

## ATRIBUTOS FÍSICOS DE LATOSSOLO CULTIVADO COM CANA-DE-AÇÚCAR E ADUBADO COM DEJETOS DE ANIMAIS DE CRIAÇÃO INTENSIVA<sup>1</sup>

Juliana do Nascimento Gomides<sup>2\*</sup>, Elias Nascentes Borges<sup>3</sup>

**Resumo:** O objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos físicos de Latossolo Vermelho distrófico (LVd) textura média, sob cultivo de cana-de-açúcar, localizado no município de Uberlândia (MG), após a aplicação de dejetos “in natura” e compostado. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco tipos de adubo: cama de frango, cama de peru, adubo compostado, esterco bovino e testemunha, constituída por fertilizante mineral (MAP), todos os tratamentos sob presença ou ausência de gesso agrícola, misturado ao adubo e aplicado no sulco de plantio da cana-de-açúcar. As amostras de solo foram retiradas nas profundidades de 0-0,25 m e 0,25-0,50 m e em dois períodos do ano (seco e chuvoso). Os atributos físicos do solo analisados foram: densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total. Os resultados foram submetidos à análise de variância e às médias dos fatores comparadas pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. Observou-se que os diferentes tipos de dejetos influenciaram de modo distinto na qualidade do solo para os atributos físicos analisados entre o período seco e chuvoso do ano. O esterco bovino foi o adubo orgânico que melhor contribuiu para aumentar a porosidade total e reduzir a densidade do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Saccharum officinarum* (L.), Resíduos orgânicos, Parâmetros físicos.

### PHYSICAL ATTRIBUTES OF A LATOSOL CULTIVATED WITH SUGARCANE AND FERTILIZED WITH MANURE FROM INTENSIVE ANIMAL HUSBANDRY

<sup>1</sup>Artigo referente a parte da dissertação de Mestrado da primeira autora

<sup>2</sup>Mestre em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Endereço: Avenida Brasília, 419, centro, Itumbiara-GO, CEP: 75503-410. E-mail: [jugomides@yahoo.com.br](mailto:jugomides@yahoo.com.br).

<sup>3</sup>Eng.º Agrônomo, Prof.º Doutor, Depto de Manejo e Conservação do solo e da água, ICIAG/UFU, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Uberlândia – MG, Brasil.

\*Autor para correspondência.

**Abstract:** The objective of this work was to evaluate the physical attributes of dystrophic Oxisol average texture, under culture of sugarcane, located in the city of Uberlândia (MG), after the application of manures “in natura” and composted. The experimental design block-type was casualizados, with five types of fertilization: chicken manure, turkey manure, organic compost, cattle manure and the control, constituted of mineral fertilizer (MAP), all the treatments under presence or agricultural plaster absence, mixed to the fertilizers and applied in the ridge of plantation of the sugarcane. The ground samples had been removed in the depths of 0-0,25 m and 0,25-0,50 m and in two periods of the year (dry and rainy). Analyzed the physical attributes of the ground had been: density of the ground, macroporosity, microporosity and total porosity. The results had been submitted to the analysis of variance and the averages of the factors compared for the test of Tukey the 0,05 of significance. It was observed that the different types of manure had influenced in distinct way in the soil quality for the analyzed physical attributes between the dry and rainy period of the year. The cattle manure was the manure that better contributed to increase the total porosity and to reduce the density of the ground.

**KEY WORDS:** *Saccharum officinarum* (L.), Organic residues, Physical parameters.

## INTRODUÇÃO

A melhoria e manutenção de propriedades físicas, químicas e microbiológicas do solo são necessárias para um adequado crescimento, produção e qualidade da cana-de-açúcar (BITTAR FILHO, 2008).

Problemas de compactação do solo são comuns em áreas de cultivo de cana-de-açúcar devido ao manejo intensivo do solo e a utilização de máquinas e equipamentos pesados. Essas condições exigem, portanto, o monitoramento das

propriedades físicas do solo para que condições físicas do solo inadequadas, tais como valores altos de densidade do solo (Ds) e baixos valores de porosidade total (Pt), não tornem um fator limitante ao desenvolvimento e produtividade da cultura (BITTAR FILHO, 2008).

A quebra dos agregados, com aumento excessivo da densidade do solo, acarreta diminuição do volume total de poros, menor permeabilidade do solo com redução da infiltração de água e de trocas gasosas, aumento da resistência mecânica à

penetração. Parâmetros estes estreitamente relacionados com a qualidade ambiental do solo para o desenvolvimento vivo (ARSHAD et al., 1996).

A busca pela melhoria da qualidade ambiental do solo e a necessidade de reduzir custos na produção, têm aumentado o uso de compostos e outros tipos de dejetos orgânicos na produção agrícola. A prática de aplicar adubos orgânicos ao solo é, também, uma forma de melhorar a retenção de água no solo, controlar a temperatura, manter ou melhorar suas propriedades físicas, químicas e microbiológicas, aumentando o teor de matéria orgânica do solo e adicionando nutrientes ao solo, além de resultar em economia de fertilizantes minerais geralmente de custo ambiental e financeiro mais elevado.

