

# *Índice de cone após colheitas mecanizadas de cana-de-açúcar no Norte Fluminense*

*Cone index after mechanized harvesting of sugarcane in the North Fluminense*

Carmen Maria Coimbra Manhães\*  
Ricardo Ferreira Garcia\*\*  
Delorme Corrêa Júnior\*\*\*  
Francisco Maurício Alves Francelino\*\*\*\*  
Helenilson Oliveira Francelino\*\*\*\*\*

Este trabalho objetivou avaliar o índice de cone, nas profundidades de 0 a 0,3 m após colheitas mecanizadas de cana-de-açúcar crua, utilizando as colhedoras Case A8800 e Case A4000 na região Norte Fluminense. Os resultados foram analisados por meio da estatística descritiva, análise de variância e teste Tukey a 5% de probabilidade. O índice de cone mostrou que a área 2 está mais compactada que a 1. Na área 1, as camadas subsuperficiais do solo estão mais compactadas que a camada superficial. Na área 2, as diferentes profundidades estão igualmente compactadas, recomendando-se uma subsolagem nas duas áreas.

*This study aimed at evaluating the cone index, in depths of 0 to 0.3 m after mechanized harvesting of green sugarcane using the harvester Case A8800 and Case A4000 in the North-Fluminense region of Rio de Janeiro State. The results were analyzed using descriptive statistics, variance analysis, and Tukey test at 5% probability. The cone index shows that area 2 is more compact than area 1. In area 1, the subsoil layers are more compressed than the surface layer; while in area 2, different depths are equally compressed. Considering these results, this study recommends subsoiling in the two areas.*

Palavras-chave: Compactação. Cambissolo. *Saccharum* spp.

Keywords: Compaction. Cambissolo. *Saccharum* spp.

## *Introdução*

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma das principais culturas produzidas no Brasil. Nosso país é o maior produtor mundial desta cultura e maior exportador de açúcar e álcool advindos dela.

O município de Campos dos Goytacazes, localizado na região Norte do estado do Rio de Janeiro, tem a cultura da cana como sua principal atividade agrícola. Segundo dados da CONAB (2012), a área plantada no Estado do Rio de Janeiro para a safra 2012/2013 foi de 45,110 mil ha, o que significou um aumento de 9,2 % ao comparar

\* Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Produção Vegetal na Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF – Campos dos Goytacazes/RJ - Brasil

\*\* Professor Associado do LEAG na na Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF – Campos dos Goytacazes/RJ - Brasil

\*\*\* Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Lavras – Minas Gerais/MG - Brasil

\*\*\*\* Professor substituto no Instituto Federal Fluminense – Campos dos Goytacazes/RJ - Brasil

\*\*\*\*\* Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF – Campos dos Goytacazes/RJ - Brasil

com a safra passada, porém as estimativas de produtividade e produção caíram 19,20 e 11,80%, respectivamente, ao se comparar com a safra 2011/2012. A estimativa de produção para a atual safra é de 1.948,1 mil toneladas, sendo que 52% desta será destinada à produção de álcool e 48% à produção de açúcar.

A COAGRO (Cooperativa Agroindustrial do Estado do Rio de Janeiro Ltda.), situada no município de Campos dos Goytacazes, vem investindo na compra de colhedoras de cana-de-açúcar desde 2010. Na safra 2011/2012, 25% da cana foi colhida de forma mecanizada. Isto foi alcançado, investindo na compra de equipamentos, locação de novas máquinas, assim como contratando profissionais de outros estados com experiência nesta atividade.

Porém, o sistema de colheita mecanizada da cana-de-açúcar pode provocar compactação do solo devido à maior intensidade de tráfego com máquinas, que altera negativamente a qualidade física do solo para o crescimento e desenvolvimento radicular da cultura da cana-de-açúcar (CAVALIERI et al., 2011).

Segundo Roque et al. (2011), a modernização da agricultura, com o aumento do peso do maquinário e implementos agrícolas, bem como da intensidade de uso do solo, principalmente em áreas sob cultivo de cana-de-açúcar, é a principal causa da compactação do solo, trazendo prejuízos para a produtividade das culturas e contribuindo com processos erosivos.

Atualmente, com o incremento das áreas agrícolas, há maior preocupação com os problemas relacionados à compactação do solo resultante das operações mecanizadas (Silva e Cabeda, 2006). Observando-se aumento de áreas agrícolas com problemas de compactação, em grande parte atribuída a operações mecanizadas, realizadas sem se considerar a umidade do solo (SAFFI-HDADI et al., 2009).

