNCIAS:

- ARCOVERDE, S. N. S.; CORTEZ, J.W.; OLSZEWSKI, J.; SALVIANO, A.M.; GIONGO, V. Multivariate analysis of chemical and physical attributes of quartzipsamments under different agricultural uses. **Engenharia Agrícola**, v.39, n.4, p.457-465, 2019.
- ARCOVERDE, S. N. S.; SALVIANO, A. M.; OLSZEWSKI, N.; MELO, S. B.; CUNHA, T. J. F.; GIONGO, V.; PEREIRA, J. S. Qualidade física de solos em uso agrícola na Região Semiárida do Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 5, p. 1473-1482, 2015.
- ARCOVERDE, S. N. S.; SOUZA, C.M.A.; RAFULL, L.Z.L.; CORTEZ, J.W.; ORLANDO, R.C. Soybean agronomic performance and soil physical attributes under tractor traffic intensities. **Engenharia Agrícola**, v.40, n.1, p.113-120, 2020.
- FIDALSKI, J.; YAGI, R.; TORMENA, C.A. Revolvimento Ocasional e Calagem em Latossolo Muito Argiloso em Sistema Plantio Direto Consolidado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, n. 5, p.1483-1489, 2015.
- PANTOJA, J.C.M.; CAMPOS, M.C.C.; LIMA, A.F.L.; CUNHA, J.M.; SIMÕES, E.L.; OLIVEIRA, I.M.; SILVA, L.S. Análise multivariada na avaliação de atributos do solo em áreas sob diferentes usos na região de Humaitá, AM. **Revista Ambiente e Água** 14 (5) 2019.