A produtividade agrícola depende da quantidade e do equilíbrio dos nutrientes presentes na região do crescimento radicular. Desta forma, o uso adequado de dejetos orgânicos poderá contribuir substancialmente não só para a adequação da fertilidade do solo e redução do risco ambiental com seu armazenamento a céu aberto, mas também recuperar possíveis degradações de solo advindas do uso intensivo. Além do importante papel na melhoria da agregação e estruturação do

solo, os dejetos estimulam maior atividade biológica do solo.

O objetivo do trabalho foi avaliar alterações em alguns atributos físicos de Latossolo Vermelho distrófico (LVd) textura média, sob cultivo de cana-de-açúcar adubada com dejetos de animais de criação confinada “in natura” e compostado.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em área que no ano anterior estava sob pastagem degradada de braquiária (*Brachiaria decumbens* sp.) incorporada ao cultivo da cana-de-açúcar. A unidade de solo é o Latossolo Vermelho distrófico (LVd), textura média, fase cerradão tropical e relevo suave ondulado (EMBRAPA, 1999).

A área pertencente à Fazenda da Cia Mineira de Açúcar e Álcool do Triângulo Mineiro Ltda, município de Uberlândia–MG, possuindo as coordenadas geográficas: 19° 04' 06.39” latitude Sul e 48° 33' 59.86” longitude Oeste, altitude de 720 m. A área experimental, inserida numa área de produção comercial, foi de 0,9 ha, dividida em quatro blocos casualizados com 10 parcelas cada de 10 m x 15 m e 1,5 m de corredor entre parcela. A variedade

de cana plantada foi a RB 867515 de ciclo média/tardia.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial de parcelas subdivididas no espaço, em 5x2x2, correspondendo a cinco tipos de adubos: cama de frango (CF), cama de peru (CP), adubo compostado (AC), esterco bovino (EB) e a adubação química (AQ) MAP (Fosfato monoamônico com 48% de  $P_2O_5$  solúvel em  $H_2O$ ) de recomendação tradicional para a cana, todos combinados com a presença e ausência de gesso agrícola, previamente misturado aos adubos e aplicados no sulco de plantio da cana-de-açúcar. A quantidade de dejetos orgânicos e de adubo químico aplicado no sulco de plantio baseou-se na quantidade de fósforo ( $P_2O_5$ ) presente nos adubos e no solo e na necessidade da cultura da cana-de-açúcar que, segundo a CFSMG (1999) varia de 100 a 140  $kg\ ha^{-1}$ . As amostragens foram feitas na linha de plantio, analisadas em duas profundidades e em duas épocas com condições climáticas distintas, no período chuvoso e seco.

Amostras de solo indeformadas foram retiradas com amostrador tipo Uhland e anel de Kopecky de bordas cortantes de acordo com a metodologia da Embrapa (1997), as mesmas foram

retiradas nos meses de janeiro, período chuvoso e em julho, período seco em duas profundidades de 0,0-0,25 m e 0,25-0,50 m. Após toalhete foram submetidas análises para avaliação dos atributos físicos: densidade do solo ( $D_s$ ), macroporosidade ( $Ma$ ), microporosidade ( $Mi$ ) e porosidade total do solo ( $Pt$ ). No laboratório, o solo dos anéis foram saturados com água e colocados na panela de tensão e submetidas à sucção correspondente a 0,60 m da altura de uma coluna d'água até cessar a drenagem, quando foram pesados para a obtenção da macroporosidade ( $Ma$ ). Após a pesagem, os anéis foram levados para a estufa por aproximadamente 24 horas, regulada a 105 °C, até obter peso constante. Após secas as amostras foram novamente pesadas para a obtenção da densidade e da microporosidade do solo, conforme preconiza a metodologia da Embrapa (1997). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias dos fatores comparados pelo teste de Tukey ao nível de 0,05 de significância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os atributos físicos analisados a Tabela 1 apresenta, respectivamente, os valores médios de densidade do solo ( $D_s$ )

avaliados no período chuvoso e seco do ano. Estes valores não diferiram entre si para os diferentes tipos de adubos aplicados, embora tenha ocorrido diferença significativa com a presença e ausência de gesso para um mesmo adubo utilizado nas diferentes profundidades analisadas.

Os valores de Densidade do solo (Ds) encontrados são altos, chegando a variar de 1,56 a 1,63 kg dm<sup>-3</sup> no período chuvoso, com uma pequena redução no período seco de 1,53 a 1,57 kg dm<sup>-3</sup> (Tabela 1).