Segundo Keller e Lamandé (2010), a compactação resulta em problemas ambientais, agronômicos e econômicos como inundação, erosão, lixiviação de agrotóxicos, emissão de gases de efeito estufa e perda de rendimento das culturas agrícolas. Portanto, para que as condições físicas do solo inadequadas, como valores altos de resistência do solo à penetração não sejam um fator limitante ao desenvolvimento e produtividade da cultura, é essencial o monitoramento dessas áreas para o manejo desses solos (MAGALHÃES et al., 2013.).

Neste contexto, a resistência do solo à penetração tem sido frequentemente utilizada como indicador da compactação do solo em sistemas de manejo, por ser um atributo diretamente relacionado ao crescimento das plantas e de fácil e rápida determinação (MERCANTE et al., 2003).

A avaliação da resistência mecânica do solo à penetração (RP) em campo, normalmente, é realizada pelo Índice de Cone (IC), que consiste da resistência à penetração de uma ponta cônica padronizada e expressa como a força por unidade de área na base do cone até uma determinada profundidade. Entretanto, este índice apresenta grandes variações em função de propriedades do solo, principalmente, teor de

água e densidade (PORTZ et al., 2013).

Neste contexto, o índice de cone é um dos atributos físicos do solo que influenciam diretamente no desenvolvimento radicular e da parte aérea das plantas, representando se há ou não condições para o desenvolvimento radicular (FURLANI et al., 2003). Desta forma, sua quantificação representa importante indicativo da dinâmica de crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das plantas (MERCANTE et al., 2003).

Pesquisas têm mostrado a relação entre compactação e qualidade física do solo, relatando que a compactação aumenta a densidade, a resistência mecânica à penetração e diminui seu volume de poros (SILVA et al., 2009). Segundo Orlando et al. (2000), os maiores valores de resistência do solo à penetração também estão relacionados a menores teores de água no solo, tendendo a um decréscimo linear com o aumento do teor de água.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento da resistência do solo à penetração, através do índice de cone, nas profundidades de 0 a 0,3 m, a fim de identificar regiões com diferentes níveis de compactação após colheitas mecanizadas de cana-de-açúcar crua em duas áreas, utilizando as colhedoras Case A8800 e Case A4000 na região Norte Fluminense.

## ***Material e Métodos***

A presente pesquisa foi realizada nos meses de junho e julho de 2012. Duas lavouras de cana-de-açúcar foram avaliadas. As áreas pertencem a fornecedores da COAGRO (Cooperativa Agroindustrial do Estado do Rio de Janeiro Ltda.) na cidade de Campos dos Goytacazes, RJ, região Norte Fluminense.

O clima da cidade de Campos dos Goytacazes é classificado como tipo Aw segundo a classificação de Köppen, isto é, quente e úmido, com estação chuvosa no verão, apresentando temperatura média de 23,2°C, sendo julho, o mês mais frio (temperatura média 20,1°C) e fevereiro, o mês mais quente (temperatura média 26°C).

A primeira lavoura, denominada área 1, cujas coordenadas geográficas são 21°48'12"S e 41°20'52" W, ainda não teve sua área sistematizada para a colheita mecanizada. Nesta lavoura, a cana-de-açúcar, variedade SP80-1842 em seu 14° corte, foi colhida crua sem queima prévia utilizando a colhedora Case IH A8800.

A outra lavoura avaliada, foi denominada área 2, cujas coordenadas geográficas são 21°47'50"S e 41°20'02"W, já teve sua área sistematizada para a colheita mecanizada. Nesta lavoura a cana-de-açúcar, variedade RB7515 em seu 3° corte, foi colhida crua sem queima prévia utilizando a colhedora Case IH A4000.

Em ambas as áreas foram selecionadas uma área de amostragem de 1800 m<sup>2</sup> para realização da colheita mecanizada e medições das variáveis físicas do solo.

O solo das duas áreas é classificado como CAMBISSOLO Háptico Tb eutrófico

típico, textura argilosa (EMBRAPA, 2006).

A resistência do solo à penetração (RSP) nas duas áreas foi mensurada por meio de um equipamento denominado penetrômetro, que quantifica a carga de penetração no solo de um cone sólido em relação a sua área basal, apresentando valores denominados Índice de Cone (IC). Para tal mensuração, foi utilizado um penetrômetro analógico marca Dickey-John equipado com ponteira de 1/2 polegada, sendo realizadas na área de amostragem de 1800 m<sup>2</sup>, respectivamente, para área 1 e área 2, 36 e 31 medições a cada 0,10 m de profundidade, medindo até o limite vertical de 0,3 m.

