

EFEITO DO CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR NA ESTABILIDADE DE AGREGADOS E NA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DO SOLO

Gilton Bezerra de Góes; Thiago Claudino Greggio; José Frederico Centurion; Amauri Nelson Beutler; Itamar Andrioli

Departamento de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

1 RESUMO

Para o cultivo de cana-de-açúcar ocorre intenso revolvimento do solo durante as operações de preparo para o plantio e à adubação. Este estudo objetivou avaliar a estabilidade de agregados e a condutividade hidráulica de um Latossolo Vermelho distroférico sob cana-de-açúcar com diferentes idades e sob vegetação natural. O experimento foi realizado em Jaboticabal, SP. Os sistemas de uso foram: solo sob mata natural (M), solo sob cana-de-açúcar de 1 ano (C1), sob cana-de-açúcar de 3 anos (C3) e sob cana-de-açúcar de 7 anos (C7). Para avaliação da estabilidade de agregados utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado em parcela subdividida, com seis repetições, nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm; e para avaliação da condutividade hidráulica, o delineamento foi o inteiramente casualizado, com cinco repetições, na profundidade de 20 cm. Os sistemas de uso do solo com cana-de-açúcar reduzem a estabilidade de agregados e a condutividade hidráulica saturada em relação à mata nativa.

UNITERMOS: atributos físicos, *Saccharum officinarum*.

GÓES, G.B.; GREGGIO, T.C.; CENTURION, J.F.; BEUTLER, A.N.; ANDRIOLI, I. EFFECT OF SUGAR CANE CULTIVATION ON SOIL AGGREGATE STABILITY AND HYDRAULIC CONDUCTIVITY

2 ABSTRACT

For sugar cane (*Saccharum officinarum*) cultivation, the soil is intensively revolved during planting and fertilization tillage. Thus, this study aimed to evaluate the stability of aggregated soil and hydraulic conductivity in Oxisol soil under different age sugar cane and natural vegetation. The experiment was carried out in Jaboticabal, SP, Brazil. The systems of soil uses were the following ones: soil under natural vegetation (M), soil under 1-year sugar cane (C1), soil under 3-year sugar cane (C3) and under 7-year sugar cane (C7). A completely random design with subdivided plots and 6 replications were used in layers of 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm and 30-40 cm to evaluate the stability of aggregated soil; for hydraulic conductivity, an entirely randomized design and 5 replications were used at the depth of 20 cm. The systems of soil uses for sugar cane cultivation reduced the stability of aggregated soil and saturated hydraulic conductivity in relation to native vegetation.

KEYWORDS: Physical attributes, *Saccharum officinarum*.

3 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é a principal cultura utilizada no Brasil para a produção de álcool e açúcar, sendo que 50% da área está localizada em Latossolos no Estado de São Paulo (AGRIANUAL, 2001), com destaque para a região de Ribeirão Preto. Para o seu cultivo, realiza-se um grande número de operações de preparo do solo com o uso de arados, grades pesadas e subsoladores, que levam ao revolvimento e degradação da estrutura do solo, por ocasião do plantio (CEDDIA et al., 1999). De acordo com Cerri et al. (1991), esse preparo e cultivo intensivo do solo com cana-de-açúcar causam modificações em sua estrutura, principalmente na camada superior do solo.

Corrêa (2002), ressalta que a manutenção de um bom estado de agregação e estabilidade e, conseqüentemente, de uma boa estrutura, é condição primordial para garantir altas produtividades agrícolas. Conforme Childs (1967), solos argilosos podem depender completamente do desenvolvimento de estrutura para adquirirem a condutividade hidráulica. Este autor afirma que quando a condutividade hidráulica depende principalmente da estrutura do solo, a “estabilidade da estrutura” é essencial para maior condutividade.

Trabalhos como o de Sharma e Uehara (1968), que estudaram dois Latossolos do Havaí com composições semelhantes, porém com diferentes índices de agregação, mostram que o Latossolo de maior estabilidade apresentou uma maior condutividade hidráulica, e que o maior movimento d'água ocorreu entre as superfícies dos agregados estruturalmente estáveis (macroporos entre os agregados), reafirmando a importância da estabilidade dos agregados na condutividade hidráulica, que indicam altas correlações entre esses dois atributos físicos.

A quantificação das alterações nas propriedades físicas do solo pode fornecer informações que auxiliem na produção com bases sustentáveis, uma vez que o conhecimento de tais propriedades é essencial em tomadas de decisão acerca das operações de preparo, uso e manejo do solo.

