



## Análise multivariada do estoque de carbono e de atributos físicos submetidos a usos do solo na reforma do canavial<sup>(1)</sup>.

**Nilvan Carvalho Melo<sup>(2)</sup>; Luma Castro de Souza<sup>(2)</sup>; Carolina Fernandes<sup>(3)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do Projeto financiado pela FAPESP (Processo nº 2011/06491-0).

<sup>(2)</sup> Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo), UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; Jaboticabal, São Paulo; Bolsista CAPES; E-mail: nilvan.melo@yahoo.com.br

<sup>(3)</sup> Professora Assistente Doutora do Departamento de Solos e Adubos, UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, São Paulo.

**RESUMO:** O cultivo da cana-de-açúcar deve ser complementado com a utilização de culturas de cobertura que visem à melhoria da qualidade do solo proporcionando resultados competitivos e sustentáveis em aspectos econômicos, sociais e ambientais. O objetivo foi avaliar a influência de diferentes usos do solo por meio da determinação do estoque de carbono e dos atributos físicos do solo utilizando a estatística multivariada. O experimento foi realizado em Latossolo Vermelho eutrófico (LVef) e Latossolo Vermelho árido (LVw). Os tratamentos foram: cultivo de soja (S), cultivo de soja/milheto/soja (SMS), cultivo de soja/crotalária/soja (SCS) e cultivo de soja/pousio/soja (SPS). As variáveis estudadas foram: estoque de carbono (Est C), e os atributos físicos: índice de estabilidade de agregados (IEA), diâmetro médio ponderado (DMP), densidade do solo (Ds), macroporosidade (Macro) e microporosidade (Micro) do solo. A análise de agrupamento possibilitou a formação de 2 grupos. No grupo 1 concentrou o solo LVef com os tratamentos S, SMS, SPS e SCS, e no grupo 2 concentrou o solo LVw com os tratamentos S, SMS, SCS e SPS. No primeiro componente principal, os compostos que apresentaram maiores coeficientes de correlação foram: IEA, PT, Micro e Est C. No segundo componente o atributo físico DMP ficou isolado. O tratamento SMS proporcionou a redução da densidade. Já o tratamento S foi o que proporcionou maior agregação do solo.

**Termos de indexação:** qualidade física, manejo do solo, culturas de cobertura.

### INTRODUÇÃO

O interesse mundial em bioenergia e as possibilidades de expansão para a indústria do açúcar e energia tornaram a cana-de-açúcar uma cultura de grande importância, apesar de ser considerada uma monocultura. No entanto, para atender às demandas industriais é necessário que a produção de cana aumente. Dessa forma novas áreas de produção devem aumentar assim como o rendimento das plantações já existente.

A diversificação de culturas apresenta diversos benefícios em relação às monoculturas, tais como: melhorias nos atributos físicos, químicos e biológicos e propiciam efeitos positivos sobre a produtividade das culturas. Além disso, permite a otimização das máquinas e implementos agrícolas e diversificação da produção. Assim, a degradação dos restos culturais oriundos de diversas culturas modifica os atributos do solo e podem influenciar o desempenho das culturas subsequentes (Marcelo et al., 2009). Isso tem propiciado a adoção da diversificação de culturas para o manejo dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

A iniciativa de adotar a diversificação de culturas deve ser realizada com o intuito de manter ou elevar o teor de matéria orgânica do solo, formando poros biológicos, melhorar a estrutura do solo e manter a palha na superfície do solo (Ambrosano et al., 2005). Wohlenberg et al. (2004) observaram que sucessões de culturas de gramíneas e leguminosas tendem a aumentar a agregação do solo quando comparado ao uso subsequente de crucíferas, composto e pousio.

A diversificação de culturas para cana está limitada ao período de pousio, que normalmente se estende por seis meses após a colheita de uma cultura antes do plantio da próxima cultura. Durante este período o crescimento de espécies pode melhorar a qualidade do solo (Silva & Fernandes, 2014). Para esses autores, uma alternativa para a diversificação da cultura da cana é a utilização de culturas de grãos durante o período de reforma do canavial, com a finalidade de aumentar o lucro anual. O objetivo do trabalho foi avaliar a influência de diferentes usos do solo por meio da determinação do estoque de carbono e dos atributos físicos do solo utilizando a estatística multivariada.