Para avaliação da umidade gravimétrica, densidade aparente do solo e densidade de partículas foram realizadas coletas de solo a cada 0,1 m de profundidade até 0,3 m em 5 pontos aleatórios de cada área estudada de 1800 m<sup>2</sup>, totalizando 5 repetições para cada profundidade e um total de 15 amostras.

A umidade gravimétrica (Ug), a densidade aparente do solo (Ds) e a densidade de partícula (Dp) foram determinadas de acordo com metodologia da EMBRAPA (1997). A porosidade total foi calculada a partir dos dados obtidos das densidades aparentes do solo e das partículas, empregando-se a seguinte expressão adaptada de Santos et al. (2012):

$$P_t = [1 - (D_s/D_p)] * 100$$

Onde

PT = porosidade total

Ds = densidade aparente do solo

Dp = densidade de partícula

A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta, segundo metodologia da Embrapa (1997).

### *Análise estatística*

Os resultados foram analisados no programa SAEG, por meio da estatística descritiva e submetidos à análise de variância e teste Tukey a 5% de probabilidade, objetivando comparar as médias das variáveis analisadas nas três profundidades estudadas em cada área e comparar as duas áreas.

### ***Resultados e Discussões***

Conforme mostrado na tabela 1, a classe textural do solo foi classificada como argilosa em todas as profundidades estudadas.

Tabela 1 - Composição granulométrica e classe textural do solo

Prof. (m)	Área 1				Área 2			
	Areia (g.kg <sup>-1</sup> )	Silte (g.kg <sup>-1</sup> )	Argila (g.kg <sup>-1</sup> )	Classe Textural	Areia (g.kg <sup>-1</sup> )	Silte (g.kg <sup>-1</sup> )	Argila (g.kg <sup>-1</sup> )	Classe Textural
0,0 - 0,1	65	358	577	Argiloso	63	361	576	Argiloso
0,1 - 0,2	61	355	584	Argiloso	59	357	584	Argiloso
0,2 - 0,3	59	354	587	Argiloso	58	353	589	Argiloso

Na tabela 2, podemos observar a análise estatística descritiva dos dados de resistência do solo à penetração nas profundidades de 0 a 0,3 m. Nesta tabela, podemos perceber que à medida que aumenta a profundidade do solo, aumenta também todos os valores de resistência do solo, a penetração desde a média até valores mínimos e máximos, principalmente, na área 1.

Em relação aos valores da média e mediana, observa-se, na tabela 2, que, em todas as profundidades da área 1, a razão média/mediana está acima de 1, tendo ocorrido o contrário na área 2.

Tabela 2 - Estatística descritiva do Índice de cone em MPa nas duas áreas

Variáveis	Área 1			Área 2		
	Profundidades (m)					
	0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,3	0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,3
N	36	36	36	31	31	31
Média	1,10	1,44	1,60	1,88	1,95	1,99
Mediana	1,03	1,38	1,52	2,07	2,07	2,07
Mínimo	0,69	1,03	1,38	1,24	1,38	1,24
Máximo	1,72	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07
Amplitude	1,03	1,03	0,69	0,83	0,69	0,83
C V (%)	19,80	15,70	14,80	15,26	10,65	8,83

CV= Coeficiente de variação, N=número total de pontos amostrados

Na tabela 3, podemos observar que, na área 1, a resistência do solo à penetração aumentou à medida que aumentou a profundidade do solo, estando as camadas subsuperficiais do solo mais compactadas que a camada superficial. O contrário ocorreu com a porosidade total do solo, apresentando menor porosidade total nas maiores profundidades, isto se deve ao fato deste solo apresentar maior compactação nas camadas subsuperficiais.

Na área 2, de acordo com a tabela 3, pode-se observar que não houve diferença significativa do índice de cone nas diferentes profundidades do solo, estando todas as camadas com um mesmo nível de compactação. Por outro lado, o resultado de porosidade total do solo, nos mostra que o solo apresenta menor porosidade total nas maiores profundidades, podendo este menor número de poros em profundidade ser um indício claro de início de compactação nas camadas subsuperficiais.

