

## SELEÇÃO DE INDICADORES FÍSICOS DE QUALIDADE DO SOLO SOB ROTAÇÃO E SUCESSÃO DE CULTURAS EM SISTEMA PLANTIO DIRETO

SÁLVIO NAPOLEÃO S. ARCOVERDE<sup>1</sup>, CRISTIANO MÁRCIO A. DE SOUZA<sup>2</sup>,  
LUIZ CARLOS F. de SOUZA<sup>3</sup>, CARLOS REINIER G. CARDOSO<sup>4</sup>

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

<sup>2</sup> Doutor em Engenharia Agrícola, Professor Associado, UFGD/FCA, csouza@ufgd.edu.br

<sup>3</sup> Doutor em Agronomia, Professor Titular, UFGD/FCA, luizsouza@ufgd.edu.br

<sup>4</sup> Doutor em Agronomia, UFGD/FCA, cr.garcia.cardoso@gmail.com

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

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar a qualidade física do solo manejado com rotação e sucessão de culturas em sistema plantio direto, tendo como ferramenta técnicas estatísticas de análise multivariada. Realizou-se a análise fatorial e estimativa dos escores fatoriais, em seguida, realizou-se a análise discriminante para conhecimento dos atributos físicos do solo que influenciam e estão associados à qualidade física do solo manejado sob sistemas de plantio direto. O estudo foi realizado em Dourados, MS, em Latossolo Vermelho distroférrico em 15 áreas (20 m<sup>2</sup>), sendo 12 com sistemas de rotação de culturas há 8 anos e três com sucessão de culturas (1, 5 e 10 anos), nas quais foram abertas três pequenas trincheiras (20 x 20 x 20 cm) para coleta de amostras de solos com estrutura preservada nas camadas de 0,00-0,10 e de 0,10-0,20 m, com as quais foram determinados os atributos: densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e resistência do solo à penetração (RP). Identificou-se que o modelo de melhor ajuste para expressar a qualidade física do solo nas duas camadas avaliadas foi aquele composto por três fatores, explicando cerca de 84,80% e 73,81% da variância total, respectivamente. Em ordem de importância, as componentes dos fatores para explicar a qualidade do solo das áreas estudadas foram a porosidade e a compactação do solo, respectivamente. A Ma foi o atributo que melhor se destacou como indicador de qualidade do solo, nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m.

**PALAVRAS-CHAVE:** análise fatorial, propriedades físicas, solos argilosos.

### SELECTION OF PHYSICAL INDICATORS OF SOIL QUALITY UNDER ROTATION AND CROP SUCCESSION IN NO-TILLAGE

**ABSTRACT:** The objective was to evaluate the physical quality of the soil managed with rotation and succession of crops in no-tillage, having as a tool statistical techniques of multivariate analysis. Factor analysis and estimation of factor scores were performed, as well as discriminant analysis for knowledge of the physical attributes of the soil that influence and are associated with the physical quality of the soil managed under direct planting systems. The study was carried out in Dourados, MS, in Oxisol in 15 areas (20 m<sup>2</sup>), being 12 with crop rotation systems for 8 years and three with crop succession (1, 5 and 10 years), in which three small trenches (20 x 20 x 20 cm) were opened for collection of soil samples with preserved structure in the layers of 0.00-0.10 and of 0.10-0.20 m, with which the attributes were determined: soil density (Ds), total porosity (Pt), macroporosity (Ma), microporosity (Mi) and

soil resistance to penetration (RP). It was identified that the best fit model to express the physical quality of the soil in the two layers evaluated was the one composed of three factors, explaining about 84.80% and 73.81% of the total variance, respectively. In order of importance, the components of the factors to explain the soil quality of the studied areas were porosity and soil compaction, respectively. Ma was the attribute that best stood out as an indicator of soil quality, in the layers of 0.00-0.10 and 0.10-0.20 m.