### MATERIAL E MÉTODOS

Para realização deste trabalho foram escolhidas duas áreas experimentais no município de Jaboticabal em 2008. Os solos das áreas experimentais foram classificados como Latossolo Vermelho eutrófico (LVef) de textura muito



argilosa e Latossolo Vermelho ácrico (LVw) de textura argilosa. Desde 1995 essas áreas foram cultivadas com cana-de-açúcar.

Os tratamentos utilizados no período de reforma do canavial constaram dos seguintes usos do solo: cultivo de soja (S), cultivo de soja/milheto/soja (SMS), cultivo de soja/crotalária/soja (SCS) e cultivo de soja/pousio/soja (SPS), sendo estes implantados de outubro de 2008 a fevereiro de 2010. Entre o primeiro e o segundo cultivo de soja (*Glycine max*), plantou-se o milheto (*Pennisetum americanum*) ou crotalária (*Crotalaria juncea*) ou permaneceu em pousio.

Para determinação das variáveis foram coletadas amostras deformadas e indeformadas na camada de 0-10 cm.

As variáveis analisadas foram: estoque de carbono (Est C) obtido pela equação (Est C =  $d_s \times \text{teor de carbono} \times \text{profundidade de coleta}$ ) e os atributos físicos: índice de estabilidade de agregados (IEA) em água e diâmetro médio ponderado (DMP) (Nimmo & Perkins, 2002), densidade do solo (Ds) (Grossman & Reinsch, 2002), macroporosidade (Macro) e microporosidade (Micro) (EMBRAPA, 1997).

Os dados foram submetidos às análises exploratórias multivariadas de agrupamento por método hierárquico e componentes principais. Para a análise de agrupamento foi construída uma matriz de semelhança por meio da distância euclidiana e a ligação dos grupos foi realizada de acordo com o método de Ward (Sneath & Sokal, 1973). Os componentes principais foram gerados, utilizando-se o critério de Kaiser (1958), com autovetores acima da unidade. As análises foram processadas no programa STATISTICA 7.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de agrupamento utilizando-se o método hierárquico houve a formação de 2 grupos caracterizados pelo tipo e uso do solo. Quando no mesmo grupo, considera-se que estes agrupamentos apresentam similaridades. Em adição, entre um grupo e outro (G1 e G2) existe dissimilaridade, sendo que, ambas as medidas levam em consideração várias características concomitantemente.

Neste contexto, a **Figura 1** representa a estrutura natural de agrupamento das variáveis analisadas neste estudo. Observa-se que ocorreu distinção entre o grupo 1 (LVef) e o grupo 2 (LVw) em relação ao tipo de solo. Ocorreu a formação de subgrupos dentro dos grupos 1 e 2 em relação aos usos do solo, demonstrando assim similaridade entre os mesmos. Dessa forma, pode-se inferir que,

quando utilizados os tratamentos SPS, SCS e SMS o solo apresentou comportamento semelhante, porém são dissimilares em relação ao tratamento S. Em contrapartida, no LVef os tratamentos SPS, SCS, SMS e S são similares e, portanto, apresentam um mesmo padrão de comportamento.

No grupo 2, a formação do subgrupo S ocorreu provavelmente devido um único cultivo de soja proporcionar menor alteração no solo, o que favoreceu a formação de agregados. O mesmo foi observado por Fernandes et al. (2012), no qual verificaram que o diâmetro médio dos agregados em Latossolo Vermelho eutrófico e Latossolo Vermelho ácrico reduziu após dois cultivos de soja, quando comparado com apenas um cultivo nas camadas superficiais do solo (0-10 e 10-20 cm). Para os mesmos autores, a implantação de uma maior quantidade de culturas requer um número maior de preparo do solo, o que irá comprometer a formação dos agregados de maior diâmetro.

A somatória total da variação contida no conjunto de variáveis iniciais dos dois primeiros componentes principais (CP) foi de 84,73% (CP1+CP2). Tais resultados condizem com o critério estabelecido por Sneath & Sokal (1973), em que o número de CP utilizado na interpretação deve ser tal que explique no mínimo 70% da variância total dos dados.