Percebe-se no período chuvoso que apesar de os diferentes tipos de adubos não diferirem entre si, a presença e ou a ausência de gesso agrícola possibilitou identificar diferença estatística ( $p \leq 0,05$ ) para o adubo de esterco bovino (EB), apresentando menores valores de Ds (1,57

kg dm<sup>-3</sup>) com a presença de gesso em relação a sem gesso agrícola (1,63 kg dm<sup>-3</sup>). Em relação às profundidades estudadas houve diferença estatística apresentando valor relativamente maior na camada superficial e menor valor na camada de 0,25-0,50 m, estando em desacordo com os valores encontrados por Marcolin (2006) e por Centurion e colaboradores (2007) que afirmam que Ds aumenta com a profundidade do solo. Mas neste caso a Ds não aumentou com a profundidade, podendo ser explicado devido à matéria orgânica estar atuando até as profundidades próximas de 0,50 m, pois no início do plantio foram abertos sulcos de aproximadamente 0,50 m e incorporados os adubos, o que pode ter favorecido a redução dos valores de Ds em profundidades maiores.

**Tabela 1.** Valores médios de densidade do solo (Ds) do solo cultivado com cana-de-açúcar, submetido a diferentes adubos com e sem gesso agrícola, em diferentes profundidades e períodos distintos de amostragens.

Adubos	Ds (kg dm <sup>-3</sup> )					
	Período Chuvoso			Período Seco		
	Com gesso	Sem gesso	Média	Com gesso	Sem gesso	Média
Compostado	1,62 aA	1,58 aA	1,60	1,54 aA	1,56 aA	1,55
Químico (MAP)	1,62 aA	1,57 aA	1,60	1,53 aA	1,56 aA	1,54
Cama de Frango	1,62 aA	1,56 aA	1,59	1,54 aA	1,56 aA	1,55
Cama de Peru	1,56 aA	1,59 aA	1,58	1,54 aA	1,56 aA	1,55
Esterco Bovino	1,57 aB	1,63 aA	1,60	1,54 aA	1,56 aA	1,55
Média	1,60	1,59		1,54	1,56	
DMS <sub>adub.</sub>	0,08			0,09		
DMS <sub>gesso</sub>	0,06			0,04		
Profundidade (m)	Média			Média		
0,0-0,25	1,62 a			1,57 a		
0,25-0,50	1,56 b			1,53 b		
DMS <sub>prof.</sub>	0,03			0,04		
CV <sub>a</sub> (%) <sup>1</sup>	3,62			5,90		
CV <sub>b</sub> (%) <sup>1</sup>	4,57			5,09		

Adubos: AC: Adubo Compostado; AQ: Adubo Químico (testemunha), CF: Cama de Frango; CP: Cama de Peru; EB: Esterco Bovino, todos combinados com e sem gesso agrícola. DMS: Diferença Mínima Significativa; <sup>1</sup>CV<sub>a</sub> e CV<sub>b</sub>: Coeficientes de variação da parcela da subparcela, respectivamente. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na linha e médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Estes valores estão no limite superior considerado críticos para o desenvolvimento adequado da maioria das culturas de interesse econômico. Segato e colaboradores (2006), afirmam que o desempenho das raízes da cana-de-açúcar pode ser prejudicado à medida que os índices de densidade do solo superam 1,2 kg dm<sup>-3</sup>.

Ao analisar o período seco, 2<sup>a</sup> época de amostragem, é possível verificar diferenças significativas (p≤0,05) apenas para as diferentes profundidades,

apresentando menores valores para a profundidade de 0,25-0,50 m, fato este semelhante ao encontrado para o período chuvoso, onde os valores de Ds foram maiores. Isso está relacionado à maior oferta de chuvas, com diversos ciclos de umedecimento e secagem, que acabam por promover certo empacotamento e adensamento no solo. Isto ocorre, pois a água ao infiltrar vai depositando partículas de diferentes tamanhos nos espaços vazios do solo, o que contribui para o aumento da densidade no período chuvoso.

A tabela 1 permite visualizar ainda que a variabilidade estimada através do coeficiente de variação (CV) é considerada baixo para a Ds em ambos os períodos amostrados. O baixo coeficiente de variação indica que ocorreu boa repetibilidade e pequenas oscilações dos valores de Ds para os diferentes tipos de adubos e outros fatores analisados.

De acordo com Warrick e Nielsen (1980), *apud* Oliveira et al (1999), valores de  $CV \leq 12\%$  são considerados baixos, já que a Ds é um atributo que possui ampla taxa de variação no solo em função da sua estrutura e manejo do solo.

A Tabela 2 apresenta os valores médios para o atributo físico macroporosidade (Ma) para o período chuvoso, evidenciando que ocorreu interação tripla entre tipos de adubos, profundidade, com a presença e ausência de gesso agrícola.

Observa-se que os valores de Ma variaram significativamente em função dos adubos tanto na presença como na ausência de gesso agrícola para a profundidade de 0,0-0,25 m. Os valores com variação entre 0,06 e 0,17  $m^3 m^{-3}$ , evidencia limite crítico

restritivo, 0,06  $m^3 m^{-3}$  para o adubo esterco bovino (EB) sem gesso. Segundo Araújo et al. (2004), o valor mínimo do espaço ocupado pelo ar deve ser de 0,10  $m^3 m^{-3}$ , para que a cultura possa ter desenvolvimento radicular satisfatório. Quando o gesso foi agregado aos adubos, percebe-se, que o EB com gesso contrariamente ao adubo EB sem gesso, foi o que proporcionou a maior quantidade de Ma na camada de 0,0-0,25 m, entretanto não diferindo significativamente dos adubos de CF e CP.