Tabela 3 - Comparação das médias das variáveis ao longo do perfil do solo

Variáveis	Área 1		Profundidades (m)				Área 2	
	0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,3	0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,3	0,1 - 0,2	0,2 - 0,3
IC (MPa)	1,10 Cb	1,44 Bb	1,60 Aa	1,88 Aa	1,95 Aa	1,99 Aa		
Dp (Kg.dm <sup>-3</sup> )	2,20 Aa	2,24 Aa	2,28 Aa	2,30 Aa	2,35 Aa	2,37 Aa		
Ds (Kg.dm <sup>-3</sup> )	1,32 Aa	1,29 Aa	1,28 Aa	1,31 Aa	1,26 Aa	1,24 Aa		
Ug (%)	40,60 Ba	43,60 Aa	44,20 Aa	31,50 Ba	34,10 Aa	34,90 Aa		
Pt (%)	58,81 Aa	56,64 Ba	55,14 Ca	55,96 Aa	52,62 Ba	51,32 Ca		

IC= Índice de Cone; Dp= densidade de partícula; Ds= densidade aparente do solo; Ug= Umidade gravimétrica; Pt= Porosidade total.

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha (comparando profundidades em cada área) e minúsculas na linha (comparando as áreas em cada profundidade), não diferem entre si, significativamente, pelo teste de Tukey a 5%.

Ao se comparar as duas áreas, constata-se diferença significativa para índice de cone (tabela 3), sendo que a área 2 apresenta maiores valores, mostrando que esta área se apresenta mais compactada que a outra, necessitando de manejo adequado do solo para reverter esta situação, pois, também, se apresenta igualmente compactada em todas as profundidades analisadas. Para as demais variáveis, não houve diferença significativa entre as áreas.

Ecco et al. (2012) encontraram resultados semelhantes ao da área 1 do presente trabalho ao avaliar a variabilidade espacial da resistência do solo à penetração num Latossolo Vermelho argiloso, cultivado com cana-de-açúcar com colheita mecanizada. Estes autores concluíram que o solo analisado mostrou uma tendência de aumento da resistência em profundidade, pois a concentração de valores passou de 3,39 a 4,42 MPa, na camada de 0 – 0,20 m, para 4,45 à 5,6 MPa na camada de 0,20 – 0,40 m. Os autores salientam que este resultado, provavelmente, tenha ocorrido em consequência do sistema de colheita mecanizado que exerce uma pressão no solo, provocando a compactação, principalmente, nas camadas subsuperficiais.

Vázquez et al. (2009) avaliando a resistência do solo à penetração em solos de Buenos Aires também encontraram valores de resistência do solo à penetração maiores nas camadas subsuperficiais. Da mesma forma, Magalhães et al. (2009), avaliando a intensidade da compactação de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar, no Mato Grosso, encontraram valores de resistência do solo à penetração maiores nas camadas subsuperficiais, encontrando na camada de 0,2-0,3 m o valor máximo (4,83 MPa) entre todas as profundidades avaliadas de 0 a 0,7 m.

Valores excessivos de resistência do solo à penetração podem influenciar o crescimento das raízes em comprimento e diâmetro (Merotto e Mundstock, 1999) e na direção preferencial do crescimento radicular (ECCO et al., 2012). O Usda (1993) considera o limite de 2,0 MPa como forte restrição ao crescimento radicular para muitas culturas anuais. Sendo um critério para restrição física ao crescimento radicular. No presente trabalho, não foram encontrados valores médios acima de 2,0 MPa nas profundidades avaliadas em nenhuma das duas áreas estudadas. Os valores médios das

três profundidades se enquadram na classificação do USDA como solos com resistência intermediária moderada (tabela 3), porém ao analisarmos os valores de máximos na tabela 2, fica claro que, nas camadas subsuperficiais do solo nas duas áreas, existem alguns pontos com resistência do solo à penetração maiores que 2,0 MPa, sendo considerados de forte restrição ao sistema radicular.

As densidades de partícula e densidade aparente não diferiram nas profundidades avaliadas. Michelin (2005) define alguns níveis de densidade aparente do solo estabelecidos como críticos para indicar a ocorrência de compactação, levando em consideração a faixa do teor de argila. Neste caso, para teores de 0-200, 200-300, 300-400, 400-500 e 500-600 g kg<sup>-1</sup> a densidade crítica deverá ser de 1,60, 1,55, 1,50, 1,45 e 1,40 kg dm<sup>-3</sup>, respectivamente. No presente trabalho, os teores de argila variaram de 500-600 g kg<sup>-1</sup> em todas as profundidades avaliadas nas duas áreas (tabela 1), o que mostra que pelo critério de Michelin (2005) os solos estudados não apresentam valores críticos de compactação indicados pela densidade.