No primeiro componente principal e por ordem de importância, os compostos que apresentaram maiores coeficientes de correlação foram: IEA (0,99), PT (0,98), Ds (-0,98), Micro (-0,90) e Est C (0,85). No segundo componente principal ficou isolado o DMP (-0,92) (**Figura 2**). O atributo físico Ds está correlacionado principalmente com o LVw no tratamento SMS, o DMP com o LVw no tratamento S, enquanto o Est C com o LVef no tratamento S e Macro, Micro e PT com o LVef no tratamento SMS e com o LVef no tratamento SCS. Fernandes et al. (2012) também observaram que a utilização de milheto ou crotalária favorece a formação de agregados com maior diâmetro na camada de 0-10 cm em relação ao tratamento pousio com dois cultivos de soja no LVw. A adoção de culturas de cobertura favorece o aumento do teor de matéria orgânica, melhorando a estabilidade dos agregados (Campos et al., 1999). Silva & Fernandes (2014) verificaram maior macroporosidade após dois cultivos de soja. O que está de acordo com o resultado encontrado neste trabalho, no qual a Macro ficou diretamente correlacionada com o LVef no tratamento SMS.



## CONCLUSÕES

O tratamento SMS favoreceu a redução da densidade do solo no Latossolo Vermelho ácrico.

O tratamento S promoveu maior agregação no Latossolo Vermelho ácrico.

O estoque de carbono está diretamente correlacionado com o Latossolo Vermelho eutroférico no tratamento S.

WOHLENBERG, E. V.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. et al. Dinâmica da agregação de um solo franco arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28:891-900, 2004.

## REFERÊNCIAS

AMBROSANO, E. J.; GUIRADO, N.; CANTARELLA, H. et al. Plantas para cobertura do solo e adubação verde aplicadas ao plantio direto. Piracicaba, Potafos, 2005. 16p. (Informações Agronômicas, 112).

CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R. et al. Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23:383-391, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p.

FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; MARCELO, A. V. Soil Uses in the Sugarcane Fallow Period to Improve Chemical and Physical Properties of two Latosols (Oxisols). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36:283-294, 2012.

GROSSMAN, R. B. & REINSCH, T. G. Bulk density and linear extensibility. In: DANE, J. H. & TOPP, C., eds. *Methods of soil analysis: Physical methods*. Madison, Soil Science Society of America, 2002. 4: 201-228.

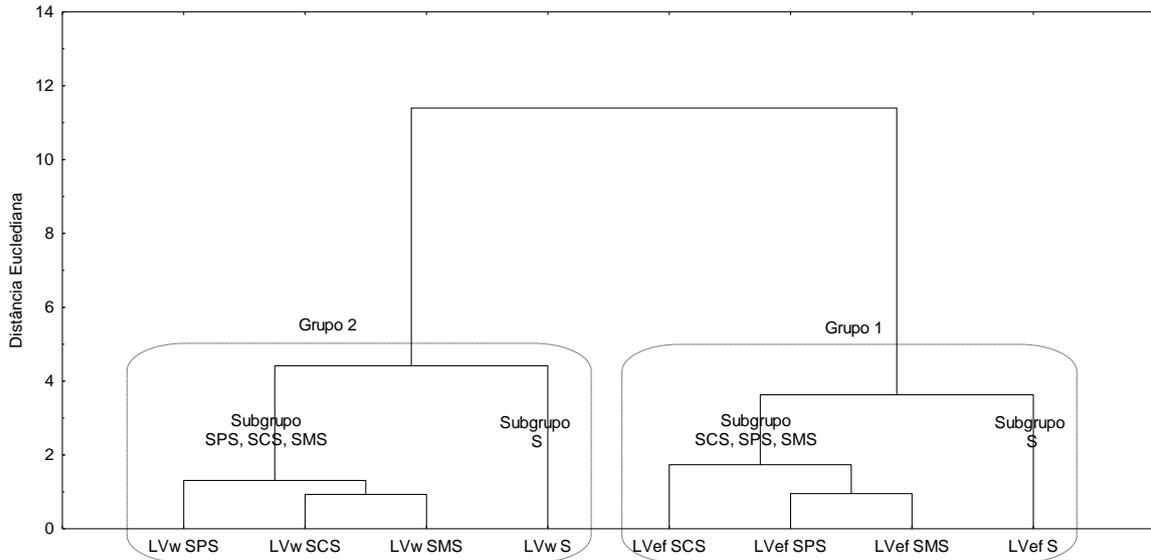
KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika*, 23:187-200, 1958.