Analisando a profundidade de 0,25-0,50 m, percebe-se, aumento significativo de Ma entre os adubos, em relação à camada superficial. A presença e ausência de gesso aos adubos também apresentou variação significativa, mas não distribuído de maneira uniforme, sendo que a presença do gesso aumentou a quantidade de Ma, sendo maior na profundidade de 0,25-0,50 m, com valores de 0,12 a 0,17  $m^3 m^{-3}$ , quando comparado com 0,06  $m^3 m^{-3}$  a 0,14  $m^3 m^{-3}$  na profundidade de 0,0-0,25 m.

**Tabela 2.** Valores médios de macroporosidade (Ma) do solo cultivado com cana-de-açúcar, submetido a diferentes adubos com e sem gesso agrícola, em diferentes profundidades no período chuvoso.

Prof. (m)	Adubos	Ma (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )				
		Com gesso		Sem gesso		Média
0-0,25	Compostado	0,10	bA	0,11	aA	0,11
	Químico (MAP)	0,10	bA	0,12	aA	0,11
	Cama de Frango	0,11	abA	0,10	aA	0,10
	Cama de Peru	0,11	abA	0,11	aA	0,11
	Esterco Bovino	0,14	aA	0,06	bB	0,10
0,25-0,50	Compostado	0,10	bB	0,15	abA	0,13
	Químico (MAP)	0,15	aA	0,13	bB	0,14
	Cama de Frango	0,16	aA	0,17	aA	0,16
	Cama de Peru	0,16	aA	0,14	abB	0,15
	Esterco Bovino	0,11	bA	0,12	Ba	0,12
Média		0,13		0,11		
DMS <sub>adub.</sub>	0,034	DMS <sub>gesso</sub>	0,024			

  

Gesso	Adubos	Profundidade (m)				
		0-0,25	0,25-0,50	Média		
Com	Compostado	0,10	A	0,10	A	0,10
	Químico (MAP)	0,10	B	0,15	A	0,13
	Cama de Frango	0,11	B	0,16	A	0,13
	Cama de Peru	0,11	B	0,16	A	0,14
	Esterco Bovino	0,14	A	0,11	B	0,12
Sem	Compostado	0,11	B	0,15	A	0,13
	Químico (MAP)	0,12	A	0,13	A	0,12
	Cama de Frango	0,10	B	0,17	A	0,13
	Cama de Peru	0,11	B	0,14	A	0,12
	Esterco Bovino	0,06	B	0,12	A	0,09
Média		0,11		0,13		
DMS <sub>adub.</sub>	0,03	DMS <sub>prof.</sub>	0,02			
CV <sub>a</sub> (%)	13,38	CV <sub>b</sub> (%) <sup>1</sup>	13,64			

Adubos: AC: Adubo Compostado; AQ: Adubo Químico (testemunha), CF: Cama de Frango; CP: Cama de Peru; EB: Esterco Bovino, todos combinados com e sem gesso agrícola. DMS: Diferença Mínima Significativa; <sup>1</sup>CV<sub>a</sub> e CV<sub>b</sub>: Coeficientes de variação da parcela da subparcela, respectivamente. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na linha e médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o período seco, a Tabela 3 evidencia que as estatísticas dos dados para a Ma na profundidade de 0,0-0,25 m apresentaram interações significativas entre os adubos, tanto na presença como na ausência de gesso agrícola.

Percebe-se que, para o período seco, os valores significativos de Ma foram maiores do que quando comparados ao período chuvoso (Tabela 2), sendo relativamente menores na camada de 0,0-0,25 m do que quando analisada ao longo do perfil.

Os adubos, cujos valores foram significativos correspondem a CF, CP e EB, sendo que o EB embora não tenha diferido do AQ, foi significativamente maior do que os outros adubos orgânicos, com valor de Ma de  $0,16 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  na

presença de gesso e  $0,09 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  na ausência do gesso agrícola incorporado ao adubo (Tabela 3). Esta constatação evidencia novamente a importância do gesso quando em mistura com o esterco bovino.

**Tabela 3.** Valores médios de macroporosidade (Ma) do solo cultivado com cana-de-açúcar, submetido a diferentes adubos com e sem gesso agrícola, em diferentes profundidades no período seco.

Prof. (m)	Adubos	Ma ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )				
		Com gesso		Sem gesso		Média
0-0,25	Compostado	0,10	bA	0,12	abA	0,11
	Químico (MAP)	0,17	aA	0,16	aA	0,16
	Cama de Frango	0,11	bB	0,15	aA	0,13
	Cama de Peru	0,13	abA	0,10	bB	0,11
	Esterco Bovino	0,16	aA	0,09	bB	0,12
0,25-0,50	Compostado	0,14	aA	0,14	aA	0,14
	Químico (MAP)	0,14	aA	0,14	aA	0,14
	Cama de Frango	0,14	aA	0,13	aA	0,13
	Cama de Peru	0,14	aA	0,15	aA	0,14
	Esterco Bovino	0,15	aA	0,12	aA	0,13
Média		0,13		0,13		
DMS <sub>adub.</sub>	0,04	DMS <sub>gesso</sub>	0,03			

