



Comparação dos atributos físicos do solo após quinto e sexto cortes em área cultivada com cana-de-açúcar⁽¹⁾.

Danyllo Denner de Almeida Costa⁽²⁾; José Luiz Rodrigues Torres⁽³⁾; Venâncio Rodrigues e Silva⁽²⁾; Adriano Silva Araújo⁽²⁾; Matheus Duarte da Silva Cravo⁽²⁾; Gabriel Valeriano Alves Borges⁽²⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Fapemig.

⁽²⁾ Estudante de Graduação do Curso de Agronomia do Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) Câmpus Uberaba. Rua João Batista Ribeiro, 4000, bairro Mercês, Uberaba-MG, CEP 38064-790, bolsista de Iniciação Científica PET/MEC, PIBITI/CNPq, PIBIC Institucional, PIVIC do IFTM. E-mail: danyllo.denner@hotmail.com; ⁽³⁾ Professor Titular, Doutor em Produção Vegetal do IFTM Câmpus Uberaba.

RESUMO: Na maioria das áreas cultivadas com cana o ciclo de cultura varia entre cinco a sete anos, período este em que o sistema radicular continua seu desenvolvimento e onde a deterioração dos atributos físicos pode ser determinante na longevidade do canavial. O objetivo deste estudo foi avaliar as alterações ocorridas nos atributos físicos do solo entre quinto e sexto cortes da cana numa área comercial colhida mecanicamente no Cerrado, na região de Uberaba-MG. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, onde foram avaliados: resistência mecânica do solo à penetração (RP), densidade do solo (Ds) umidade volumétrica (Uv), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e porosidade total (PT), em seis profundidades: 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40; 0,40-0,50 e 0,50-0,60 m, com cinco repetições. As amostras foram coletadas nos anos de 2013 e 2014. A análise mostrou que não houve diferença significativa de Uv do solo no perfil e nos cortes, o teste também mostrou que não houve diferença significativa para Ds nos cortes, porém apresentou diferenças no perfil, com maior média na camada 0,10-0,20 m, o mesmo ocorreu para RP. Até a profundidade 0,40 m o sexto corte apresentou valores superiores ($p < 0,05$) de RP quando comparado ao quinto. Para a maioria das profundidades foi observada redução da Ma e aumento de Mi. O solo sofreu alterações deteriorativas entre os cortes.

Termos de indexação: resistência à penetração, densidade do solo, macro e microporosidade.

INTRODUÇÃO

No cultivo da cana-de-açúcar são necessárias diversas operações de preparo do solo com a utilização de grades, arados, subsoladores, tratores e outros implementos que contribuem para a degradação da estrutura do solo para a efetuação do plantio (Souza et al., 2006).

As principais alterações podem ser evidenciadas nos atributos físicos, dentre elas a diminuição da macroporosidade, alteração no tamanho dos

agregados, redução na taxa de infiltração, maior densidade e aumento da resistência mecânica do solo à penetração das raízes (Camargo et al., 2010), que em última instância causa a queda do rendimento da cultura.

O tipo de colheita da cana também influencia diretamente a produção e longevidade da cultura, os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, com isso pode-se afirmar que a implantação, condução e colheita da cana de açúcar são etapas fundamentais no processo produtivo da cultura, pois constituem fatores que podem elevar a vida útil do canavial pelo aumento do número de cortes econômicos, proporcionando maiores retornos financeiros ao produtor (Andrade & Andrade, 2007).

Na maioria das áreas cultivadas com cana o ciclo da cultura varia entre cinco a sete anos, período este que o sistema radicular continua seu desenvolvimento, podendo atingir maiores profundidades (Oliveira Filho et al., 2015). Este sistema é formado por rizomas e raízes fasciculadas, das quais 85% se encontram na camada de 0,50 m de profundidade e 60% na camada de 0,20 a 0,30 m, por isso mesmo, a cana é uma das culturas mais afetadas pela compactação do solo (Lima et al., 2013).

Contudo, a partir do quinto corte as alterações causadas nos atributos físicos são mais pronunciadas e afetam negativamente a produtividade da cultura e irão determinar a necessidade de renovação do canavial.

Com base nisso, este estudo objetivou avaliar as alterações que ocorreram nos atributos físicos do solo entre o 5º e 6º corte da cana numa área comercial colhida mecanicamente no Cerrado, na região de Uberaba-MG.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido numa área comercial de uma Usina produtora de açúcar e álcool no município de Uberaba-MG, localizada entre as coordenadas 19º 39' 19" de latitude Sul e 47º 57' 27" de longitude Oeste, numa altitude de 795 m, sendo



que a amostragem foi realizada nos anos de 2013 (5º corte) e 2014 (6º corte).