Assim, a hipótese desse estudo é de que o cultivo e o tempo de cultivo de cana-de-açúcar alteram as propriedades físicas do solo. Para tal, avaliou-se o efeito de ambos fatores na estabilidade dos agregados e na condutividade hidráulica de um Latossolo Vermelho sob cana-de-açúcar com diferentes idades, e sob vegetação natural.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em Jaboticabal, SP, latitude 21°13' S e longitude 48°16' W. O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen, é do tipo Cwa, com verão quente e inverno seco, precipitação média anual de 1.428 mm e temperatura média de 21 °C (CENTURION, 1998). O relevo varia de plano à suave ondulado, com altitude média de 560 m. O solo utilizado é um Latossolo Vermelho distroférico, cujo teor de argila e matéria orgânica são apresentados na Tabela 1.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com parcelas subdivididas (quatro sistemas de uso e quatro profundidades), com seis repetições, para a estabilidade de agregados e, inteiramente casualizado com cinco repetições para a condutividade hidráulica.

Os sistemas de uso foram: Mata natural (M), solo sob cana-de-açúcar (Cultivar RB 5536) de 1 ano (C1), sob cana-de-açúcar de 3 anos (C3) e sob cana-de-açúcar de 7 anos (C7). Os sistemas de uso foram cultivados com cana de açúcar desde 1990, em que o preparo do solo para o plantio foi realizado em sistema convencional e a colheita realizada manualmente, após a queima da palha. O preparo do solo, para o plantio, foi realizado com duas gradagens aradoras (12 cm) e uma subsolagem (50 cm). Na seqüência, realizou-se a sulcagem para plantio e gradagem niveladora após o plantio.

Tabela 1 Teor de argila e de matéria orgânica nos sistemas de uso e manejo em quatro camadas do Latossolo Vermelho distroférico.

Camada (cm)	Argila (g kg ⁻¹)				Matéria Orgânica (g dm ⁻³)			
	M	C1	C3	C7	M	C1	C3	C7
0-10	418	524	490	520	48	31	26	25
10-20	444	534	484	536	40	26	24	23
20-30	470	560	482	548	30	23	22	19
30-40	486	582	484	570	23	16	17	16

M= Mata; C1, C3 e C7= Cana-de-açúcar de um, três e sete anos, respectivamente.

Para o sistema C1 aplicou-se calcário em abril de 2003 (6 t ha⁻¹), e no plantio empregou-se 1000 kg ha⁻¹ do adubo 20-05-20. Para os C3 e C7, em outubro de 2003, aplicou-se 1.100 kg ha⁻¹ de adubo na fórmula 14-07-28, que foi incorporado com cultivador.

Em março de 2004 foram coletadas amostras indeformadas de solo, na entre linha da cana-de-açúcar, nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm. Essas foram secas ao ar e passadas em peneira de 7,93 mm para determinação da estabilidade de agregados após pré-umedecimento com álcool, segundo metodologia da Embrapa (1997). Utilizaram-se as peneiras com abertura de malha de 4,00; 2,00; 1,00; 0,50; 0,25; 0,125 mm e agitação lenta por 15 minutos. O diâmetro médio ponderado dos agregados estáveis em água (DMP) foi calculado pelo método da Embrapa (1997).

A determinação da condutividade hidráulica do solo foi realizada com o permeâmetro de Guelph na profundidade de 20 cm com duas cargas hidráulicas (3 e 6 cm de coluna de água). A condutividade hidráulica saturada (C_{hs}) foi calculada de acordo com a seguinte expressão (REYNOLDS et al., 1992):

$$C_{hs} = \{[(0,0041) * (35,39) * (x_1)] - [(0,0054) * (35,39) * (x_2)]\} * fc$$

Sendo C_{hs} a condutividade hidráulica saturada do solo (mm h⁻¹), x₁ a média das três últimas leituras com carga hidráulica de 6 cm de coluna de água (cm s⁻¹), x₂ a média das três últimas leituras com carga hidráulica de 3 cm de coluna de água (cm s⁻¹), fc o fator de conversão para mm h⁻¹ (36.000).

Realizou-se a análise de variância e quando significativa as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O diâmetro médio ponderado dos agregados estáveis em água (DMP) apresentou diferença significativa entre os sistemas de uso, porém não diferiu entre camadas e nem evidenciou interação entre os sistemas de uso e as profundidades (Tabela 2 e Figura 1).

