

## Resistência tênsil e friabilidade de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul<sup>(1)</sup>

**Roberta Jeske Kunde<sup>(2)</sup>; Cláudia Liane Rodrigues de Lima<sup>(3)</sup>; Renata Pinto Albert Alves<sup>(4)</sup>; João Roberto Pimentel<sup>(5)</sup>; Tiago Stumpf da Silva<sup>(6)</sup>; Clenio Nailto Pillon<sup>(7)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do CNPq e da Embrapa Clima Temperado.

<sup>(2)</sup> Doutoranda em Sistemas de Produção Agrícola Familiar; Universidade Federal de Pelotas; Pelotas, Rio Grande do Sul; roberta\_kunde@hotmail.com; <sup>(3)</sup> Professora do Departamento de Solos, Universidade Federal de Pelotas; <sup>(4)</sup> Mestranda em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Universidade Federal de Pelotas; <sup>(5)</sup> Graduando em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas; <sup>(6)</sup> Graduando em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas; <sup>(7)</sup> Pesquisador, Embrapa Clima Temperado.

**RESUMO:** A resistência tênsil (RT) e a friabilidade (F) têm sido utilizadas como indicadores da qualidade estrutural do solo. O objetivo deste estudo foi avaliar a RT e a F de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul. O estudo foi desenvolvido na Destilaria Grandespe, localizada no município de Salto do Jacuí, RS. Os tratamentos avaliados consistem em diferentes ciclos da cana-de-açúcar: cana planta (CP), cana soca de segundo corte (C2) e cana soca de quarto corte (C4). Como sistema de referência, utilizou-se uma mata nativa (MN). Foram coletadas amostras deformadas de solo nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m. Para a determinação da RT e da F, as amostras foram secas ao ar, selecionando-se 175 agregados, por tratamento em cada camada, os quais foram submetidos a testes de tensão indireta através de um atuador eletrônico, a uma velocidade constante. A F foi calculada através do coeficiente de variação da RT. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. A RT aumentou em profundidade e em todas as camadas avaliadas, os menores valores foram observados na MN. A RT e a F foram sensíveis para detectar diferenças na qualidade estrutural das áreas cultivadas com cana-de-açúcar.

**Termos de indexação:** qualidade estrutural, *Saccharum officinarum*, manejo do solo.

### INTRODUÇÃO

Com o aumento na demanda por energia renovável e menos poluente em relação à utilização de fontes energéticas fósseis, a cultura canieira têm assumido importância na matriz energética nacional e internacional (Assunção et al., 2010). Entretanto, têm-se observado impactos na qualidade do solo decorrentes do manejo para implantação e desenvolvimento desta cultura (Severiano et al., 2009).

A RT tem sido utilizada como indicadora do impacto do manejo sobre a qualidade do solo, em

resposta aos processos físicos e mecânicos que ocorrem com o seu uso. É definida como a força por unidade de área necessária para causar o fraturamento dos agregados (Dexter & Watts, 2000). Segundo Dexter & Kroesbergen (1985) é provavelmente, a mais útil medida de resistência individual dos agregados, pois pode ser determinada por um teste simples numa ampla variação de tamanhos de agregados, consistindo num indicador sensível da condição estrutural do solo.

A F é um outro indicador da qualidade estrutural e física, uma vez que a condição de solo friável é desejável para a germinação das sementes, o crescimento das plântulas e o estabelecimento das culturas. Indica a tendência de uma massa de solo a se desfazer em agregados de tamanhos menores sob a aplicação de um estresse ou carga (Watts & Dexter, 1998), em função dos planos de fraqueza ou zonas de falhas na estrutura (Dexter & Watts, 2000).

De acordo com Utomo & Dexter (1981), a RT e a F são influenciadas por diversos fatores como a umidade, o teor de argila dispersa em água, a concentração e composição da solução do solo (Rahimi et al., 2000), os ciclos de umedecimento e secamento, o teor e mineralogia da fração argila (Ley et al., 1993) e a matéria orgânica (MO) (Kay & Angers, 1999). A influência desses fatores sobre a RT e a F é dependente das condições climáticas, das práticas de manejo e de características do solo (Watts & Dexter, 1997).

Apesar da relevância do tema, há carência de informações relativas aos impactos causados pelo manejo sobre a qualidade estrutural de solos cultivados com cana-de-açúcar. Em virtude disso, objetivou-se avaliar a RT e a F de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na Destilaria Grandespe, localizada no município de Salto do

Jacuí, RS. As áreas experimentais são constituídas por um Latossolo Vermelho distrófico típico (Santos et al., 2006), de textura superficial argilosa. Os tratamentos avaliados consistem em diferentes ciclos da cana-de-açúcar: cana planta (CP), cana soca de segundo corte (C2) e cana soca de quarto corte (C4). Como sistema de referência, utilizou-se uma área de mata nativa (MN) com características e propriedades de solo e relevo similares e adjacentes às demais áreas amostradas.