**KEYWORDS:** factor analysis, physical properties, clay soils.

**INTRODUÇÃO:** O uso e ocupação de solos sem o conhecimento das suas potencialidades e limitações podem ocasionar a degradação deste recurso. Para uma gestão segura dos recursos naturais, a análise quantitativa e a interpretação dos atributos físicos e físico-hídricos e das principais alterações geradas na qualidade do solo são fundamentais (Stefanoski et al., 2013). 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). Todavia, esses indicadores podem variar com o tipo de solo, manejo, clima e, conseqüentemente, com as especificidades de cada região (Lisbôa et al., 2016). Ao discriminar solos com sinais de degradação, os indicadores de qualidade física do solo evidenciam a necessidade da adoção de sistemas que favoreçam a estruturação do solo, como aqueles que elevam os teores de matéria orgânica (Stefanoski et al., 2013). Para a avaliação da qualidade do solo, trabalhos de pesquisa têm utilizado técnicas estatísticas multivariadas, como a análise fatorial e discriminante, as quais possibilitam identificar um número reduzido de fatores comuns que podem ser utilizados para representar relações entre um grande número de variáveis inter-relacionadas, bem como aqueles atributos com maior poder discriminante em relação aos grupos estudados (Arcoverde et al., 2015; Lisbôa et al., 2016). Objetivou-se avaliar a qualidade física do solo manejado com rotação e sucessão de culturas em sistema plantio direto, tendo como ferramenta técnicas estatísticas de análise multivariada.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O estudo foi realizado no município de Dourados, MS, em um Latossolo Vermelho Distroférico, de textura argilosa. O clima, de acordo com a classificação de Koppen é Am (tropical de monções), com precipitação pluviométrica total anual da região é de 1.400 a 1.500 mm e a temperatura média anual é de 22°C (Alvares et al., 2013). Foram selecionadas 15 áreas (20 m<sup>2</sup>) agrícolas com rotação e sucessão de culturas em sistema plantio direto, que foram agrupadas em quatro grupos, conforme os usos, em sucessão (soja+milho – 1 ano; soja+milho – 5 anos e soja+milho – 10 anos), rotação com grãos há 8 anos (soja+milho+ervilhada; soja+milho+ervilhada; soja+trigo; soja+aveia); rotação com oleaginosas há 8 anos (soja+canola; soja+cártamo; soja+crambe; soja+níger) e rotação com adubo verde há 8 anos (soja+crotalária; soja+ervilhada; soja+nabo forrageiro). As rotações com culturas oleaginosas, de grãos e adubos verde ocorreram no outono-inverno de cada safra agrícola e no verão aconteceu a rotação com soja. Em cada área, foram abertas três pequenas trincheiras (20 x 20 x 20 cm) para coleta de amostras de solos com estrutura preservada nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m. A avaliação dos atributos físicos densidade do solo, porosidade total, macroporosidade, microporosidade e resistência do solo à penetração foi feita conforme descrito em Arcoverde et al. (2019). Os dados foram submetidos a análises por técnicas de estatística multivariada, utilizando-se as análises fatorial (AF) e discriminante (AD). A AF foi realizada usando-se a análise de componentes principais (ACP) como método de extração. Os eixos foram rotacionados pelo método Varimax, e estabeleceu-se para este estudo o valor de 0,70 para cargas fatoriais significativas (Arcoverde et al., 2015). Utilizou-se a AD com o objetivo de verificar a consistência dos grupos e quais as variáveis que mais

contribuíram para sua formação. Para isso, utilizou-se o método *Stepwise*, e a seleção das variáveis foi realizada pelo método de Lambda de Wilks, que testa a existência de diferenças de médias entre os grupos para cada variável (Arcoverde et al., 2015).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** As primeiras colunas da matriz das cargas fatoriais rotacionadas dos atributos físicos referem-se às cargas fatoriais para cada atributo em cada fator (Tabela 1). A última coluna fornece o valor das comunalidades, indicando o quanto da variância de cada atributo é explicado pelos fatores juntos (Arcoverde et al., 2015). Verificou-se que, na camada de 0,00-0,10 m, os atributos Ma, Mi e Pt possuem forte relação com os fatores retidos, pois têm elevadas comunalidades, enquanto essa forte relação ocorreu apenas para a Pt na camada de 0,10-0,20 m. Os dois primeiros fatores explicaram aproximadamente 85,00% e 73,81% da variância total dos dados nas duas camadas de solo, respectivamente. O Fator 1, denominado porosidade do solo, explicou 59,92% e 49,39% da variância total nas duas camadas estudadas, respectivamente. O Fator 2, denominado compactação do solo, explicou 24,88% e 24,42% da variância total nas duas camadas estudadas, respectivamente. O Fator 1 foi composto pelos atributos Ma, Mi e Pt, variando juntos e na mesma direção, enquanto o Fator 2 foi composto pelos atributos Ds e RP que também variaram juntos e na mesma direção. Assim, pela AF, observou-se que as componentes dos fatores, em ordem de importância, que explicaram a qualidade física do Latossolo Vermelho distroférrico, manejado sob sucessões e rotações de culturas em sistema plantio direto, foram a porosidade e a compactação do solo, respectivamente.