Nas duas áreas, as camadas subsuperficiais apresentaram maiores valores de umidade do que a camada superficial. A umidade do solo nas três profundidades nas duas áreas está fora do limite de umidade ideal para colheita mecanizada, pois Segundo Severiano et al. (2010), a colheita mecanizada da cana-de-açúcar em Cambissolos Háplicos pode ser realizada quando o mesmo se encontrar com conteúdos de água de até 21%. Sendo encontrado quase o dobro na primeira camada avaliada (0 - 0,1 m) e mais que o dobro nas demais camadas (0,1 - 0,3 m) na área 1. Isto é preocupante, pois a maioria das áreas agrícolas com problemas de compactação no Brasil se deve em grande parte às operações mecanizadas realizadas sem considerar a umidade ideal do solo. (VIEIRA e KLEIN 2007). Segundo Secco et al. (2004), as operações agrícolas, quando realizadas fora da condição de umidade do solo ideal, provocam aumento da sua área compactada, o que pode reduzir a infiltração e, conseqüentemente, a disponibilidade de água para as plantas, comprometendo a produtividade da cultura.

Segundo Freddi et al. (2006), o índice de cone é inversamente influenciado pela umidade do solo. A umidade do solo, na área 1, no momento da colheita, mostrou-se acima dos valores do intervalo considerado ideal para mensuração do índice de cone (20 a 35 %), em solos de textura média a argilosa (ORLANDO et al., 2000), o que, possivelmente, pode explicar a ocorrência de valores não considerados críticos de resistência à penetração. A alta umidade do solo pode ter mascarado os reais valores de resistência do solo à penetração. Já na área 2, os valores de umidade estavam dentro dos ideais para mensuração do índice de cone.

## ***Conclusões***

Nas condições em que o trabalho foi realizado, concluímos que, na área 1, as

camadas subsuperficiais do solo estão mais compactadas e menos porosas que a camada superficial, isto pode ser decorrente da má utilização de maquinários na área. Na área 2, todas as camadas do solo estão igualmente compactadas, recomendando-se nas duas áreas uma subsolagem para solucionar o problema de compactação do solo.

As duas áreas apresentam diferença significativa entre os índices de cone, estando a área 2 mais compactada que a área 1 nas três profundidades estudadas.

## ***Agradecimentos***

Ao CNPq pela concessão da bolsa de doutorado ao primeiro autor.

A FAPERJ pelo apoio financeiro para execução do trabalho.

## ***Referências***

CAVALIERI, K.M.V.; CARVALHO, L.A.; SILVA et al. Qualidade física de três solos sob colheita mecanizada de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, p.1541-1549, 2011.

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira. Cana-de-açúcar. Terceiro levantamento, safra 2012/2013. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12\\_12\\_12\\_10\\_34\\_43\\_boletim\\_cana\\_portugues\\_12\\_2012.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_12_12_10_34_43_boletim_cana_portugues_12_2012.pdf)>. Acesso em: 23 fev. 2013.

ECCO, M.; CARVALHO, L. A.; FERRARI, L. P. Variabilidade espacial da resistência do solo a penetração em área cultivada com cana-de-açúcar na safra 2008/2009. *Agrarian*, v.5, n.17, p.263-269, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FREDDI, O. S.; CARVALHO, M. P.; VERONESI JUNIOR, V.; CARVALHO, G. J. Produtividade do milho relacionada com a resistência mecânica à penetração do solo sob preparo convencional. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 113-121, 2006.

FURLANI, C.E.A.; GAMERO, C.A.; LEVIEN, R. et al. Resistência do solo à penetração em preparo convencional, escarificação e semeadura direta em diferentes manejos da cobertura vegetal. *Engenharia Agrícola*, v.23, n.3, p.579-587, 2003.

KELLER, T.; LAMANDÉ, M. Challenges in the development of analytical soil compaction models. *Soil and Tillage Research*, v.111, p.54-64, 2010.

MAGALHÃES, W.A; CREMON, N; MAPELI, N.C. et al. Determinação da resistência



do solo a penetração sob diferentes sistemas de cultivo em um Latossolo sob Bioma Pantanal. *Agrarian*, v.2, n.6, 2009.