Tabela 2 Análise de variância do diâmetro médio ponderado nos sistemas de uso e nas camadas do Latossolo Vermelho distroférico.

Causas de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F
Sistemas de uso (S)	3	15,965	52,10**
Camadas (C)	3	0,958	2,70 ^{NS}
S x C	9	0,213	0,60 ^{NS}
Resíduo	80	--	--
Total	95	--	--

** , ^{NS} Significativa a 1% e não significativo, respectivamente.

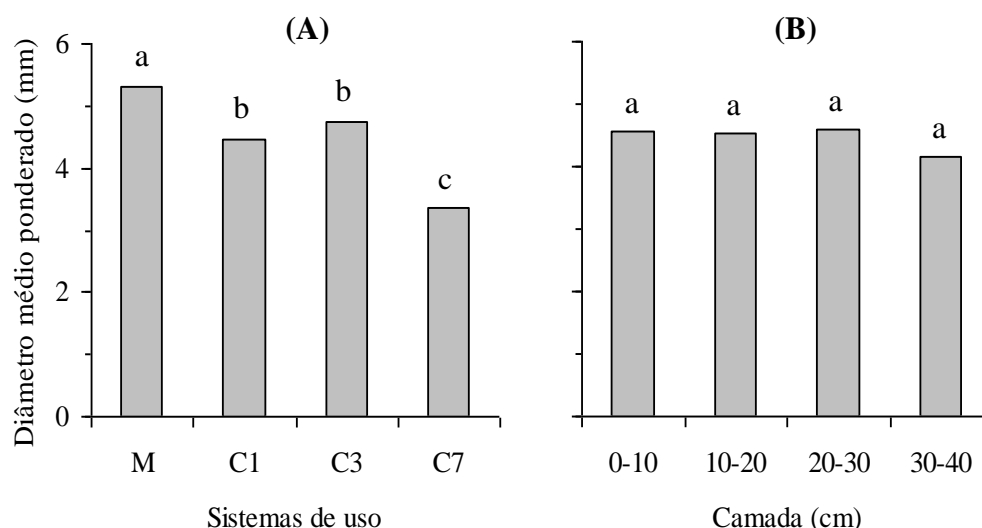


Figura 1 Diâmetro Médio Ponderado de agregados nos sistemas de uso (A) e nas camadas (B), no Latossolo Vermelho distroférico. Médias seguidas por letras iguais não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. M= Mata; C1, C3 e C7= Cana-de-açúcar de um, três e sete anos, respectivamente.

Dentre os sistemas de uso, os agregados da área sob mata natural apresentaram maior DMP, comparado aos sistemas de uso sob cana-de-açúcar (Figura 1a). Tais resultados corroboram com Silva et al. (1998) e Beutler et al. (2001), que relatam que os solos do cerrado nativo apresentam agregados maiores e mais estáveis, por causa do maior conteúdo de matéria orgânica nas áreas que não sofreram e/ou não vem sofrendo processos de revolvimento. De fato, maior conteúdo de matéria orgânica foi encontrado no Latossolo Vermelho da área sob mata natural (Tabela 1), confirmando esses estudos. Ainda, o maior DMP na mata é função principalmente da permanência de resíduos orgânicos na superfície do solo, os quais se decompõem pela ação de microorganismos, resultando na formação de inúmeros compostos importantes na cimentação e estabilização dos agregados (ANGERS, 1992). Além desses aspectos, pode-se salientar o efeito físico das raízes das árvores nas áreas sob mata natural que atuam na formação, manutenção e no tamanho dos agregados do solo (SILVA et al., 1998).

Por sua vez, o menor DMP nos sistemas de uso com cana-de-açúcar, que foram revolvidos anualmente, ocorre porque além do efeito destrutivo da estrutura do solo pelas operações de preparo do solo (CORRÊA, 2002), foi realizada a queima da palha antes da colheita, conseqüentemente reduzindo o teor de matéria orgânica, conforme também verificado por Ceddia et al. (1999). Ainda, o revolvimento do solo nesses sistemas, no preparo inicial do solo e na adubação anual, aumenta o contato do solo com a matéria orgânica e acelera a sua oxidação e decomposição, refletindo em decréscimo do seu teor ao longo dos anos (MENDONÇA e ROWELL, 1994) e em conseqüência o DMP.