TABELA 1. Matriz de cargas fatoriais após rotação ortogonal pelo Método Varimax para os dados de atributos físicos do solo sob diferentes usos em sistema plantio direto nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m.

| Atributos         | 0,00-0,10 m |               |              | 0,10-0,20 m |               |              |
|-------------------|-------------|---------------|--------------|-------------|---------------|--------------|
|                   | Fator 1     | Fator 2       | Comunalidade | Fator 1     | Fator 2       | Comunalidade |
| Ma                | <b>0,99</b> | - 0,007       | 0,98         | <b>0,83</b> | 0,05          | 0,68         |
| Mi                | <b>0,99</b> | 0,06          | 0,99         | <b>0,83</b> | 0,02          | 0,69         |
| Pt                | <b>0,99</b> | 0,05          | 0,99         | <b>0,99</b> | 0,04          | 0,99         |
| Ds                | 0,04        | <b>- 0,81</b> | 0,66         | - 0,25      | <b>- 0,74</b> | 0,62         |
| RP                | - 0,13      | <b>- 0,77</b> | 0,62         | 0,10        | <b>- 0,83</b> | 0,71         |
| Autovalor         | 3,00        | 1,24          |              | 2,50        | 1,22          |              |
| % Variância total | 59,92       | 24,88         |              | 49,39       | 24,42         |              |

Os dados obtidos com a realização da técnica da AD com o intuito de identificar os atributos físicos do solo que influenciam e estão associados à qualidade desses, estão apresentados na Tabela 2. Na camada de 0,00-0,10 m, os atributos Ma e RP foram os que mais contribuíram para discriminar os grupos, com destaque para Ma (maior valor de F). Na camada de 0,10-0,20 m, os atributos Ma, Mi e Pt foram os que contribuíram para discriminar os grupos, tendo como destaque novamente a Ma (maior valor de F), sendo significativa em ambas as camadas. Apesar da não significância para os demais atributos Mi, Pt, Ds e RP, esses foram mantidos no modelo para melhorar sua capacidade discriminante. Esses resultados sugerem que o atributo Ma é sensível às alterações pelos sistemas de manejo adotados e pode servir como indicador para avaliação da qualidade física dos solos da região. Arcoverde et al. (2015) também observaram como indicador a Ma em diferentes usos e manejos do solo, nas camadas superficiais. Ressalta-se, porém, que os indicadores de qualidade física do solo existentes são gerados para situações específicas, demandando número maior de estudos para validação e aplicação confiável, o que configura oportunidade para o desenvolvimento de novos indicadores físicos de qualidade do solo (Stefanoski et al., 2013).

TABELA 2. Atributos físicos incluídos na análise por meio do procedimento *Stepwise*, valores de Lambda de Wilks e estatística F, nas camadas de 0-0,10 e 0,10-0,20 m.

| Atributo | Lambda de Wilks | F           | Significância |
|----------|-----------------|-------------|---------------|
|          |                 | 0,00-0,10 m |               |
| Ma       | 0,933           | 4,44        | 0,03          |
| Mi       | 0,349           | 0,43        | 0,74          |
| Pt       | 0,349           | 0,43        | 0,74          |
| Ds       | 0,304           | 0,95        | 0,46          |
| RP       | 0,727           | 2,72        | 0,10          |
|          |                 | 0,10-0,20 m |               |
| Ma       | 0,56            | 5,56        | 0,019         |
| Mi       | 0,28            | 1,24        | 0,40          |
| Pt       | 0,28            | 1,24        | 0,35          |
| Ds       | 0,18            | 0,30        | 0,87          |
| RP       | 0,20            | 0,84        | 0,51          |

**CONCLUSÕES:** Pela AF identificou-se que as componentes dos fatores, em ordem de importância, que explicam a qualidade física do solo são a porosidade e a compactação do solo, respectivamente. A AD identificou a Ma como o atributo que melhor se destacou como indicador de qualidade do solo, nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m.

**AGRADECIMENTOS:** À Capes pelas bolsas de pesquisa e à Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados pela infraestrutura e apoio.

#### REFERÊNCIAS:

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.
- ARCOVERDE, S. N. S.; SALVIANO, A. M.; OLSZEVKI, 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.; CORTEZ, J.W.; GRACIANO, P.A.G.; SUÁREZ, A.H.T. Soil physical attributes and production components of sugarcane cultivars in conservationist tillage systems. **Engenharia Agrícola**, v.39, n.2, p.216-224, 2019.
- LISBOA, F.M.; DONAGEMMA, G.K.; BURAK, D.L.; PASSOS, R.R.; MEDONÇA, E.S. Indicadores de qualidade de Latossolo relacionados à degradação de pastagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.9, p.1184-1193, 2016.
- 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. **Ambiente e Água**, v.14, n.5, 2019.
- STEFANOSKI, D.C.; SANTOS, G.G.; MARCHÃO, R.L.; PETTER, F.A.; PACHECO, L.P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.12, p.1301-1309, 2013.