Na região predomina o Latossolo Vermelho distrófico, textura média, com 210 g kg⁻¹ de argila, 710 g kg⁻¹ de areia e 80 g kg⁻¹ de silte. O clima da região é classificado como Aw, tropical quente, segundo Köppen, com médias anuais de precipitação e temperatura na ordem de 1600 mm e 22,6°C, respectivamente.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, onde foram avaliados os atributos físicos: resistência mecânica do solo à penetração (RP), densidade do solo (Ds) umidade volumétrica (Uv), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e porosidade total (PT), em seis profundidades: 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40; 0,40-0,50 e 0,50-0,60 m, com 5 repetições. Cada parcela foi composta de 10 linhas de cana com espaçamento de 1,50 m para um comprimento de 50 m, portanto 750 m².

A RP foi determinada com o uso de penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar, com ângulo de ponteira cônica de 30°. Os resultados foram obtidos pela contagem do número de impactos (N), a seguir foi feita a conversão dos dados para kgf cm⁻² utilizando a equação $R \text{ (kgf cm}^{-2}\text{)} = 5,6 + 6,98 N$. Depois os valores foram multiplicados pela constante 0,098 para transformação em unidades MPa (Arshad et al., 1996). A Ds foi determinada em amostras com estrutura indeformada e a Uv a partir de amostras coletadas com trado holandês (Embrapa, 1997).

A distribuição de poros por tamanho (Ma, Mi e PT) foi determinada em amostras com estrutura indeformada, previamente saturadas por 24 horas, utilizando uma unidade de sucção a 0,60 m de altura de coluna de água. A Ma foi calculada pela diferença entre o volume total de poros e a Mi.

Para avaliar o grau de correlação entre as variáveis utilizou-se o coeficiente de correlação linear de Pearson. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste F para significância e em seguida foram comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os valores de RP e Ds observou-se que a área encontra-se com uma camada compactada entre as profundidades de 0,10 a 0,30 m (**Figura 1**), onde os valores foram maiores (p<0,05) na profundidade entre 0,10 e 0,20 m, para o 5º (4,32 MPa e 1,73 kg dm⁻³) e 6º corte (5,78 MPa e 1,75 kg dm⁻³), seguidos pelos valores da profundidade de 0,20 a 0,30 m para o 5º (3,63 MPa e 1,69 kg dm⁻³) e 6º corte (4,56 MPa e 1,70 kg dm⁻³) (**Tabela 1**), enquanto que a Uv foi constante em todo o perfil avaliado.

Não existe consenso na literatura sobre quais são os valores de RP considerados críticos para o pleno crescimento das raízes das plantas, contudo se aceita o valor de 2,0 MPa como limitante ao crescimento radicular para maioria das culturas (Silva et al., 2008). Para a Ds, Araújo et al. (2004) registram os valores críticos de 1,65 kg dm⁻³ para solos arenosos e 1,45 kg dm⁻³ para argilosos.

A compactação é uma das principais causas da degradação do solo, que ocorre devido ao uso intenso de máquinas e implementos agrícolas cada vez maiores e mais pesadas nas áreas cultivadas com cana (Lima et al., 2013), que oferece séria restrição ao desenvolvimento das plantas e consequentemente limita a produtividade da cultura. Severiano et al. (2010) em estudo comparando áreas de cana colhidas manual e mecanicamente, observaram que os maiores valores de compactação ocorreram em canaviais colhidos de forma mecanizada. Gonçalves et al. (2006) destacam a importância de se utilizar plantas descompactadoras na renovação dos canaviais.

Os valores obtidos para RP, Ds e Uv apresentaram correlações significativas entre si e seguem um mesmo padrão entre o 5º e 6º cortes, pois são positivas e elevadas (0,99) para RP e Ds, ou seja, estas duas variáveis aumentam ou diminuem simultaneamente. Quando ocorre maior RP, as partículas do solo estão mais próximas umas das outras, justificando a quase perfeita correlação entre os dados. Enquanto que são negativas para RP e Uv, Ds e Uv, que significa que quando uma variável aumenta a outra diminui (**Tabela 2**), pois conforme as partículas solo se aproximam, restringe a infiltração de água e em casos extremos favorece o escoamento superficial.

Tabela 2 - Correlações de Pearson entre valores de RP, Ds e Uv após o 5º e 6º cortes da cana.

Variáveis	RP	UV
5º corte		
Ds	0,99*	-0,58*
RP		-0,51*
6º corte		
Ds	0,99*	-0,94*
RP		-0,92**

^{ns} = Não significativo; * Significativo (p<0,01) e ** (p<0,05) pelo teste t.