Em cada área foram coletadas aleatoriamente em cinco pontos na linha de plantio, amostras deformadas nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m. As amostras foram coletadas com auxílio de pá de corte, acondicionadas em sacos plásticos e, posteriormente espalhadas em bandejas para secarem à sombra, até atingirem a umidade correspondente ao ponto de friabilidade, sendo destorroadas manualmente de forma suave para não provocar compactação ou ruptura dos agregados.

Para a quantificação da RT, foram selecionados 175 agregados de cada tratamento e camada, resultando em 2100 agregados de solo utilizados. No teste de tensão indireta para determinação da RT utilizou-se um atuador eletrônico linear a uma velocidade constante de  $4 \text{ mm s}^{-1}$  (MA 933).

Antes da aplicação da força, cada agregado foi mensurado quanto à massa e aferido com um paquímetro para determinação do diâmetro médio a partir de sua altura, largura e comprimento. Em média, os agregados possuíam 0,11 m de altura, 0,17 m de largura e 0,12 m de comprimento. Após os ensaios, os agregados foram secos em estufa a  $105^\circ\text{C}$  por 24 horas para determinar a umidade gravimétrica, conforme Embrapa (1997).

Para determinação da RT, cada agregado foi acomodado na sua posição mais estável, considerando que os agregados não são esféricos perfeitos, para a aplicação da carga de 20 kgf. O valor da força aplicada para a ruptura tênsil do agregado foi registrado em um sistema eletrônico de aquisição de dados e a RT foi calculada, conforme Dexter & Kroesbergen, (1985), sendo:

$$RT = 0,576 \left( \frac{P}{D^2} \right)$$

Onde: 0,576 é o coeficiente de proporcionalidade; P é a força aplicada (N), e D é o diâmetro efetivo (mm).

O diâmetro efetivo (D) foi calculado, conforme Watts e Dexter (1998), sendo:

$$D = D_m \left( \frac{M}{M_0} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Onde:  $D_m$  corresponde ao diâmetro médio do agregado (mm); M é a massa do agregado individual (g); e  $M_0$  a massa média dos agregados na população (g).

A F foi estimada pelo método do coeficiente de variação, proposto por Watts e Dexter (1998), conforme a equação:

$$F = \frac{\sigma_y}{Y} \pm \frac{\sigma_y}{Y\sqrt{2n}}$$

Onde: F: é a friabilidade do solo;  $\sigma_y$  é o desvio-padrão dos valores médios da resistência tênsil; Y é a média dos valores medidos de resistência tênsil em todos os agregados e n é o número de repetições, sendo o segundo termo, o erro-padrão do coeficiente de variância.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e, quando diferenças significativas foram observadas, as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade através do software estatístico Winstat 2.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de RT distinguiram-se entre os tratamentos avaliados (**Tabela 1**). Em todas as camadas, os menores valores de RT foram obtidos na MN, atribuído possivelmente à condição de área não manejada e à maior concentração de MO lábil nesse sistema. Com relação às áreas cultivadas com cana-de-açúcar, na camada de 0,00 a 0,05 m, não foram verificadas diferenças significativas entre os sistemas de uso. Na camada de 0,05 a 0,10 m, os maiores valores foram observados na C2 e C4 e na camada de 0,10 a 0,20 m os maiores valores de RT foram observados na C4.

Os valores médios de RT observados neste estudo foram superiores àqueles verificados por Imhoff et al. (2002), Giarola et al. (2003), Guimarães et al. (2009) e Ferreira et al. (2011). Segundo Blanco-Canqui et al. (2005), valores elevados de RT estão relacionados ao manejo do solo. No sistema de produção de cana-de-açúcar, o intenso preparo do solo para a implantação da cultura e a entrada de máquinas para a manutenção da adubação e para o recolhimento da cana-de-açúcar após a colheita podem ter promovido aumento da RT, como resultado do incremento da densidade e da compactação. Nesse sentido, as zonas de falhas (poros) dentro dos agregados são reduzidas, aglutinando as partículas minerais ou



rearranjando-as de modo a proporcionar agregados mais resistentes à ruptura, elevando os valores de RT.

Avaliando o efeito do preparo do solo sobre a RT e a F, Bavoso et al. (2010) verificaram menor valor de RT no solo sob pastejo enquanto que, os maiores foram obtidos no plantio direto. Tormena et al. (2008), avaliando a RT e a F de um Latossolo sob diferentes sistemas de uso verificaram que os maiores valores de RT foram encontrados na área com cultivo quando comparada à de pousio e de mata natural.