MARCELO, A. V.; CORÁ, J. E.; FERNANDES, C. et al. Crop sequences in no-tillage system: Effects on soil fertility and soybean, maize and rice yield. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:417-428, 2009.

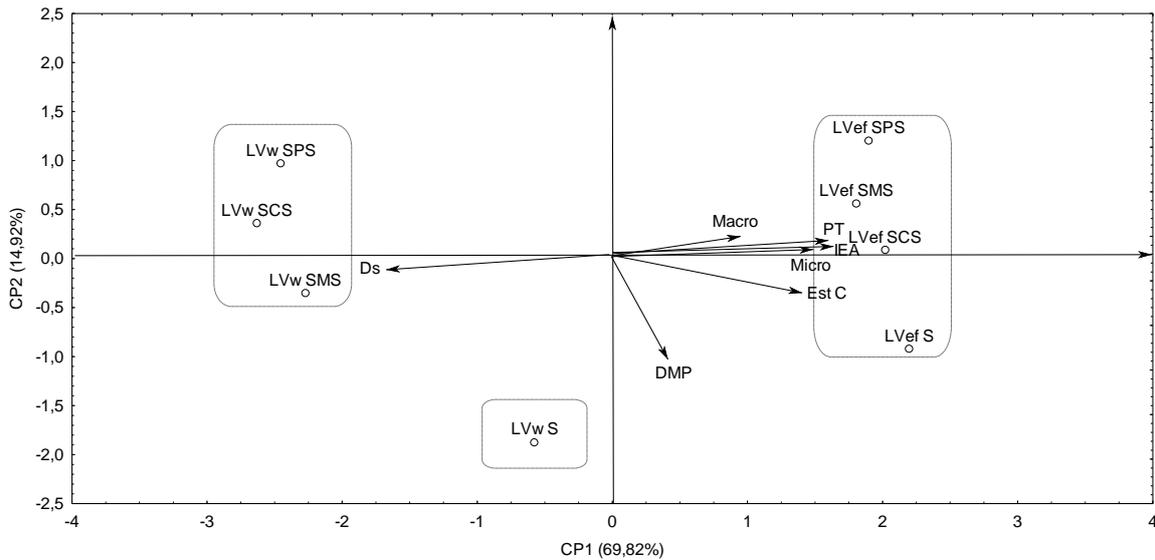
NIMMO, J. R. & PERKINS, K. S. Aggregate stability and size distribution. In: DANE, J. H.; TOPP, G. C.; eds. *Methods of soil analysis*. Madison, Soil Science Society of America, 2002. Part 4, p.317-328 (SSSA, Book-Series,5).

SILVA, R. P. da & FERNANDES, C. Soil uses during the sugarcane fallow period: influence on soil chemical and physical properties and on sugarcane productivity. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38:575-584, 2014.

SNEATH, P. H. & SOKAL, R. R. Numerical taxonomy: the principles and practice of numerical classification. San Francisco: W. H. Freeman, 1973. 573p.



**Figura 1** – Dendrograma mostrando a hierarquia de 2 grupos resultante da análise de agrupamento por método hierárquico. LVef = Latossolo Vermelho eutroférrico; LVw = Latossolo Vermelho ácrico; S = soja; SMS = soja/milheto/soja; SCS = soja/crotalária/soja e SPS = soja/pousio/soja.



**Figura 2** – Gráfico biplot contendo o estoque de carbono (Est C) e os atributos físicos do solo (DMP = diâmetro médio ponderado; IEA = índice de estabilidade de agregados; PT = porosidade total; Macro = macroporosidade; Micro = microporosidade e Ds = densidade do solo). LVef = Latossolo Vermelho eutroférrico; LVw = Latossolo Vermelho ácrico; S = soja; SMS = soja/milheto/soja; SCS = soja/crotalária/soja e SPS = soja/pousio/soja.