  

Gesso	Adubos	Profundidade (m)				
		0,0-0,25		0,25-0,50		Média
Com	Compostado	0,10	B	0,14	A	0,12
	Químico (MAP)	0,17	A	0,14	A	0,15
	Cama de Frango	0,11	A	0,14	A	0,13
	Cama de Peru	0,13	A	0,14	A	0,13
	Esterco Bovino	0,16	A	0,15	A	0,15
Sem	Compostado	0,12	A	0,14	A	0,13
	Químico (MAP)	0,16	A	0,14	A	0,15
	Cama de Frango	0,15	A	0,13	A	0,14
	Cama de Peru	0,10	B	0,15	A	0,12
	Esterco Bovino	0,09	B	0,12	A	0,10
Média		0,13		0,14		
DMS <sub>adub.</sub>	0,04	DMS <sub>prof.</sub>	0,03			
CV <sub>a</sub> (%) <sup>1</sup>	19,00	CV <sub>b</sub> (%) <sup>1</sup>	15,62			

Adubos: AC: Adubo Compostado; AQ: Adubo Químico (testemunha), CF: Cama de Frango; CP: Cama de Peru; EB: Esterco Bovino, todos combinados com e sem gesso agrícola. DMS: Diferença Mínima Significativa; <sup>1</sup>CV<sub>a</sub> e CV<sub>b</sub>: Coeficientes de variação da parcela da subparcela, respectivamente. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na linha e médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a presença e ausência de gesso agrícola aos adubos, comparadas às diferentes profundidades, verifica-se que com a presença do gesso agrícola, os valores de  $M_a$  foram relativamente maiores e mais estáveis do que sem a presença de gesso para a profundidade de 0,25-0,50 m. Para as diferentes profundidades, o adubo compostado (AC) com gesso apresentou estatisticamente menor quantidade de  $M_a$  para a profundidade de 0,0-0,25 m. Na ausência de gesso agrícola ao adubo, a CP e EB, foram os que apresentaram menores valores na profundidade de 0,25-0,50 m.

Valores relativamente maiores no período seco quando comparado com a época chuvosa, podem estar relacionados com a maior facilidade de compactação e adensamento do período chuvoso, devido à influência da água na manifestação das forças de adesão e coesão, as quais têm influência direta no contato mais íntimo da partícula que compõe a agregação do solo ocorrendo uma redução dos seus valores.

Segundo Kiehl (1979) a macroporosidade são poros com diâmetros maiores que 0,05 mm, responsáveis pela aeração e infiltração de água no solo. Os dados da Tabela 2 permitem afirmar que o manejo da cultura no período chuvoso promoveu alterações na estrutura, com

aumento da massa de partículas de solo por unidade de volume (Tabela 1), diminuindo, portanto, os espaços porosos ocupados pelos  $M_a$  e aumentando assim a microporosidade.

Na fase inicial, situada no período chuvoso (Tabela 2), os valores de  $M_a$  foram comprometidos pelo crescimento radicular da cultura da cana-de-açúcar, fatores climáticos e de preparo inicial intensivo do solo para implantação da cultura, com maior quebra dos agregados, contribuiu, assim, para os menores valores de  $M_a$  encontrados na camada superficial. Não sendo evidenciado no período seco (Tabela 3), justificando o aumento  $M_a$  neste período.

Analisando a Tabela 4 verifica-se que os valores de microporosidade ( $M_i$ ) para o período chuvoso e seco, não apresentaram diferença significativa entre as variáveis independentes estudadas (adubo, gesso agrícola e profundidade).

Apesar das médias de  $M_i$ , apresentadas nesta tabela não serem valores de interações significativas para o período chuvoso e seco, percebe-se um incremento muito pequeno dos valores de microporosidade no período seco, que variou de 0,24 a 0,25  $m^3 m^{-3}$  em relação ao período chuvoso (1ª amostragem) de 0,23 a

0,24 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>. Observa-se então uma grande estabilidade dos valores encontrados para Mi. Independente das considerações estatísticas, observa-se também, um ligeiro aumento nas médias da Mi em relação aos adubos que receberam gesso agrícola, principalmente na profundidade de 0,25-

0,50 m, evidenciando assim seu efeito de pareamento iônico e movimentação no perfil do solo. Cabe salientar também, que se trata de um solo classificado como Franco-argilo-arenosa, de textura média, portanto com menor tendência a formação de grande quantidade de microporos.

**Tabela 4.** Valores médios de microporosidade (Mi) do solo cultivado com cana-de-açúcar, submetido a diferentes adubos com e sem gesso agrícola, profundidades e períodos distintos de amostragens.