De forma geral, para a Ma observou-se que os valores diminuem na superfície e aumentam em profundidade, pois os menores valores para o 5º (4,63%) e 6º cortes (4,33%) foram observados na profundidade de 0,0 a 0,10 m e os maiores (8,03 e 7,44%) de 0,50 a 0,60 m. Para Mi e PT ocorre padrão inverso, pois os valores aumentam na superfície e diminuem em profundidade em ambos



os anos avaliados (5^o e 6^o cortes) (**Tabela 3**). Para Ma e Mi os valores tendem ter menores variações nas profundidades acima de 0,40 m, pois não ocorrem diferenças ($p < 0,05$) entre as variáveis e cortes avaliados.

Ocorreu a degradação dos atributos Ma, Mi e PT, da mesma forma que ocorreu para RP e Ds, pois os valores são significativamente maiores para RP e Ds, menores para Ma e maiores para Mi e PT na camada superficial no 6^o corte.

Souza et al. (2006) afirmaram que os resultados obtidos em seu estudo podem ser por consequência do tráfego de máquinas e implementos agrícolas, que aumentaram a RP e Ds, diminuíram Ma e aumentaram Mi na camada superficial, como também pode ser observado neste estudo, onde a Mi se mostrou significativamente maior no 6^o corte, com médias superiores e pico de 46,83% na profundidade 0,0-0,10 m, enquanto que na mesma profundidade no corte anterior (5^o) foi de 34,22%.

Os valores obtidos para Ds estão diretamente relacionados a Ma, Mi e PT, pois à medida que Ds aumenta Ma diminui em ambos os cortes (5^o e 6^o) e se correlaciona negativamente com Mi e PT no 5^o corte, enquanto que esta correlação é positiva no 6^o corte, ou seja, Ds, Mi e PT aumentam ou diminuem simultaneamente (**Tabela 4**). Através da Correlação de Pearson confirma-se também que à medida que Ma diminui, Mi aumenta.

Tabela 4 - Correlações de Pearson entre Ds, Ma, Mi e PT após o 5^o e 6^o cortes da cana.

Variáveis	Ma	Mi	PT
		5 ^o corte	
Ds	-0,48*	-0,03*	-0,75*
Ma		-0,57 ^{ns}	0,70 ^{ns}
Mi			0,13 ^{ns}
		6 ^o corte	
Ds	-0,50*	0,32*	0,31*
Ma		-0,92*	-0,88**
Mi			0,99 ^{ns}

^{ns} = Não significativo; * Significativo ($p < 0,01$) e ** ($p < 0,05$) pelo teste t.

CONCLUSÕES

Ocorreu deterioração dos atributos físicos do solo no 6^o corte quando comparado ao 5^o.

A área apresenta uma camada compactada entre 0,10 e 0,30 m de profundidade.

As correlações positivas e negativas entre Ds e os demais atributos evidenciaram sua importância como indicador de qualidade do solo.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, L. A. B. & ANDRADE, P. P. Implantação e condução de canaviais. Informe Agropecuário, 28:44-54, 2007.

ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. Methods for assessing soil quality. Soil Science Society of America Journal, 1996. p.123-141.

ARAÚJO, M. A. et al. Efeitos da escarificação na qualidade física de um Latossolo Vermelho distroférrico após treze anos de semeadura direta. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 28:459-504, 2004.

CAMARGO, L. A.; MARQUES JUNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Spatial variability of physical attributes of an Alfisol under different hillslope curvatures. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 34:617-630, 2010.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212p.

GONÇALVES, W. G. et al. Sistema radicular de plantas de cobertura sob compactação do solo. Engenharia Agrícola, 26:67-75, 2006.

LIMA, R. P.; LEON, M. J.; SILVA, A. R. Comparação entre dois penetrômetros na avaliação da resistência mecânica do solo à penetração. Ceres, 60:577-581, 2013.

OLIVEIRA FILHO, L. F. X. et al. Zona de manejo para preparo do solo na cultura da cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 19:186-193, 2015.

SEVERIANO, E. C. et al. Compactação de solos cultivados com cana-de-açúcar: I - modelagem e quantificação da compactação adicional após operações de colheita. Engenharia Agrícola, 30:404-413, 2010.

SILVA, G. J. et al. Variação de atributos físico-hídricos em Latossolo Vermelho-amarelo do cerrado Mato-grossense sob diferentes formas de uso. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32:2135-2143, 2008.

SOUZA, Z. M. et al. Micromorfologia do solo e sua relação com atributos físicos e hídricos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 41:487-492, 2006.