Em relação às áreas com cana-de-açúcar, verificou-se que o DMP foi semelhante nas áreas com um e três anos de cultivo (C1 e C3) e superiores à área com sete anos (C7). Visto que o teor de matéria orgânica foi semelhante entre os três sistemas de uso (Tabela 1), possivelmente o menor DMP no C7 deve-se ao maior efeito desagregador do cultivador nesse tratamento, o qual estava visivelmente mais solto comparado ao C3 que também teve efeito do cultivador, e ao C1 que não teve preparo a um ano. O solo estava mais solto no C7 comparado ao C3 "in situ" possivelmente em razão da operação do cultivador ter sido realizada próximo ao ponto de friabilidade no C7 e não no C3, assim revolvendo menos o solo no C3. Nesse contexto, Cooper (1971) menciona que a operação de preparo de um solo muito úmido resulta em fendas pouco maiores que os órgãos ativos do equipamento, e em solo seco resulta num conjunto de

fendas e trincas. Dessa forma, como as amostras foram coletadas na entrelinha, possivelmente a operação com cultivador, no C7, na umidade do solo adequada, revolveu mais o solo e resultou em decréscimo do DMP, conforme também descrito por (CORRÊA, 2002).

Entre profundidades, o DMP não apresentou estatisticamente diferenças nos sistemas de uso (Tabela 2 e Figura 1b), apesar de apresentar diferenças no teor de matéria orgânica entre camadas, a qual segundo Ceddia et al. (1999) apresenta altas correlações com o DMP. Esses autores, avaliando o efeito dos sistemas de colheita da cana-de-açúcar (sistema cana crua e sistema cana queimada), verificaram que o DMP foi menor na camada de 0-5 cm no sistema de manejo cana queimada, comparado a cana crua com maior teor de matéria orgânica.

O DMP não teve relação com o decréscimo do teor de matéria orgânica em profundidade. Isso possivelmente deve-se ao fato de que o solo foi subsolado até 50 cm de profundidade quando da implantação da cultura e ao efeito anual do cultivador na desagregação do solo nas camadas superficiais com maior conteúdo de matéria orgânica. Além disso, a mineralogia oxídica desse solo reduz os efeitos da matéria orgânica na agregação pelo fato desse solo apresentar elevada agregação natural. Segundo Ferreira et al. (1999), em solos oxídicos, a presença de óxidos de ferro e alumínio promovem a formação de microagregados e uma estrutura maciça porosa mais desenvolvida e agregados maiores e mais estáveis. Assim, são necessárias grandes variações no conteúdo de matéria orgânica para aumentar a estabilidade dos agregados, fato que possivelmente explica o DMP semelhante em todas profundidades. Em solos menos desenvolvidos (cauliníticos) vários estudos reportam menor estabilidade de agregados (CAMPOS et al., 1995; SILVA; MIELNICZUK, 1997).

A condutividade hidráulica saturada dos solos revela que houve uma redução significativa do fluxo de água nos solos das áreas sob cana-de-açúcar em relação à área sob vegetação natural (Figura 2). Porém, entre as três áreas sob cana, não foi estatisticamente constatada diferença. Resultados semelhantes foram constatados por Silva (1996), Beutler et al. (2003) e Maia e Ribeiro (2004). Estes resultados podem ser consequência da redução da macroporosidade e aumento da microporosidade causado pela destruição dos agregados nas áreas cultivadas, pois segundo Carvalho (2002), a condutividade hidráulica do solo na condição saturada é mais dependente da estrutura do que da textura do solo. Para esse autor, o efeito da estrutura, em especial dos poros grandes (diâmetro, distribuição e continuidade), torna possível que um solo argiloso possa exibir valores de condutividade hidráulica similares aos solos arenosos.