Adubos	Mi (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )			
	Período Chuvoso		Período Seco	
	Média		Média	
Compostado	0,23	a	0,25	A
Químico (MAP)	0,23	a	0,25	A
Cama de Frango	0,23	a	0,24	A
Cama de Peru	0,23	a	0,24	A
Esterco Bovino	0,24	a	0,25	A
DMS <sub>adub.</sub>	0,03		0,03	
Com gesso	0,23	a	0,25	A
Sem gesso	0,23	a	0,24	A
DMS <sub>gesso</sub>	0,01		0,01	
Profundidade (m)				
0-0,25	0,23	A	0,24	A
0,25-0,50	0,23	A	0,25	A
DMS <sub>prof.</sub>	0,01		0,01	
CV <sub>a</sub> (%)	10,59		10,4	
CV <sub>b</sub> (%)	11,87		6,68	

Adubos: AC: Adubo Compostado; AQ: Adubo Químico (testemunha), CF: Cama de Frango; CP: Cama de Peru; EB: Esterco Bovino, todos combinados com e sem gesso agrícola. DMS: Diferença Mínima Significativa; CV<sub>a</sub> e CV<sub>b</sub>: Coeficientes de variação da parcela da subparcela, respectivamente. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na linha e médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os dados da Tabela 2 e 3 demonstram que contrariamente em relação à macroporosidade, a Mi (Tabela 4) é um atributo físico menos sujeito às variações pelo preparo intensivo e manejo do solo, mais sim, variando de acordo com

as propriedades mineralógicas do solo como a textura (SILVA; KAY, 1997).

Em relação análise de variância para o atributo porosidade do solo indica interação significativa para os diferentes tipos de adubos, gesso e profundidade.

A Tabela 5 evidencia que os valores médios de porosidade total (Pt) para o período chuvoso na profundidade de 0,0-0,25 m não apresentaram diferença estatística ( $p \geq 0,05$ ) entre os tipos de adubos na presença de gesso agrícola, mas destacou-se significativamente a adubação com esterco bovino (EB) com gesso, apresentando o maior valor de Pt ( $0,37 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) em relação aos demais adubos na profundidade de 0,0-0,25 m. Analisando ainda a mesma profundidade com os adubos na ausência de gesso agrícola, pode-se observar diferença significativa entre os adubos, com maior valor de Pt para o adubo químico sem gesso (AQ) que foi de  $0,36 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ . Em relação à presença e ausência de gesso agrícola nos diferentes tipos de adubos, apresentou diferença significativa apenas para o EB na profundidade de 0,0-0,25 m.

Para a profundidade de 0,25-0,50 m observa-se, que os diferentes adubos analisados com a presença de gesso apresentaram diferença estatística entre si, destacando a adubação com cama de frango e de peru (CF, CP), apresentando os maiores valores de porosidade total ( $0,40$  e  $0,39 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ).

Percebe-se, que o esterco bovino (EB) apresentou comportamento bem distinto em ambas as profundidades

estudadas, com o maior valor na presença de gesso na profundidade de 0,0-0,25 m e menor valor para a profundidade de 0,25-0,50 m e para a ausência de gesso agrícola na profundidade de 0,25-0,50 m o maior valor encontrado.

A maior porosidade total de  $0,40 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , encontrada pelo adubo de cama de frango com gesso agrícola na camada subsuperficial, deve-se a rápida decomposição e o possível efeito do gesso agrícola na melhoria do estado nutricional nesta profundidade, condicionando assim um melhor desenvolvimento e morte das raízes secundárias da cana-de-açúcar.

Em relação à presença e ausência de gesso agrícola nos adubos em diferentes profundidades, percebe-se que a presença de gesso agrícola nos diferentes adubos apresentou valores significativos ( $p \leq 0,05$ ) para a Pt. Para a presença de gesso agrícola nos diferentes adubos analisados, verificam-se maiores valores de Pt na profundidade de 0,25-0,50 m para cama de peru (CP) e cama de frango (CF) e uma redução na de 0,0-0,25 m, sendo o esterco bovino na presença de gesso exceção, apresentando maior valor de Pt na profundidade de 0,0-0,25 m e a menor de 0,25-0,50 m.

Na ausência do gesso agrícola misturado ao adubo, comparando as duas

profundidades avaliadas, os adubos com dejetos apresentaram diferença significativa em relação ao adubo químico (testemunha), e maiores valores de Pt em subsuperfície comparativamente à camada superficial com exceção da CP.

Verificou-se que para o período chuvoso, os valores de porosidade total variaram de 0,30 a 0,40  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ , aquém da quantidade de poros total considerada ideal para o desenvolvimento das plantas que, segundo Kiehl (1985a) deve estar em torno 0,50  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$  ou 50% em volume.

**Tabela 5.** Valores médios de Porosidade total (Pt) do solo cultivado com cana-de-açúcar, submetido a diferentes adubos com e sem gesso agrícola, em diferentes profundidades no período chuvoso.