Observa-se na **Tabela 1**, que a RT aumentou em profundidade. Esse fato pode estar associado ao decréscimo da fração lábil da MO da camada superficial em direção às subsuperficiais, favorecendo o aumento da RT.

Valores mais elevados de F indicam que agregados de maior tamanho possuem menor RT do que os de menor tamanho. Deste modo, podem ser mais facilmente quebrados em unidades menores e mais resistentes, produzindo uma distribuição de tamanho de agregados adequada (Imhoff et al., 2002).

## CONCLUSÕES

A resistência tênsil aumentou em profundidade e em todas as camadas avaliadas, sendo os menores valores de resistência tênsil foram observados na mata nativa;

A resistência tênsil dos agregados e a friabilidade foram sensíveis para detectar diferenças na qualidade estrutural das áreas cultivadas com cana-de-açúcar.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de mestrado ao primeiro autor e à Embrapa Clima Temperado pela infra-estrutura disponibilizada para a realização das análises laboratoriais.

## REFERÊNCIAS

ASSUNÇÃO, A. et al. Efeito de indutores de resistência sobre *Meloidogyne incognita* em cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). *Revista Nematologia Brasileira*, 34:49-56, 2010.

BASOVO, M. A. et al. Preparo do solo em áreas de produção de grãos, silagem e pastejo: efeito na resistência tênsil e friabilidade de agregados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34:227-234, 2010.

BLANCO-CANQUI, H. et al. Mechanical properties and organic carbon of soil aggregates in the Northern

Appalachians. *Soil Science Society American Journal*, 69:1472-1481, 2005.

DEXTER, A. R. & KROESBERGEN, B. Methodology for determination of tensile strength of soil aggregates. *Journal of Agricultural Engineering Research*, v.31, I.2, 139-147, 1985.

DEXTER, A. R.; WATTS, C. Tensile strength and friability. *Soil and environmental analysis: Physical methods*. 2.ed. New York, Marcel Dekker, 2000. p.401-430.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p.

FERREIRA, A. O. et al. Variação na resistência tênsil de agregados em função do conteúdo de carbono em dois solos na região dos Campos Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35:437-445, 2011.

GIAROLA, N. F. B. et al. Contribution of natural soil compaction on hardsetting behavior. *Geoderma*, 113:95-108, 2003.

GUIMARÃES, R. M. L. et al. Tensile strength, friability and organic carbon in an Oxisol under a crop-livestock system. *Scientia Agrícola*, 66:499-505, 2009.

IMHOFF, S. et al. Factors contributing to the tensile strength and friability of Oxisols. *Soil Science Society of American Journal*, 66:1656-1661, 2002.

KAY, B. D. & ANGERS, D. A. *Soil structure*. Boca Raton: CRC Press, 1999. p. 229-276.

LEY, G. J. et al. Effects of soil properties on the strength of weakly structures tropical soils. *Soil and Tillage Research*, 28:1-13, 1993.

RAHIMI, H. et al. Effect of soil organic matter, electrical conductivity and sodium adsorption ratio on tensile strength of aggregates. *Soil and Tillage Research*, 54:145-153, 2000.

SANTOS, H. G. et al. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006, 306 p.

SEVERIANO, E. C. et al. Potencial de uso e qualidade estrutural de dois solos cultivados com cana-de-açúcar em Goianésia (GO). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:159-168, 2009.

TORMENA, C. A. et al. Resistência tênsil e friabilidade de um Latossolo sob diferentes sistemas de uso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:33-42, 2008.

UTOMO, W. H. & DEXTER, A. R. Soil friability. *Journal of Soil Science*, 32:203-213, 1981.

WATTS, C. & DEXTER, A. R. The influence of organic matter in reducing the destabilization of soil by simulated tillage. *Soil and Tillage Research*, 42:253-275, 1997.

WATTS, C.W. & DEXTER, A. R. Soil friability: Theory, measurement and the effects of management and organic carbon content. **European Journal of Soil Science**, 49:73-84, 1998.

**Tabela 1-** Resistência tênsil (RT) e Friabilidade (F) nas camadas de 0,00 a 0,05 m, de 0,05 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e sob mata nativa em Salto do Jacui, RS.

Tratamentos	RT (KPa)	F
	0,00 a 0,05 m	
CP	84,89a	0,56a
C2	93,70a	0,62a
C4	91,66a	0,56a
MN	67,19b	0,53a
	0,05 a 0,10 m	
CP	91,57b	0,62a
C2	118,50a	0,52ab
C4	126,75a	0,47ab
MN	69,75c	0,43b
	0,10 a 0,20 m	
CP	109,97b	0,52ab
C2	117,84b	0,57a
C4	138,61a	0,46ab
MN	83,60c	0,43b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna em cada camada não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

<sup>1</sup>CP= cana planta, C2= cana soca de segundo corte, C4= cana soca de quarto corte, MN= mata nativa.