MAGALHÃES FILHO, F. J. C.; Diogo, L. O.; Ribon, A. A. et al. *Resistência do solo à penetração de um Neossolo Quartzarênico cultivado com cana de açúcar sobre a influência da adubação orgânica e mineral*. Disponível em: <<http://www.fundagres.org.br/biossolido/icbro/cbro/Artigos/AGROECOLOGIA/Resistencia%20do%20solo%20a%20penetra%C3%A7%C3%A3o%20de%20um%20neossolo%20quartzarenico%20cultivado%20com%20cana%20de%20a%C3%A7ucar%20sobre%20a%20influencia%20da%20aduba%C3%A7%C3%A3o%20organica%20e%20mineral.pdf>> Acesso em: 29 mar. 2013.

MERCANTE, E.; URIBE-OPAZO, M.A.; SOUZA, E.G. Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem manejo químico localizado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p.1149-1159, 2003.

MEROTTO, A.; MUNDSTOCK, C.M. Wheat root growth as affected by soil strength. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, p.197-202, 1999.

MICHELON, C. J. *Qualidade física dos solos irrigados do Rio Grande do Sul e do Brasil Central*. 2005. 92p. Dissertação (Mestrado) – UFSM, 2005.

ORLANDO, R. C.; VIEIRA, L. B.; MARCIANO, C. Análise da variabilidade do índice de cone para diferentes níveis de teor de água do solo. *Engenharia na Agricultura*, v.8, p.182-185, 2000.

PORTZ, G.; SCHOENKNECHT, E.; ALBUQUERQUE, M. et al. *Ajuste dos valores obtidos por Resistência a Penetração (índice de cone), em função da Umidade e Densidade do Solo em condições de campo*. Disponível em: <[http://www.falker.com.br/artigos/Ajuste\\_RP\\_umidade\\_GustavoPortz.pdf](http://www.falker.com.br/artigos/Ajuste_RP_umidade_GustavoPortz.pdf)>. Acesso em: 12 maio 2013.

ROQUE, A. A. O.; SOUZA, Z. M.; ARAÚJO, F. S.; SILVA, G. R. V. Atributos físicos do solo e intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distrófico sob controle de tráfego agrícola. *Ciência Rural, Santa Maria*, v.41, n.9, p.1536-1542, set, 2011.

SAFFIHDADI, K.; DÉFOSSEZ, P.; RICHARD, G.; et al. A method for predicting soil susceptibility to the compaction of surface layers as a function of water content and bulk density. *Soil and Tillage Research*, v.105, p.96-103, 2009.

SANTOS, L. A. C.; CAMPOS, M. C. C.; COSTA, H. S. et al. Caracterização de solos em uma topossequência sob terraços aluviais na região do médio rio Madeira (AM). *Ambiência*, v.8 n.2 p. 319 – 331, 2012

SECCO, D.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; DA ROS, C.O. Produtividade de soja e propriedades físicas de um Latossolo submetido a sistemas de manejo e compactação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, p.797-804, 2004.

SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S. et al. Compactação de solos cultivados com cana-de-açúcar: II - Quantificação das restrições às funções edáficas do solo em decorrência da compactação prejudicial. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.30, n.3, p.414-423, 2010.

SILVA, R.B. da; LANÇAS, K.P.; MIRANDA, E.E.V.; SILVA, F.A.M.; BAILO, F.H.R.

Estimation and evaluation of dynamic properties as indicators of changes on soil structure in sugarcane fields of Sao Paulo State – Brazil. *Soil and Tillage Research*, v.103, p.265-270, 2009.

SILVA, A.J.N.; CABEDA, M.S.V. Compactação e compressibilidade do solo sob sistemas de manejo e níveis de umidade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, p.921-930, 2006.

USDA. *Soil survey manual*. Washington, DC, USA, Soil Survey Division Staff, 1993. 437p. (Handbook, 18).

VÁZQUEZ, M.; TERMINIELLO, A.; DUHOUR, A. et al. Efecto del encalado sobre propiedades físicas de un suelo de la pradera pampeana. Asociación con propiedades químicas. *Ciência Del Suelo* (Argentina), v.27, n.1, p.67-76, 2009.

VIEIRA, M. L.; KLEIN, V. A. Propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.1271-1280, 2007.

*Artigo recebido em: 10 set. 2013*

*Aceito para publicação em: 4 nov. 2013*