Prof. (m)	Adubos	Pt ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )				Média
		Com gesso		Sem gesso		
0,0-0,25	Compostado	0,32	aA	0,34	abA	0,33
	Químico (MAP)	0,34	aA	0,36	aA	0,35
	Cama de Frango	0,35	aA	0,33	abA	0,34
	Cama de Peru	0,34	aA	0,34	abA	0,34
	Esterco Bovino	0,37	aA	0,30	bB	0,33
0,25-0,50	Compostado	0,33	bcB	0,38	aA	0,35
	Químico (MAP)	0,37	abA	0,35	aA	0,36
	Cama de Frango	0,40	aA	0,39	aA	0,40
	Cama de Peru	0,39	aA	0,36	aA	0,38
	Esterco Bovino	0,31	cB	0,40	aA	0,35
Média		0,36		0,33		
DMS <sub>adub.</sub>	0,06	DMS <sub>gesso</sub>	0,041			
Gesso	Adubos	Profundidade (m)				Média
		0,0-0,25		0,25-0,50		
Com	Compostado	0,32	A	0,33	A	0,33
	Químico (MAP)	0,34	A	0,37	A	0,35
	Cama de Frango	0,35	B	0,40	A	0,38
	Cama de Peru	0,34	B	0,39	A	0,37
	Esterco Bovino	0,37	A	0,31	B	0,34
Sem	Compostado	0,34	B	0,38	A	0,36
	Químico (MAP)	0,36	A	0,37	A	0,36
	Cama de Frango	0,33	B	0,39	A	0,36
	Cama de Peru	0,34	A	0,36	A	0,35
	Esterco Bovino	0,30	B	0,40	A	0,35
Média		0,35		0,35		
DMS <sub>adub.</sub>	0,06	DMS <sub>prof.</sub>	0,04			
CV <sub>a</sub> (%) <sup>1</sup>	8,31	CV <sub>b</sub> (%) <sup>1</sup>	13,64			

Adubos: AC: Adubo Compostado; AQ: Adubo Químico (testemunha), CF: Cama de Frango; CP: Cama de Peru; EB: Esterco Bovino, todos combinados com e sem gesso agrícola. DMS: Diferença Mínima Significativa; <sup>1</sup>CV<sub>a</sub> e CV<sub>b</sub>: Coeficientes de variação da parcela da subparcela, respectivamente. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na linha e médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Embora os valores encontrados nesta pesquisa não sejam considerados ideais, eles se encontram dentro da faixa observada para a maioria dos solos cultivados. As variações de porosidade total ocorrerem de acordo com o tipo de preparo e uso do solo e também com o tipo de textura dos solos. Diante dos valores encontrados nas análises de solotratar-se de um solo com textura Franco-Argilo-Arenosa (Textura Média). Para Reichardt e Timm (2004) os solos de textura arenosa, pelo fato de possuírem partículas maiores, o espaço poroso também é constituído de poros maiores denominados macroporos, por outro lado, nesses solos o volume total de poros é pequeno. Os solos arenosos possuem porosidade total na faixa de 0,32 a 0,47 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, enquanto os solos argilosos variam de 0,52 a 0,61 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> e os solos francos um valor intermediário.

Valores significativamente baixos de Pt para o período chuvoso comparativamente ao período seco podem ocorrer por diversos fatores, dentre os quais cabe destacar: movimentação intensa do solo pelo preparo inicial, relativamente recente, densidade do solo inicialmente elevada e textura média.

Segundo Falleiro e colaboradores (2003), o aumento na porosidade tende a aumentar conforme aumentam o tempo

decorrido entre o preparo, condições climáticas e a amostragem do solo.

Ao analisar a Tabela 6, para o período seco (2<sup>a</sup> época), verifica-se que os valores médios de Pt, diferiram estatisticamente entre si ( $p \leq 0,05$ ). Foi possível constatar o aumento, mais não de maneira uniforme, dos valores de Pt para os adubos com presença de gesso agrícola em relação ao período chuvoso (Tabela 5), com maiores valores variando de 0,35 a 0,41 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> (Tabela 6).

Em relação aos diferentes adubos na presença e ausência de gesso agrícola, (Tabela 6) observa-se diferença estatística entre si, destacando positivamente o efeito do EB e do AQ com gesso em relação aos demais adubos. Quanto à presença e ausência de gesso agrícola, percebe-se que houve diferença estatística apenas para o adubo de EB com gesso, apresentando o maior valor de Pt. Isso se dá pelo fato de o adubo orgânico contribuir na melhoria da porosidade do solo, seja favorecendo a atividade biológica ou mesmo seu efeito direto, juntamente com a contribuição do gesso agrícola, melhorando as condições físicas dos agregados no solo.

Para as profundidades analisadas, verifica-se diferença estatística (adubo e profundidade), como mostra a Tabela 6. Observando os valores encontrados,

percebe-se que houve diferença significativa apenas para os adubos na profundidade de 0,0-0,25 m.

Os valores de Pt do solo com os diferentes adubos apresentaram pequena diferença entre eles, dando destaque para o adubo químico (AQ) que apresentou o maior valor de porosidade total na profundidade superficial de  $0,41 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ .

Em relação à profundidade de 0,25-0,50 m os valores se mostraram muito próximos, o que pode ser confirmado pelo baixo CV quando comparado com a época chuvosa, ou seja, o baixo coeficiente de variação indica que ocorreu boa repetibilidade para os diferentes tipos de adubos e outros fatores analisados.