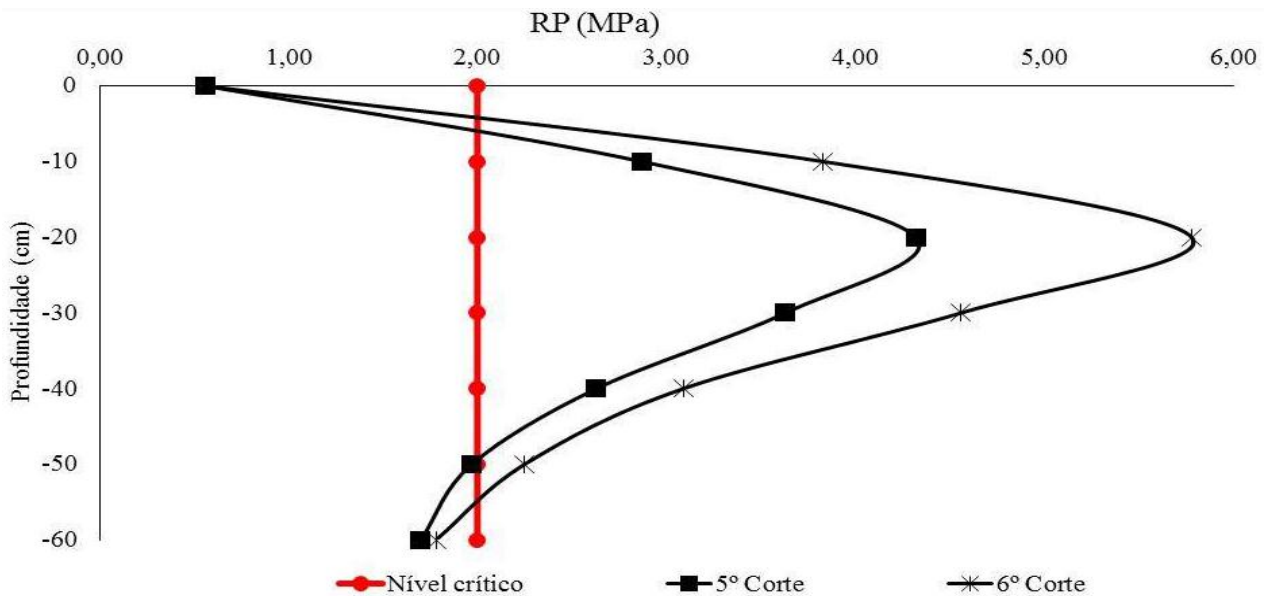


Figura 1 - Resistência mecânica à penetração, avaliada nas entrelinhas da cana-de-açúcar em áreas de 5º e 6º cortes (C), nos anos de 2013 e 2014, em Uberaba-MG.

Tabela 1 - Valores de resistência à penetração (RP), densidade do solo (Ds) e Umidade volumétrica (Uv) avaliados na entrelinha numa área cultivada com cana de 5º corte (5º C) e 6º corte (6º C), em Uberaba-MG.

Camada m	RP		Ds		Uv	
	5º C	6º C	5º C	6º C	5º C	6º C
	MPa		kg dm ⁻³		cm ³ cm ⁻³	
0,00-0,10	2,87 cB	3,83 cA	1,67 bA	1,68 bA	0,22 aA	0,21 aA
0,10-0,20	4,32 aB	5,78 aA	1,73 aA	1,75 aA	0,21 aA	0,20 aA
0,20-0,30	3,63 bB	4,56 bA	1,69 bA	1,70 bA	0,23 aA	0,21 aA
0,30-0,40	2,63 dB	3,09 dA	1,65 cA	1,66 cA	0,21 aA	0,21 aA
0,40-0,50	1,97 eA	2,25 eA	1,60 dA	1,62 dA	0,23 aA	0,23 aA
0,50-0,60	1,69 eA	1,78 eA	1,60 dA	1,61 dA	0,23 aA	0,23 aA
CV (%)	9,70		1,91		6,89	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas comparam 5º e 6º cortes e minúscula nas colunas comparam profundidades, que não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 3 - Valores de macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e porosidade total (PT) em área de cana no 5º e 6º cortes, nos anos de 2013 e 2014, respectivamente.

Camada m	Ma		Mi		PT	
	5º C	6º C	5º C	6º C	5º C	6º C
	%		%		%	
0,00-0,10	4,63 cA	4,33 cA	34,22 aB	46,83 aA	38,85 aB	51,16 aA
0,10-0,20	6,48 bA	6,01 bA	31,00 aB	37,37 bA	37,49 aB	43,38 bA
0,20-0,30	7,62 aA	6,86 bB	32,30 aB	37,58 bA	39,92 aA	44,44 aA
0,30-0,40	8,33 aA	6,36 bB	32,50 aA	35,42 bA	40,83 aA	41,78 bA
0,40-0,50	8,03 aA	7,44 aA	32,34 aA	35,11 bA	40,37 aA	42,54 bA
0,50-0,60	8,03 aA	7,44 aA	31,14 aA	35,00 bA	40,15 aA	41,35 bA
CV (%)	6,70		9,45		8,17	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas comparam 5º e 6º cortes e minúscula nas colunas comparam profundidades, que não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).