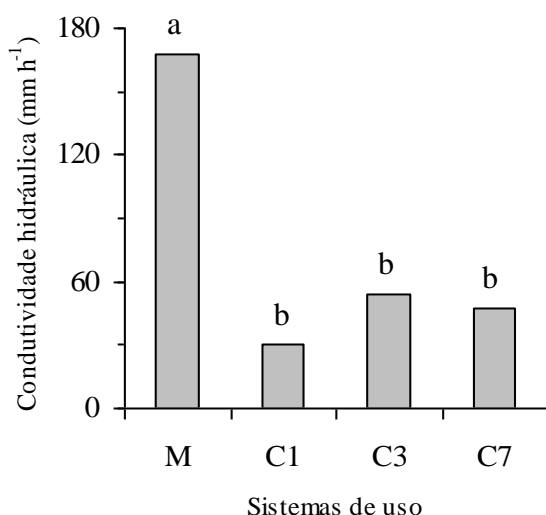


Figura 2: Condutividade hidráulica nos sistemas de uso e manejo. Médias seguidas por letras iguais não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Nos sistemas de cana-de-açúcar C1 e C3 houve maior estabilidade de agregados em relação ao C7, porém não houve decréscimo proporcional da condutividade hidráulica, conforme verificado nos estudos de Sharma e Uehara (1968). Isso possivelmente está relacionado ao fato deste solo estar mais solto “*in situ*”, permitindo a infiltração de água e, a mineralogia oxidada deste solo que segundo Ferreira et al. (1999) proporciona maior porosidade a esse tipo de solo.

6 CONCLUSÕES

O revolvimento do solo para o plantio e cultivo da cana-de-açúcar tem maiores efeitos na estabilidade de agregados e na condutividade hidráulica em relação à matéria orgânica e ao tempo de cultivo, no Latossolo Vermelho distrófico.

Os sistemas de uso do solo com cana-de-açúcar reduzem a estabilidade de agregados e a condutividade hidráulica saturada em relação à mata nativa.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agrianual 2002: Anuário da Agricultura Brasileira, São Paulo, 2001. 536 p.

ANGERS, D. A. Changes in soil aggregation and organic carbon under corn and alfalfa. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 56, n. 4, p. 1244-1249, 1992.

BEUTLER, A. N. et al. Agregação de Latossolo Vermelho distrófico típico relacionada com o manejo na região dos cerrados no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 129-136, 2001.

BEUTLER, A. N. et al. Influência da compactação e do cultivo de soja nos atributos físicos e na condutividade hidráulica em Latossolo Vermelho. **Irriga**, Botucatu, v. 8, n. 3, p. 242-249, 2003.

CAMPOS, B. C. et al. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 121-126, 1995.

CARVALHO, L. A. **Condutividade hidráulica do solo no campo: as simplificações do método do perfil instantâneo**. 2002. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.

CEDDIA, M. B. et al. Sistemas de colheita da cana-de-açúcar e alterações nas propriedades físicas de um solo Podzólico Amarelo no Estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 8, p. 1467-1473, 1999.

CENTURION, J. F. **Caracterização e classificação dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal**. 1998. 85 f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1998.

CERRI, C. C.; FELLER, C.; CHAUVEL, A. Evolução das principais propriedades de um Latossolo Vermelho-Escuro após desmatamento e cultivo por doze e cinquenta anos com cana-de-açúcar. **Cahiers Orstom**, Série Pédologie, Bondy, v. 26, p. 37-50, 1991.

- CHILDS, E. C. La física del drenaje de tierras. In: LUTHIN, J. N. **Drenaje de tierras agrícolas**. México: Limusa Willey, 1967. cap. 1, p. 71-100.
- COOPER, A. W. Effects of tillage on soil compaction. In: AMERICA SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Compaction of agricultural soils**. St. Joseph: ASAE, 1971. p. 315-364.
- CORRÊA, J. C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 203-209, 2002.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- FERREIRA, M. M.; FERNANDES, B.; CURI, N. Mineralogia da fração argila e estrutura de Latossolos da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 507-514, 1999.
- MAIA, J. L. T.; RIBEIRO, M. R. Propriedades de um Argissolo Amarelo fragipânico de Alagoas sob cultivo contínuo da cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 79-87, 2004.
- MENDONÇA, E. S.; ROWELL, D. L. Dinâmica do alumínio e de diferentes frações orgânicas de um Latossolo argiloso sob cerrado e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 295-303, 1994.
- REYNOLDS, W. D.; VIEIRA, S. R.; TOPP, G. C. An assessment of the single-head analysis for the constant head well permeameter. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 72, n. 4, p. 489-501, 1992.
- SHARMA, M. L.; UEHARA, C. Influence of soil structure on water relations in low humic latossols. II. Water movement. **Soil Science Society of America Proceedings**, Washington, v. 32, n. 5/6, p. 770-774, 1968.
- SILVA, A. J. N. da. **Caracterização de Latossolos amarelos sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar no Estado de Alagoas**. 1996. 133 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1996.
- SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 113-117, 1997.
- SILVA, M. L. N. et al. Estabilidade e resistência de agregados de Latossolo Vermelho-Escuro cultivado com sucessão milho-adubo verde. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 1, p. 97-103, 1998.