**Tabela 6.** Valores médios de Porosidade total (Pt) do solo cultivado com cana-de-açúcar, submetido a diferentes adubos com e sem gesso agrícola, em diferentes profundidades no período seco.

Adubos	Pt ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )				
	Com gesso		Sem gesso		Média
Compostado	0,36	bA	0,38	abA	0,37
Químico (MAP)	0,40	aA	0,39	aA	0,40
Cama de Frango	0,37	abA	0,38	abA	0,38
Cama de Peru	0,37	abA	0,37	abA	0,37
Esterco Bovino	0,40	aA	0,35	bB	0,37
Média	0,38		0,37		
DMS <sub>adub.</sub>	0,04	DMS <sub>prof.</sub>	0,03		

  

Adubos	Profundidade (m)				
	0-0,25		0,25-0,50		Média
Compostado	0,35	bB	0,39	aA	0,37
Químico (Map)	0,41	aA	0,39	aA	0,40
Cama de Frango	0,37	bA	0,38	aA	0,38
Cama de Peru	0,35	bB	0,39	aA	0,37
Esterco Bovino	0,36	bA	0,38	aA	0,37
Média	0,37		0,39		
DMS <sub>adub.</sub>	0,04	DMS <sub>prof.</sub>	0,03		
CV <sub>a</sub> (%) <sup>2</sup>	6,70	CV <sub>b</sub> (%) <sup>2</sup>	6,51		

Adubos: AC: Adubo Compostado; AQ: Adubo Químico (testemunha), CF: Cama de Frango; CP: Cama de Peru; EB: Esterco Bovino, todos combinados com e sem gesso agrícola. DMS: Diferença Mínima Significativa; <sup>1</sup>CV<sub>a</sub> e CV<sub>b</sub>: Coeficientes de variação da parcela da subparcela, respectivamente. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na linha e médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## CONCLUSÃO

Os diferentes tipos de dejetos influenciaram de modo distinto os atributos físicos do solo entre os períodos da seca e chuvoso;

Na presença de gesso agrícola os adubos orgânicos foram mais eficientes na melhoria dos atributos físicos do solo, principalmente nas profundidades de 0,25-0,50 m;

Entre os tipos de adubos orgânicos utilizados, o esterco bovino (EB) na presença e ausência de gesso foi o que mais contribuiu para aumentar a porosidade total e reduzir a densidade do solo.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a bolsa de Mestrado concedida pela FAPEMIG e ao LAMAS-Laboratório de Manejo do solo pelas análises realizadas.

## REFERÊNCIAS

ARAUJO, M. A.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, abr. 2004.

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Ed.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 123-141. (SSSA special publication, 49).

BITTAR FILHO, A. F. **Influência da adubação orgânica sobre as propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho eutroférico cultivado com cana-de-açúcar**. UCDB-Universidade Católica Dom Bosco. Campo Grande, 2008. Disponível em: <<http://www.gpec.ucdb.br/pistori/pibic/planos2007/Ari%20Fernando%20Bittar%20Fih.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2009.

CENTURION, J. F.; FREDDI, O. DA S.; ARATANI, R. G.; METZNER, A. F. M.; BEUTLER, A. N.; ANDRIOLI, I. Influência do cultivo da cana-de-açúcar e da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de latossolos vermelhos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n.2, p.199-209. 2007.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos.

**Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília, 1999. 412p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.

Centro Nacional de Pesquisa de Solos.

**Manual de métodos de análise de solo.** 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FALLEIRO, R. M.; SOUZA, C. M.; SILVA, C. S. W.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, A. A.; FAGUNDES, J. L.

Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo.

**Revista Brasileira Ciência do Solo,** Viçosa, v. 27, p. 1097-1104, 2003.

KIEHL, E. J. **Adubo orgânico:** terra fértil a baixo custo. A Granja, Porto Alegre, v. 41, n. 449, p. 48-54, jun. 1985a.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos.** São Paulo: Ceres, 1985. 492p.

KIEHL, E. J. Manual de Edafologia – **Relações Solo-Planta.** Ed. Agronômica Ceres. São Paulo, 1979.

MARCOLIN, C. D. **Propriedades físicas de nitossolo e latossolos argilosos sob plantio direto.** 2006. 110f. Dissertação

(Mestrado em Produção Vegetal)- Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2006.

OLIVEIRA, J. J.; CHAVES, L. H. G.; QUEIROZ, J. E.; LUNA, J. G.

Variabilidade espacial de propriedades químicas em um solo salino-sódico.

**Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Viçosa, v. 23, p. 783-789, 1999.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceito, processo e aplicações.** Barueri: Manole, 2004, 478p.

SEGATO, S. V; PINTO, A. de S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. **Atualização em produção de Cana-de-Açúcar.** Piracicaba: CP 2, 2006. 451p.

SILVA, A. P.; KAY, B. D. Effect of soil water content variation on the least limiting water range. **Soil Science Society of America Journal,** Madison, v. 61, p. 884-888, 1997.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of some physical properties of the soil. In: HILL, D. ed. **Applications of soil physics,** New York: Academic Press, 1980.